

1^{er} principe

- pour un système fermé macroscopiquement au repos : $\Delta U = W + Q$ avec $W = - \int P_{ext} dV$ le travail des forces de pression
- reformulation pour une transformation isobare ou monobare : $\Delta H = W_{autre} + Q$ avec $H = U + PV$ l'enthalpie et W_{autre} le travail autre que le travail des forces de pression
- sur un cycle (machines thermiques) : $\Delta U_{cycle} = 0 \Leftrightarrow W + \sum_i Q_i = 0$ où Q_i est le transfert thermique échangé avec le $i^{\text{ème}}$ thermostat

2nd principe

- pour un système fermé : $\Delta S = S_e + S_c$
- S_c est l'entropie créée telle que $S_c = 0$ pour une transformation réversible et $S_c > 0$ pour une transformation irréversible
- $S_e = \frac{Q}{T_{front}}$ est entropie échangée avec le milieu extérieur à la température de frontière constante T_{front}
- sur un cycle (machines thermiques) : $\Delta S_{cycle} = 0 \Leftrightarrow \underbrace{S_c}_{\geq 0} + \sum_i \frac{Q_i}{T_i} = 0 \Rightarrow \sum_i \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$, inégalité de CLAUSIUS où $\frac{Q_i}{T_i}$ est l'entropie échangée avec le $i^{\text{ème}}$ thermostat de température T_i

Phase condensée (liquide ou solide)

- capacité thermique : $C_V = C_P = C$
- $\Delta U = \Delta H = C \Delta T$
- $\Delta S = C \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right)$

Corps pur diphasé

- titre massique en vapeur :
$$x_g = \frac{m_{vapeur}}{m_{système}} = \frac{v - v_\ell}{v_g - v_\ell}$$
- pour le changement d'état $1 \rightarrow 2$:
 $\Delta H = m \Delta_{1 \rightarrow 2} h$ où m est la masse qui change d'état et $\Delta_{1 \rightarrow 2} h$ est l'enthalpie massique (ou chaleur latente) de changement d'état $1 \rightarrow 2$
- $\Delta S = m \frac{\Delta_{1 \rightarrow 2} h}{T}$

Gaz parfait

- équation d'état des gaz parfaits : $PV = nRT$; P en Pa, V en m^3 ; $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 1^{ère} loi de Joule : $\Delta U = C_V \Delta T$
- 2^{ème} loi de Joule : $\Delta H = C_P \Delta T$

- Coefficient γ : $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

- Gaz parfait monoatomique : $C_V = \frac{3}{2}nR$ et $\gamma = \frac{5}{3}$

- Gaz parfait diatomique : $C_V = \frac{5}{2}nR$ et $\gamma = \frac{7}{5} = 1,4$

- Relations de MAYER :

$$\begin{cases} C_P - C_V = nR \\ C_{P_m} - C_{V_m} = R \text{ avec } C_{P_m} = \frac{C_P}{n} \text{ et } C_{V_m} = \frac{C_V}{n} \\ c_P - c_V = \frac{R}{M} \text{ avec } c_P = \frac{C_P}{m} \text{ et } c_V = \frac{C_V}{m} \end{cases}$$

- Relations de Mayer + coefficient γ : $C_V = \frac{nR}{\gamma - 1}$ et $C_P = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1}$

- Variation d'entropie :

$$\begin{cases} \Delta S(T, V) = C_V \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) + nR \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) \\ \Delta S(T, P) = C_P \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) - nR \ln \left(\frac{P_f}{P_i} \right) \\ \Delta S(P, V) = C_V \ln \left(\frac{P_f}{P_i} \right) + C_P \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) \end{cases}$$

- Lois de LAPLACE pour les transformations ADIABATIQUES et REVERSIBLES :

$$\begin{cases} T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1} \text{ ou } TV^{\gamma-1} = cste \\ T_f^\gamma P_f^{1-\gamma} = T_i^\gamma P_i^{1-\gamma} \text{ ou } T^\gamma P^{1-\gamma} = cste \\ P_f V_f^\gamma = P_i V_i^\gamma \text{ ou } PV^\gamma = cste \end{cases}$$