

FORMULAIRE DE THERMODYNAMIQUE

Relations générales

<ul style="list-style-type: none"> ■ Travail des forces de pression reçu par le système : $\delta W_p = -p_{ext}dV$ soit $W_p = -\int p_{ext}dV$ ■ Energie totale E_{TOT} : $E_{TOT} = U + E_{C_{macro}} + E_{p_{ext}}$ avec U énergie interne : $U = E_{C_{micro}} + E_{p_{int}}$ ■ Bilan issu du 1^{er} principe : $\Delta E_{TOT} = \Delta U + \Delta E_{C_{macro}} + \Delta E_{p_{ext}} = W + Q$ Cas usuel $\Delta U = W + Q$ Avec $W = W_p + W_{\neq p}$ où $W_{\neq p}$ travail utile et W_p travail des forces de pression ■ Enthalpie : $H = U + PV$ soit $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV)$ 	$P_{ext} = P$ si équilibre mécanique
---	--------------------------------------

Transformations particulières

Adiabatique : $Q = 0$ $\Delta U = W_{adiab}$	Isochore : $W_p = 0$ $\Delta U = Q_v + W_{\neq p}$	
Si réversibilité mécanique : $W_p = -\int PdV$	Isobare ; ou monobare avec $P_i = P_f = P_{ext}$:	$W_p = -p_{ext}\Delta V$ $\Delta H = Q_p + W_{\neq p}$

Systèmes monophasés idéaux : Gaz parfaits et P.C.I.I. (phases condensées incompressibles indilatables)

<ul style="list-style-type: none"> ■ Capacités thermiques : <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> Capacité thermique isochore C_v d'un système : $Cv = \frac{dU}{dT}$ (en J.K⁻¹), Capacité thermique isobare C_p d'un système : $Cp = \frac{dH}{dT}$ (en J.K⁻¹). </div> 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Corps condensés : modèle P.C.I.I. : $V = Cte$ et $C_p = C_v = C = mc$ $\Delta U \approx \Delta H \approx mc\Delta T$ si $c \approx cte$ 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gaz parfaits : <ul style="list-style-type: none"> • Relation de Mayer : $C_p - C_v = nR$ (en J/K) ; $C_{p,m} - C_{v,m} = R$ (en J/mol/K) ; $c_p - c_v = \frac{R}{M}$ (en J/kg/K). • Coefficient de Laplace (ou isentropique) γ : $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{c_p}{c_v} = \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}}$ • Capacités thermiques du gaz parfait : $C_v = \frac{nR}{\gamma-1}$ et $C_p = \frac{\gamma nR}{\gamma-1}$; soit $C_{v,m} = \frac{R}{\gamma-1}$ et $C_{p,m} = \frac{\gamma R}{\gamma-1}$; $c_v = \frac{R}{M(\gamma-1)}$ et $c_p = \frac{\gamma R}{M(\gamma-1)}$ • \forall transformation d'un G.P. si $\gamma = cte$: $\Delta U = C_v\Delta T = \frac{nR}{\gamma-1}\Delta T$ et $\Delta H = C_p\Delta T = \frac{\gamma nR}{\gamma-1}\Delta T$ • Lois de Laplace : Si 1) GP + 2) transformation adiabatique+ 3) réversible : $PV^\gamma = cte$ 	

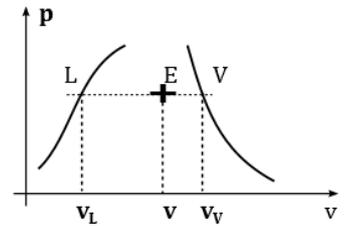
Transitions de phase

- Titre ou fraction massique d'un système sous 2 phases :

$$x_i = \frac{m_i}{m_{tot}} \quad \text{et} \quad x_1 + x_2 = 1$$

- Volume massique v en M, équilibre liquide-vapeur caractérisé par un titre en vapeur x_v :

$$v = x_v v_v + (1 - x_v) v_L$$



- Règle des moments associée :

$$x_v = \frac{v - v_L}{v_v - v_L} = \frac{LE}{LV}$$

- Enthalpie massique de changement d'état, ou chaleur latente, à la température T , (en J/kg) : différence entre les enthalpies massiques du corps pur dans la phase 2 et dans la phase 1 à T , correspondant à la variation d'enthalpie par kg de corps subissant le changement d'état à la température T sous la pression atmosphérique.

$$\Delta_{1 \rightarrow 2} h(T) = h_2(T) - h_1(T) = l_{1 \rightarrow 2}(T) = -\Delta_{2 \rightarrow 1} h(T)$$

- Enthalpie massique $\Delta_{vap} h(T)$ de vaporisation (L \rightarrow V) :

$$\Delta_{vap} h(T) = h_v(T) - h_l(T) = l_{vap}(T) = -\Delta_{liq} h(T)$$

- Bilan enthalpique d'un changement d'état isotherme et isobare : $\Delta_{1 \rightarrow 2} H = m_{12} \Delta_{1 \rightarrow 2} h = m_{12} l_{1 \rightarrow 2}(T)$;

Avec m_{12} masse ayant subit le changement d'état, soit $m_{12} = m_{2,F} - m_{2,I} = m_{tot}(x_{2,F} - x_{2,I})$

Pour une transformation monobare en l'absence de travail utile (ou indiqué) : $\Delta_{1 \rightarrow 2} H = Q_P$