

Chap 23 : premier principe de la thermodynamique

I) Le premier principe de la thermodynamique

- I.1) Energie d'un système $E = \underbrace{E_c + E_{\text{pest}}}_{\text{macro}} + \underbrace{U}_{\text{énergie interne } (= E_{\text{micro}} + E_{\text{pmicro}})}$
- I.2) Premier principe
- Enoncé $\Delta E = E_f - E_i = W + Q$ (où $W = W(\vec{F}_{\text{ext}} + N\vec{L})$)
 - Cas d'un système isolé
 - Forme usuelle si $\Delta E_c = 0$ et $\Delta E_{\text{pest}} = 0$, $\boxed{\Delta U = W + Q}$
 - Forme différentielle $dE = \delta W + \delta Q$; si $dE_c = 0$ et $dE_{\text{pest}} = 0$, $\boxed{dU = \delta Q + \delta W}$
 - Cas particuliers :
 - transformation isochore $\delta Q = dU$ (si corps pur monophasé) $\xrightarrow{\text{à } V_{\text{cte}}} \left(\begin{array}{l} \text{et } dE_c = 0 \\ dE_{\text{pest}} = 0 \\ \delta W = -P_{\text{ext}} dV \end{array} \right)$
 - transformation adiabatique mécaniquement réversible, lois de Laplace
- GP : $\boxed{PV^\gamma = \text{cte}}$ (et $TV^{\gamma-1} = \text{cte}$ et $P^{1-\gamma} T^\gamma = \text{cte}$).

II) La fonction d'état enthalpie

- II.1) Définitions : enthalpie, capacité thermique à pression constante
 $H = U + PV$, $dH = C_p dT$ à P_{cte} pour 1 corps pur monophasé
- II.2) Premier principe pour une transformation monobare avec équilibre mécanique initial et final $\Delta H + \Delta(E_c + E_{\text{pest}}) = W_{\text{autre}} + Q$ si $P_i = P_f = P_{\text{ext}} = \text{cte}$
 si de plus $\Delta E_c = 0$, $\Delta E_{\text{pest}} = 0$, $W_{\text{autre}} = 0$, alors $\Delta H = Q$
- II.3) Premier principe industriel
 Pour un fluide en écoulement stationnaire : $\Delta h + \Delta e_c + \Delta e_{\text{pest}} = w_u + q$
- II.4) Cas des gaz parfaits (relation de Mayer, rapport des capacités thermiques γ)
 $H(T)$ 2^{ème} loi de Joule ; $C_{pm} - C_{vm} = R$; $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_{vm} = \frac{R}{\gamma-1} \\ C_{pm} = \frac{\gamma R}{\gamma-1} \end{array} \right.$
 monoatomique : $C_{vm} = \frac{3}{2}R$; diatomique : $C_{vm} = \frac{5}{2}R$
- II.5) Enthalpie d'une phase condensée indilatable et incompressible
 $C_p = C_v = C$, $dH = dU = C dT$
- II.6) Enthalpie d'un système diphasé
 1 kg $\varphi_1 \rightarrow \varphi_2$ à P et T ctes : $q = \Delta h_{1 \rightarrow 2} = h_2(T) - h_1(T) = l_{1 \rightarrow 2}(T)$
 m EI(x_{2i}) $\rightarrow$ EF(x_{2f}) à P et T ctes : $\Delta H = m(x_{2f} - x_{2i}) l_{1 \rightarrow 2}(T) = Q$

III) Exercices

IV) Mesures de grandeurs thermodynamiques

- IV.1) Calorimètre
- IV.2) Mesure d'une capacité thermique massique
- IV.3) Détermination d'une enthalpie de changement d'état
- IV.4) Complément : mesure de γ par l'expérience de Clément et Desormes
 (exercice) $\gamma = \frac{\text{pente de l'adiabatique réversible}}{\text{pente de l'isotherme réversible}}$ (ds diag. (P,V))

V) Détentes de Joule

- V.1) Détente de Joule-Gay Lussac : détente adiabatique dans le vide $\Delta U = 0$
 si GP : $\Delta T = 0$; sinon $\Delta T \leq 0$ en général (pas isochore)
- V.2) Détente de Joule-Thomson : détente adiabatique dans une paroi poreuse $\Delta H = 0$
 si GP : $\Delta T = 0$