

Principes de la Thermodynamique pour un système ouvert.

1) Rapports des notations:

fonction d'état extensive à noter avec une majuscule H, U, V —
grandeurs massiques associées en h, u, v —
minuscule

$$h = \frac{H}{m}$$

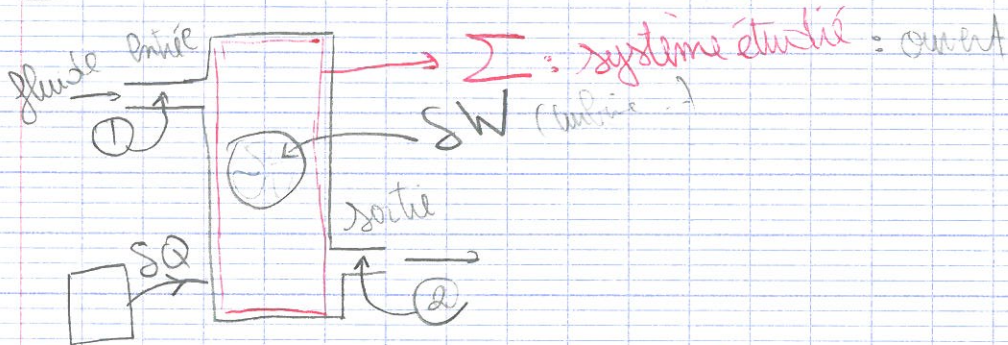
δ : δx est une petite quantité de x

d : dx est la différentielle d'une fonction ou variation élémentaire de x

Δ : Δx est une variation macroscopique ou une différence
ex $\Delta h = h_2 - h_1$
état 2 état 1.

2) Premier principe pour un écoulement permanent

a) Situation étudiée



débit massique: entrée: $\dot{D}_m = \frac{\text{Som entrant pendant } dt}{dt}$

en régime permanent: $\dot{D}_m = \frac{\text{Som sortant pendant } dt}{dt}$

définition q : chaleur reçue par Σ par unité de masse traversant Σ
"le système reçoit q kJ pendant la durée où 1 kg de masse le traverse"

w : travail reçu par Σ par unité de masse traversant le système.

Dans la zone ①: système homogène, on peut donc définir $P_1, T_1, \vec{V}_1$

idem pour ②: $P_2, T_2, T_2 \rightarrow$

B) Etablissement de l'équation utile

On utilise un système fermé

$\Sigma (H) U \delta m_2$ qui se sentent pendant dt

$$= \Sigma (t+dt) U \delta m_2$$

1^{er} principe pour un système fermé

$$\Delta \left(U + \underbrace{E_{\text{macro}}}_{\frac{1}{2} m v^2 + m g z} \right) = W + Q$$

signifiant $T=0$: pas de transfert thermique

$$\Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = W + Q$$

$$U_2(t+dt) + \delta U_2 - U_1(t) - \delta U_1 + Q_2 - \frac{1}{2} \delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} \delta m_1 v_1^2 + \delta m_2 g z_2 - \delta m_1 g z_1$$

$$\delta m_1 = \delta m_2 = \delta m$$

$$= P_2 \delta V_1 - P_2 \delta V_2 + \omega \delta m + q \delta m$$

$$\text{On a donc: } h_2 - h_1 + \frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) + g z_2 - g z_1 = \omega + q$$

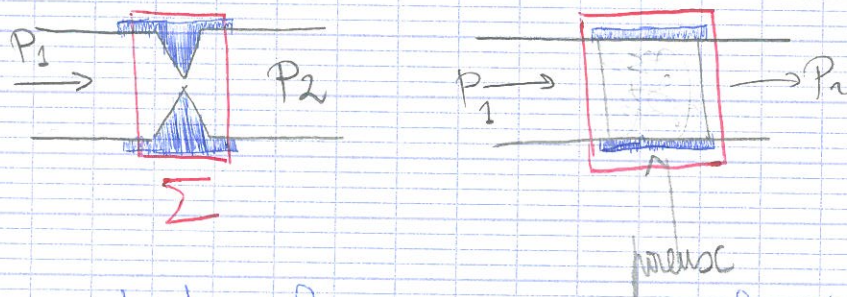
② Le premier principe pour un système ouvert en écoulement

$$\Delta (h + e_{\text{macro}}) = \omega + q \text{ ou } (h + \frac{v^2}{2} + g z) = \omega + q$$

même variation, c'est une différence entre h_2 et h_1

Formulation: La différence entre l'entrée et la sortie de la somme de l'enthalpie massique et de l'énergie macroscopique massique est égale à la somme du travail et de la chaleur reçues par le système ouvert par le système ouvert par unité de masse le traversant.

② Détente de Joule - Thomson Σ



pas de travail reçu parce que le récipient n'a pas de pièces mobiles: $w=0$

④ paquets calorifugés $q=0$

$$h + e_{\text{macro, entrée}} = h + e_{\text{macro, sortie}}$$

détente iso: $h + e_{\text{macro}}: \quad h + gz + \frac{v^2}{2} \text{ (conservé)}$

* en plus $z_1 = z_2$

* en plus v très faible

→ iso-enthalpie massique: $h(P_1, T_1) = h(P_2, T_2)$

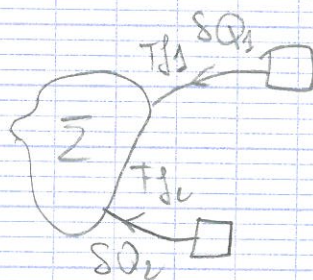
+ ④ gaz parfait $h(X, T_1) = h(X, T_2) \xRightarrow{\text{monotone}} T_1 = T_2$

③ Second principe pour un système ouvert ^{isotherme} pour un écoulement permanent:

② Rappel pour un système fermé

$$dS = \sum \frac{\delta Q_i}{T_{\text{frontière } i}} + \delta S_{\text{néé}}$$

$\delta S_{\text{néé}} \geq 0$, 0 réversible.



B) Second principe pour un système ouvert

$$\Delta S = \sum \frac{Q_i}{T_i} + S_{\text{créé massique}}$$

différence d'entropie entre sortie et entrée
 échange
 chaleur reçue par le système ouvert par unité de masse le traversant
 entropie créée par unité de masse traversant Σ

à t : système $\Sigma U(\delta m_1)$ système fermé

à $t+dt$: $\Sigma U \delta m_2$

$$S(t+dt) - S(t) = \frac{\delta Q_A}{T_A} + \frac{\delta Q_B}{T_B} + S_{\text{créé}}$$

$$S_{\Sigma}(t+dt) + \delta S_2 - S_{\Sigma}(t) - \delta S_1$$

pour $\delta m_2(t+dt)$
 pour $\delta m_1(t)$

± 0 : pas d'échange à la frontière côté entrée ou sortie.

decomposent en régime permanent

$$\delta S_2 = \delta m_2 \delta s_2 = \delta m \delta s_2$$

$$\delta S_1 = \delta s_1 \delta m$$

$$\delta Q_A = q_A \delta m$$

$$\delta Q_B = q_B \delta m$$

On remplace: $\delta s_2 \delta m - \delta s_1 \delta m = \frac{\delta m q_A}{T_A} + \frac{\delta m q_B}{T_B} + S_{\text{créé}}$

et alors $\delta s_2 - \delta s_1 = \frac{q_A}{T_A} + \frac{q_B}{T_B} + \frac{S_{\text{créé}}}{\delta m}$