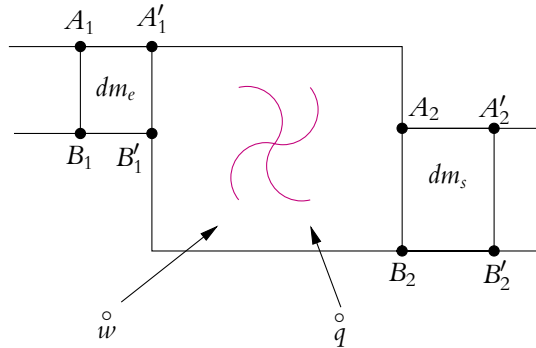


Premier principe pour un système ouvert.

Dans de nombreuses machines, il faut tenir compte de l'écoulement du fluide, par exemple les turbines, les turbocompresseurs, les réacteurs... On généralise le raisonnement étudié lors de la détente de Joule-Thomson dans le chapitre sur les applications du premier principe.



- Il reçoit de l'extérieur un travail mécanique massique w . Ce travail est échangé avec la machine (turbine par exemple), ce n'est pas celui due aux forces de pression à gauche et à droite.
- Il reçoit aussi de l'extérieur une énergie thermique massique q .
- Il subit une variation d'altitude $z_2 - z_1$.
- Il subit une variation de vitesse $c_2 - c_1$.

On sera amené à raisonner sur des grandeurs massiques et on appellera :

- u l'énergie interne massique,
- v le volume massique,
- h l'enthalpie massique.

Le premier système considéré (S) entre deux instants voisins t et $t + dt$ est la partie du fluide $A_1A_2B_1B_2$ qui devient $A'_1A'_2B'_1B'_2$. Étant donné que l'écoulement est stationnaire, les masses dm_e et dm_s des parties $A_1B_1A'_1B'_1$ et $A_2B_2A'_2B'_2$ sont égales et on note dm leur valeur commune.

Donc, la variation d'énergie totale entre les instants t et $t + dt$ est:

$$dU_{(S)} + dE_{c(S)} + dE_{p(S)} = \delta W_{f, \text{pression}} + \delta Q + \delta W$$

où $\delta W_{f, \text{pression}}$ est le travail des forces de pression. Comme dans l'étude de la détente de Joule-Thomson: $\delta W_{f, \text{pression}} = P_1 v_1 dm_e - P_2 v_2 dm_s = (P_1 v_1 - P_2 v_2) dm$

soit :

$$\left(u_2 + gz_2 + \frac{1}{2} c_2^2 \right) dm - \left(u_1 + gz_1 + \frac{1}{2} c_1^2 \right) dm = (P_1 v_1 - P_2 v_2) dm + \delta Q + \delta W$$

Alors :

$$\left(u_2 + P_2 v_2 + g z_2 + \frac{1}{2} c_2^2 \right) - \left(u_1 + P_1 v_1 + g z_1 + \frac{1}{2} c_1^2 \right) = w + q$$

soit :

$$\left(h_2 + g z_2 + \frac{1}{2} c_2^2 \right) - \left(h_1 + g z_1 + \frac{1}{2} c_1^2 \right) = w + q$$

$$\Delta \left(h + g z + \frac{1}{2} c^2 \right) = w + q$$

où $h = u + P v$ est l'enthalpie massique.

Application:

On pompe l'eau d'un puits à 30 m de profondeur, à la température 363 K, avec un débit volumique de $D_v = 120 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. Cette eau est récupérée dans un réservoir à la température 273 K après être passée dans un échangeur thermique où elle reçoit une puissance thermique \dot{q} . La puissance mécanique de la pompe est $\dot{w} = 2 \text{ kW}$.

On néglige l'énergie cinétique de l'eau.

Calculer \dot{q} sachant que la capacité thermique massique de l'eau est $C = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Réponse

$$c_1 = c_2 = 0, \quad h_2 - h_1 = C(T_2 - T_1) = -376,2 \text{ kJ}$$

et $D_m = D_v \rho_{\text{eau}} = \frac{120 \cdot 10^{-3}}{60} \times 10^3 = 2 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ où ρ_{eau} est la masse volumique de l'eau. On trouve, en arrondissant, $\dot{q} = -754 \text{ kJ} \cdot \text{s}^{-1}$. L'eau pompée cède du transfert thermique et peut servir de source d'énergie (géothermie).