

# Principes de la thermodynamique pour un système en écoulement

## Bilan de puissance pour un circuit hydraulique

Travail indiqué : dû à un élément actif, à la présence de parties mobiles dans la conduite ou la machine.  
Il représente la somme des travaux autres que ceux des forces de pression d'admission et de refoulement.

$$\delta W_i = w_i \delta m = \phi_i dt$$

$$D_m \left[ \left( \frac{P_s}{\mu} + \frac{1}{2} v_s^2 + g z_s \right) - \left( \frac{P_e}{\mu} + \frac{1}{2} v_e^2 + g z_e \right) \right] = \phi_i$$

Avec : puissance indiquée  $\phi_i = D_m w_i$

## Premier principe pour un système ouvert

Premier principe sur le système fermé  $\Sigma'$  :  $dU_{\Sigma'} + dE_{c,\Sigma'} = \delta W + \delta Q$

Par extensivité de l'énergie interne, en régime stationnaire :

$$dU_{\Sigma'} = U_{\Sigma'}(t+dt) - U_{\Sigma'}(t) = U_{\Sigma'}(t+dt) + U_{\Sigma_s}(t+dt) - U_{\Sigma'}(t) - U_{\Sigma_e}(t) = U_{\Sigma_s}(t+dt) - U_{\Sigma_e}(t)$$

$$dU_{\Sigma'} = \delta m(u_s - u_e)$$

Transfert thermique de l'extérieur vers l'intérieur du système, à travers les parois avec :

$$\delta Q = q \delta m = \Phi dt$$

Avec le bilan des travaux effectués pour un fluide et dans le cas de la présence de parties mobiles :

$$\delta m(u_s - u_e) + \delta m(e_{c,s} - e_{c,e}) = -\delta m(e_{pp,s} - e_{pp,e}) + \delta m \left( \frac{P_e}{\mu_e} - \frac{P_s}{\mu_s} \right) + \delta m w_i + \delta m q$$

**Enthalpie** :  $H = U + PV \Rightarrow h = u + \frac{P}{\mu}$  en massique

Dans un référentiel galiléen, lorsqu'un écoulement est stationnaire et homogène et lorsque les seules forces volumiques sont celles de pesanteur, considérées uniformes, le **premier principe pour un système ouvert** à une entrée et une sortie s'écrit :

$$\Delta h + \Delta e_c + \Delta e_{pp} = w_i + q_e$$

Dans la plupart des cas usuels,  $\Delta e_c$  et  $\Delta e_{pp}$  seront négligeables.

Exceptions :  
- usine hydroélectrique, pour  $\Delta e_{pp}$   
- tuyère de réacteur, pour  $\Delta e_c$

## Deuxième principe pour un système ouvert

Dans un référentiel galiléen, lorsqu'un écoulement est stationnaire et homogène, le **second principe pour un système ouvert** à une entrée et une sortie s'écrit :

$$\Delta s = s_{ech} + s_{créé}$$

$s_{créé}$  sera donc liée aux causes d'irréversibilité le long de l'écoulement dans la conduite.