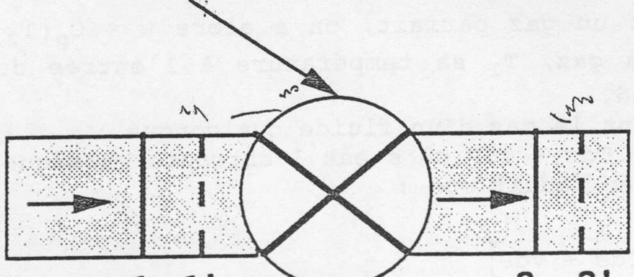
CHAPITRE XIV : SYSTEMES AVEC ENERGIE CINETIQUE MACROSCOPIQUE

On se propose dans ce petit chapitre d'appliquer le premier principe aux machines avec énergie cinétique macroscopique. On n'étudiera que les régimes permanents d'écoulement.

I : BILAN ENERGETIQUE GLOBAL AVEC ENERGIE CINETIQUE MACROSCOPIQUE

On considère un fluide qui traverse une machine thermique. On appelle w et q le travail (respectivement la chaleur) fournie par la machine à l'unité de masse de fluide qui la traverse. On néglige la variation d'énergie potentielle du fluide.

MACHINE THERMIQUE



Appliquons le premier principe de la thermodynamique au système fermé constitué par le fluide situé entre les plans 1 et 2 à la date t.

A la date t+dt, le système se trouve entre les plans 1' et 2'. Une masse δm_1 de fluide est entrée dans la machine et une masse δm_2 en est sortie. En régime permanent, $\delta m_1 = \delta m_2 = \delta m$. Le système fermé a donc reçu de la **machine**, entre t et t+dt, le travail $w\delta m$ et la chaleur $q\delta m$.
On appelle u_1 l'énergie interne massique du fluide, e_{c1} l'énergie cinétique massique, P_1 la pression et v_1 le volume massique du fluide à l'entrée de la machine. A la sortie de la machine, ces grandeurs valent u_2, e_{c2}, P_2 et v_2.

Au travail reçu par le machine, il convient d'ajouter le travail fournie par le fluide situé en amont et en aval du système fermé soit $P_1v_1\delta m - P_2v_2\delta m$.

Le premier principe appliqué au système fermé considéré s'écrit alors :

$$\left[U(t+dt) + E_c(t+dt)\right] - \left[U(t) + E_c(t)\right] = \left[w + q + P_1v_1 - P_2v_2\right]\delta m$$

Si on appelle U_o et E_{co}, l'énergie interne et l'énergie cinétique du fluide compris entre les plans 1' et 2, on a de suite :

$$U(t) = u_1\delta m + U_o \text{ et } U(t+dt) = u_2\delta m + U_o$$

De même, on a :

$$E_C(t) = e_{c1}\delta m + E_{co} \quad \text{et} \quad E_C(t+dt) = e_{c2}\delta m + E_{co}$$

Le premier principe s'écrit donc après simplification par δm :

$$\left[u_2 + P_2v_2\right] - \left[u_1 + P_1v_1\right] + \left[e_{c2} - e_{c1}\right] = w + q$$

En notant que $u + Pv$ représente l'enthalpie massique du fluide, il vient avec des notations évidentes :

$$\Delta(h + e_c) = w + q$$

II : ETUDE D'UN COMPRESSEUR

Un fluide est comprimé de la pression P_1 à la pression P_2 à l'aide d'une machine. La compression est supposé adiabatique et on néglige la variation d'énergie cinétique lors de l'écoulement. On se propose de calculer le travail fourni par la machine.

D'après le paragraphe précédent, le travail fourni par à la machine à l'unité de masse de fluide vaut clairement :

$$w = \Delta h$$

Si le fluide est un gaz parfait, on a alors $w = C_p(T_2 - T_1)$ où C_p est la chaleur massique du gaz, T_1 sa température à l'entrée du compresseur et T_2 celle du gaz comprimé.

Etudions maintenant le cas d'un fluide quelconque :

Nous savons que $dh = Tds + vdP$ où s est l'entropie massique du fluide et v son volume massique. On en déduit que :

$$w = \int_1^2 \left[Tds + vdP\right]$$

où 1 et 2 désigne respectivement l'état initial et l'état final du fluide.

Si la transformation est **adiabatique réversible** $ds = 0$ et :

$$w = \int_1^2 vdP$$

En général, il existe au sein de la machine des sources d'irréversibilité, si on appelle δs_i l'entropie créée par unité de masse, on a alors :

$$w = \int_1^2 vdP + \int_1^2 T\delta S_i$$

puisque $ds = \delta S_i$ dans ce cas.

Le second terme représente un travail supplémentaire à fournir pour vaincre l'irréversibilité de l'écoulement.