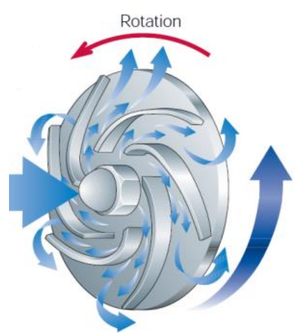
Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès
Département Energétique

Chapitre 2:

Relations fondamentales des Turbomachines



Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès
Département Energétique

Relations fondamentales des turbomachines

1. Triangle des vitesses
2. Relation d'Euler
3. Degré de réaction

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès
Département Energétique

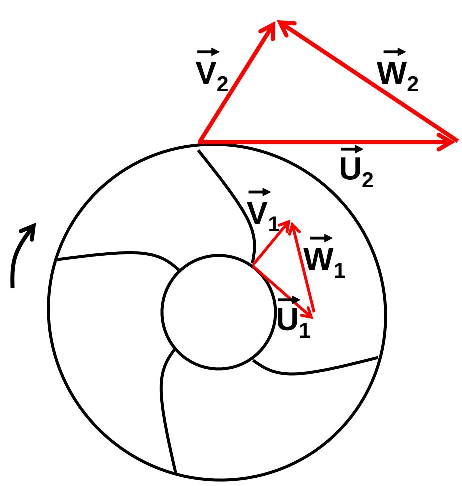
1. Triangle des vitesses

Considérons la composition du mouvement absolu du fluide à travers un rotor, résultant de la rotation de celui-ci. Le mouvement absolu caractérisé par une vitesse $\vec{V}$ est obtenu par la composition du mouvement d'entraînement de vitesse $\vec{U}$ et le mouvement relatif (par rapport au rotor) de vitesse $\vec{W}$

$$\vec{V} = \vec{U} + \vec{W}$$

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès
Département Energétique

1. Triangle des vitesses



V_1: Vitesse absolue du fluide à l'entrée du rotor

W_1: Vitesse relative du fluide par rapport au rotor à l'entrée du rotor

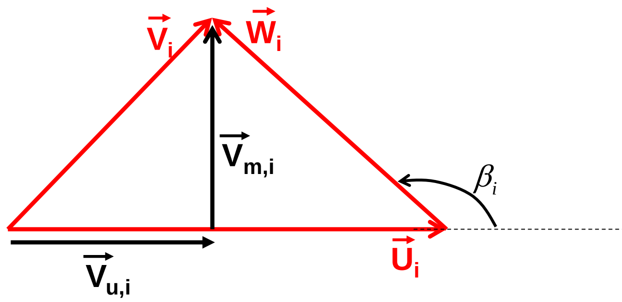
U_1: Vitesse d'entraînement du rotor à l'entrée

V_2: Vitesse absolue du fluide à la sortie du rotor

W_2: Vitesse relative du fluide par rapport au rotor à la sortie du rotor

U_2: Vitesse d'entraînement du rotor à la sortie

1. Triangle des vitesses



$i=1$: l'entrée du rotor

$i=2$: la sortie du rotor

β_i : angle d'écoulement

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès
Département Energétique

2. Relation d'Euler

La relation d'Euler donne l'expression de l'énergie spécifique échangée entre le rotor d'une turbomachine à fluide incompressible et le fluide. Elle résulte de l'application du théorème du moment cinétique sur un volume de fluide à l'intérieur du rotor. Cette énergie est notée e_{th}.

$$e_{th} = \pm(U_2 V u_2 - U_1 V u_1)$$

+ : machine réceptrice

- : machine motrice

La hauteur énergétique (en m) , échangée entre le rotor et le fluide, est donnée par:

$$H_{th} = e_{th}/g$$

L'application du premier principe de la thermodynamique pour le système fluide traversant une turbomachine:

$$P_u + P_c = Q_m\,(h_{0s} - h_{0e})$$

Avec:

$h_0 = h + v^2/2$ l'enthalpie d'arrêt

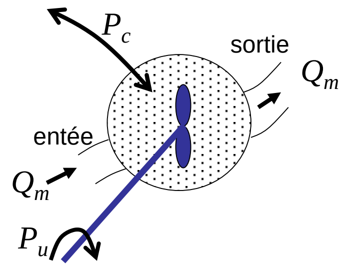
$$P_u/Q_m = e_{th} = U_2Vu_2 - U_1Vu_1$$

En absence d'échange calorifique $P_c=0$ on aura:

$$h_{0s} - h_{0e} = U_2Vu_2 - U_1Vu_1$$

On peut écrire: $h_2=h_s$ $h_1=h_e$

Donc: $h_{02} - U_2Vu_2 = h_{01} - U_1Vu_1$



En absence d'échange calorifique la quantité $I=h_0-UV_u$ est constante.

I est appelée Rothalpie.

3. Degré de réaction

Nous avons exprimé l'énergie massique e_{th} en utilisant le premier principe. Cette énergie est composé de deux parties. La première est dite statique, la deuxième est dite dynamique.

$$e_{th} = U_2Vu_2 - U_1Vu_1 = \frac{p_{02}-p_{01}}{\rho} = \underbrace{\frac{p_2-p_1}{\rho}}_{\text{Énergie statique}} + \underbrace{\frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2)}_{\text{Énergie Dynamique}}$$

3. Degré de réaction

Le degré de réaction est par définition le rapport entre la partie statique et l'énergie totale:

$$\varepsilon = \frac{p_2 - p_1}{p_{02} - p_{01}}$$

On peut démontrer que:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{2}\frac{(Vu_2 + Vu_1)(Vu_2 - Vu_1)}{U_2 Vu_2 - U_1 Vu_1}$$

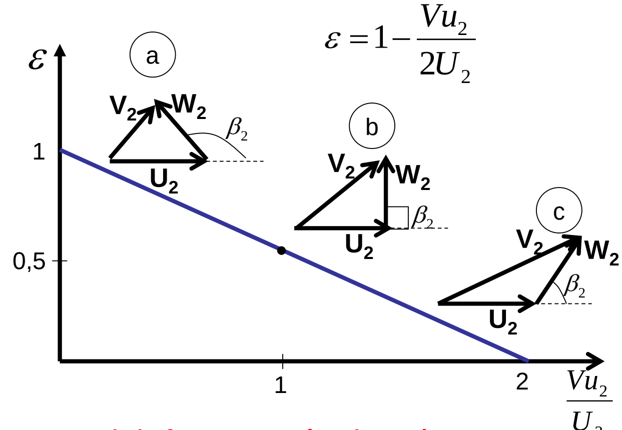
Pour une pompe centrifuge $Vu_1=0$.

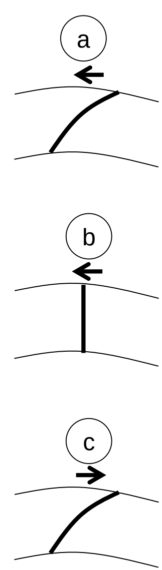
$$\varepsilon = 1 - \frac{Vu_2}{2U_2}$$

Le degré de réaction doit être le plus grand possible

3. Degré de réaction

$$\varepsilon = 1 - \frac{Vu_2}{2U_2}$$





La pompe doit être tournée dans le sens inverse d'inclinaison des aubes pour avoir un degré de réaction qui est grand