

Série TD N°3 de Turbomachines II : L 3^{ème} A Energétique

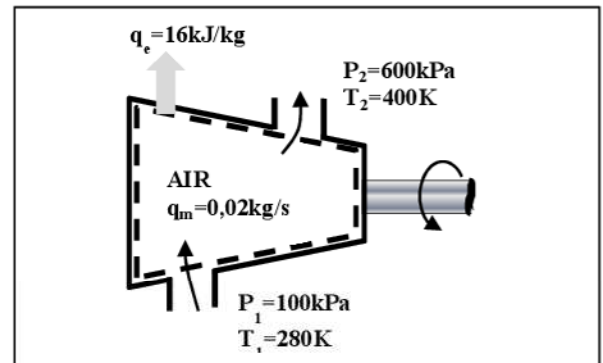
Resp-Module : Mr Bouaouina-L

Exercice 1

Un compresseur comprime l'air (comme gaz parfait) de façon stationnaire avec les conditions thermodynamiques à l'entrée et à la sortie sont données sur la figure ci-contre. Si on néglige la variation de l'énergie cinétique et potentielle entre l'entrée et la sortie du compresseur,

Avec : $C_p = 1005 \text{ KJ}/(\text{K} \cdot \text{kg})$

1°)- Déterminer la puissance nécessaire donnée pour le compresseur ?



Exercice 2

Un écoulement traversant le stator d'une turbine axiale (voir figure ci-contre), On donne :

Les caractéristiques du fluide :

$T_{01} = 800^\circ\text{C}$, $P_{01} = 1.7 \text{ bar}$, $R = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, $\gamma = 1.33$, $C_{1a} = 110.2 \text{ m/s}$, $\alpha_1 = 0^\circ$,
 $P_2 = 1.36 \text{ bar}$, $\xi_s = 0.0156$,

La géométrie du canal :

Rayon à la section : $r_1 = 0.65 \text{ m}$, $r_2 = 0.65 \text{ m}$,
Épaisseur à la section : $B_1 = 0.162 \text{ m}$, $B_2 = 0.200 \text{ m}$

Les conditions statiques :

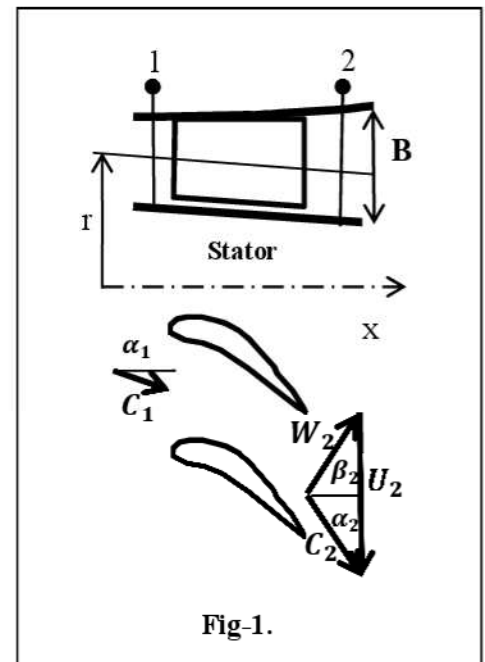
$C_p = 1005 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, $T_1 = 794.75^\circ\text{C}$, $P_1 = 1.66 \text{ bar}$, $\rho_1 = 0.54 \text{ kg/m}^3$,
 $q_{m1} = 39.65 \text{ kg/s}$, $W_2 = 116.97 \text{ m/s}$

Pour permettre à cet écoulement de s'établir :

1°)- Représenter sur le diagramme h-s l'état thermodynamique de l'écoulement (variables statique et d'arrêt et isentropique) puis le triangle des vitesses à la section 2 ?

2°)- Calculer C_2 , T_2 , (en utilisant la conservation d'enthalpie d'arrêt) ?

3°)- Calculer les pertes adiabatiques dans le stator de la turbine ?



Exercice 3

A la suite de l'exercice n°4 de la série TD n°2 d'une turbine multi-étage

Déterminer :

1°)- Le travail technique (réel) développé par la turbine ?

2°)- Le rendement totale-a-totale de la turbine ?

3°)- Le rendement totale-a-statique de la turbine ?

4°)- Le rendement de la turbine si on néglige la variation d'énergie cinétique ?

5°)- La relation entre le rendement totale-a-totale et le rendement totale-a-statique et la vérifier ?

Solution de l'exercice n°1

:

$$\frac{dq_{mvc}}{dt} = \sum_s q_{ms} - \sum_e q_{me} \Rightarrow q_{m1} = q_{m2} = q_m$$
$$\frac{dH}{dt} + \sum_2 q_{m2} \left(h_2 + \frac{c_2^2}{2} + gZ_2 \right) - \sum_1 q_{m1} \left(h_1 + \frac{c_1^2}{2} + gZ_1 \right) = \dot{Q} + \dot{W}$$

$$\dot{W} = -\dot{Q} + q_m h_2 - q_m h_1$$

$$\dot{W} = -q_m q + q_m (h_2 - h_1)$$

$$h_1 = h_{(280)} = 281,4 \text{ KJ/kg}$$

$$h_2 = h_{(400)} = 402 \text{ KJ/kg}$$

$$P = \dot{W} = -q_m q + q_m (h_2 - h_1) = (0,02)(16) + (0,02)(402 - 281,4) = 2,73 \text{ kw}$$

Solution de l'exercice n°2

:

Ecoulement à la section 2

$$h_{01} = h_{02} \rightarrow C_p T_1 + \frac{C_1^2}{2} = C_p T_2 + \frac{C_2^2}{2}$$

$$C_2 = \sqrt{C_1^2 + 2C_p T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)} = \sqrt{C_1^2 + 2C_p T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_{2s}} \frac{T_{2s}}{T_1} \right)}$$

$$\text{Or par définition : } \Delta S = C_p \ln \left(\frac{T''}{T'} \right) - R \ln \left(\frac{P''}{P'} \right)$$

$$\text{Pour } T_{01} = T_{02} : \Delta S = -R \ln \left(\frac{P_{02}}{P_{01}} \right)$$

$$\text{Et pour } P_2 = P_{2s} : \Delta S = C_p \ln \left(\frac{T_2}{T_{2s}} \right) = \frac{\gamma}{\gamma-1} R \ln \left(\frac{T_2}{T_{2s}} \right)$$

$$\text{L'égalité des deux : } \Delta S = \Delta S \text{ donne : } \frac{T_2}{T_{2s}} = \left(\frac{P_{01}}{P_{02}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

La pression totale à la sortie du stator est connue par l'intermédiaire du coefficient de pertes : $\zeta_s = 1 - \frac{P_{02}}{P_{01}}$

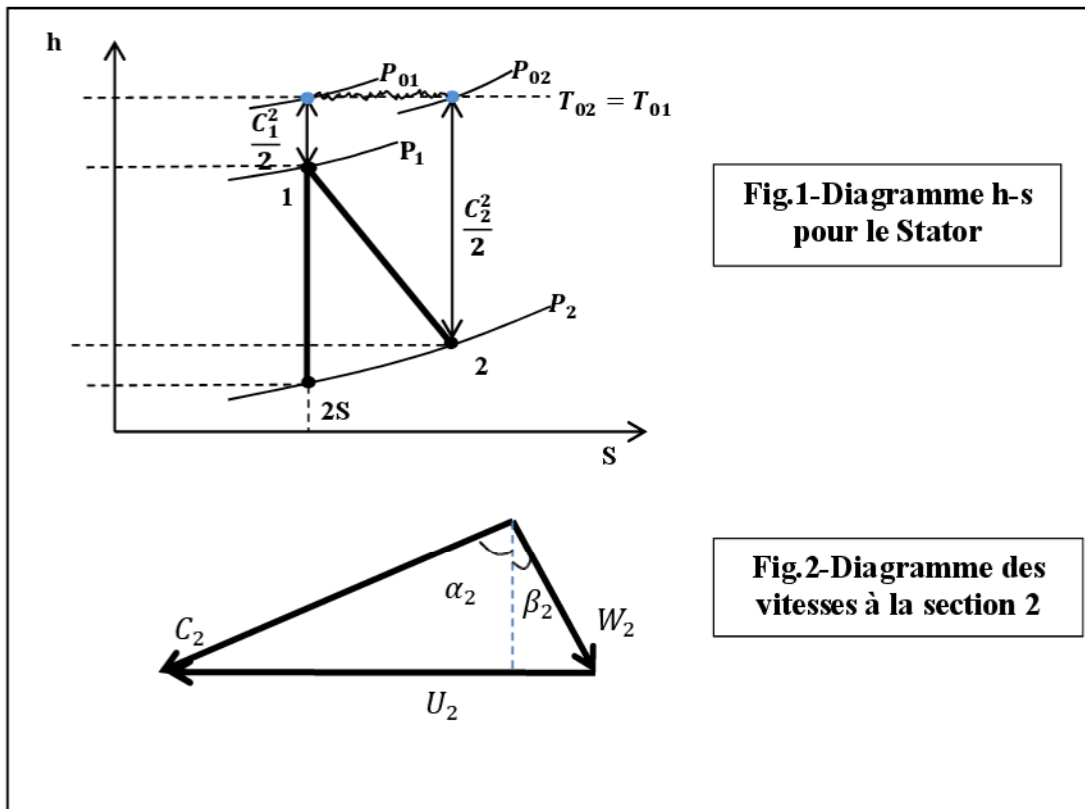
$$\text{Donc : } P_{02} = P_{01}(1 - \zeta_s) = 1,6736 \text{ bar}$$

$$\text{Finalement la vitesse : } C_2 = \sqrt{C_1^2 + 2C_p T_1 \left(1 - \left(\frac{P_2 P_{01}}{P_1 P_{02}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)} = 353,03 \text{ m/s}$$

$$\text{Tandis que la température totale : } T_{02} = T_{01} \Rightarrow T_2 = T_{02} - \frac{C_2^2}{2C_p} = 746,13^\circ \text{C}$$

$$\text{Les pertes adiabatiques dans le stator : } T_{2s} = \frac{T_2}{\left(\frac{P_{01}}{P_{02}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} = 1,0045^\circ \text{C}$$

$$\pi_s = h_2 - h_{2s} = C_p (T_2 - T_{2s}) = 3350,93 \text{ J}$$



Solution de l'exercice n°3

1°)-Le travail spécifique développé : $W_T = h_{01} - h_{03} = 3449,1 - 2665,0 = 784,1 \text{ KJ/kg}$

2°)-Rendement totale a totale : $\eta_{tt} = \frac{h_{01}-h_{03}}{h_{01}-h_{03s}} = \frac{3449,1-2665,0}{3449,1-2329,9} = 0,700$

3°)-Rendement totale à statique : $\eta_{ts} = \frac{h_{01}-h_{03}}{h_{01}-h_{3s}} = \frac{3449,1-2665,0}{3449,1-2309,9} = 0,688$

4°)-Rendement si en néglige la variation d'énergie cinétique: $\eta_{tt} = \frac{h_1-h_3}{h_1-h_{3s}} = \frac{3447,8-2645,0}{3447,8-2309,9} = 0,705$

5°)- Comme on peut trouver une relation entre les deux rendements :

$$\frac{1}{\eta_{tt}} = \frac{1}{\eta_{ts}} - \frac{c_3^2}{2W_T} = 1,42789 \Rightarrow \eta_{tt} = 0,700 \quad (\text{c'est vérifier})$$