

Série TD N°5 de Turbomachines II : L3^{ème} AN Energétique

Resp-Module : Mr Bouaouina-L

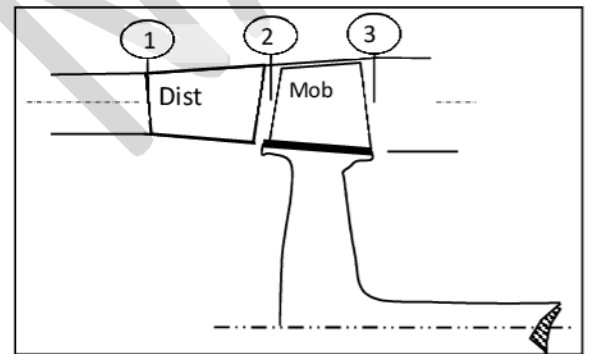
Exercice 1

On relève au rayon moyen d'un étage de turbine axiale à action les caractéristiques suivantes : $P_{01}=4,2\text{bars}$, $P_{02}=4\text{bars}$, $P_2=2\text{bars}$, $T_{02}=1,100^\circ\text{K}$, $U_2=U_3=290\text{m/s}$, $\alpha_3=90^\circ$, $\alpha_2=18^\circ$, $C_{3u}=0$ et $C_{1a}=C_1=C_{2a}=C_3=C_{3a}$.

Si on donne: $C_p = 1,148 \text{ kJ/kg}^\circ = \text{cst}$, $\gamma = 1,33 = \text{cst}$

On demande de déterminer :

- 1°)- La vitesse de sortie des distributeurs C_2
- 2°)- Le travail massique sur l'arbre
- 3°)- La pression d'arrêt à la sortie de l'étage P_{03}
- 4°)- Le rendement par rapport à l'isentropique :
 - a)-si la vitesse de sortie est perdue
 - b)-si la vitesse de sortie est récupérée
- 5°)- La perte adiabatique dans le distributeur et dans le mobile



Solution de l'exercice n°1 :

1°)-vitesse de sortie des distributeurs C_2 :

$$h_{02} = h_2 + \frac{C_2^2}{2} \Rightarrow T_{02} = T_2 + \frac{C_2^2}{2C_p} \Rightarrow C_2 = \sqrt{2C_p(T_{02} - T_2)}$$

$$\text{On calcule } T_2 : \frac{P_{02}}{P_2} = \left(\frac{T_{02}}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} 2 = \left(\frac{110}{T_2}\right)^{4,003} \rightarrow T_2 = 925,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\rightarrow C_2 = \sqrt{2 \cdot 1148 \cdot (1100 - 925,1)} = 633,7 \text{ m/s} \rightarrow C_2 = 633,7 \text{ m/s}$$

2°)- travail massique sur l'arbre (chute d'enthalpie réelle totale):

$$\text{du triangle des vitesses : } C_{u2} = C_2 \cos \alpha_2 = 633,7 \cdot \cos 18^\circ = 602,7 \text{ m/s}$$

$$W_{Dr} = W_t = h_{02} - h_{03} = U \Delta C_u = U C_{u2} = 290 \cdot 602,7 = 174783 \text{ J/kg}$$

$$\Rightarrow w_t = 174,8 \text{ kJ/kg}$$

3°)-pression d'arrêt à la sortie P_{03} :

$$\frac{P_{03}}{P_3} = \left(\frac{T_{03}}{T_3}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \text{ Avec : } P_3 = P_2 \text{ étage à action}$$

$$1^{\text{er}} \text{ principe de la thermodynamique : } W_t + \Delta Q_e = \Delta H_0$$

$$\Rightarrow W_t = \Delta H_0 = h_{02} - h_{03} = C_p \Delta T_0 = C_p (T_{02} - T_{03})$$

$$\Rightarrow T_{03} = -\frac{174,8}{1,148} + 1100 = 947,7 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{Or } T_{03} = T_3 + \frac{C_3^2}{2C_p} = 947,7 + \frac{195,8^2}{2 \cdot 1,148} = 931 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{donc } P_{03} = P_3 \left(\frac{T_{03}}{T_3}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 2 \left(\frac{947,7}{931}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 2,147 \text{ bars}$$

4°)-Rendement isentropique dans le cas :

$$\text{a)-Vitesse de sortie perdue : } \eta_{ts} = \frac{W_t}{C_p(T_{01} - T_{3s})}$$

$$\frac{P_{01}}{P_{3s}} = \left(\frac{T_{01}}{T_{3s}}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \Rightarrow 2,1^{0,2498} = \frac{1100}{T_{3s}}$$

$$\Rightarrow T_{3s} = 913,9 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\eta_{ts} = \frac{W_t}{C_p(T_{01} - T_{3s})} = \frac{174,8}{1,148 \cdot (1100 - 913,9)} = 0,818$$

$$\text{b)-Vitesse de sortie non perdue : } \eta_{tt} = \frac{W_t}{C_p(T_{01} - T_{03s})}$$

$$\text{Or : } \frac{P_{01}}{P_{03s}} = \left(\frac{T_{01}}{T_{03s}}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \Rightarrow \left(\frac{4,2}{2,143}\right)^{0,2498} = \frac{1100}{T_{03s}}$$

$$\Rightarrow T_{03s} = 929,8 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\eta_{tt} = \frac{W_t}{C_p(T_{01} - T_{03s})} = \frac{174,8}{1,148 \cdot (1100 - 929,8)} = 0,8946$$

5°)-Pertes adiabatiques dans :

$$\text{Le distributeur : } C_p(T_2 - T_{3s}) = 1,148(925,1 - 913,9) = 12,857 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Le mobile : } C_p(T_3 - T_2) = 1,148(931 - 925,1) = 6,773 \text{ kJ/kg}$$

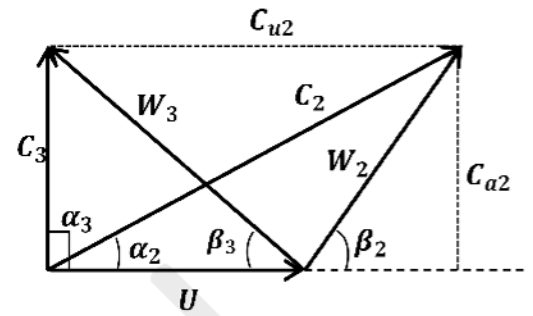


Fig.1-Triangle des vitesses

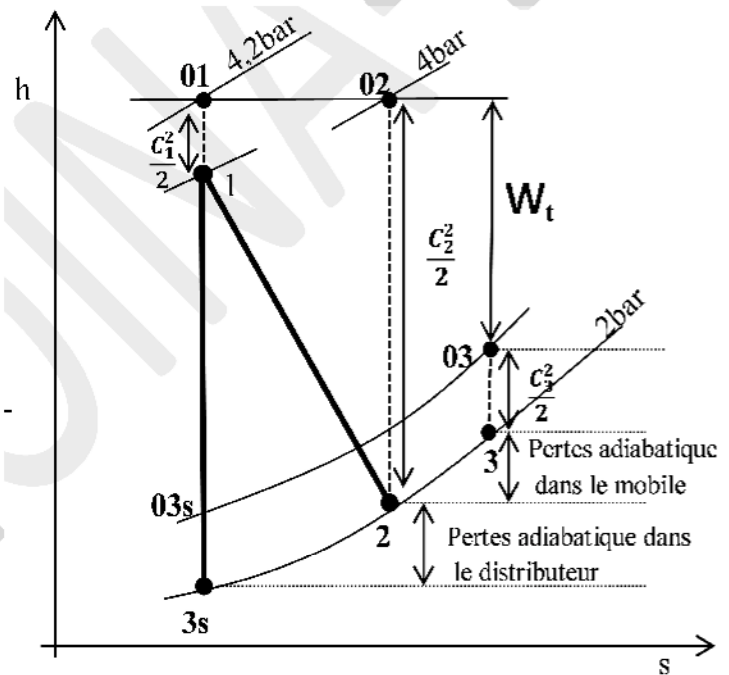


Fig.2-Diagramme h-s