Université Mohamed Boudiaf de M'sila

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique

Le 30/01/2020

1ière année Master Maintenance des Equipements Industriels

Module : ***Turbomachines***

Examen finale- semestre 01

Question de cours (03pts)

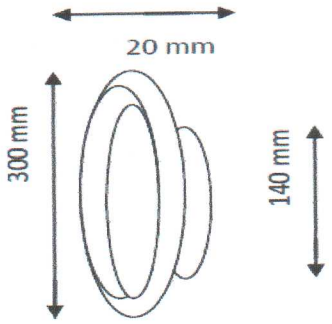
Expliquer le principe de fonctionnement d'une turbine à gaz.

Exercice N°01 (07 pts)

Une pompe centrifuge à entrée radiale est constituée d'une roue avec les caractéristiques suivantes:

(**D_1= 140mm, D_2= 300mm, b_1= b_2= 20mm**).

- Rendement mécanique η_m =0.95
- Rendement volumétrique η_v=0.92
- Rendement hydraulique η_h=0.80



Cette pompe débite **30 l/s** et tourne à une vitesse constante **N =1000tr/mn**. L'entrée dans la roue est radiale ,β_1= 35.5° et β_2= 30°.

1- Déterminer les tringles de vitesses à l'entrée et à la sortie de la roue ? 2,5

2- Calculer le débit volumétrique utile fourni Q_{vu} ? 1

3- Calculer l'hauteur manométrique **H** ? 1

4- Calculer la puissance sur l'arbre ? 1

5- Montrer que : $(P_2-P_1)/\rho g = (U^2_2- U^2_1)/2g-(W^2_2- W^2_1)/2g$ 1,5

Exercice N°02 (04 pts)

Une roue avec les caractéristiques suivantes:

U= 160m/s.

La vitesse absolue C_1= 270m/s; α_1=30° .

La vitesse absolue C_2= 160m/s; β_2=30° .

1) Tracer les triangles de vitesse. 2

2) Calculer les vitesses W_1, W_2 et la hauteur manométrique de cette roue. 2

0,5 0,5

Exercice N°03(06 pts)

Soit un groupe turbine-alternateur, de puissance de turbinage **Ph = 600 10^6 W**, utilisé pour la production de l'énergie électrique dans un barrage. Ce groupe est placé entre deux bassins de dénivellation de **1695 m** à **740 m**. Le débit d'écoulement de l'eau à travers la turbine est de **262,8 10^6 l/h** (fig.1). La conduite est de diamètre intérieur constant égale à **3 m**.

On supposera qu'en **1** et en **5** l'eau est à la pression atmosphérique (p_{atm} = 10^5 Pa). On donne : Z_1 = 1695 m, Z_2 = 1590 m, Z_3 = 1505 m, Z_4 = 787 m, Z_5 = 740 m, α =20°, η_T= 0,8 et η_a= 0,7.

1/ Calculer la vitesse de l'écoulement de l'eau dans la conduite. 0,75

2/ Calculer le nombre de Reynolds, déduire le type de cet écoulement. (0,75) + (0,5)

3/ Dans le trajet **1→5** calculer la somme des pertes de charges Δp_{15}. (1,5)

4/ Supposons que les pertes de charges, trouvées dans la question précédente, soient localisées comme des pertes de charges linéaires dans la conduite entre **3** et **4**. (1,5)

a)- Déterminer le coefficient de pertes de charges linéaires λ_{34}.

b)- Calculer la pression p_4 à l'entrée de la turbine. (4)

5/ L'énergie électrique produite par l'alternateur sera utilisée pour l'alimentation des groupes électropompes utilisés pour l'irrigation des terres agricoles. En supposant que ces électropompes possèdent les mêmes caractéristiques, déterminer le nombre maximal des électropompes qu'on peut alimenter par l'énergie produite. (1)

On donne : La puissance hydraulique développée par une pompe est P'_h =20 KW, η_h= 0,85 et η_e= 0,75.

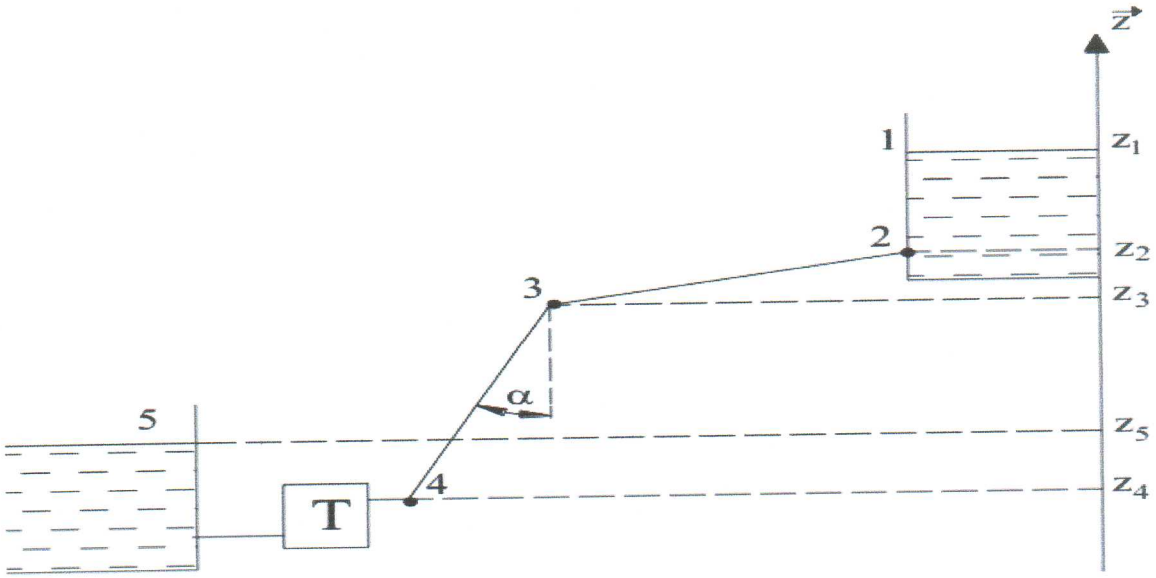


Figure 01.

BONNE CHANCE

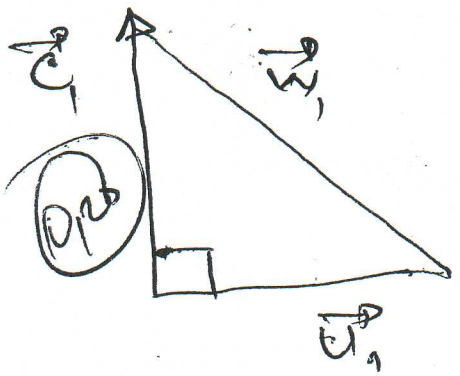
Exercice N°01

07/07

01/ Triangles de vitesse.

Entrée

$N = 1000\ tr/min$



$$U_1 = \omega \times R_1 = \omega \times \frac{D_1}{2} = \frac{2\pi n \times 140 \times 10^{-3}}{60 \times 2}$$

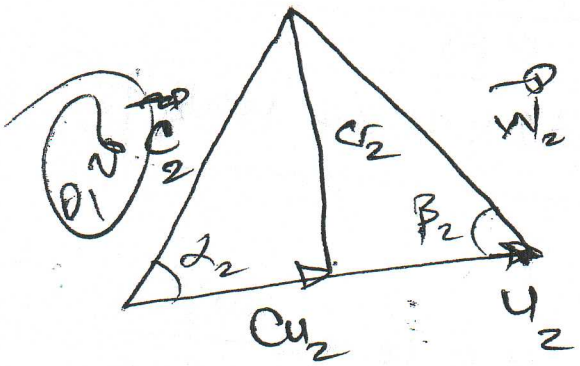
$$\boxed{U_1 = 7{,}33\ m/s}$$ 0,25

$$C_1 = C_{r_1} = \frac{Q}{\pi b_1 D_1} = \frac{0{,}03}{\pi \times 0{,}02 \times 0{,}14} = 3{,}41\ m$$

$$\boxed{C_1 = 3{,}41\ m/s}$$ 0,25

$$W_1 = \sqrt{C_1^2 + U_1^2} = \sqrt{(3{,}41)^2 + (7{,}33)^2} \Rightarrow \boxed{W_1 = 8{,}08\ m}$$ 0,25

Sortie



$$U_2 = \omega R_2 = \frac{2\pi n \times 0{,}3}{60 \times 2} = \boxed{15{,}71\ m/s}$$ 0,25

$$C_{r_2} = \frac{Q}{\pi b_2 D_2} = \frac{0{,}03}{\pi \times 0{,}02 \times 0{,}3}$$

$$\boxed{C_{r_2} = 1{,}59\ m/s}$$ 0,25

$$Tg\,\beta_2 = \frac{C_{r_2}}{U_2 - C_{u_2}} \Rightarrow U_2 - C_{u_2} = \frac{C_{r_2}}{Tg\,\beta_2} = 2{,}75$$

$$\Rightarrow C_{u_2} = 15{,}71 - 2{,}75 \Rightarrow C_{u_2} = 12{,}96\ m/s$$ 0,25

$$W_2 = \sqrt{C_{r_2}^2 + (U_2 - C_{u_2})^2} = \sqrt{(1{,}59)^2 + (2{,}75)^2} \Rightarrow \boxed{W_2 \simeq 3{,}18\ m/s}$$

$$C_2 = \sqrt{C_r^2 + C_{u_2}^2} = \sqrt{(1{,}59)^2 + (12{,}96)^2} = 13{,}05\ m/s$$

$$\boxed{C_2 = 13{,}05\ m/s}$$

02/ le débit volumique utile:

$$Q_{vu} = Q_v \times \eta_v = 30 \times 0,92 = \boxed{27,6 \ l/s = Q_{vu}}$$ 0,25 0,5

03/ la Hauteur manométrique H

$$H_{théo} = \frac{H_m}{\eta_h} \quad \text{avec} \quad H_{théo} = \frac{1}{g} U_2 C_{u2} = \frac{1}{9,81}[9,71 \times 17$$ 0,25

$$\boxed{H_{théo} = 20,75 \ m}$$ 0,5

$$\Rightarrow H_m = H_{théo} \times \eta_h = 20,75 \times 0,80$$

$$\boxed{H_m = 16,60 m}$$ 1

04/ la puissance sur l'arbre:

$$P = \frac{\rho g H_u \times Q_{vu}}{\eta_m} = \frac{10^3 \times 9,81 \times 16,60 \times 27,6}{0,95}$$ 0,25

$$\boxed{P = 4731104,84 \ Watts}$$ 0,75

05/ D'après les triangles de vitesses:

$$W_2^2 = U_2^2 + C_2^2 - 2U_2C_2\cos\alpha_2 \Rightarrow U_2C_2\cos\alpha_2 = \frac{-W_2^2 + U_2^2 + C_2^2}{2}$$

$$W_1^2 = U_1^2 + C_1^2 - 2U_1C_1\cos\alpha_1 \Rightarrow U_1C_1\cos\alpha_1 = \frac{U_1^2 + C_1^2 - W_1^2}{2}$$ 1,5

$$H_{th} = \frac{1}{g}\left[U_2C_2\cos\alpha_2 - U_1C_1\cos\alpha_1\right] = \frac{(U_2^2 + C_2^2 - W_2^2) - (U_1^2 + C_1^2 - W_1^2)}{2g}$$

$$H_{théo} = \frac{(U_2^2 - U_1^2) + (C_2^2 - C_1^2) + (W_1^2 - W_2^2)}{2g} \quad \ldots \quad (3)$$

et D'après l'equation de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{C_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{C_2^2}{2g} + (z_1 - H_{théo}) \Rightarrow H_{thé} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} - \frac{C_1^2 - C}{2g}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 - P_1}{\rho g} - H_{th} = \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} = \frac{(U_2^2 - U_1^2) - (W_2^2 - W_1^2)}{2g}$$

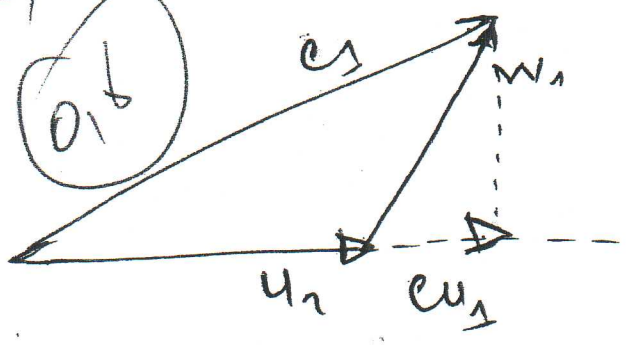
Correction d'exercice N° 02

0,5 0,5

1/ les Triangles de vitesse

a/ à l'entrée

0,5



b/ à la sortie

0,5

$\alpha_2 \doteq 120°$ 0,5

2/

$$H = \frac{1}{g}\left[u_2 cu_2 - u_1 cu_1\right] = \frac{u}{g}\left[cu_2 - cu_1\right]$$ 0,5

$$cu_1 = c_1 \cos\alpha_1 = 234 \text{ m/s}$$ 0,5 0,5

$$cu_2 = c_2 \cos\alpha_2 = -80 \text{ m/s}$$ 0,5 0,5

$$H = \frac{160}{10}\left[-80 - 234\right] = -5024 \text{ m}$$ 1

le (-) indique que la roue est une Turbine à vapeur.