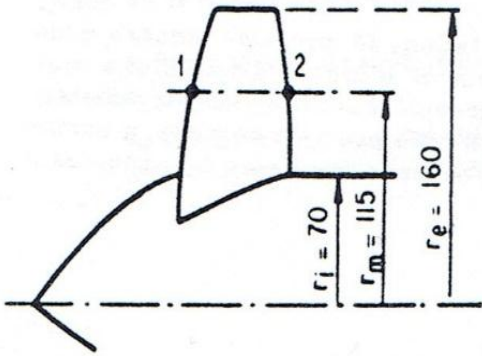


UNIVERSITE BACHIR EL IBRAHIMI B.B.A
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECROMECANIQUE
3^{ème} année licence ELM année universitaire 2015/2016
Examen final <turbomachines> S6

Exercice N°1 :



L'écoulement axial d'un fluide à travers une roue mobile dont les caractéristiques suivantes : $n=3000$ tr/min, $Q_v=0,6$ m³/s, $r_{int}=70$, $r_{ext}=160$.
 $R_m=115$, $c_1=c_{2m}$
 $W_{1-2 tra}=200$ J/kg, $\eta_{hyd}=0,90$
1-Tracer les triangles des vitesses à l'entrée (1) et à la sortie (2) à l'échelle et calculer les différents paramètres.
2-calculer la puissance absorbée si le débit massique est de 0,732 kg/s

Exercice N°2 :

Une pompe centrifuge a une vitesse de rotation de 1750 tr/min, elle débite 5 m³ /min, l'écoulement se radialement et les caractéristiques de la roue sont les suivantes :

$$r_1 = 5 \text{ cm}, r_2 = 18 \text{ cm}, b_1=b_2 = 5 \text{ cm}, \beta_2 = 23^\circ, g = 9,81 \text{ m/s}^2, \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

- 1- Déterminer les différentes vitesses et tracer les triangles de vitesses à l'entrée (1)
- 2- la hauteur idéale H_i .
- 3- calculer la puissance hydraulique sachant que le rendement $\eta_h = 0.85$

Exercice N°3 :

Une pompe centrifuge dont la caractéristique de la hauteur manométrique est de la forme $H(m) = -0,4.Q^2 + 60$, Le rendement hydraulique est de la forme $\eta_h = -0,02.Q^2 + 0,25.Q$. et la caractéristique de la conduite est $H_{con}(m)=20+0,225.Q^2$

- 1- calculer les hauteurs manométriques pour les différents débits du tableau suivant

Q l/s	0	2	4	6	7	8	9	10	11
$H_{pom}(mCE)$									
$H_{cond}(mCE)$									
η_{mano}									

- 2- Tracer les courbes $H_{pomp}(mce)=f(Q)$, $H_{cond}(mce)$ et $\eta_{mano}=g(Q)$ sur un même repère

- 3- déterminer le point de fonctionnement Q_f .

- 4-calculer la puissance mécanique

- 4- admettons qu'on a un rendement du moteur électrique $\eta_{mot} = 85\%$ calculer l'énergie électrique, on donne $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Exercice N°1 : (6 points)

1- Calcul des différents paramètres : entrée (1)

Vitesse circonférentielle $U_1 = U_2 = U$, il s'agit d'une machine axiale

$$U_1 = r_m \cdot \omega = r_m \cdot \frac{2\pi \cdot N}{60} \Rightarrow U_1 = \frac{2\pi \cdot 3000 \cdot 0,115}{60} \cong 36 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$$

Calcul de C_1 , nous avons un écoulement axial C_1 est parallèle à l'axe de rotation.

Donc $C_1 = C_{1m}$ vitesse débitante qui est donnée par l'équation de continuité

$$Q_v = C_{1m} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \Rightarrow C_{1m} = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot (D_{ext}^2 - D_{int}^2)} \Rightarrow C_{1m} = \frac{4 \cdot 0,6}{\pi \cdot ((0,32)^2 - (0,14)^2)} = 9,3 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$$

$\alpha_1 = 90^\circ$ relation de Pythagore nous donne W_1

$$W_1 = \sqrt{C_1^2 + U^2} \Rightarrow W_1 = \sqrt{36^2 + (9,3)^2} = 37,2 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt}),$$

L'angle β_1 est donné par : $\sin \beta_1 = \frac{C_1}{W_1} = \frac{9,3}{37,2} = 0,25 \Rightarrow \beta_1 = 15^\circ, (0,5 \text{ pt})$

Sortie (2) la roue communique à chaque masse de 1 kg de fluide qui la traverse, un travail

$$W = \frac{W_{1-2}}{\eta_{mano}} = \frac{200}{0,90} = 222,22 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, (0,5 \text{ pt})$$

La relation d'Euler nous donne $W = U \cdot (C_{2u} - C_{1u})$ mais $C_{1u} = 0 \Rightarrow C_{2u} = \frac{W}{U} \Rightarrow$

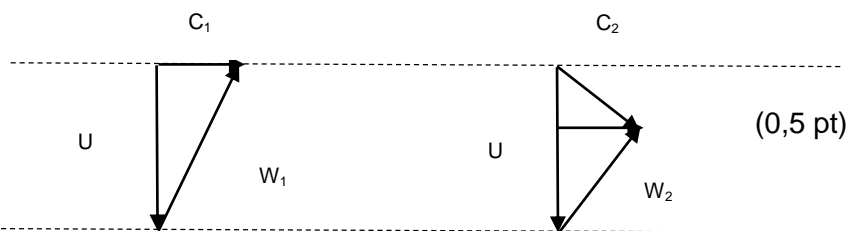
$$C_{2u} = \frac{222,22}{36} = 6,2 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$$

L'équation de continuité nous donne $Q_v = C_{1m} \cdot S_1 = C_{2m} \cdot S_2$ et $S_1 = S_2 \Rightarrow C_{1m} = C_{2m}$

Donc C_2 est donnée par $C_2 = \sqrt{C_{2u}^2 + C_{2m}^2} \Rightarrow C_2 = \sqrt{(9,3)^2 + (6,2)^2} = 11,2 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$

$$W_2 = \sqrt{(U - C_{2u})^2 + C_{2m}^2} \Rightarrow W_2 = \sqrt{(36 - 6,2)^2 + (9,3)^2} = 31,2 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$$

$$\sin \beta_2 = \frac{C_{2m}}{W_2} = \frac{9,3}{31,2} = 0,3 \Rightarrow \beta_1 = 17^\circ 30', \sin \alpha_2 = \frac{C_{2u}}{C_2} = \frac{9,3}{11,2} = 0,83 \Rightarrow \alpha_1 = 56^\circ 13', 0,5 \text{ pt}$$



2- la puissance absorbée

$$P_{abs} = q_m \cdot W = 0,732 \cdot 222,22 = 162,7 \text{ Watt}, (1 \text{ pt})$$

Exercice N°2 : (7 points)

Pour déterminer les paramètres à l'entrée, nous avons un écoulement radial, $\alpha_2 = 90^\circ$

Entrée (1) Vitesse circonférentielle

$$U_1 = r_1 \cdot \omega = r_1 \cdot \frac{2\pi \cdot N}{60} \Rightarrow U_1 = \frac{2\pi \cdot 1750 \cdot 0,05}{60} \cong 9,2 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$$

$C_1 = C_{1m}$ vitesse débitante qui est donnée par l'équation de continuité

$$Q_v = 2\pi r_1 b_1 C_{1m} \Rightarrow C_{1m} = \frac{Q_v}{2\pi r_1 b_1} = \frac{5 \text{ m}^3}{60 \text{ s} \cdot 2\pi \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,05 \text{ m}} = 5,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}, (0,5 \text{ pt})$$

$\alpha_1 = 90^\circ$ relation de Pythagore nous donne W_1

$$W_1 = \sqrt{C_1^2 + U_1^2} \Rightarrow W_1 = \sqrt{(5,3)^2 + (9,2)^2} = 10,62 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt}), \text{ l'angle } \beta_1 \text{ est donné par}$$

$$\sin \beta_1 = \frac{C_1}{W_1} = \frac{5,3}{10,62} = 0,5 \Rightarrow \beta_1 = 30^\circ, (0,5 \text{ pt})$$

Sortie (2)

Vitesse circonférentielle

$$U_2 = r_2 \cdot \omega = r_2 \cdot \frac{2\pi \cdot N}{60} \Rightarrow U_2 = \frac{2\pi \cdot 1750 \cdot 0,18}{60} \cong 33 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt})$$

C_{2m} vitesse débitante qui est donnée par l'équation de continuité

$$Q_v = 2\pi r_1 b_1 C_{1m} = 2\pi r_2 b_2 C_{2m} \Rightarrow r_1 \cdot C_{1m} = r_2 \cdot C_{2m} \Rightarrow C_{2m} = \frac{r_1}{r_2} \cdot C_{1m}, \text{ car } b_1 = b_2,$$

$$C_{2m} = 1,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}, (0,5 \text{ pt})$$

$$\sin \beta_2 = \frac{C_{2m}}{W_2} \Rightarrow W_2 = \frac{C_{2m}}{\sin \beta_2}, W_2 = 4,2 \frac{m}{s}, (0,5 \text{ pt})$$

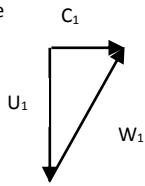
$$\text{Pour le calcul de } C_2, \text{ nous avons } \cot \beta_2 = \frac{U_2 - C_{2u}}{C_{2m}} \Rightarrow C_{2u} = U_2 - C_{2m} \cdot \cot \beta_2$$

$$C_{2u} = 33 - 1,47 \cdot \cot 23^\circ = 29,1 \text{ m/s. Donc } C_2$$

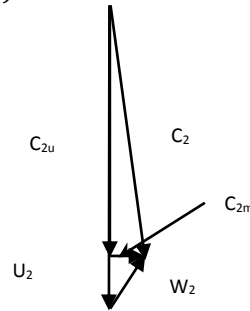
$$C_2 = \sqrt{C_{2u}^2 + C_{2m}^2} \Rightarrow C_2 = \sqrt{(1,47)^2 + (29,1)^2} = 29,14 \text{ m/s}, (0,5 \text{ pt}),$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{C_{2m}}{C_2} = \frac{1,47}{29,14} = 0,05 \Rightarrow \alpha_2 = 3^\circ 21', (0,5 \text{ pt})$$

Entrée



(0,5 pt)



2- la hauteur idéale

L'équation d'Euler nous donne

$$H_i = \frac{U_2 \cdot C_{2u} - U_1 \cdot C_{1u}}{g} \text{ mais } C_{1u} = 0 \Rightarrow H_i = \frac{U_2 \cdot C_{2u}}{g} = \frac{33 \cdot 29,1}{9,81} = 97,9 \text{ m}, (1 \text{ pt})$$

3- la puissance hydraulique

$$P_{hyd} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_i$$

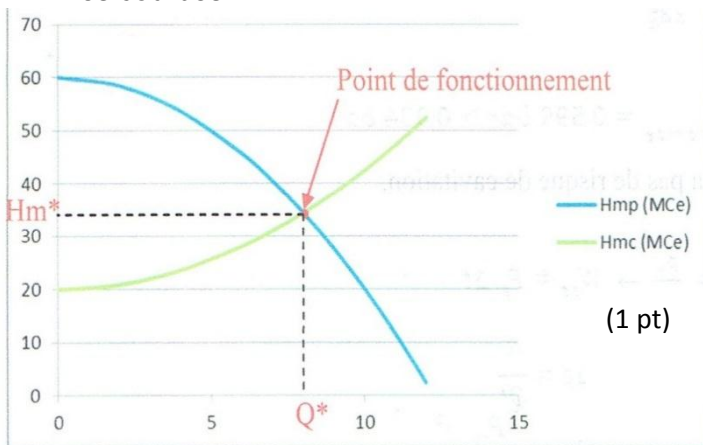
$$P_{hyd} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 5 \cdot 97,9 = 80,033 \text{ kW}, (1 \text{ pt})$$

Exercice N°2 : (7 points)

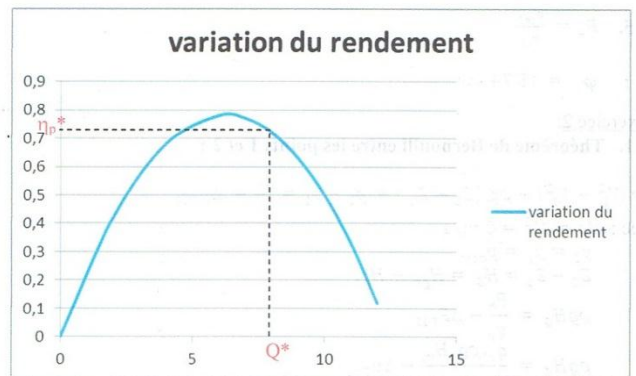
Les différentes valeurs sont données dans le tableau ci-dessous. (1 point)

Q(l/s)	0	2	4	6	7	8	9	10	11
H _{pomp} (mce)	60,00	58,40	53,60	45,60	40,40	34,40	27,60	20,00	11,60
H _{cond} (mce)	20,00	20,90	23,60	28,10	31,03	34,40	38,23	42,50	47,23
η _{man}	0	0,42	0,68	0,78	0,77	0,72	0,63	0,5	0,33

2- les courbes



(1 pt)



3- le point de fonctionnement est l'intersection de deux courbes H_{pompe}(mce) et H_{conduite}(mce)

$$H_{fonct}^* = 20 + 0,225Q^2 = 60 - 0,4 \cdot Q^2 \Rightarrow Q_f = \sqrt{\frac{40}{0,625}} = 8 \frac{l}{s}, (1 \text{ pt}), \text{ qui correspond à}$$

$$H_m^* = 34,4 \text{ m}, (0,5 \text{ pt})$$

4- calcul de la puissance hydraulique

Pour $Q_f = 8 \text{ l/s}$ nous avons $\eta_{hydr} = 0,72, 72\%$ (0,5 pt)

$$P_{hydr} = \rho \cdot g \cdot H_{fonc}^* \cdot Q_f \Rightarrow P_{hydr} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 34,4 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 2699,612 \text{ W}, (1 \text{ pt})$$

$$P_{mec} = \frac{P_{hydr}}{\eta_{hyd}} = \frac{2699,612}{0,72} = 3749,6 \text{ W} \approx 3,8 \text{ kW}, (1 \text{ pt})$$

5- on a la puissance mécanique $P_{mec} = 3,8 \text{ kW}$

$$\text{La puissance absorbée est } P_{absorbée} = \frac{P_{mec}}{\eta_{moteur}} = \frac{3,8}{0,85} \approx 4,5 \text{ kW}, (1 \text{ pt}).$$