

TD (03) : Turbines hydrauliques



Généralités sur les turbines hydrauliques

- 1) Citer les trois principaux types de turbines hydrauliques.
- 2) Associer chaque type à une **plage de hauteur de chute** : haute, moyenne, basse.
- 3) Associer chaque turbine à un **exemple d'application réelle**.
- 4) Quelle est la différence entre une **turbine à action** (ex : Pelton) et une **turbine à réaction** (ex : Francis, Kaplan) ?

Exercice 1 : Turbine Pelton (haute chute)

Une installation hydroélectrique a les caractéristiques suivantes: $P = 45 \text{ MW}$, $H = 720 \text{ m}$
 $n = 720 \text{ tr/min}$, $\eta = 0.9$

On considère qu'il n'y a pas des pertes ni dans la conduite forcée, ni dans l'injecteur,

Déterminer :

- 1) Le type de turbine .
- 2) Le débit .
- 3) Les composantes des vitesses V_1 , V_{r1} , V_{r2} ($D=1.5\text{m}$) .
- 4) Tracer qualitativement le triangle des vitesses à l'entrée.

Exercice 2 : Turbine Pelton (dimensionnement)

Une turbine Pelton génère une puissance de $P = 67.5 \text{ kW}$, opère sous une chute de $H = 60 \text{ m}$ et tourne à $N=400 \text{ tr/min}$. Le diamètre de la conduite forcée est $d = 200 \text{ mm}$. Le rapport entre la vitesse des auge u et la vitesse du jet v_j est $u/v_j = 0.46$. Le rendement est $\eta=83\%$

- 1) Calculer le débit Q .
- 2) Déterminer le diamètre du jet d_j (un seul injecteur).
- 3) En déduire le diamètre de la roue D .
- 4) Calculer la vitesse spécifique n_s et commenter (quel type de turbine cela indique-t-il ?).

Exercice 3 : Turbine Francis (exploitation)

Une centrale hydroélectrique utilise une **turbine Francis** pour exploiter une chute d'eau de **85 mètres** avec un **débit moyen de $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Le rendement global du groupe turbine-alternateur est estimé à **89 %**.

- 1) Justifier le choix d'une turbine Francis pour cette application.
- 2) Calculer la puissance hydraulique disponible.
- 3) En déduire la puissance électrique produite par la centrale.
- 4) Si la puissance mécanique utile fournie par la turbine est de $2,7 \text{ MW}$, calculer le rendement de la turbine seule.
- 5) En cas de baisse temporaire du débit à $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, quelle serait la nouvelle puissance électrique produite (en supposant le même rendement global) ?

Exercice 4 : Turbine Francis (analyse approfondie)

Une turbine Francis est installée avec les caractéristiques suivantes :

Hauteur de chute : $H=150$ m	Débit nominal : $Q_n=4,2$ m ³ /s	Vitesse de rotation : $N=600$ tr/min	Rendement nominal : $\eta_n=0.91$
Diamètre d'entrée de la roue : $D_1=0,95$ m	Diamètre de sortie de la roue : $D_2=0,55$ m	Largeur de la roue à l'entrée : $b_1=0,12$ m	Angle d'entrée des aubes : $\beta_1=90^\circ$ (entrée radiale)

Partie A - Caractéristiques nominales

1. Calculer la puissance hydraulique P_h et la puissance utile P_u .
2. Déterminer les vitesses périphériques U_1 et U_2 .
3. Calculer la vitesse méridienne à l'entrée V_{m1} (utiliser la section de passage).
4. En déduire la vitesse absolue V_1 et la vitesse relative V_{r1} à l'entrée.
5. Tracer le triangle des vitesses à l'entrée (échelle qualitative).

Partie B - Variation de charge

La turbine doit fonctionner à **débit réduit** : $Q'=3,2$ m³/s (même hauteur de chute).

6. Calculer la nouvelle vitesse méridienne V_{m1} .
7. Si l'angle β_1 reste constant (géométrie fixe), déterminer la nouvelle vitesse relative V_{r1}' .
8. En déduire la nouvelle vitesse absolue V_1' et son angle α_1' par rapport à la direction tangentielle.
9. Commenter l'effet de la réduction de débit sur l'angle d'attaque du fluide.

Exercice 5 : Centrale de pompage-turbinage

Un entrepreneur doit construire de grands réservoirs au-dessus du niveau du lac (voir Fig.1), pomper l'eau du lac vers le réservoir la nuit et laisser l'eau s'écouler du réservoir vers le lac pendant la journée, produisant de l'électricité.

On donne :

- Rendement pompe-turbine : $\eta_{p-t}=0,75$
 - Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}}=1000$ kg/m³
 - Débit volumique : $q_v=2$ m³/s
 - Pertes de charge dans le circuit hydraulique : $h_f=4$ m
 - Accélération de la pesanteur : $g=9,81$ m/s²
1. Calculer la hauteur de charge puis la puissance reçue (électrique) par la pompe.
 2. Calculer la hauteur de charge puis la puissance produite (électrique) par la turbine.

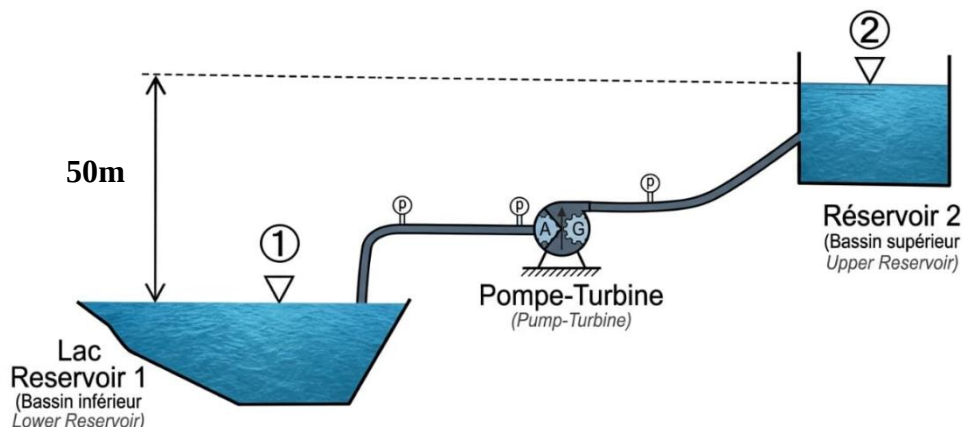


Fig.1 – Circuit de pompage-turbinage