

TP « Turbine Pelton »

1. But :

Le but de la manipulation est de déterminer expérimentalement les caractéristiques de la turbine Pelton.

2. Dispositif expérimental :

Le montage expérimental (voir figures 1 et 2) est un model réduit d'une turbine Pelton, à un seul jet, dont la roue est formée d'un disque portant, sur sa surface cylindrique, des augets en matière plastique en forme de double cuillère avec arête médiane et échancrure. Cette dernière est couverte d'un manteau qui sert de bâti et comporte un couvercle de regard en plexiglas. Le manteau est muni d'un injecteur à pointeau complètement rétractable permettant le control du jet d'eau sur les augets. L'eau déviée par ces derniers est évacuée par un trou prévu dans la base du bâti. Un manomètre à cadran, monté sur un cadre métallique fixé sur la base du bâti, permet de déterminer la charge d'eau à l'entrée de l'injecteur. Le cadre métallique sert aussi de support à un frein à bande qui permet de charger l'axe de la roue Pelton. L'ensemble frein à bande est muni de deux tensiomètres en balance qui permettent d'ajuster le couple sur l'axe (arbre). Du papier adhésif réfléchissant est collé sur la poulie montée sur l'arbre et recevant la bande à frein. Ce dernier sert à l'aide d'un tachymètre à mesurer la vitesse de rotation de la roue en tours par minute (RPM en anglais).

L'ensemble se place sur le canal du banc hydraulique et se raccorde à ce dernier à l'aide d'un flexible d'alimentation en eau muni d'un raccord rapide.

Figure 1 : photo du dispositif expérimental turbine Pelton placé sur le canal du banc hydrostatique.



Légende :

1. flexible d'alimentation.
2. vanne de réglage de la position du pointeau.
3. base du bâti avec trou d'évacuation d'eau.
4. auget
5. manomètre à cadran.
6. cadre métallique.
7. bande de freinage.
8. tensiomètres.
9. vis de blocage de l'axe de réglage du couple de freinage.

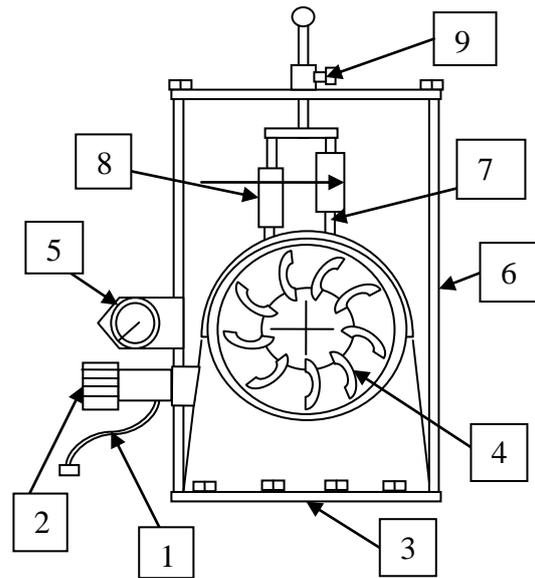
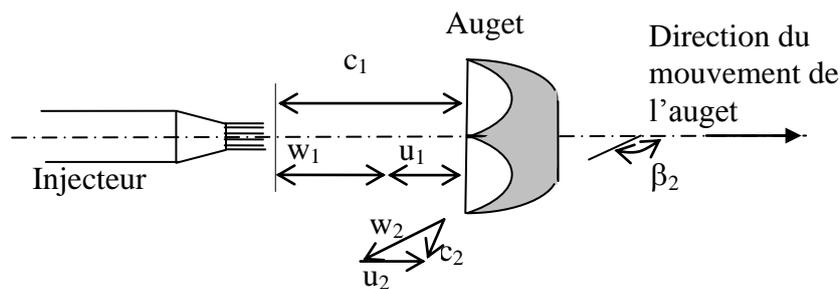


Figure 2 : Vue schématique du dispositif expérimental turbine Pelton

3. Théorie simplifiée de la turbine Pelton :

Commençons d'abord par rappeler que la turbine Pelton est une machine à action c'est-à-dire que les pressions d'entrée et de sortie de la roue sont égales (à la pression atmosphérique). Le schéma ci-dessus représente les triangles des vitesses à l'entrée (1) et à la sortie de la roue (2), cette dernière étant représentée par l'auget ; c_i et w_i ($i = 1, 2$) étant respectivement les vitesses absolues et relatives de l'eau et $u_1 = u_2$ la vitesse périphérique de la roue.



Si l'angle $\beta_2 = 180^\circ$ et le fluide n'est pas ralenti par l'auget c'est-à-dire que le frottement est négligé alors l'application de l'équation de Bernoulli dans le mouvement relatif nous donne $w_1 = w_2$. Le couple appliquée par le jet sur la roue est donné par :

$$C = 2\rho Q_v (c_1 - u)r$$

Où ρ est la masse volumique de l'eau, Q_v le débit volumique du jet et r le rayon de la roue. En multipliant le couple par la vitesse angulaire de la roue ω , on obtient la puissance récupérée par la roue. Soit :

$$P = 2\rho Q_v (c_1 - u)u$$

La vitesse c_1 et le débit dépendent de la source d'alimentation en eau. Si on suppose qu'il n'y a pas de pertes au niveau de l'injecteur alors $c_1 = \sqrt{2gh}$ où h est la hauteur d'eau équivalente ou la charge juste avant l'injecteur.

La puissance hydraulique de l'eau est :

$$P_h = \rho g Q_v h = \frac{1}{2} \rho Q_v c_1^2$$

Le rendement de la roue est :

$$\eta = \frac{P}{P_h} = \frac{4(c_1 - u)u}{c_1^2}$$

D'habitude les courbes $C(N)$ $P(N/N_{\max})$ ou $\eta(N/N_{\max})$ caractérisent la turbine Pelton, N étant le nombre de tours de la roue. L'analyse des expressions de C , P et η montre que :

1. le couple C est maximum pour $N = 0$ avec $C_{\max} = 2\rho Q_v r c_1$ et s'annule pour $N_{\max} = \frac{60\sqrt{2gh}}{2\pi r}$. La courbe $C(N)$ est une droite passant par les points $(0, C_{\max})$ et $(N_{\max}, 0)$.
2. la puissance P et le rendement η s'annulent pour $N = 0$ et $N = N_{\max}$ c'est-à-dire pour la vitesse pour laquelle la charge (couple) est nulle et présentent un maximum pour $N_{\max}/2$ soit $P_{\max} = P_h$ pour un rendement maximum égal à 1.

Remarque : l'existence des pertes fait que le rendement est inférieure à 1. Il atteint pour les grosses turbines (10 MW) 0.8 à 0.9.

4. Manipulation :

Le montage expérimental est un modèle réduit de puissance très faible par rapport aux turbines réelles ; aussi le moyen de chargement possédant au maximum une marge de 7 Newton sur le brin tendu de la bande de freinage, il est impératif de ne considérer que de faibles charges avant l'injecteur et un débit volumique de la pompe modéré.

Pour une charge h et un débit Q_v donné, la puissance hydraulique est fixée. C'est la puissance fournie à la turbine. À l'aide du système de chargement (bande de freinage) on peut faire varier le couple sur l'arbre ainsi que la vitesse de rotation et en conséquence varier la puissance récupérée en sortie de la roue Pelton. Ceci nous permettra de tracer les différentes courbes caractéristiques de la turbine.

La mesure du débit volumique Q_v s'effectue à l'aide du dispositif du banc hydrostatique conçu à cet effet.

Déroulement de la manipulation :

1. placer le dispositif expérimental dans le canal de travail du banc hydraulique puis le relier à l'alimentation en eau de ce dernier à l'aide du flexible avec connecteur rapide conçu à cet effet.
2. dégager la bande de freinage de la poulie. Celle-ci doit être libre.
3. ouvrir complètement la vanne de réglage de la position du pointeau de l'injecteur.
4. fermer partiellement la vanne de réglage du débit de la pompe.
5. mettre en marche la pompe du banc, ouvrir la vanne de réglage du débit de la pompe et régler celui-ci à une valeur intermédiaire.
6. ajuster la vanne de réglage de la position du pointeau pour obtenir la charge h désirée (celle-ci est lue sur le manomètre à cadran).
7. mesurer le débit volumique Q_v et noter le.

8. mesurer la vitesse de rotation de la roue à l'aide du tachymètre et noter la. C'est la vitesse maximale.
9. ramener la bande de freinage au contact de la poulie et tendre le tensiomètre du côté du brin tendu en agissant sur la barre de réglage. Le réglage se fera par pas de 0.5 ou 1 Newton.
10. noter la tension dans chaque tensiomètre et mesurer la vitesse de rotation correspondante.
11. reprendre 9 et 10 jusqu'à obtention de 7 Newtons du côté du brin tendu.
12. n'oublier pas de vérifier le débit volumique pour chaque réglage de la tension.

5. Travail demandé :

1. Dresser un tableau dont une copie, sans les 3 dernières colonnes sera remise à la fin de la séance. Ce dernier doit faire sortir :

- Une première colonne indiquant les nombres de tours,
- Une deuxième colonne indiquant les volumes d'eau,
- Une troisième colonne indiquant les temps correspondants,
- Une quatrième colonne indiquant les débits,
- Une cinquième colonne indiquant les tensions du brin tendu,
- Une sixième colonne indiquant les tensions du second brin,
- Une septième colonne indiquant les couples,
- Une huitième colonne indiquant les puissances récupérées par la roue,
- Une neuvième colonne indiquant les rendements.

Chaque ligne doit correspondre à un chargement par exemple la première ligne correspond à une tension nulle sur chaque brin, la dernière à une tension de 7 Newtons sur le brin tendu.

2. tracer les caractéristiques $C(N)$ théorique et expérimentale sur un premier graphe, $\eta(N/N_{\max})$ théorique et expérimental sur un deuxième graphe, $Q_v(N)$ et $C(N)$ expérimentaux sur un troisième graphe puis $P(N/N_{\max})$ et $\eta(N/N_{\max})$ expérimentaux sur un quatrième graphe.

3. commenter les résultats obtenus.

NB : Prendre pour le calcul $r_{\text{poulie}} = 3 \text{ cm}$, $r_{\text{roue}} = 5 \text{ cm}$ et $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.