

# ——**Turbinee Pelton**——

par  
ZHANG Xunjie  
pour Turbomachines TP M1

fait le 25 mai 2017

# Chapitre 1

## Introduction

### 1.1 Introduction

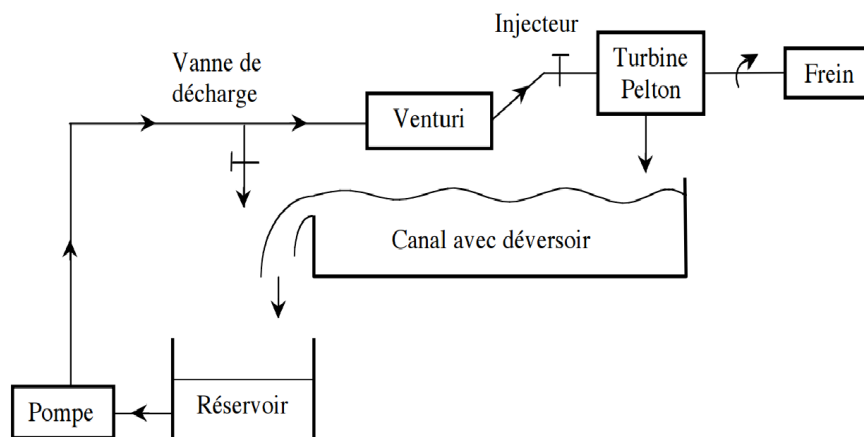


FIGURE 1.1 – équipement

L'utilisation des turbines hydrauliques a pour principal objectif de récupérer l'énergie cinétique du fluide après une chute d'une certaine hauteur. L'arbre de la machine hydraulique récupère l'énergie sous forme de puissance. Dans notre cas, on va qu'une turbine Pelton fait une simulation d'une chute d'eau en utilisant un certain débit de fluide.

L'eau est envoyée sous pression dans le plan de la roue par une pompe à l'entrée de la turbine, simulant ainsi une certaine hauteur de chute.

Lors de ce TP, on a pris deux valeurs d'étude pour la hauteur de chute  $Hm_1 = 23$  mètre de colonnes d'eau et  $Hm_2 = 29$  mètres de colonnes d'eau.

Les turbines Pelton sont des turbines à action, c'est à dire que seule l'énergie cinétique du fluide est récupérée par l'arbre sous forme de puissance.

## 1.2 Problème physique

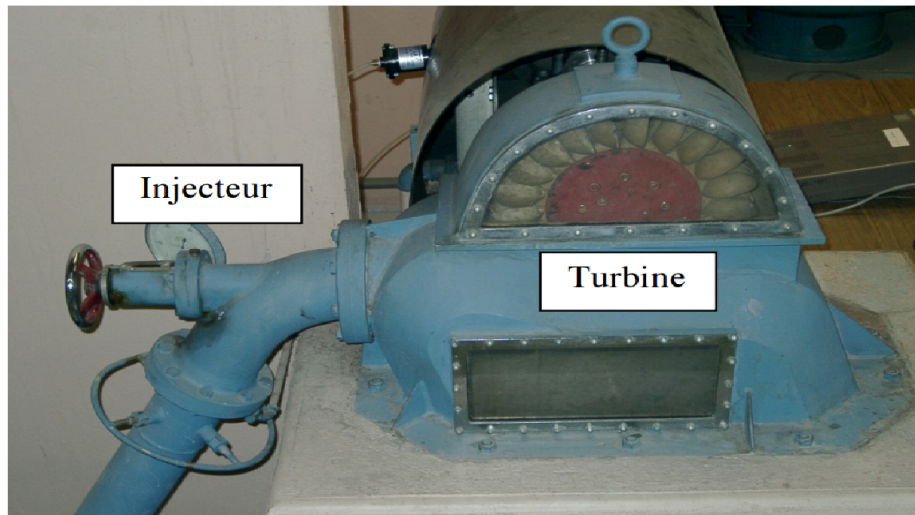


FIGURE 1.2 – équipement réel

Pour simplifier le problème, nous faisons différentes hypothèses concernant le fluide et l'écoulement.

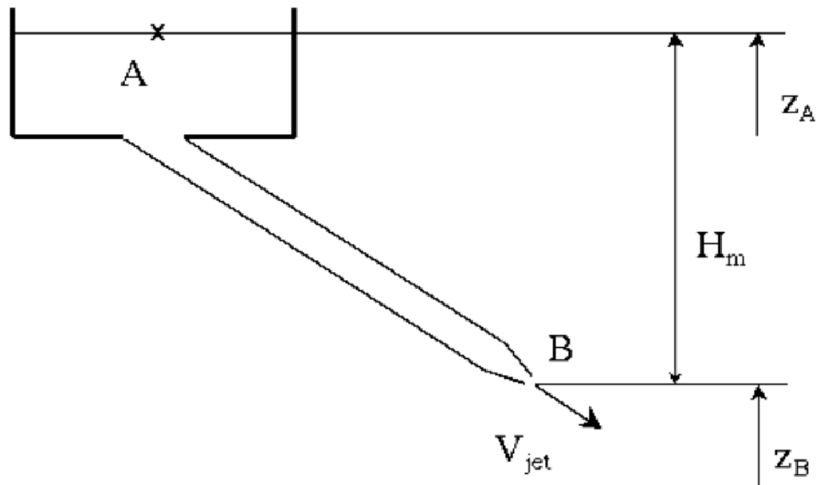


FIGURE 1.3 – état équivalent

On commence par se placer sur un modèle incompressible avec  $\rho(p, T) = cte$ .  
On utilise ensuite la loi Hydrostatique qui nous donne :

$$P_0 - P_{atm} = \rho g H_m$$

$$H_m = \frac{P_0 - P_{atm}}{\rho g}$$

Avec l'utilisation du théorème de Bernoulli pour un fluide incompressible, stationnaire et non-visqueux :

$$p + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g z = cte$$

$$p_0 + \frac{1}{2}\rho V_0^2 = p_{atm} + \frac{1}{2}\rho V_j^2$$

On fait l'hypothèse que la vitesse au point A est négligeable , on obtient :

$$\frac{1}{2}\rho V_j^2 = p_0 - p_{atm} = \rho g H_m$$

et donc la puissance disponible dans le jet est :

$$\frac{1}{2}\rho V_j^2 * \frac{V}{\Delta t}$$

Avec  $\frac{\rho V_j^2}{2}$  Une énergie cinétique par unité de volume et  $\frac{V}{\Delta t}$

Pour caractériser le comportement de la machine hydraulique, on construit les coefficients adimensionnels (de Rateau) et on déduit un nombre de variables indépendantes qui décrivent la physique du problème :

- D le diamètre en mètres.
- La viscosité dynamique  $\mu$  du fluide.
- La masse volumique  $\rho$  du fluide.
- La hauteur de chute  $H_m$ .
- La vitesse de rotation  $N$  de l'arbre.
- Le débit  $Q_v$  en fonction de la position de l'injecteur.

Pour 6 variables indépendantes et 3 unités ( $M, L, T$ ), on déduit les groupements adimensionnels :

$$M_1 = \frac{Q_v}{D^2 \sqrt{g H_m}}$$

$$M_2 = \frac{\mu}{\rho D \sqrt{g H_m}}$$

$$M_3 = \frac{N D}{\sqrt{g H_m}}$$

$$N_{11} = \frac{N D}{\sqrt{g H_m}}$$

$$C_{11} = \frac{C}{\rho g H_m D^3}$$

$$W_{11} = \frac{C N}{\rho D^2 (g H_m)^{\frac{3}{2}}}$$

On a aussi le rendement défini comme le rapport de la puissance récupérée et de la puissance disponible :

$$\eta = \frac{CN}{\rho g H_m}$$

## Chapitre 2

# Etude Expérience

Dans cette partie, nous allons calculer la valeur du débit à l'aide d'un tube de Venturi :

Nous avons pour cela prélevé deux hauteurs pour  $H_{m1}, H_{m2}$

Pour  $H_{m1}$  :  $h=166\text{mm}$ , On utilise ensuite la loi Hydrostatique qui nous donne :

$$P_0 - P_{atm} = \rho * g H_m$$

$$H_m = \frac{P_0 - P_{atm}}{\rho g}$$

D'après la formule fournie dans la fiche technique on a :

$$\Delta P = (\rho_{mercure} - \rho_{eau}) g * \Delta h$$

Avec

$$\rho_{mercure} = 13546 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P = 2.04 \text{ Pa.}$$

D'après la formule donnée sur la fiche technique :

$$Q_v (m^3/s) = 0.00915 * \sqrt{\Delta P} = 0.013$$

Pour  $H_{m2}$  :  $h = 121\text{mm}$ , On utilise ensuite la loi Hydrostatique qui nous donne :

$$P_0 - P_{atm} = \rho * g H_m$$

$$H_m = \frac{P_0 - P_{atm}}{\rho g}$$

D'après la formule fournie dans la fiche technique on a :

$$\Delta P = (\rho_{mercure} - \rho_{eau}) g * \Delta h$$

Avec

$$\rho_{mercure} = 13546 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P = 1.49 \text{ Pa}$$

$$\text{Donc, } Q_v (m^3/s) = 0.00915 * \sqrt{\Delta P} = 0.01117.$$

Maintenant, nous allons faire le calcul pour un déversoir :  
Nous avons pour cela prélevé deux hauteurs pour  $H_{m1}, H_{m2}$

Pour  $H_{m1}$  : h=9.92 cm, D'après la formule donnée sur la fiche technique :

$$Q_v(m^3/s) = 0.534 * 0.092^{1.5} = 0.0149$$

Pour  $H_{m2}$  : h=2.85 cm, D'après la formule donnée sur la fiche technique :

$$Q_v(m^3/s) = 0.534 * 0.0745^{1.5} = 0.01086$$

## Chapitre 3

# Résultats

On a mesuré la vitesse de rotation de l'arbre soumis à un couple croissant  $C$ , la vitesse de rotation de l'arbre est maximale pour une valeur du couple nulle, on fait varier le couple et on relève les valeurs de la vitesse de rotation impactée. on a ensuite la puissance utilisée en fonction de la vitesse de rotation.

Ensuite on calcule le rendement pour différentes vitesses de rotation et différents couples.

Finalement, on trace sur deux graphiques l'évolution de la puissance adimensionnée et le rendement par rapport à la vitesse de rotation adimensionnée. On a obtenus les graphiques suivant pour  $Hm_1 = 23$  et  $Hm_2 = 29$  :

### 3.1 C-N

Pour le couple en fonction de la vitesse de rotation :

A	B	C
0.072	0.212	981.7
0.187	0.327	975
0.335	0.475	962
0.416	0.556	940.9
0.604	0.744	901.4
0.8	0.94	850.2
1.157	1.297	770.1
1.231	1.371	743.6
1.544	1.684	670.4
1.762	1.902	568.4
1.977	2.117	519.6
2.281	2.421	383.3
2.405	2.545	289.6
2.6	2.74	0

FIGURE 3.1 –  $H1=23\text{cm}$ , C-N



E	F	G
0.12	0.26	1153
0.22	0.36	1140
0.518	0.658	1068
0.84	0.98	991.5
1.134	1.274	954.5
1.441	1.581	884
1.695	1.835	807.4
2.098	2.238	710.3
2.431	2.571	614.1
2.903	3.043	416.4
3.135	3.275	307.8
3.434	3.574	170.9
3.5	3.64	0

FIGURE 3.2 – H2=29cm,C-N

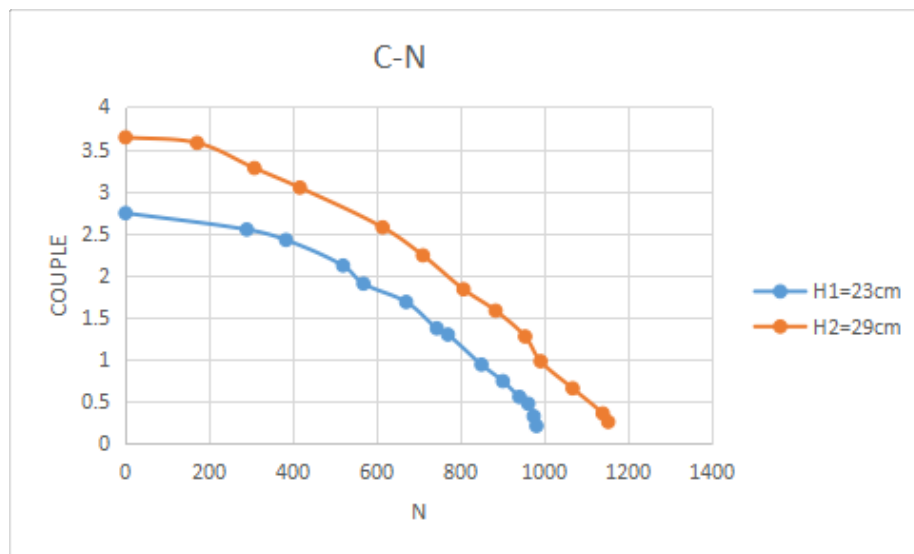


FIGURE 3.3 – couple en fonction de la vitesse de rotation

On voit que pour une hauteur de chute  $Hm_1 = 23$ , on trouve une gamme de vitesse supérieure à celle pour  $Hm_2 = 29$ , on remarque aussi que le coefficient directeur de la courbe rouge est moins important que celui de la courbe bleue, ceci est du au fait que le couple impacte plus la vitesse pour  $Hm_2 = 29$ .

### 3.2 P-N

I	J
208.1204	299.78
318.825	410.4
456.95	702.744
523.1404	971.67
670.6416	1216.033
799.188	1397.604
998.8197	1481.579
1019.4756	1589.6514
1128.9536	1578.8511
1081.0968	1267.1052
1099.9932	1008.045
927.9693	610.7966
737.032	0
0	

FIGURE 3.4 – P pour H1 et H2

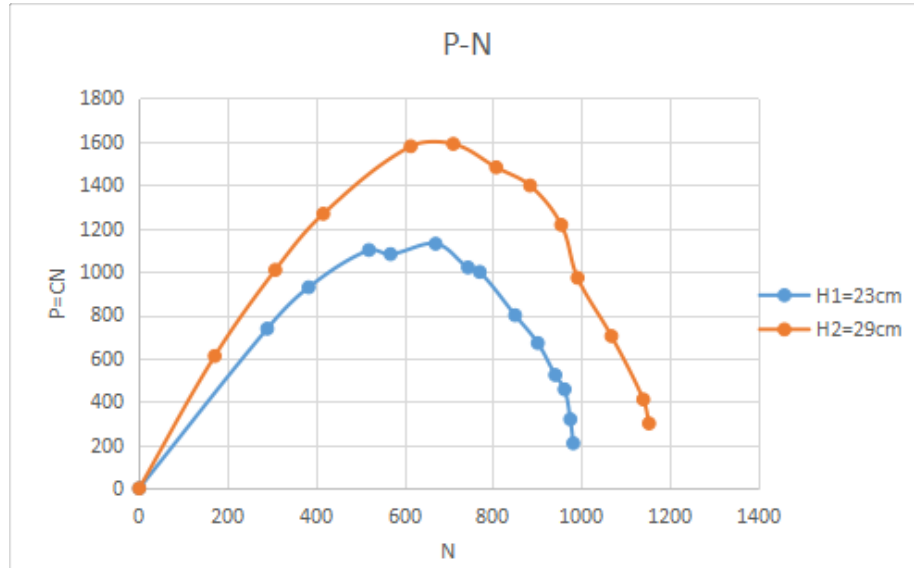


FIGURE 3.5 – P-N

Sur ce graphique, on voit que la puissance a tendance à décroître pour une grande vitesse de rotation.

On voit que le maximum de puissance est deux fois plus grand pour  $Hm_1$

que pour  $Hm_2$  mais le coefficient directeur de la courbe rouge est plus petit que celui de la courbe droite, ceci nous indique que la puissance décroît moins rapidement pour de petites hauteurs de chute, mais que la valeur de celle-ci reste supérieure pour de grandes hauteurs de chute.

### 3.3 W-N

O	P
1.886787098	1.919577534
2.890417742	2.6279092
4.142637457	4.499871887
4.742709303	6.221882388
6.079932185	7.786608937
7.245313806	8.949260256
9.055143674	9.486976326
9.242406843	10.17899498
10.23491732	10.10983755
9.801055034	8.113638918
9.972366851	6.454801971
8.412824994	3.911106248
6.681817201	0
0	

FIGURE 3.6 –  $\omega$  coordonne

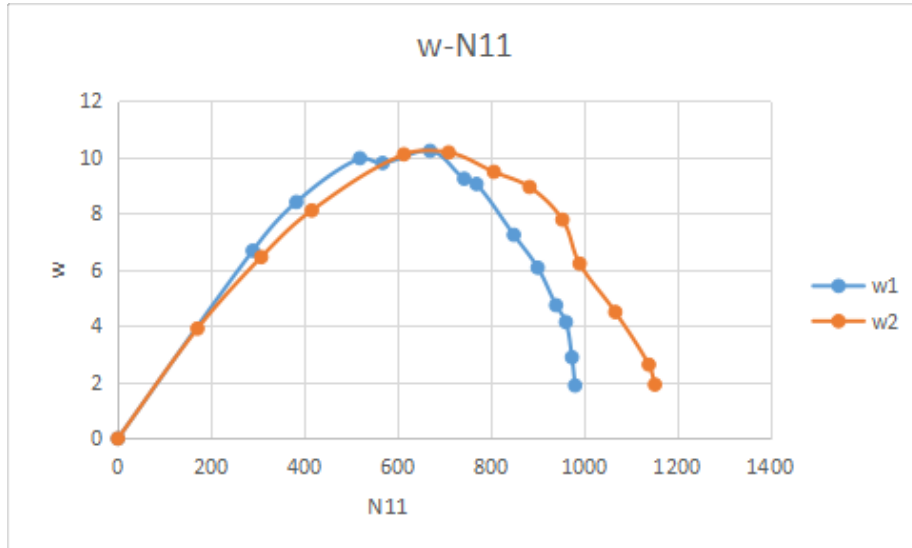


FIGURE 3.7 –  $\omega$ - $N_{11}$

Sur ce graphique, on voit que les deux courbes sont pratiquement confon-

dues comme on s'y attendais, on peut faire l'hypothèse que le décalage entre les deux vient des erreurs de lecture pendant les différentes étapes expérimentales, mais aussi du fait qu'on ait pris des valeurs moyennes pour le couple et que le couple n'est pas parfait au niveau du contact avec l'arbre de la turbine. En effet, pendant la manipulation et le relevé des valeurs, à partir d'un certain couple, la machine subissait un emballement et la vitesse de rotation tendait rapidement vers 0 pendant que la valeur du couple tendait vers de très grandes valeurs.

### 3.4 $\eta$ -N

L	M
0.151294272	0.155779234
0.231771591	0.213262384
0.33218232	0.365177537
0.380299796	0.504923638
0.487526607	0.631905695
0.58097412	0.726258191
0.726097485	0.769895395
0.741113405	0.826054698
0.82069904	0.820442374
0.785909276	0.658445118
0.799646118	0.523825732
0.674592396	0.317397513
0.535789474	0
0	

FIGURE 3.8 –  $\eta$  coordonne

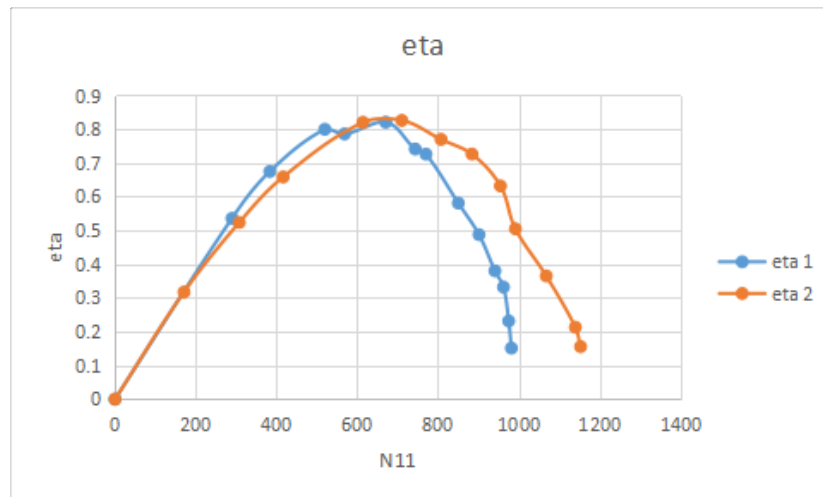


FIGURE 3.9 –  $\eta$ - $N_{11}$

Le but du dernier graphique est de comparer les rendements pour deux hauteurs de chute en fonction d'une vitesse de rotation adimensionnée, on voit que les deux courbes sont pratiquement confondues

### 3.5 Reynolds nombre

On calcul reynolds nombre , on utilise la relation d'énergie cinétique du jet à la sortie de l'injecteur :

$$V = \sqrt{2(gH_m - \frac{\Delta P}{\rho})}$$

$$L = \frac{d}{D}$$

$$Re = \frac{VL}{\nu}$$

après application numérique , on trouve  $Re1 \simeq 98000, Re2 \simeq 86000$

on a les deux reynolds nombre plus grande que 4000 , et on dit que on a un écoulement turbulent dans mon étude .

## Chapitre 4

# Conclusion

1. Je fait cette TP tout seul , pour moi il est un peu difficile .
2. Repondre la question à la fin de TP : quand l'hauteur est 40m , la vitess de rotation ne augement pas . par ce-que la dbit est deja maximal .
3. Il y a une petite error dans la CR , l'unité est metre pour  $H_1$  et  $H_2$ .
4. Pour un meilleur etude de turbine , on prefere grande Reynolds nombre .