



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



UNIVERSITE D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de
LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies
Spécialité : Génie mécanique
Option : Energétique

Thème

**Etude et réalisation
d'une turbine Pelton**

Encadreur :

KHECHKHOUCHE Abderahmane

Présenté par :

- MESSAOUDI Mohammed Meftah

- BAHRI Abdelah

- RECHDANE Mondher

2013-2014

DÉDICACE

À nos parents,

À nos familles,

À nos amis.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, notre créateur de nous avoir donné les forces pour accomplir ce travail.

Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur qui a proposé le thème de ce mémoire, aussi pour ses conseils et ses orientations.

Nous avons également l'honneur de remercier l'Administration du Département de Mécanique d'avoir facilité le processus de sélection du mémoire et de l'encadreur, ainsi que de l'organisation et la bonne coordination.

Un grand merci est adressé aux examinateurs d'avoir accepté la lecture et l'évaluation de notre mémoire.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé à réaliser ce mémoire.

Tableau des matières

Index des figures	i
Introduction générale.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre I : Généralité sur les turbines

I.1 Introduction.....	2
.2 Turbines à fluide compressible	2
I.2.1.Turbine a gaz	2
I.2.2 Turbine à vapeur.....	3
I.3. Turbines à fluide incompressible	4
I.3.1 Turbines à action.....	4
I.3.1.1.Turbine Pelton.....	4
I.3.1.2 Turbine Banki.....	5
I.3.2 Turbines à réaction.....	5
I.3.2.1.Turbine Francis.....	6
I.3.2.2.Trbuine Kaplan	6
I.3.2.3. Turbine à hélice	7
I.4. Conclusion.....	9

Chapitre II : Réalisation d'une maquette turbine Pelton

II.1 Introduction.....	10
II.2 Rappel sur la turbine Pelton.....	10
II .3 Les étapes de la construction de la maquette	11
II .4 Description.....	18
II .5 Principe de fonctionnement Turbine Pelton.....	20
II.6 Conclusion.....	21

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Introduction	22
III.2 Expérience	22
III.3 Résultats et discussions	23
III.4 Conclusion	26
IV. Conclusion générale	27
Références	28
Rusimé	29

Index des figures

Figure I.1	croqui turbine à gaz.....	02
Figure I.2	turbine à gaz.....	03
Figure I.3	l'instalation du turbine a vapeur.....	04
Figure I.4	turbine Pelton.....	05
Figure I.5	turbine banki	06
Figure I.6	turbine francis	06
Figure I.7	turbine kaplan.....	07
Figure I.8	Organigramme types des turbines	08
Figure I.9	Organigramme types des turbines hydraulique	08
Figure II.1	usinage et finition du carcasse de la turbine	11
Figure II.2	les polies et l'arbre du turbine.....	12
Figure II.3	montage de la roue sur l'axe.....	13
Figure II.4	montage de la turbine.....	14
Figure II.5	turbine finie.....	15
Figure II.6	injecteur a section variable.....	16
Figure II.7	tubine en fonction.....	17
Figure II.8	dicription de la tubine.....	18
Figure II.9	face arrire de la turbine.....	19
Figure II.10	croqui de la turbine de Pelton.....	20
Figure III.1	Tableau des résultats.....	22
Figure III.2	nombre de tour en fonction de pression.....	23
Figure III.3	nombre de tour en fonction de debit.....	23
Figure III.4	le torque en fonction de nombre de tour.....	23
Figure III.5	le torque en fonction de pression.....	23
Figure III.6	le torque de tour en fonction de vitesse.....	24
Figure III.7	le torque de tour en fonction de debit.....	24
Figure III.8	nombre de tour en fonction de vitesse.....	24
Figure III.9	la pression en fonction de debit.....	24
Figure III.10	le rendemant en fonction de debit.....	25
Figure III.11	le rendemant en fonction de vitesse anguilair.....	25
Figure III.12	puissance mécanique en fonction de vitesse.....	25
Figure III.13	la puissance hydraulique en fonction de debit.....	25

INTRODUCTION GENERALE

Inventée en 1879 en Californie par Lester Allan Pelton, cette turbine hydraulique est dite du type "à action" (transformation de l'énergie potentielle de l'eau sortant d'une conduite en énergie cinétique grâce à l'action de cette eau sur les augets). Elle est surtout utilisée dans les centrales hydroélectriques.

Ce type de turbine dite turbine Pelton ; ne dispose pas de diffuseur (ou aspirateur) en sortie d'eau, car celle-ci s'écoule librement à la pression atmosphérique dès l'instant où elle quitte l'injecteur sous forme de jet. Plus précisément, le jet se transmettant ici son énergie cinétique au mouvement de la roue, puis l'eau s'échappe latéralement de la roue avec une vitesse résiduelle faible. Elle est finalement récupérée par la bêche - une coque enfermant la turbine - le long de laquelle elle s'écoule par gravité.

L'objectif de notre travail c'est de répondre aux problématiques suivantes :

Est-ce qu'en peut construire une turbine ?

Est-ce qu'en peut tirer des résultats ?

Est-ce que les résultats obtenus sont conformes aux résultats des turbines d'origine ?

Pour répondre clairement à la problématique, nous proposons les chapitres suivants ;

Chapitre I : Généralité sur les turbines

Chapitre II : Réalisation d'une maquette turbine Pelton

Chapitre III : Résultats et discussions

I.1 Introduction

Les turbine forment une famille important d'appareils qui retirer l'énergie de fluide transforme a énergie mécanique (rotation)

Retire l'énergie (l'enthalpie) du gaz chaud ou vapeur « Fluide compressible »

Retire l'énergie de (chut) du liquide « Fluide incompressible »

I.2 Turbines à fluide compressible

I.2.1. Turbine a gaz :

L'idée d'une turbine à gaz à combustion interne, ou d'une turbine à air chaud, est assez ancienne. Dès 1731, l'Anglais John Barber déposa un brevet sur ce sujet. Cependant, il fallut attendre environ cent ans avant que la turbine à gaz ne prenne son essor. Son développement fut longtemps retardé par le succès de la turbine à vapeur (turbine à action de Gustave Laval en 1883 et turbine à réaction de Charles Parsons en 1884). L'intérêt pour la turbine à gaz conduisit à une activité fiévreuse de dépôts de brevets entre 1880 et 1900 et à de nombreuses expériences entre 1900 et 1910. Les principaux projets de recherche durant cette période sont l'œuvre des personnalités suivantes : L'Allemand Stolze proposa une turbine à air chaud comportant un compresseur axial multi-étage et une turbine axiale (1900-1904), mais la machine ne tourna jamais.

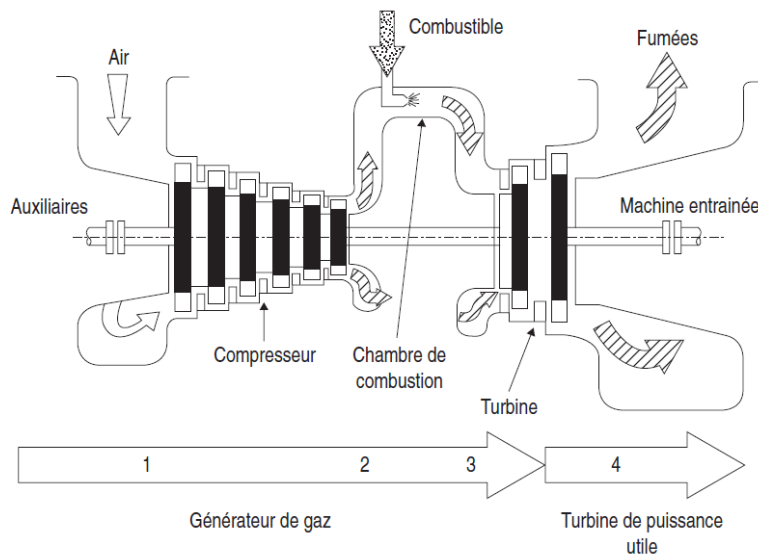


Figure I.1 croqui turbine à gaz

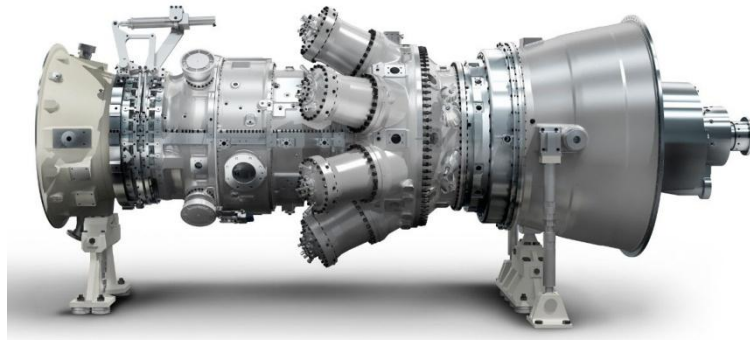


Figure I.2 turbine à gaz

1.2.2 Turbine à vapeur

Cette technique, réservée aux industriels pouvant produire de grandes quantités de vapeur, permet de produire de l'électricité lorsque de la vapeur est produite en excédent, permettant de régulariser sa consommation, par conversion énergétique. C'est aussi la principale technique utilisée dans les grosses centrales électriques, nucléaires ou à combustibles fossiles, pour convertir l'énergie thermique du combustible en électricité.

La cogénération par turbine à vapeur permet d'utiliser des sources d'énergie primaires variées, dont entre autres les sources d'énergie diverses issues de la valorisation des déchets de l'industrie, tels que les déchets de bois dans les scieries, où les déchets végétaux de l'agriculture

Le cycle thermodynamique des turbines à vapeur est basée sur le cycle de Rankine. A l'aide de la chaleur dégagée par la combustion d'un combustible, on produit de la vapeur à haute pression dans une chaudière. Cette vapeur est ensuite dirigée vers une turbine, où en se détendant, entraîne la turbine. Sortie de la turbine, la vapeur est condensée et ramenée à la chaudière, où ce cycle recommence. Dans ce cycle, la combustion est externe : c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contact direct entre le fluide process (vapeur) et le foyer. Ainsi le combustible ne requiert pas de spécifications de qualités précises et donc tout combustible peut être employé.

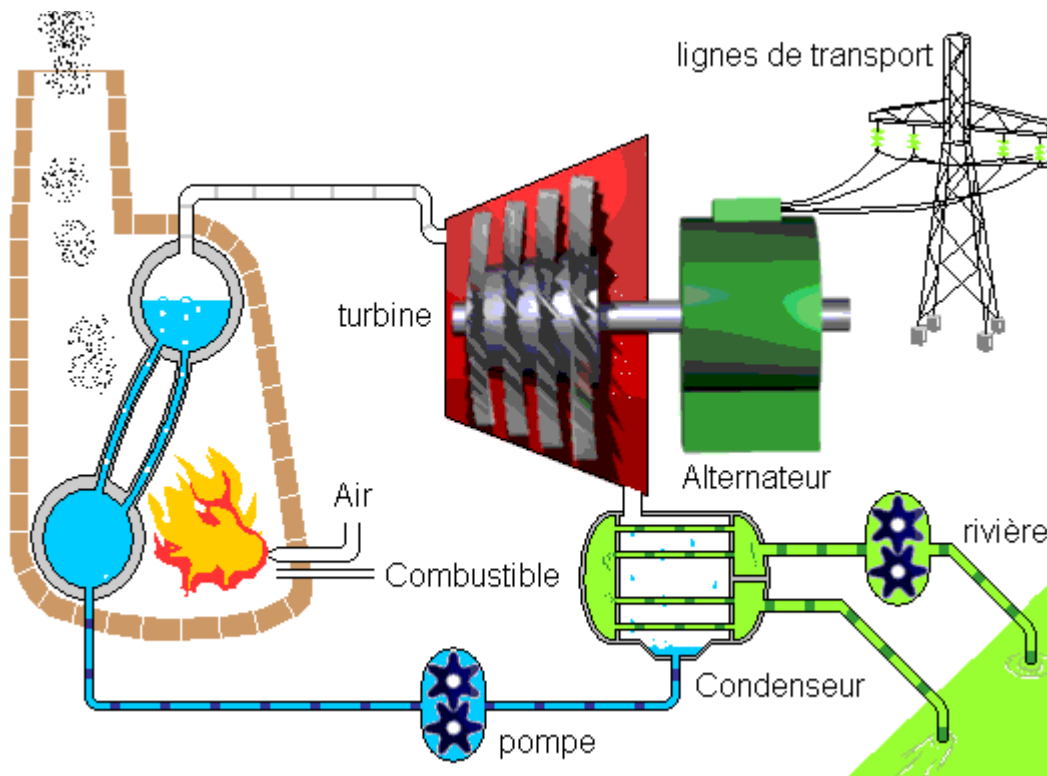


Figure I.3 l'installation du turbine a vapeur

I.3. Turbines à fluide incompressible

I.3.1 Turbines à action

(Turbine Pelton ou Banki).

L'eau arrive à la vitesse maximale dans l'injecteur.

L'énergie jet entraîne la rotation de la roue et l'eau ressort en pluie.

I.3.1.1. Turbine Pelton

Cette roue hydraulique, qui porte le nom de son inventeur, l'Américain Lester Pelton (1829-1908), récupère l'énergie du mouvement de l'eau grâce à des augets en forme de cuillère.

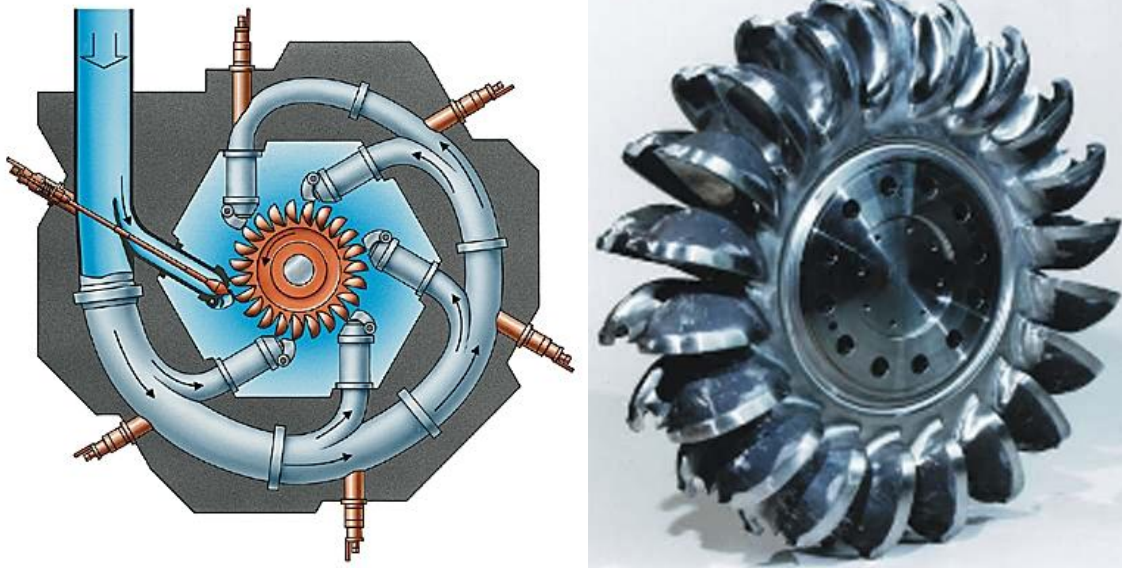


Figure I.4 turbine pelton

I.3.1.2 Turbine Banki

La turbine Banki, appelée aussi turbine à flux traversant, est une machine à action qui a ceci de particulier que l'eau traverse deux fois la roue.

De construction simple, elle est constituée de trois parties principales (voir figure I.5.a) :

- un injecteur de section rectangulaire et dont le débit est réglé à l'aide d'une aube profilée rotative, similaire à une vanne papillon.

Afin d'assurer un arrêt de la turbine sans énergie d'appoint, la fermeture est souvent réalisée à l'aide d'un contrepoids, et l'ouverture par un vérin hydraulique ;

- une roue en forme de tambour, dotée d'aubes cylindriques profilées ;

- un bâti enveloppant la roue et sur lequel sont fixés les paliers de la turbine.

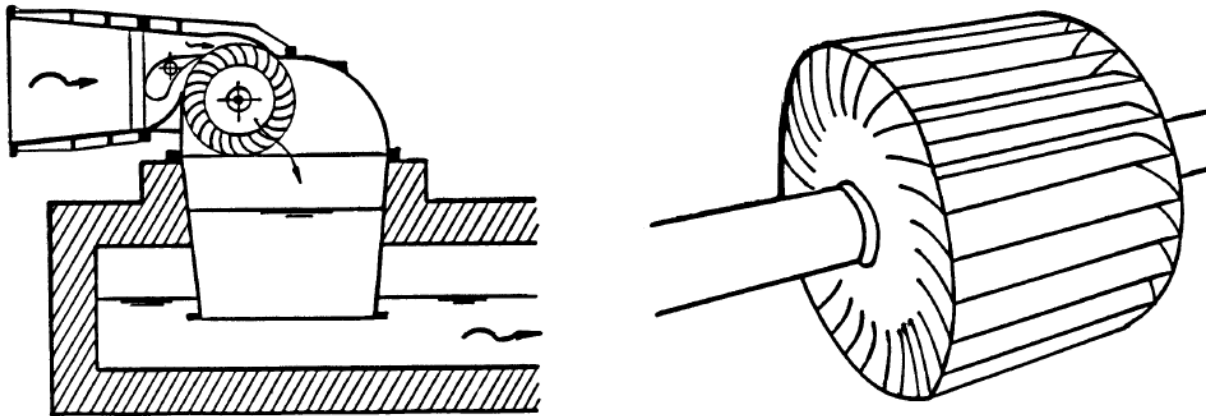


Figure I.5 turbine banki

1.3.2 Turbines à réaction

(Turbine Francis ou Kaplan).

L'eau est guidée par le distributeur pour rentrer sans choc dans la roue. L'eau est à la vitesse maximale à la sortie de la roue.

Les caractéristiques du site (hauteur de chute et débit) et la vitesse de rotation de l'arbre guideront le choix de la turbine, en première approche :

- Basses chutes (2 à 10 mètres) : turbine Kaplan
- Moyennes chutes : (5 à 100 mètres) : turbine Francis ou Banki
- Hautes chutes (50 à 400 mètres) : turbine Pelton

A noter pour les basses chutes, on peut utiliser une roue à aubes mais les puissances électriques resteront faibles.

1.3.2.1. Turbine Francis

C'est la turbine la plus utilisée dans le parc de production d'Hydro-Québec. L'eau arrive sur le pourtour de la roue, pousse les aubes, puis se dirige vers l'axe de la turbine. Elle s'écoule ensuite par le canal de fuite situé sous celle-ci. Elle tient son nom de James Bicheno Francis (1815-1892), ingénieur américain qui l'a inventée en 1849.

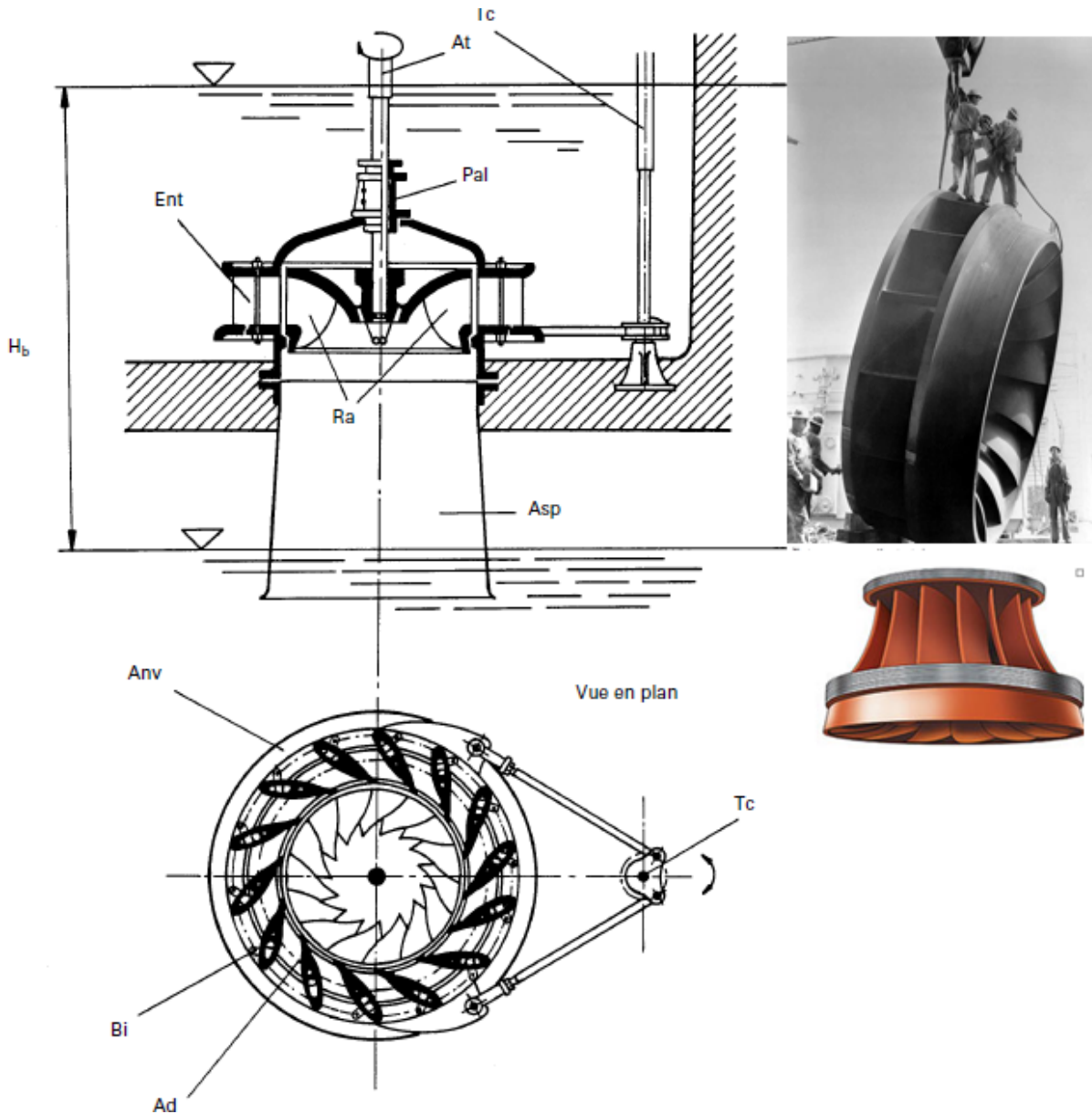


Figure I.6 turbine francis

1.3.2.2. Turbine Kaplan

Cette turbine, inventée par l'ingénieur autrichien Viktor Kaplan (1876-1934), ressemble à la turbine à hélice, mais ses pales sont orientables. Elle convient à certaines centrales au fil de l'eau situées sur des rivières à débit particulièrement variable, car on peut régler la position de ses pales en fonction du débit. Les turbines Kaplan de la centrale Brisay pèsent 300 tonnes chacune, soit l'équivalent de 50 éléphants d'Afrique.

La turbine Kaplan ressemble à la turbine à hélice, mais ses pales sont orientable

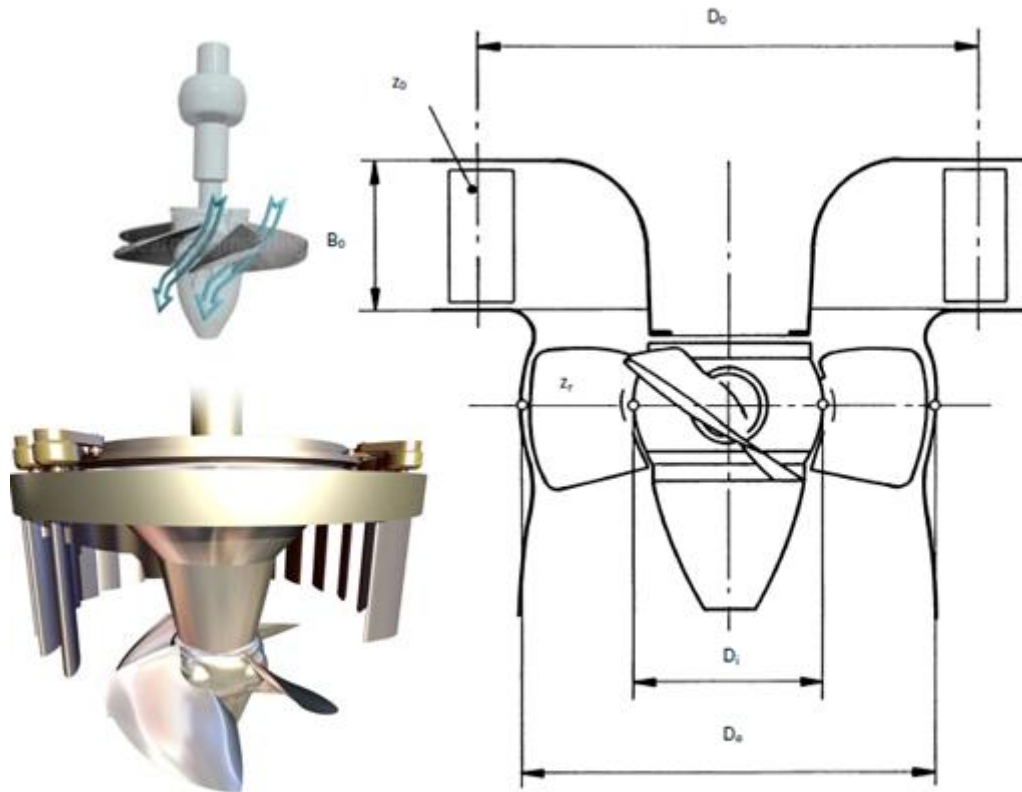


Figure I.7 turbine kaplan

1.3.2.3. Turbine à hélice

Lorsque la hauteur de chute est faible, la turbine à hélice s'avère très avantageuse, car elle permet d'obtenir de grandes vitesses de rotation. Cette turbine est donc indiquée pour des centrales au fil de l'eau.

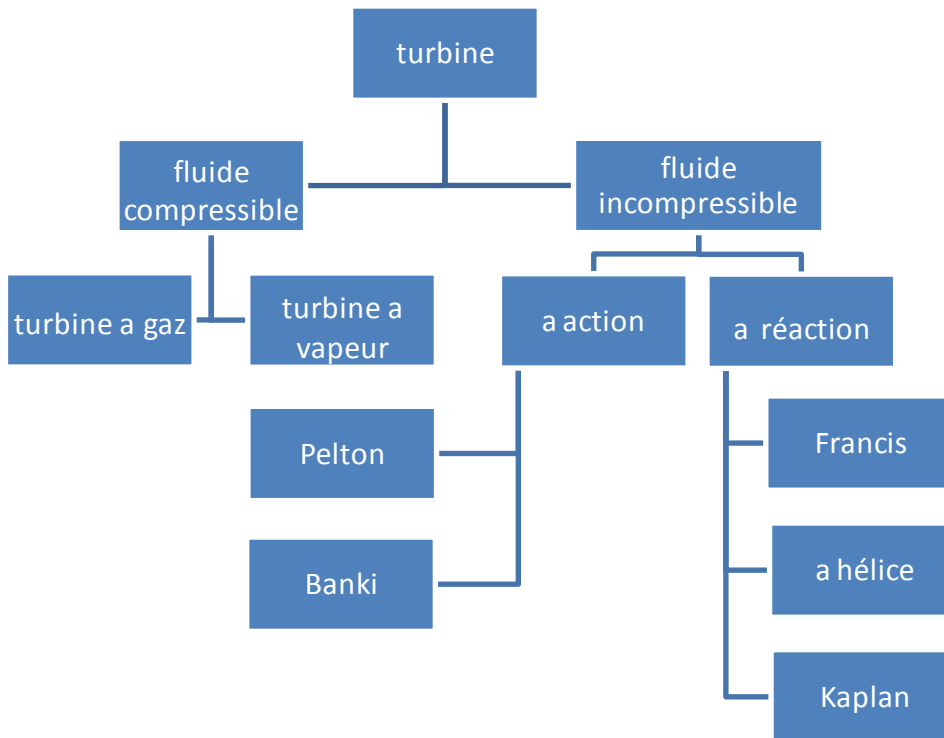


Figure I.8 Organigramme types des turbines

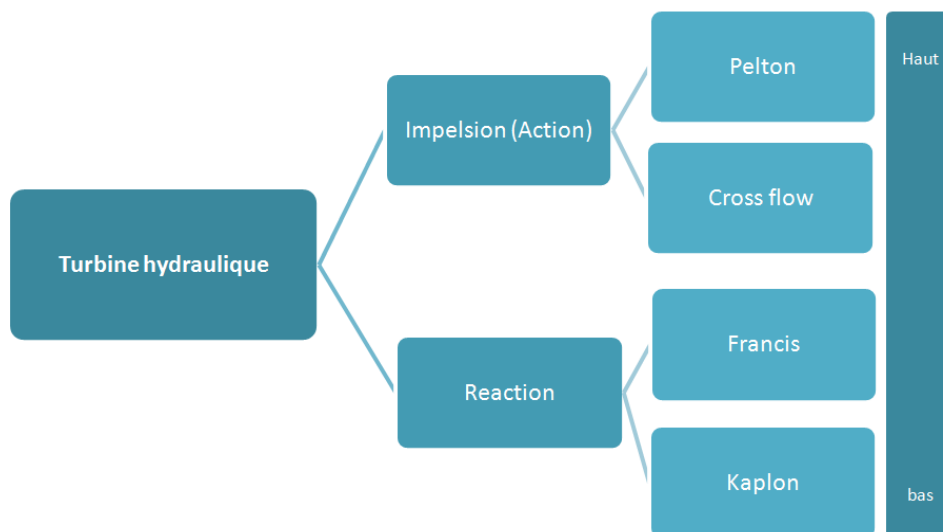


Figure I.9 Organigramme types des turbines hydraulique

I.4. Conclusion

Une maquette a été conçue au niveau du laboratoire mécanique – hydraulique de l'université d'El oued pour renforcer notre étude.

Le choix de la turbine est basé sur :

1. La disponibilité du matériel de construction dans le marché.
2. La facilité de construction.
3. L'utilisation de la hauteur dans le labo est possible.

II .1 Introduction

Une maquette a été conçue au niveau du laboratoire mécanique et hydraulique de l'université d'El oued pour renforcer notre étude.

Les étapes de construction seront en photos dans ce chapitre pour tous ceux qui désirent construire une turbine Pelton.

II.2 Rappel sur la turbine Pelton

Débit Symbole: Q Unité : (m³ / s)
Le débit est le volume d'eau par unité de temps qui transite par l'aménagement pour alimenter la turbine. $Q = V/t$

Puissance hydraulique Symbole: P_{hyd} Unité : (W)
La puissance hydraulique est la puissance fournie à la turbine par l'eau qui l'alimente.

Chute nette Symbole: H Unité : (m)
La chute nette représente l'énergie hydraulique à disposition de la turbine

Puissance hydraulique Symbole: P_{hyd} Unité : (W)
La puissance hydraulique est la puissance fournie à la turbine par l'eau qui l'alimente. Elle est donnée par le produit de l'énergie hydraulique gH avec le débit massique (débit volumique par masse spécifique) $\rho \cdot Q$

$$P_{\text{hyd}} = \rho \cdot Q \cdot gH \text{ (W)}$$

Couple Symbole: T Unité : (Nm)
L'eau sous pression qui entre dans la turbine exerce une force hydrodynamique sur les pales ou augets de la roue. Cette force crée un couple qui met la roue en rotation.

Vitesse de rotation Symbole: n Unité : (t / min) ω (rad / s)
avec $\omega = P \cdot n/30$

Une fois mise en mouvement, la turbine va tourner à une vitesse de rotation déterminée par les conditions d'exploitation.

Puissance mécanique Symbole: P_{mec} Unité : (w)
De par les lois de la physique, la puissance mécanique est donnée par le produit du couple par la vitesse de rotation :

$$P_{\text{mec}} = \omega \cdot T$$

Rendement Symbole: η Unité : - (ou%)
Toute transformation d'énergie dans une machine donne lieu à des pertes. Il s'ensuit que la puissance obtenue à l'arbre de la turbine, et qui sert à entraîner la génératrice, est inférieure à la puissance hydraulique.

Le rapport entre ces deux puissances est le rendement qui est un paramètre définissant la qualité de la turbine $\eta_t = P_{mec} / P_{hyd}$

ou $P_{mec} = \eta_t \cdot P_{hyd}$

II .3 Les étapes de la construction de la maquette



Figure II.1 usinage et finition du carcasse de la turbine



Figure II.2 les polies et l'arbre du turbine



Figure II.3 montage de la roue sur l'axe



Figure II.4 montage de la turbine



Figure II.5 turbine finie



Figure II.6 injecteur a section variable



Figure II.7 turbine en fonction

II.4 Description

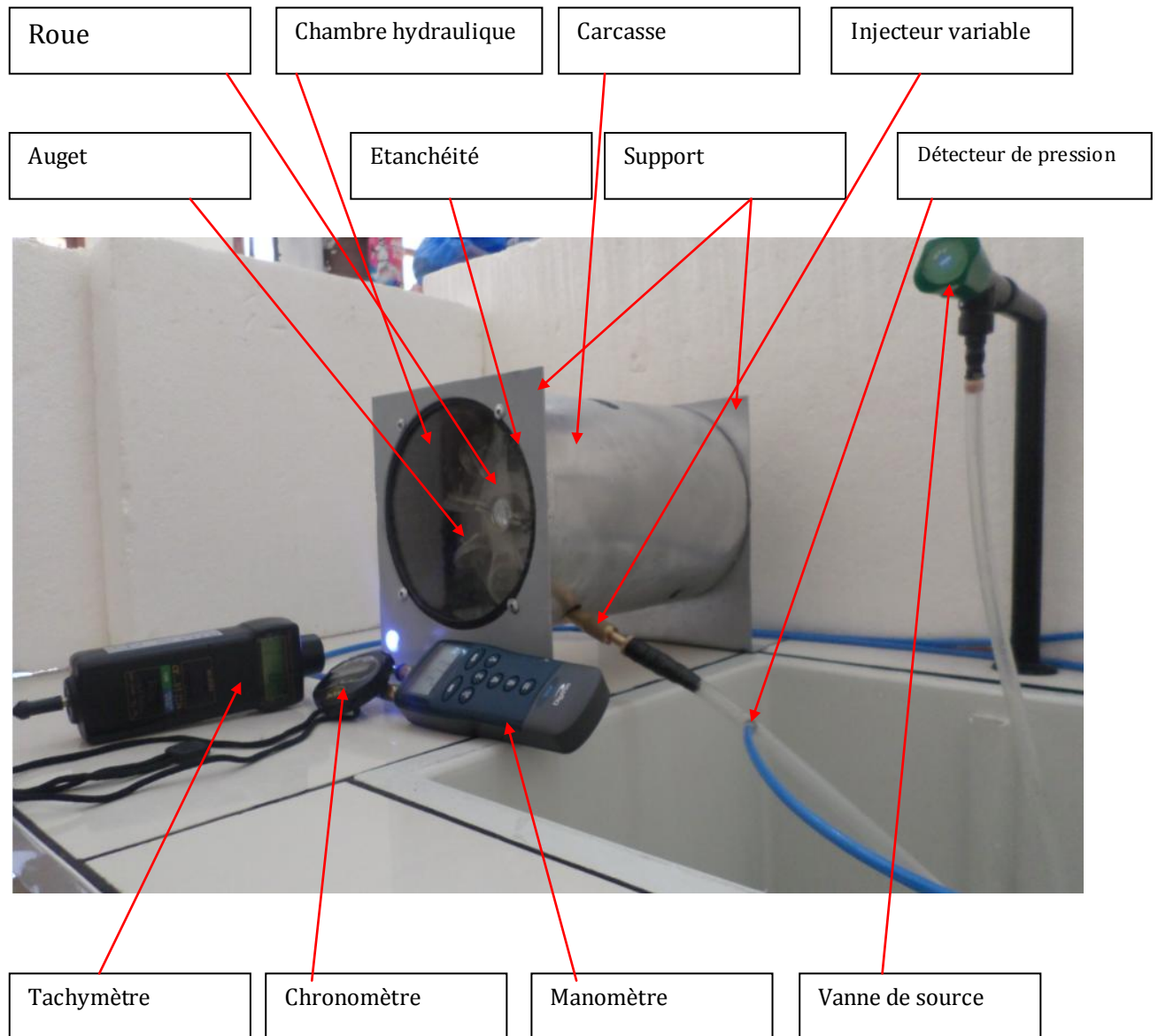


Figure II.8 description de la turbine

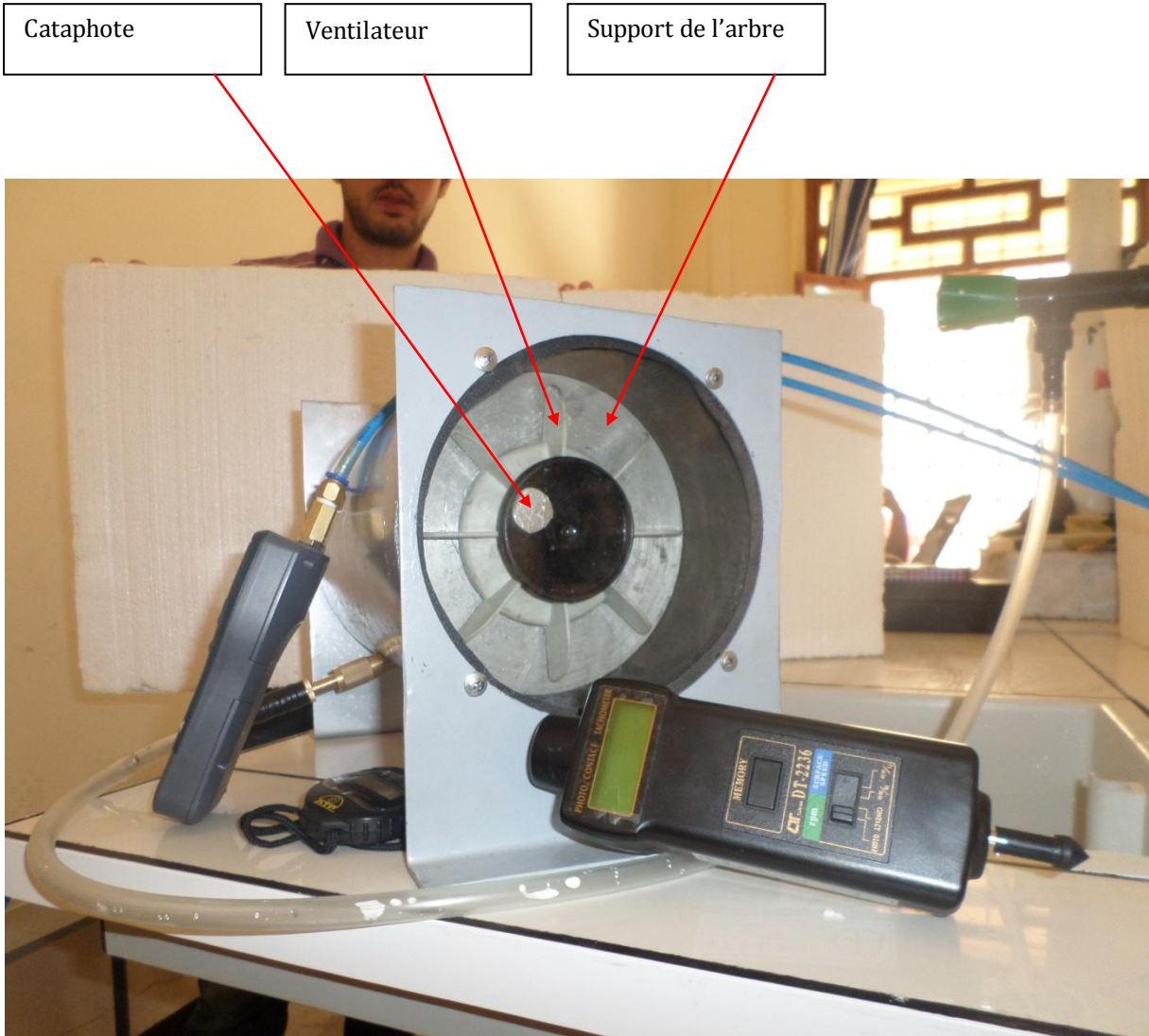


Figure II.9 face arrière de la turbine

II .5 Principe de fonctionnement Turbine Pelton

La turbine Pelton est constituée par une roue à augets qui est mise en mouvement par un jet d'eau provenant d'un injecteur.

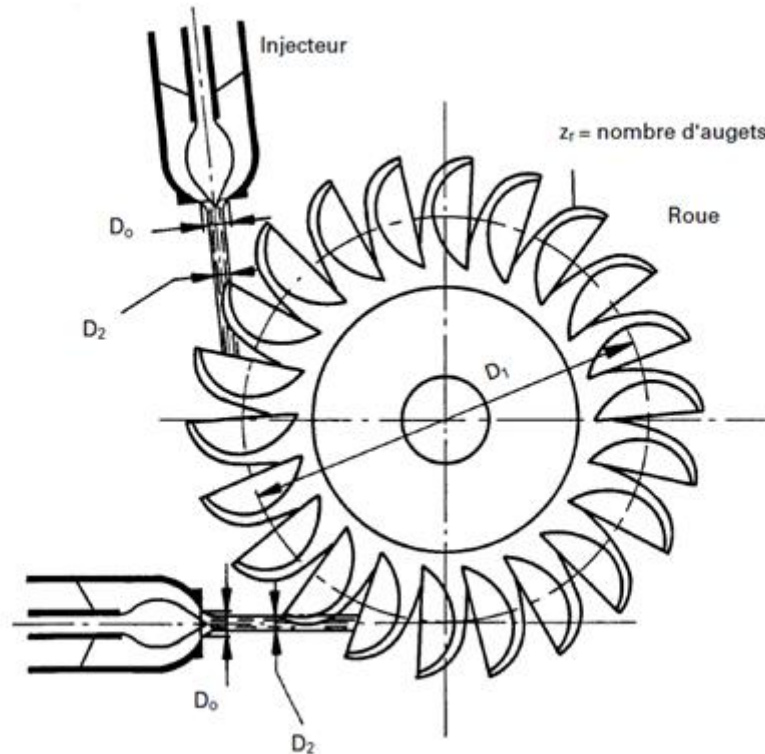


Figure II.10 croqui de la turbine de Pelton

dans la turbine Pelton, turbine à action ,toute l'énergie potentielle de l'eau est transformée en énergie cinétique dans le distributeur (buse avec son aiguille d'injection).

Il n'ya plus de diffuseur et la roue tourne dans l'air à la pression extérieure .

La vitesse de l'eau à la sortie du distributeur se calcule facilement .

$$C=0.97\sqrt{2g.Hn} \quad \text{m/s}$$

L'écoulement dans les augets de la roue est un écoulement à l'air libre ; la pression n'intervient plus ici . Dans les roues des turbines à réaction la variation de la pression

II.6 Conclusion

1. Une turbine Pelton a été bien conçue dans le laboratoire.
2. Des résultats ont été tirés.
3. Les résultats sont très satisfaisables.
4. Les étapes sont bien claires pour toute personne désireuse de fabriquer une turbine semblable.

III.1 Introduction

Après la construction de la maquette, une série d'expériences a été faite au niveau du laboratoire pour déterminer plusieurs caractéristiques de la turbine tel que le rendement, le nombre de tour en fonction vitesse...

III.2 Expérience :

Faire en série de mesure qui permet de déterminer le meilleur point de fonctionnement de la turbine Pelton en question.

Les étapes de l'expérience

Les pas de l'expérience sont les même dans chaque manipulation.

Dans notre cas on a 5 manipulations.

1. On ouvre l'injecteur d'eau au maximum.
2. On prend la vitesse de rotation de la roue par le tachymètre.
3. On prend la valeur de la pression par le nanomètre.
4. Puis on calcule de débit puisque en a le volume et le temps.

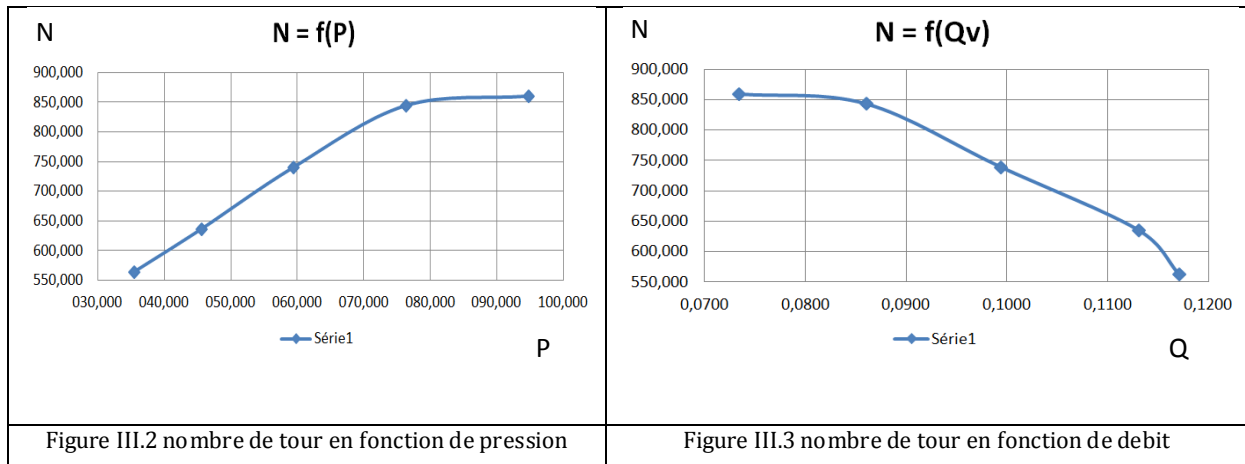
III.3 Résultats et discussions

Les résultats des manipulations sont réunis dans le tableau ci-dessous

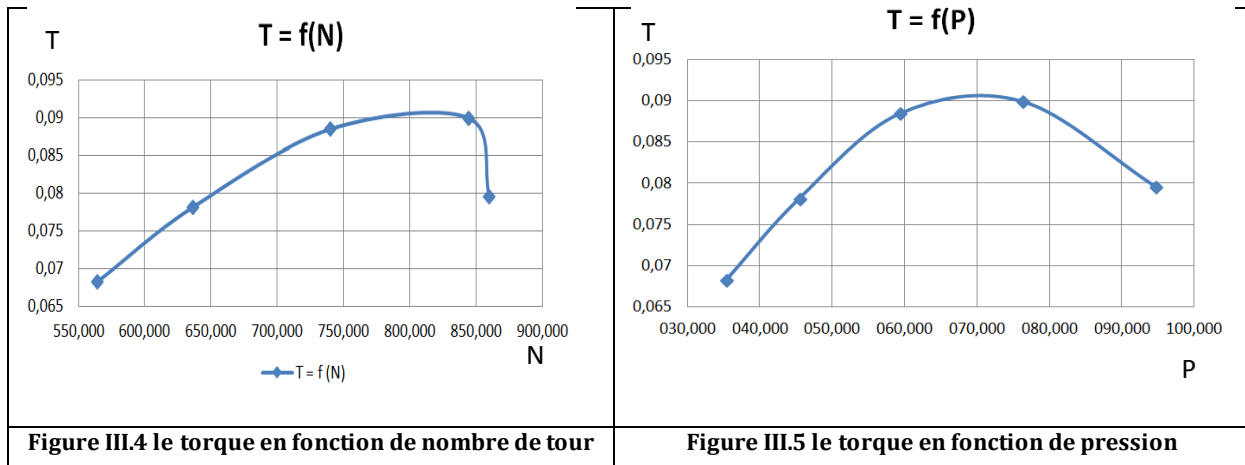
Figure III.1 Tableau des résultats

mesure	P [KPa]	N [tr/min]	ω [rad/s]	Q_v [l/s]	v [m/s]	T [N.m]	P_{hyd} [w]	P_{mec} [w]	η [%]
1	35.4	564	18.8	0.117	8.08	0.068	4.06	1.28	31
2	45.5	636	21.2	0.113	9.16	0.078	5.04	1.65	32
3	59.4	740	24.7	0.099	10.47	0.088	5.78	2.18	37
4	76.3	844	28.1	0.086	11.87	0.090	6.43	2.53	39
5	94.7	860	28.7	0.073	13.22	0.079	6.81	2.28	33

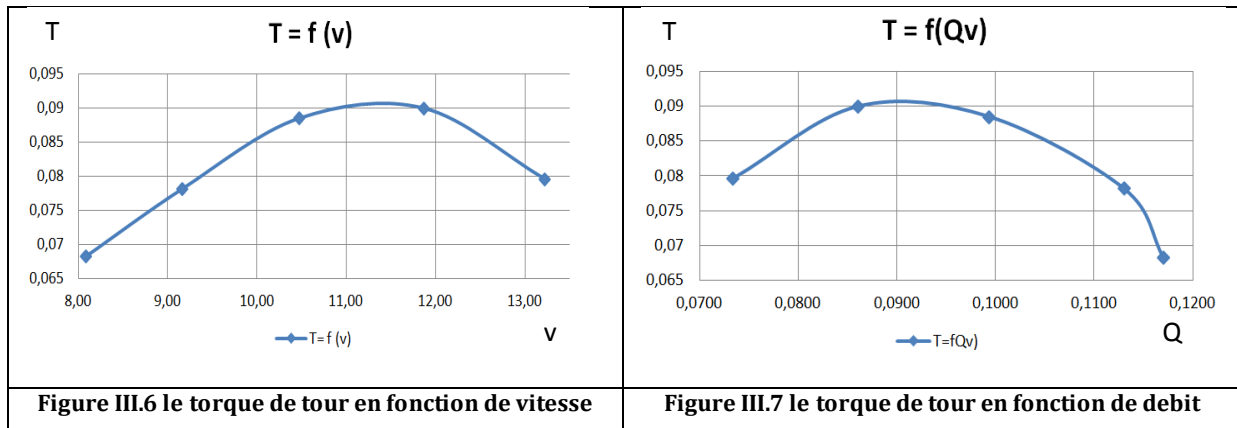
Les courbes obtenues



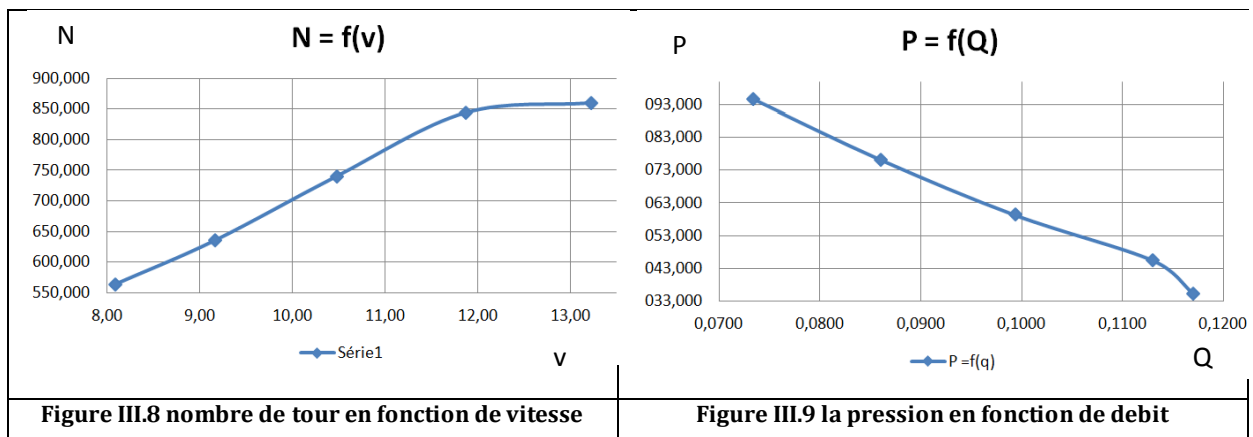
- Dans le figure III.2, on remarque chaque fois que la pression augment, le nombre de tour augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la stagnation de N car la section de jet devient mince autrement dit la force appliquée sur la roues devient faible.
- Dans le figure III.3, on remarque chaque fois que le débit augment, le nombre de tour diminue autrement dit en augment la section donc en entraine la diminution de la vitesse.



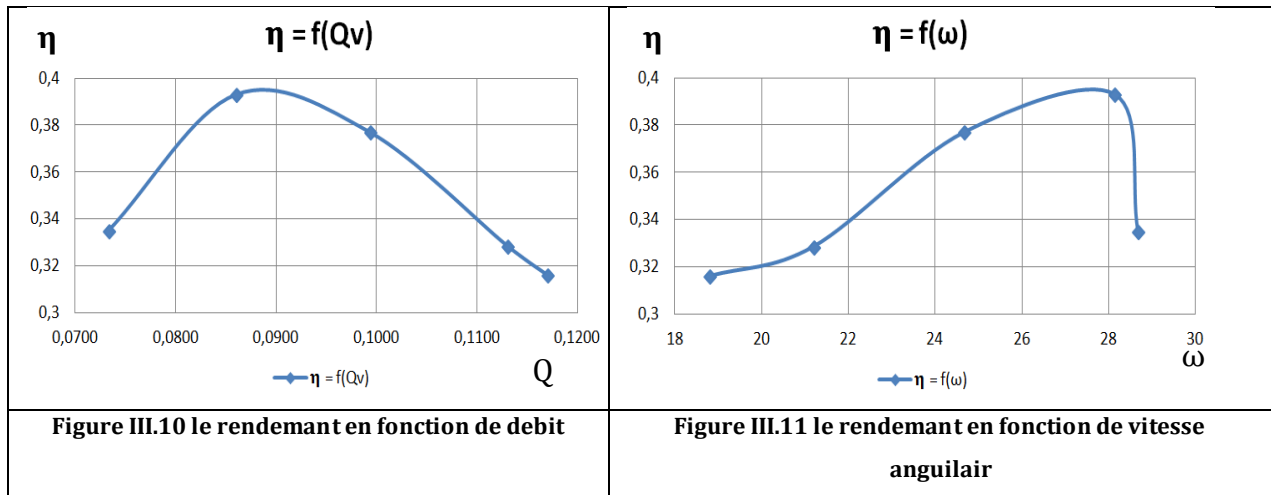
- Dans le figure III.4, on remarque chaque fois que le nombre de tour augment, le torque augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la décroissante, car la section de jet devient mince autrement dit la force appliquée sur la roues devient faible.
- Dans le figure III.5, on remarque chaque fois que la pression augment, le torque augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la décroissante, car la section de jet devient mince autrement dit la force appliquée sur la roues devient faible.



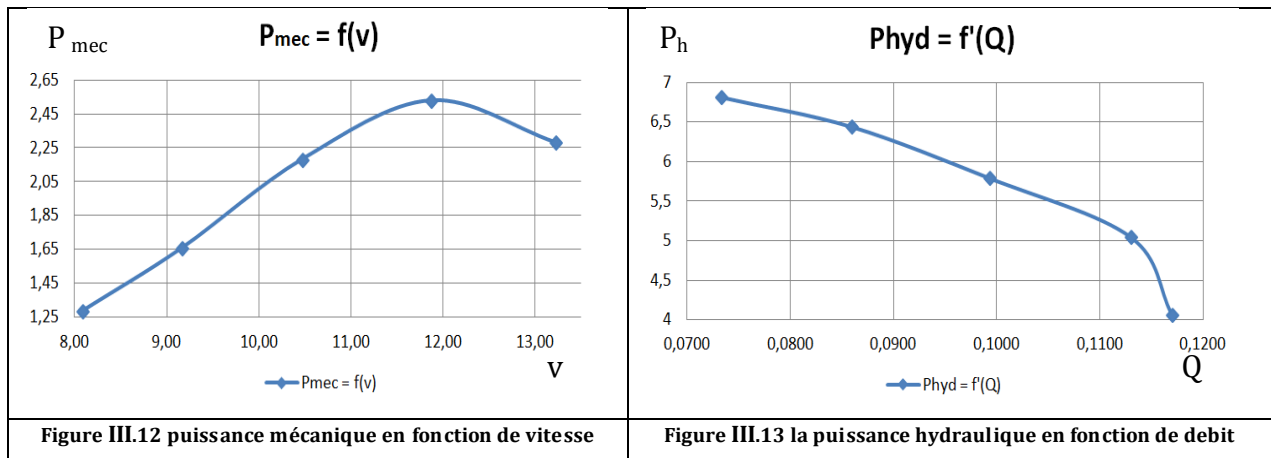
- Dans le figure III.6, on remarque chaque fois que la vitesse augment, le torque augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la décroissante, car la section de jet devient mince autrement dit la force appliquée sur la roues devient faible.
- Dans le figure III.7, on remarque chaque fois que le débit augment, le torque augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la décroissante, car la section de jet devient mince autrement dit la force appliquée sur la roues devient faible.



- Dans le figure III.8, on remarque chaque fois que la vitesse augment, le nombre de tour augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la stagnation de N
- Dans le figure III.9, on remarque chaque fois que le débit augment, la pression diminué



- Dans le figure III.10, on remarque chaque fois que le débit augment, le rendement augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la décroissance du rendement, car la vitesse de jet diminué.
- Dans le figure III.11, on remarque chaque fois que la vitesse angulaire augment, le rendement augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la chute de rendement



- Dans le figure III.12, on remarque chaque fois que la vitesse augment, la puissance mécanique augment jusqu'à certains valeur ou en remarque la décroissante, car la vitesse de jet faible.
- Dans le figure III.13, on remarque chaque fois que le débit augment, la puissance Ph diminue.

III.4 Conclusion

1. Des résultats ont été tirés de la maquette.
2. Plusieurs graphes ont été faits
3. Nos graphes sont conformes avec d'autres graphes tirés d'une turbine Pelton (d'origine).

IV. Conclusion générale

A travers notre étude faite au niveau du laboratoire sur une maquette, nous avons essayé de répondre à la problématique On peut donc en conclure que pour convertir l'énergie hydraulique en énergie mécanique qui est notre cas, on utilise la transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie potentielle.

- Lors de notre expérience, nous avons pu vérifier:
- L'accélération et la décélération de sa vitesse de rotation en fonction du débit.
- La puissance mécanique et hydraulique en fonction du débit.
- Le rendement de la turbine

Dont on peut dire que la maquette conçue est

1. Une turbine a été conçue au niveau du laboratoire de mécanique et hydraulique de l'université d'El oued.
2. La turbine à été testé et les résultats sont très satisfaisants.
3. Les résultats sont conformes avec les résultats d'autres turbines d'origines.
4. Le rendement a été calculé et il est entre 31 – 39 %.
5. Finalement notre maquette elle est bonne pour les travaux pratiques au niveau des laboratoires pédagogiques.

Références

- [1] Les machines transformatrices d'énergie TOME 21978 G. LEMASSON
- [2] Documentation SONELGAZ IFEG Ecole technique de BLIDA.
- [3] Turbines hydrauliques, Office fédéral des questions conjoncturelles, 1995
- [4] Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique D 3 930
- [5] www.explorateurs-energie.ch consulté 28/04/2014
- [6] www.edf.fr consulté 28/04/2014

Résumé

Une maquette d'une turbine Pelton a été conçue au niveau du laboratoire de mécanique et hydraulique de l'université d'El oued. Les résultats ont montré que le rendement est entre 31 - 39 % et les graphes obtenus sont en bonne correspondance avec les graphes d'autres turbines.

Notre maquette elle est bonne pour les travaux pratiques au niveau des laboratoires pédagogiques soit universitaires ou dans les collèges.

ملخص

قمنا على مستوى مخبر الميكانيك والهيدروليك بجامعة الوادي بإنجاز نموذج مصغر لتربين هيدروليكي حيث تحصلنا على مردود بين 31 و 39 % ومنحنيات متوافقة تقريبا مع التربينات البيداغوجية .

هذا النموذج صالح لإجراء الاعمال التطبيقية على مستوى المختبرات البيداغوجية الجامعية

أو الثانوية.