

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Installation et mise en marche d'un banc d'essai pour la construction des courbes caractéristiques de deux pompes identiques fonctionnant en série.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0020-17

APA Citation (توثيق APA):

Abbas, Tahar (2017). Installation et mise en marche d'un banc d'essai pour la construction des courbes caractéristiques de deux pompes identiques fonctionnant en série [Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، البوريات، كتب....) و بنه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE MASTER

En vue de l'obtention du diplôme de Master en hydraulique

**Option : Conception des systèmes
d'assainissement**

THEME :

**INSTALLATION ET MISE EN MARCHÉ D'UN BANC
D'ESSAI POUR LA CONSTRUCTION DES COURBES
CARACTERISTIQUES DE DEUX POMPES IDENTIQUES
FONCTIONNANT EN SERIE**

PRESENTE PAR :

M^r : ABBAS Tahar

Devant les membres du jury

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r : SALAH Boualem	Professeur	Président
M ^{me} : MOKRANE Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r : HACHEMI Abdelkader	M.A.A	Examinateur
M ^{me} : TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
M ^r : KHODJET KESBA Omar	Professeur	Promoteur

Mai 2017

Dédicace

A MA CHERE MERE, POUR M'AVOIR MIS AU MONDE, SON SACRIFICE ET SA PRESENCE LE LONG DE A VIE AVEC AUTANT D'AMOUR ET D'AFFECTION ;

A MON CHER PERE, QUI M'A GUIDE VERS LA DROITURE ET LE BON SENS ET M'A SOUTENU LE LONG DE MA VIE ;

A MES CHERES SŒURS MASSILIA, TINHINANE, MESSAD ;

A MON DEFUNT COUSIN, MON FRERE D'ENFANCE MOULOUUD ;

A MES GRANDS-MERES ET GRANDS- PERES ;

A MES ONCLES ET TANTES, COUSINS ET COUSINES ;

A MA FUTURE EPOUSE ;

A TOUTE LA FAMILLE ABBAS SPECIALEMENT MES AMIS D'ENFANCE ;

A MES CHERS AMIS: HIM BODY, YASSINE, MILOUDA, AGHILES, ACHOUR, ADNANE, TOUFIK, MOUMOUH;

A TOUTE PERSONNE PROCHE DU CŒUR QUI SE RECONNAITRA A TRAVERS MES PAROLES.

.....

Si j'avais la terre comme papier et la mer pour encrier, je n'aurais jamais assez de mots pour vous exprimer ma gratitude, mon amour et ma bonne foi envers vous ...

TAHAR

Remerciements

Tout d'abord, je me porte modestement reconnaissant envers DIEU qui m'a guidé vers la voie du savoir. Il a illuminé mon chemin en m'armant avec de la passion, du courage et de la persévérance durant mon parcours d'études ;

Je remercie mes chers parents dont les mots ne peuvent combler les paroles pour exprimer ma gratitude et amour pour tous leurs soutient et présence ;

Je remercie aussi tous les membres de ma famille pour leurs précieuse aide durant mes études, mes chères sœurs et ma chère fiancé d'une façon spécial ;

Je remercie le directeur de l'ENSH Mr B.SAHLI de m'avoir offert les moyens financiers et matériels pour la réalisation de mon travail ;

Je remercie infiniment mon promoteur : Mr O.KHODJET KESBA de m'avoir orienté avec ses conseils judicieux pour mener à merveille le présent travail ;

Je remercie le directeur de l'entreprise de production des pompes et des vannes POVAL

Je tiens à remercier :

Le plombier de l'ENSH Mr Z.HAMMOUDI

Les responsables du laboratoire de pompage de l'ENSH Mr T.KERRI & Mme H.SAIDI

Les responsables du laboratoire d'électrotechnique de l'ENSH Mr Y.OUIR & Mr T.NACER

Les gérants du Parc automobile et du magasin de l'ENSH

L'électricien de l'ENSH

Les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail ;

Tous les professeurs qui ont contribué à ma formation durant mon cycle d'études ;

Mes chers amis avec lesquels j'ai appris ce qu'est l'amitié et la fraternité ;

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'accomplissement de mon travail ;

Pour terminer, je remercie toute personne de l'ENSH et de la résidence universitaire 03, à qui j'ai une affection particulière.

Sommaire

Chapitre I : Caractéristiques des pompes centrifuges

Introduction	1
I.1. Type de pompes	1
I.2. Les pompes centrifuges	1
I. 2. 1 Classification des pompes centrifuges	2
I. 2. 2 Principe de fonctionnement des pompes centrifuges	2
I. 2. 3 Constitution d'une pompe centrifuges	3
I.3. Caractéristiques des pompes	3
I.4. Couplage des pompes en série	5
I. 4. 1 Courbe de performance de deux pompes en série	6
I.5. Modes de réglage du débit	7
I.6. Caractéristique du réseau et point de fonctionnement	7
I.7. Exemple réel du couplage de pompes identiques (groupe électropompes)	8
I. 7. 1 Stage pratique au sein de l'unité de production et de transfert des eaux « TILES DIT » W.Bouira	8
I. 7. 2 Transfert des eaux	9
Conclusion	10

Chapitre II : Description des pompes de POVAL (40 NVA – 150 – 5)

Introduction	11
II. 1 Gamme de production de POVAL	11
II. 2 Les pompes en sujet (40 NVA – 150 – 5)	12
II. 2. 1 Application	12
II. 2. 2 Construction	12
II. 2. 3 Avantages	12
II. 2. 4 Caractéristiques électriques	13
II. 3 Interprétation des courbes caractéristiques de la pompe (40 NVA – 150 – 5) de POVAL	16
Conclusion	16

Chapitre III : Construction des courbes caractéristiques

Introduction :	17
III. 1 But de l'expérimentation	17
III. 2 Installation du banc d'essai	17
III. 3 Manipulation	18
III. 4 Conception de l'armoire électrique	20
III. 5 Formules employées pour la détermination des performances des pompes	21
III. 6 Calcul des paramètres des pompes en sujet	23
III. 7 Analyse graphique des résultats obtenus	29
III. 8 Calcul de l'erreur systématique relative	32
III. 9 Interprétation générale	34
Conclusion	34

Liste des tableaux

Chapitre II : Description des pompes de POVAL (40 NVA – 150 – 5)

Tableau II.1 : Caractéristiques de la pompe (40 NVA – 150 – 5).....	14
---	----

Chapitre III : Construction des courbes caractéristiques

Tableau III.1 : Résultats obtenus des différents paramètres de l'installation avec une seule pompe	24
Tableau III.2 : Résultats obtenus des différents paramètres de l'installation avec les deux pompes identiques montées en série.....	25
Tableau III.3 : Calcul de l'erreur pour l'installation à une seule pompe.....	32
Tableau III.4 : Calcul de l'erreur pour l'installation à deux pompes identiques montées en série.....	33

Liste des figures

Chapitre I : Caractéristiques des pompes centrifuges

Figure I.1 : Coupe sur la partie refoulement d'une pompe centrifuge	3
Figure I.2 : Couplage de pompes en série	5
Figure I.3 : Courbe résultante $H=f(Q)$ de deux pompes identiques montées en série.....	6
Figure I.4 : Point de fonctionnement.....	8
Figure I.5 : Point de départ et d'arrivée de l'adduction de la « SP1 »	9
Figure I.6 : Groupe électropompes de la « SP1 ».....	9

Chapitre II : Description des pompes de POVAL (40 NVA – 150 – 5)

Figure II.1 : Signification de la nomination de la pompe (40 NVA – 150 – 5)	13
Figure II.2 : Pompes en sujet (40 NVA – 150 – 5)	13
Figure II.3 : Coupe verticale de la pompe (40 NVA – 150 – 5).....	14
Figure II.4 : Courbes caractéristiques résultantes de la pompe (40 NVA – 150 – 5) fournies par le constructeur.	15

Chapitre III : Construction des courbes caractéristiques

Figure III.1 : Différents appareillages du banc d'essai	18
Figure III.2 : Installation du banc d'essai avec une seule pompe	19
Figure III.3 : Installation du banc d'essai avec les deux pompes identiques montées en série.....	19
Figure III.4 : Montage de l'armoire électrique.....	20
Figure III.5 : Armoire électrique.....	20
Figure III.6 : Courbes caractéristiques résultantes de la pompe (40 NVA – 150 – 5)	26
Figure III.7 : Courbes caractéristiques résultantes des deux pompes identiques (40 NVA – 150 – 5) montées en série	27
Figure III.8 : Superposition de la courbe $H=f(Q)$ de POVAL et expérimental de la pompe en sujet .	29
Figure III.9 : Superposition de la courbe $\eta=f(Q)$ de POVAL et expérimental de la pompe en sujet...	29
Figure III.10 : Superposition de la courbe $P=f(Q)$ de POVAL et expérimental de la pompe en sujet.	30
Figure III.11 : Superposition de la courbe $H=f(Q)$ de POVAL et expérimentale des deux pompes identiques montées en série.	31
Figure III.12 : Superposition de la courbe $P=f(Q)$ de POVAL et expérimentale des deux pompes identiques montées en série.	31

ملخص:

إن العمل الذي قمنا به في هذه المذكرة يهدف الى تصميم مقعد تجريبي على مستوى مختبر الضخ (م.و.ع.ر) لإنشاء منحنيات خاصة لمضختين متطابقتين موضوعتين على التسلسل، ومقارنتها بالمنحنيات المعطاة من طرف المصمم. وقد اخذنا المضخة (5 - 150 - 40 NVA) من نوع طاردة مركزية كمثال للدراسة بحيث قمنا بدراسة دقيقة لجميع خصائصها.

فيما يخص الجانب التطبيقي ، قمنا بتقسيم عملنا على مرحلتين :

- ✓ تركيب المقعد التجريبي بمضخة واحدة.
- ✓ تركيب المقعد التجريبي بمضختين متطابقتين موضوعتين على التسلسل.

Résumé

Le travail envisagé dans ce mémoire propose l'installation d'un banc d'essai au niveau de la bache d'eau à proximité du laboratoire de pompage (ENSH) pour la construction des courbes caractéristiques de deux pompes identiques montées en série. Les courbes résultantes seront interprétées et comparées avec celles données par le constructeur. Pour ce faire, nous avons pris la pompe (40 NVA - 150 - 5) de type centrifuge radiale comme sujet d'étude avec une étude approfondie de l'ensemble de ses caractéristiques.

Concernant la partie pratique du travail, nous l'avons réparti sur deux étapes :

- ✓ Installation avec une seule pompe.
- ✓ Installation avec deux pompes identiques montées en série.

Abstract

The work envisaged in this dissertation proposes an installation of a test bench at the water tarpaulin near the pumping laboratory (ENSH) for the construction of the characteristic curves of two identical pumps mounted in series. The resulting curves will be interpreted and compared with those given by the constructor. To do this, we have taken the pump (40 NVA - 150 - 5) of radial centrifugal type as a case of study with an in-depth study of all its characteristics.

Concerning the practical part of the work, we divided it into two stages:

- ✓ Installation with a single pump.

Installation with two identical pumps mounted in series.

Introduction générale

Le besoin en eau a obligé l'homme de trouver un système de transport, du puits ou de la rivière à son habitat. Il faudra attendre la fin du XVIIIème siècle pour que les premières pompes soient réellement construites et utilisées de façon industrielle. L'explosion démographique, obligea l'outil de production à se mécaniser. Cette mécanisation mise en place grâce à Thomas Newcomen qui en 1712 mit au point un système utilisant la puissance de la vapeur en puissance mécanique permettant la mise en mouvement des organes des pompes. Les pompes centrifuges sont apparues en 1689, dont le principe avait déjà été énoncé par Denis Papin dans son "Acta Eruditorium". Dès lors, l'utilisation de pompes à pistons fut utilisé afin de transporter ou d'évacuer l'eau. De nos jours, les matériaux utilisés et la précision d'usinage permirent aux pompes d'évoluer vers de meilleurs rendements, de plus grands débits et de plus hautes pressions.

En Algérie, Le défi a été lancé pour le contrôle de la ressource en eau et sa préservation. Certes, de nouvelles infrastructures et des moyens ont été mis en œuvres pour permettre l'étude de cette ressource et son exploitation. POVAL, Entreprise de production des pompes et des vannes, présente un exemple vivant qui intervient dans deux domaines stratégiques pour l'Algérie qui sont les hydrocarbures et plus particulièrement l'eau. La diversité de la gamme de ses produits couvre plusieurs secteurs dont l'industrie et le bâtiment, l'agriculture et l'hydraulique.

Les pompes centrifuges de type **(40 NVA – 150 – 5)**, fabriquées par POVAL et prévues pour le refoulement des fluides non agressifs, vont être l'objet de notre étude sur le couplage des pompes pour l'augmentation de leurs performances.

L'objectif tracé de notre travail est de parvenir à la construction des courbes caractéristiques des deux pompes en sujet montées en série ($H=f(Q)$, $\eta=f(Q)$ et $P=f(Q)$) et pouvoir les comparer à celles données par le constructeur.

Nous avons prévus deux installations sur notre banc d'essai à savoir :

- ✓ Installation avec une seule pompe ;
- ✓ Installation avec deux pompes identiques montées en série.

Chapitre I :

Caractéristiques des pompes centrifuges

Introduction

La pompe est un appareil qui communique de l'énergie hydraulique à un fluide en vue de son déplacement d'un point à un autre.

Pour connaître les performances d'une pompe, on lui fait subir des tests sur des bancs d'essais, ces essais vont nous permettre de tracer les courbes caractéristiques des pompes.

I.1 Types de pompes

Il existe plusieurs types de pompes à savoir :

- **Les pompes centrifuges** : Ce sont des appareils qui utilisent la force centrifuge pour rejeter l'eau à la périphérie de la roue.
- **Les pompes à piston** : Ce sont des pompes à hautes performances. Elles peuvent fournir des débits importants à des pressions très élevées avec des rendements importants. Ces pompes sont relativement encombrantes, robustes et bruyantes.
- **Les pompes à palettes** : Ces pompes possèdent un limiteur de pression qui vient d'ajouter sa force à celle du ressort pour limiter la force de refoulement. C'est à dire que les pompes peuvent travailler à deux étages de pression.
- **Les pompes à engrenage** : Les pompes volumétriques à engrenage sont munies de deux roues dentées et utilisées pour les applications exigeant une grande pression d'huile et un débit faible. ^[1]

NB : Dans ce présent travail, on s'intéresse uniquement aux pompes centrifuges qui sont notre sujet d'étude.

I.2 Les pompes centrifuges

Dans ce type de pompe, une roue (rotor) munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression par réduction de vitesse dans un organe appelé collecteur.

Une pompe est constituée d'un dispositif hydraulique (corps hydraulique) et d'un moteur électrique qui fait tourner le rotor. Nous avons donc au sein d'une pompe deux transformations énergétiques :

- Transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique ;
- Transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

Afin d'avoir une pression de sortie très grande avec un encombrement moindre, on peut utiliser les pompes centrifuges multicellulaires dont la technologie consiste à monter une série de roues sur un même arbre. ^[1]

I .2.1 Classification des pompes centrifuges

On peut les classer de plusieurs manières, en tenant compte notamment :

✓ **Du nombre de roue :**

On distingue des machines monocellulaires et des machines multicellulaires.

Une turbomachine monocellulaire, comporte une seule cellule c'est à dire une seule roue dont certaines roues ont des aubages fixes comme mobile (cas d'une roue ouverte).

Dans certains cas; Il est nécessaire de disposer plusieurs cellules actives placées en série, les fluides parcourant successivement chacune d'elle, d'où l'appellation des machines multicellulaires.

✓ **De la forme des aubes de la roue :**

- **Pompes centrifuges radiales :** pour lesquelles les filets de courant d'eau sont contenus dans des plans perpendiculaires à l'axe de la pompe.

- **Pompes centrifuges axiale :** pour les quelle les filets de courant sont axiaux.

- **Pompes semi axiales:** (hélico-centrifuges) : Dont les filets sont situés sur des surfaces dont la méridienne est inclinée par rapport à l'axe de la pompe. C'est à dire semi-hélicoïdale (ni axiale, ni radiale).

✓ **De la direction de l'axe :**

On peut avoir plusieurs dispositions:

- **Pompes à axe horizontal :** conçues pour être disposée en surface, l'entretien et le démontage de ces pompes sont alors simplifiés.

- **Pompes à axe vertical :** ce sont des pompes immergées spécialement conçues pour l'équipement des puits profonds. Elles peuvent être commandées par un moteur placé en surface ou par un moteur immergé.

✓ **De la position de la pompe par rapport au niveau d'aspiration :**

Selon la position de l'axe de la pompe par rapport au plan d'aspiration, on distingue :

- Des installations des pompes à dépression (en aspiration) ;
- Des installations des pompes en charge ;
- Des installations des pompes type siphon. ^[1]

I .2.2 Principe de fonctionnement des pompes centrifuges

Le principe de fonctionnement est le suivant :

Etant donné une pompe pleine d'eau (amorcée), sous l'effet de la rotation de la turbine entraînée par le moteur, l'eau arrive dans la région axiale ou œillard est projetée à la périphérie et de ce fait engendre une dépression ce qui provoque un appel des tranches suivantes et par la suite, un écoulement continu de la veine liquide recueillie par la volute ou par le diffuseur pour être dirigée vers la conduite de refoulement.

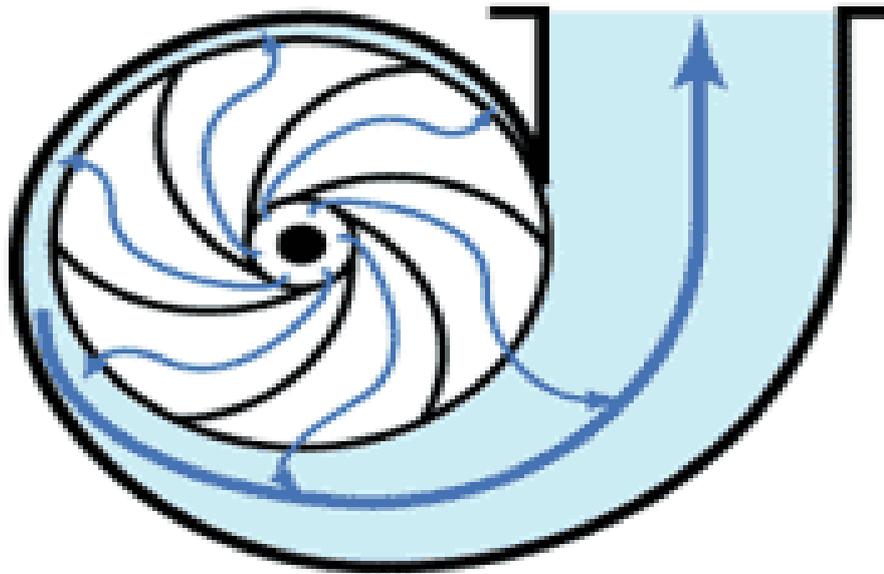


Figure I.1 : Coupe de la partie refoulement d'une pompe centrifuge.

I.2.3 Constitution d'une pompe centrifuge

Une pompe centrifuge est composée de :

- L'entrée raccordée à la tuyauterie d'aspiration et munie d'un distributeur qui conduit l'eau jusqu'à l'œillard de la roue.
- Une roue est l'organe principal dans les pompes centrifuges radiales ou semi-axiales comportant deux flasques reliés entre eux par l'intermédiaire d'un certain nombre d'aubes, pour les pompes axiales les flasques sont absents.
- Un diffuseur formé d'aubages fixes offrant à l'eau un passage à section croissante a pour but de réduire la vitesse absolue de l'eau à la sortie de la roue et orienter convenablement le courant d'eau.
- Une volute de section circulaire dont le but est de collecter tous les filets sortant de la périphérie du diffuseur ou de la roue (cas de diffuseur non existant) et de les ramener à une bride de sortie unique qui constitue le raccordement à la tuyauterie de refoulement. ^[1]

I.3 Caractéristiques des pompes

Les principales courbes qui caractérisent une pompe centrifuge et qui expriment ses performances sont : $H=f(Q)$, $\eta =f(Q)$ et $P=f(Q)$. Ces courbes sont données pour une vitesse de rotation connue.

Pour tracer ces courbes caractéristiques, il faut au minimum huit (8) points y compris le point de barbotage ($Q = 0$) et celui correspondant au débit maximal. Les paramètres qui caractérisent les pompes sont : ^[1]

✓ **Hmt (Hauteur manométrique total)**

La Hmt est l'énergie par unité de volume (J/m^3) fournie au fluide par la pompe qui s'exprime en m de fluide. A débit nul, la Hmt est maximale.

On rappelle l'expression de l'équation de Bernoulli généralisée :

$$\boxed{\frac{P_1}{\rho \cdot g} + Z_1 + \frac{1}{2 \cdot g} V_1^2 + Hmt = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + Z_2 + \frac{1}{2 \cdot g} V_2^2 + J_{1,2}} \quad \dots(1)$$

$$H = \frac{P_r - P_a}{\gamma} + \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} + Z, [m] \quad \dots (2)$$

✓ **Puissance absorbée (Puissance mécanique d'entrée):**

Elle s'exprime en Watt et donnée par la formule suivante :

$$\boxed{P_a = \omega \cdot T} \quad \dots\dots(3)$$

T : couple (N.m)

ω : vitesse de rotation du moteur (rad/s)

✓ **Puissance hydraulique (puissance utile)**

La puissance hydraulique est la puissance fournie au fluide par la pompe. Elle s'exprime en Watt (w).

$$Pu = \omega * Q * H \quad \dots\dots (4)$$

Q : débit (m^3/s) ;

H : Hauteur (m) ;

ω : Poids volumique de l'eau (N/m^3).

✓ Rendement global

Le rendement global permet de quantifier la transformation de l'énergie électrique en énergie hydraulique. Il s'exprime en %.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{9,81Q.H}{P_a} 100, (\%) \dots\dots (5)$$

P_a : puissance absorbée ; (w)

P_u : puissance utile (puissance hydraulique) ; (w)

I.4 Couplage de pompes en série

On utilise le couplage des pompes en série pour l'accroissement de la Hmt qui est la somme des hauteurs respectives des pompes montées. ^[2]

✓ Calcul de la Hmt

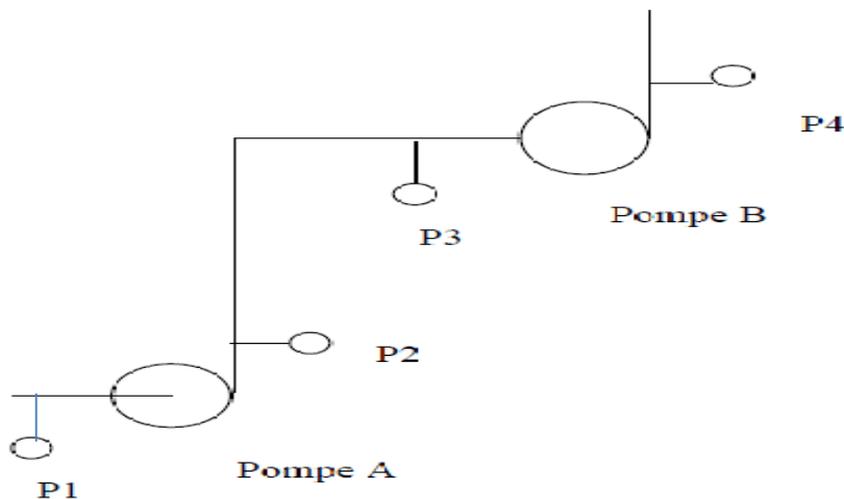


Figure I.2 : Couplage de pompes en série.

Pour la pompe A :

$$H1 = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z, [m] \dots\dots (a)$$

Pour la pompe B :

$$H2 = \frac{P_4 - P_3}{\gamma} + \frac{V_4^2 - V_3^2}{2g} + Z, [m] \dots\dots (b)$$

Appliquons l'équation de Bernoulli entre les points 4 et 1 :

$$H + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z = \frac{P_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g} + Z \dots\dots (6)$$

Pour les pompes A et B en série, on a :

$$H = H1 + H2 = \frac{P_4 - P_1}{\gamma} + \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} + Z, [m] \quad \dots(7)$$

✓ Calcul de la puissance hydraulique

$$Pu = \omega * Q * (H1 + H2)$$

✓ Calcul du rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

La puissance électrique du couplage est la somme des deux puissances électriques des pompes A et B.

Remarque : Le wattmètre calcule automatiquement la somme des puissances électriques absorbées quand les deux pompes sont en fonctionnement. ^[2]

I.4.1 Courbe de performance de deux pompes en série

Un tel couplage est utilisé pour l'accroissement de la hauteur manométrique: l'aspiration de la seconde pompe est reliée au refoulement de la première.

La courbe caractéristique $H=f(Q)$ de l'ensemble est obtenue en ajoutant les hauteurs (ordonnées) des courbes caractéristiques de chaque pompe.

Du point de vue pratique, il faut toutefois s'assurer que les pompes soient susceptibles de supporter les pressions auxquelles elles doivent être soumises. ^[2]

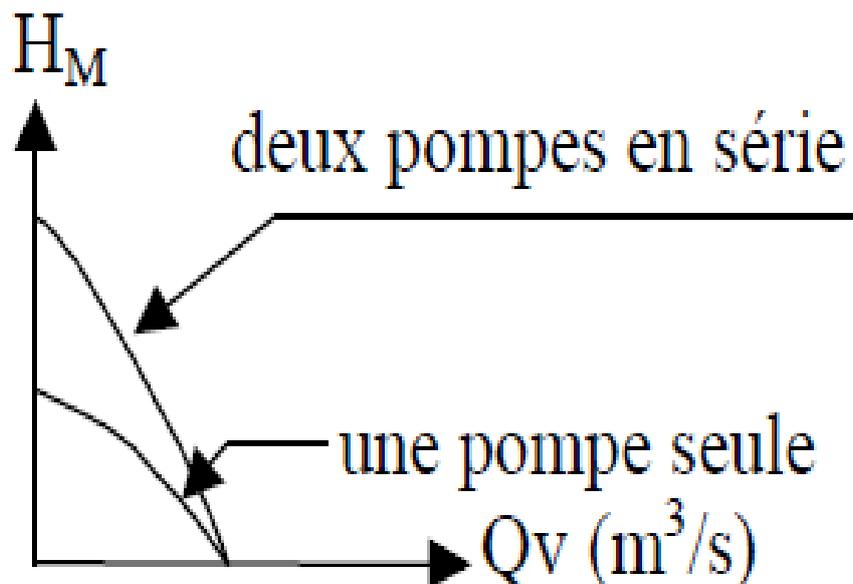


Figure I.3 : Courbe résultante $H=f(Q)$ de deux pompes identiques montées en série.

I.5 Modes de réglage du débit

C'est un procédé qu'on fait pour équilibrer le fonctionnement de la pompe selon la demande du réseau, on distingue plusieurs types de mode de réglage comme :

- **Réglage qualitatif** : Il consiste à varier la vitesse de rotation de la pompe si cela est possible (un moteur à vitesse variable), jusqu'à atteindre le débit demandé.
- **Réglage quantitatif (Vannage)** : C'est le changement direct du débit à l'aide du robinet vanne de refoulement.
- **Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement** : en augmentant les singularités (des diffuseurs ou bien des rétrécissements brusques, les coudes..) ou augmenter la longueur de la conduite...
- **Diminution des heures de pompage** : Si la pompe refoule dans un réservoir.
- **Changement de la pompe.** ^[1]

NB : Le réglage qualitatif et le réglage quantitatif sont les deux procédés les plus utilisés par les gestionnaires des stations de pompage.

Pour notre travail, le vannage va être adopté pour la manipulation.

I.6 Caractéristique du réseau et point de fonctionnement

Le réseau constitue l'ensemble des canalisations qui conduisent le fluide des bâches d'aspiration aux pompes puis des pompes vers les lieux d'utilisation.

Il est composé de tuyaux et des appareils de robinetterie ayant pour fonction de permettre:

- le sectionnement des différents tronçons ;
- la protection des conduites et appareils ;
- l'équipement des réservoirs et des pompes.

L'étude du réseau doit permettre la détermination de sa caractéristique. Cette étude est basée sur celle des pertes de charge et caractéristiques principales du réseau et représentée par une courbe de pertes de charge totales en fonction du débit du fluide.

Les règles de détermination du réseau complexes s'énoncent ainsi:

- ✓ Pour deux tronçons de tuyauterie joints bout à bout, on dit qu'ils sont en série et leurs Hauteurs géométriques additionnées des pertes de charge respectives s'additionnent.
- ✓ Pour deux tronçons dont leurs points d'entrée respectifs du fluide sont confondus, on dit qu'ils sont en parallèle et leurs débits s'additionnent pour une même hauteur géométrique additionnée des pertes de charge.

Une fois la caractéristique du réseau trouvée, le point de fonctionnement-caractérisé par un débit et une hauteur manométrique totale-est donnée par l'intersection avec la courbe de performance de la pompe ou du montage de pompes (série ou parallèle). ^[3]

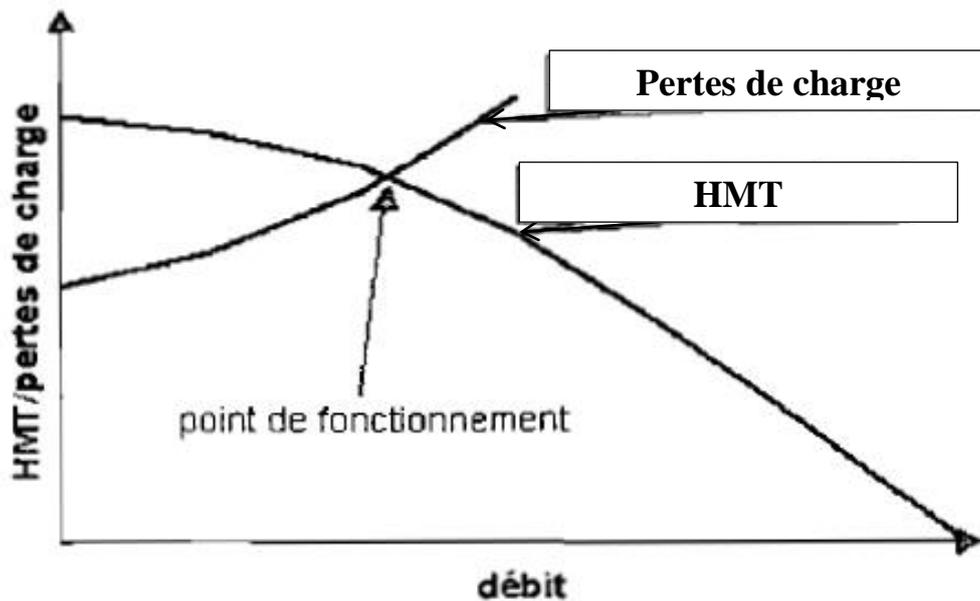


Figure I.4 : Point de fonctionnement.

I.7 Exemple réel du couplage de pompes identiques (groupe électropompes)

I.7.1 Stage pratique au sein de l'unité de production et de transfert des eaux « TILES DIT » W.Bouira :

L'unité de production et de transfert des eaux du barrage « Tilesdit » fut inaugurée le 27/07/2008 par le président de la république et qui assure de l'eau potable pour 12 communes de la wilaya de Bouira.

Le réseau de transfert des eaux provenant de la station de traitement s'étend sur un très large rayon allant jusqu'à la commune de « Bordj Akhris » au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Bouira. Une extension va avoir lieu à proximité de la station actuelle et qui va assurer de l'eau potable jusqu'à Chorfa à l'extrémité Est de Bouira allant à Mansoura « Bordj Bouariridj ».

La station de traitement des eaux est dotée d'un réservoir d'eau traitée d'une capacité de 13000 m³ avec une production de 989 l/s environs 71208 m³/j, où une station de pompage juste à l'amont du réservoir d'eau traitée « SP1 » fait l'adduction par l'intermédiaire d'un groupe électropompes jusqu'à la région de « Matmoura » commune El-Asnam vers deux réservoirs de capacité 2*2500 m³.^[4]



Figure I.5 : Point de départ et d'arrivée de l'adduction de la « SP1 ».

I.7.2 Transfert des eaux :

➤ Station de pompage N01 (SP1) :

- Site : Tilesdit.
- Destination de pompage : Matmoura (El Esnam).
- Nombre de groupe électropompe : 3+1 secours
- Caractéristiques du groupe électropompes : $Q=1200 \text{ m}^3/\text{h}$
 $HMT=230\text{m}$
- Population desservie par habitant : L'ensemble.

Actuellement la station de pompage est en marche avec deux groupes :

- Groupe n°2 : fissuration du corps de la pompe (signalé comme réserve de projet).
- Groupe n°4 : fuite d'huile à travers les garnitures mécaniques des paliers (signalé comme réserve de projet).



Figure I.6 : Groupe électropompes de la « SP1 ».

La chaîne du transfert des eaux se déroulera par l'intermédiaire de multiples adductions qui vont acheminer les eaux vers divers réservoirs avant que la population sera desservie. ^[4]

Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu étudier les principales caractéristiques des pompes centrifuges (HMT, P_a , P_u et η) et leurs formules respectives pour les calculer. Nous, on s'intéresse beaucoup plus sur le couplage des pompes en série utilisé pour l'accroissement de la hauteur manométrique qui sera notre objet d'étude.

Chapitre II :

Description des pompes de

ROYAL (40 NYA - 150 - 5)

Introduction

POVAL, Entreprise de production des pompes et des vannes, intervient dans deux domaines stratégiques pour l'Algérie qui sont les hydrocarbures et plus particulièrement l'eau. Elle intervient au niveau de la distribution de l'eau avec des produits fabriqués par l'entreprise comme les pompes et les composants de canalisations (vannes et accessoires).

Bien que la diversité de la gamme de ses produits couvre plusieurs secteurs dont l'industrie et le bâtiment, l'agriculture et l'hydraulique sont de loin dominants (+de 80%) dans son activité. ^[5]

II .1 Gamme de production de POVAL

Depuis plus de 50 ans, le métier de POVAL réside en la recherche, la production et la commercialisation de matériels hydrauliques avec leurs composants et leurs accessoires.

A travers leur gamme de produits très variée, principalement fabriquée sous licences d'origine européennes, ils répondent à l'essentiel des besoins des trois grands secteurs qui sont l'agriculture, l'hydraulique et les hydrocarbures.

A l'heure actuelle ils réalisent :

- Des pompes horizontales, verticales et immergées.
- Des groupes électropompes et motopompes.
- Des vannes et pompes hydrocarbures.
- Un matériel de lutte contre l'incendie.
- Des accessoires de conduites.
- Matériel de voirie.

La qualité de leurs produits et de leurs prestations font aujourd'hui de POVAL, l'un des leaders maghrébins dans son domaine. ^[5]

II .2 Les pompes (40 NVA – 150 – 5)

II .2.1 APPLICATION

Les Pompes N.V.A sont prévues pour le refoulement des fluides non agressifs ayant les caractéristiques suivantes:

- Température maximale de 80°
- Des additions mécaniques d'une teneur de 2% et une granulométrie de 0,5 mm.

Elles sont généralement utilisées pour:

- l'agriculture
- l'adduction d'eau
- La distribution d'eau potable et industrielle,
- le Réseau Incendie. ^[5]

II .2.2 CONSTRUCTION

La N.V.A. est composée de:

- Un corps de pompe en fonte avec tubulaire à bride placé en position radiale et possibilité sur demande d'une orientation horizontale ;
- Une roue en fonte de type fermé, équilibrée dynamiquement avec des anneaux d'étanchéité interchangeable pour la compensation des forces axiales ;
- Un palier à roulement à billes avec réserve de graisse ;
- L'étanchéité est assurée par une garniture à tresse. ^[5]

II .2.3 AVANTAGES

- Se distinguent par leur conception moderne, simple et légère ;
- Maintenance aisée ;
- Sur demande, peuvent être montées sur des socles mécano-soudé, ou sur des socles moulés permettant une bonne absorption des vibrations ou bien sur chariot. ^[5]

II .2.4 Caractéristiques électriques

Moteur triphasé asynchrone

Type : B3

Protection : IP 44

Classe d'isolation : F

Puissance : de 2.2 kw à 110 kw

Vitesse : 1450 ou 2900 tr/mn

Raccordement selon la norme NFE 29282 PN 10

Désignation : Pompe monocellulaire horizontale ^[5]

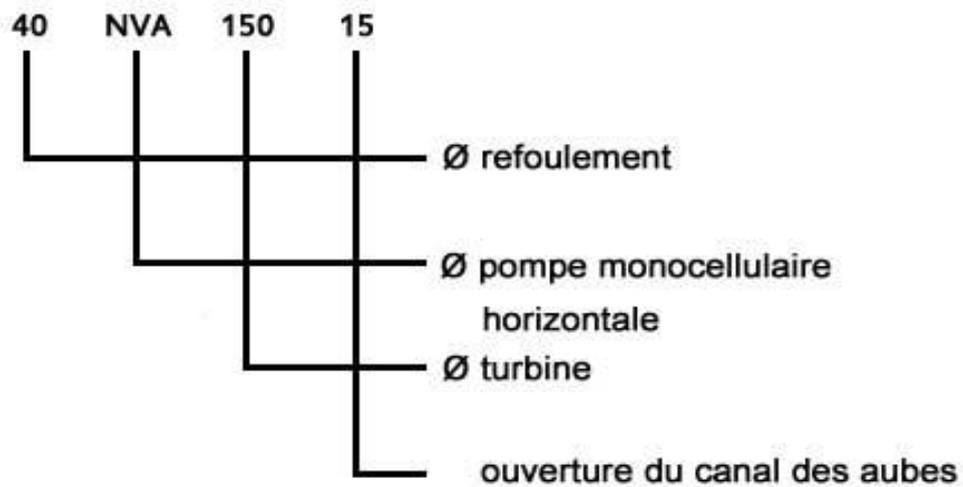


Figure II.1 : Signification de la nomination de la pompe (40 NVA – 150 – 5). ^[5]

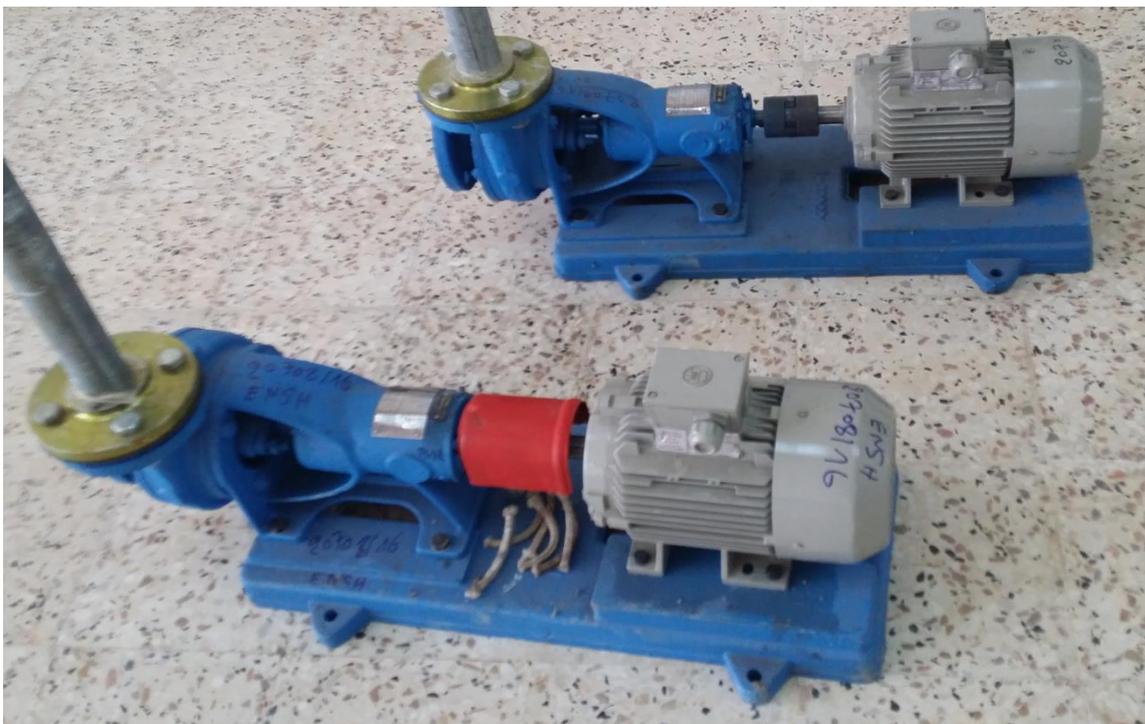
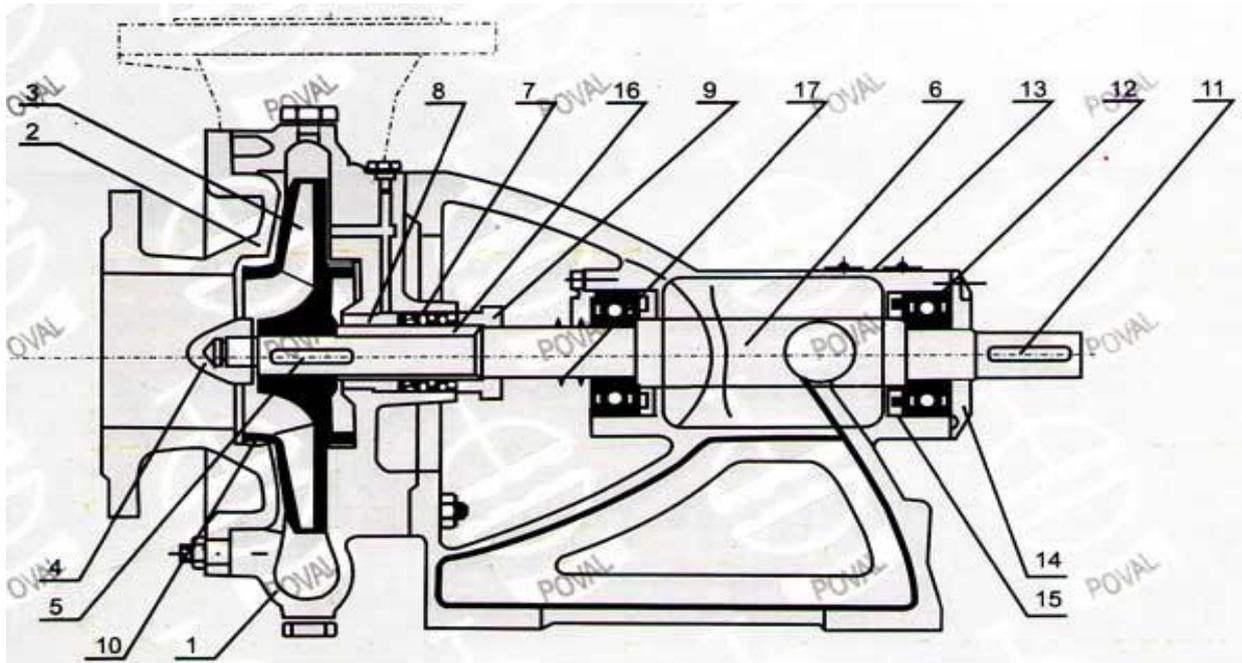


Figure II.2 : Pompes (40 NVA – 150 – 5).



1 - Corps de pompe	10- Bague d'étanchéité
2 - Couvercle d'aspiration	11- Clavette d'accouplement
3 - Roue centrifuge	12- Roulement à billes
4 - Ecrou de roue centrifuge	13- Corps du chevalet
5 - Clavette de roue centrifuge	14- Couvercle de palier
6 - Arbre	15- Tôle de recouvrement
7 - Garniture de presse-étoupe	16- Douille de protection
8 - Douille	17- Racleur
9 - Couvercle de presse-étoupe	

Figure II.3 : Coupe verticale de la pompe (40 NVA – 150 – 5).^[5]

Tableau II.1 : Caractéristiques de la pompe (40 NVA – 150 – 5).

Type	P _{mot} KW	Q m ³ /h	H m	NPSH m	N Min ⁻¹	Da/P Mm/bar	Dr/P Mm/bar	Poids Kg	η %
40 NVA	2.2	18	23.5	2.7	2900	50/10	40/10	23.1	61

Source : Catalogue des pompes POVAL (40 NVA – 150 – 5).

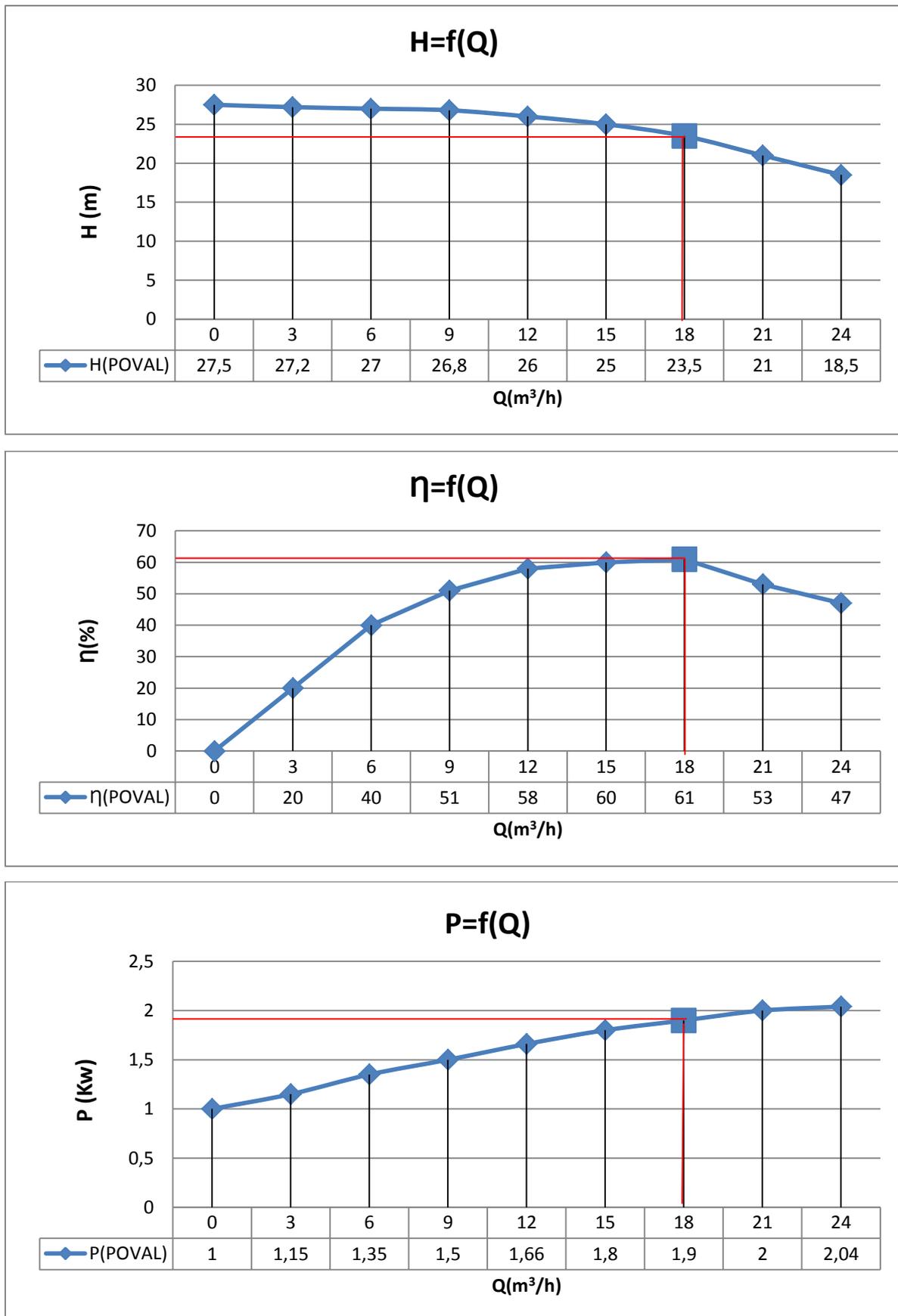


Figure II.4 : Courbes caractéristiques de la pompe (40 NVA – 150 – 5) fournies par le constructeur.

II .3 Interprétation des courbes caractéristiques de la pompe (40 NVA – 150 – 5) données par POVAL

D'après l'annexe (2), La plage de bon fonctionnement de la pompe (40 NVA – 150 – 5) avec un rendement optimal est de :

- $\eta = 61\%$;
- $H = 23.5\text{m}$;
- $Q = 18\text{m}^3/\text{h}$;
- $P = 1.9\text{Kw}$.

✓ Vérification analytique :

$$\eta_p = \frac{P_u}{P_a} = \frac{9,81Q.H}{P_a} 100 = 60.67\%$$

✓ Calcul de l'erreur :

$$E(\eta_p) = \frac{\eta_{graph} - \eta_{théo}}{\eta_{graph}} = \frac{61 - 60.67}{61}$$

$$E(\eta_p) = 0.5\% < 5\% \dots\dots \text{Valeur admissible vérifiée}$$

Conclusion

Dans ce présent chapitre, nous avons pu avoir une vision approfondie des pompes en sujet (40 NVA – 150 – 5) à savoir :

- Les caractéristiques électriques ;
- Les paramètres hydrauliques ;
- Les courbes caractéristiques fournis par le constructeur.

Ces données vont nous guider vers une bonne installation de notre banc d'essai, ainsi pour avoir de bons résultats expérimentaux.

Chapter III

Construction of the

algorithm

Introduction

Pour cette partie, on a prévu la réalisation d'un banc d'essai au niveau de la bêche d'eau à proximité du laboratoire de pompage de l'ENSH avec l'ensemble des outils et appareils nécessaires pour notre installation.

III .1 But de l'expérimentation

Notre travail consiste à la construction des courbes caractéristiques des deux pompes en sujet (40 NVA – 150 – 5) montées en série à savoir :

- $H=f(Q)$;
- $\eta=f(Q)$;
- $P=f(Q)$.

NB : La construction des courbes caractéristiques sera faite à partir des lectures des appareils montés sur l'installation (figure III.3).

III .2 Installation du banc d'essai

Le banc d'essai consiste en un circuit fermé (l'aspiration et le refoulement se font dans la même bêche d'eau d'une capacité de 15m^3) composé des appareillages suivants :

- Deux pompes identiques type (40 NVA – 150 – 5) ;
- Un débitmètre volumétrique (compteur) pour la mesure du débit ;
- Un vacuomètre pour la mesure de la pression d'aspiration ;
- Un manomètre pour la mesure de la pression de refoulement ;
- Deux wattmètres pour la mesure de la puissance absorbée des pompes.

Pour avoir une bonne installation en marche, on a utilisé différents accessoires à savoir :

- Clapet de pied crépine D50mm ;
- Conduite galvanisée D50mm pour l'aspiration ;
- Conduite galvanisée D40mm pour le refoulement ;
- Coudes 90° de différents diamètres D50mm et D40mm ;
- Deux vannes d'arrêt D50mm et D40mm ;
- Câbles électriques.

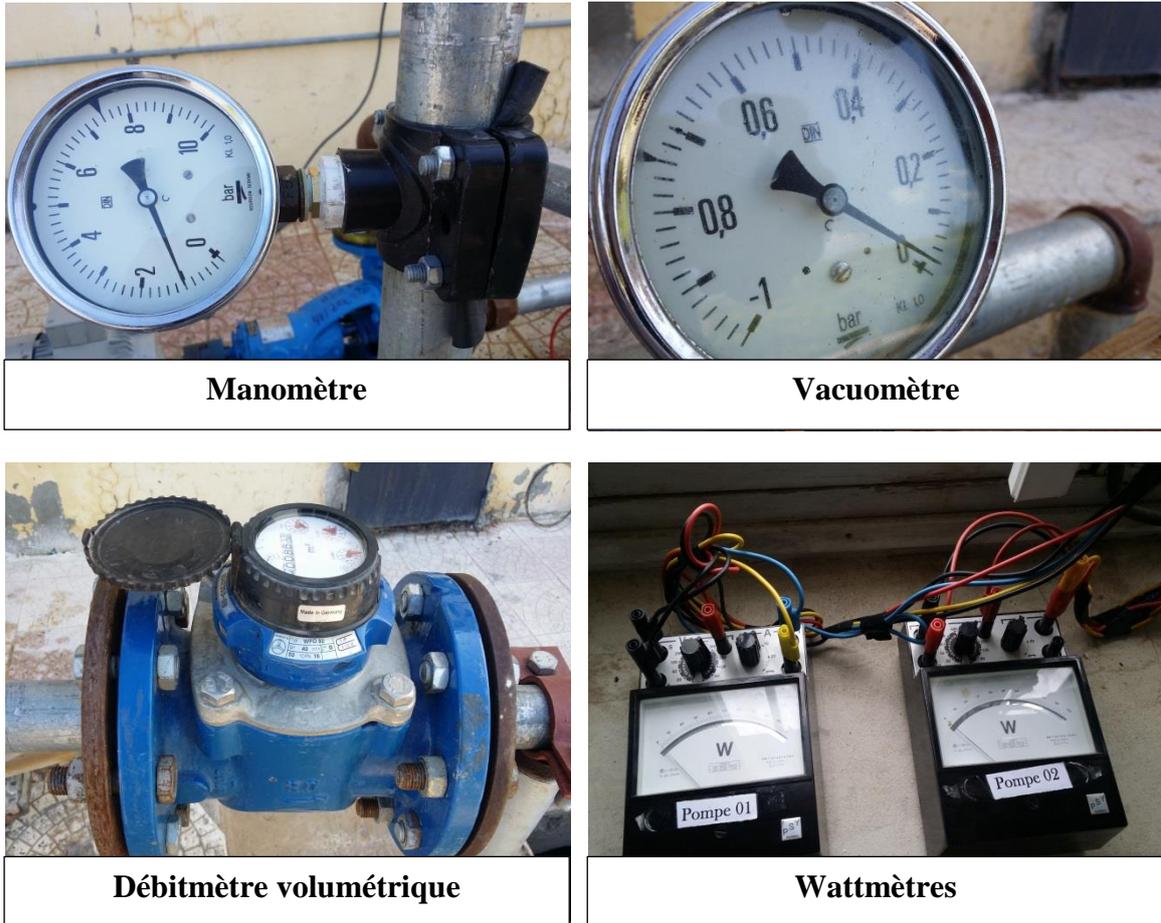


Figure III.1 : Différents appareillages du banc d'essai.

III .3 Manipulation

Notre manipulation va se porter sur deux étapes à savoir :

- Mise en marche de l'installation avec une seule pompe ;
- Mise en marche de l'installation avec les deux pompes identiques montées en série.

Et pour ce faire, nous avons procédé aux étapes qui suivent :

- Vérifier que l'armoire électrique va assurer la mise en marche des pompes en sujet et que les câbles électriques sont bien placés pour avoir les lectures du Wattmètre ;
- Vérifier la fiabilité des lectures sur les différents appareils de mesures ;
- Vérifier l'ouverture des deux vannes d'aspiration et de refoulement avant la mise en marche des pompes ;
- Faire l'amorçage des deux pompes en sujet ;
- Mise en marche des pompes ;

NB : La lecture sur les différents appareils de mesure va se faire selon la variation de l'ouverture de la vanne d'aspiration sur onze (11) points de la fermeture complète jusqu'à l'ouverture maximale avec un laps de temps de 30 secondes entre chaque point.



Figure III.2 : Installation du banc d'essai avec une seule pompe.



Figure III.3 : Installation du banc d'essai avec les deux pompes identiques montées en série.

III .4 Conception de l'armoire électrique

Principe de démarrage : démarrage direct étoile *.

Matériel utilisé :

- Un sectionneur porte fusible de type AM (accompagnement moteur) 6A : pour la protection contre le court-circuit ;
- Un contacteur D09 ;
- Un relais thermique : pour protéger les pompes contre les surcharges faibles et prolongées ;
- Bouton poussoir arrêt avec lampe de signalisation ;
- Bouton poussoir marche avec lampe de signalisation ;
- Bornes pour connexion ;



Figure III.4 : Montage de l'armoire électrique.



Figure III.5 : Armoire électrique.

III .5 Formules employées pour la détermination des performances des pompes

Hauteur manométrique totale

$$H = \frac{P_r - P_a}{\omega} + \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} + Z$$

$$\frac{P_r}{\omega} = \frac{P_{at}}{\omega} + \frac{P_{man}}{\omega}$$

$$\frac{P_a}{\omega} = \frac{P_{at}}{\omega} - \frac{P_{vac}}{\omega}$$

Avec :

$\frac{P_a}{\omega}$: Pression d'aspiration ;

$\frac{P_r}{\omega}$: Pression de refoulement ;

Z : distance entre la prise du vacuomètre et celle du manomètre = 25cm ;

V_r : vitesse de refoulement (m/s) ;

V_a : Vitesse d'aspiration (m/s) ;

On aura :

$$H = \frac{P_{man} + P_{vac}}{\rho g} + \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} + Z$$

Avec :

H : hauteur manométrique (m) ;

P : masse volumique de l'eau = 1000 kg/m³ ;

g : accélération de la pesanteur = 9.81 m/s² ;

P_{man} : pression de refoulement donnée par le manomètre (bar) ;

P_{vac} : pression d'aspiration donnée par le vacuomètre (bar) ;

Z : dénivellation entre les deux prises d'appareils de mesures (manomètre et vacuomètre) ;

Z = 0 : si les deux prises sont dans le même axe ;

Dans notre cas, Z = 0.25m.

Puissance absorbée

La puissance absorbée est donnée par l'expression suivante :

$$P_{abs} = \frac{\sqrt{3}}{1000} * U * I * \cos\varphi$$

Avec :

P_{abs} : puissance absorbée (Kw) ;

U : tension aux bornes du moteur (V) ;

I : Intensité du courant délivré au moteur (A) ;

$\cos \varphi$: Facteur de puissance.

NB : La lecture du Wattmètre va nous donner directement la valeur de la puissance absorbée.

Puissance utile

Elle est donnée par la formule suivante :

$$P_u = \omega * Q * H$$

Avec :

Q : débit (m^3/s) ;

H : Hauteur (m) ;

ω : Poids volumique de l'eau (N/m^3).

Rendement

Il est donné par l'expression suivante :

$$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} * 100$$

Avec :

η : rendement en pourcentage (%);

P_u : puissance utile (Kw);

P_{abs} : puissance absorbée (Kw).

III .6 Calcul des paramètres des pompes et interprétation des résultats**➤ Calcul des paramètres des pompes des deux installations**

Après avoir effectué les différents essais des deux installations que ce soit pour une seule pompe ou bien pour les deux pompes identiques montées en série, on a pu déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de construire les courbes caractéristiques.

Les différents paramètres calculés sont les suivants :

- V (m^3) : volume d'eau refoulé. ;
- T (s) : le temps pris entre les points de mesure ;
- Q (m^3/s) : Le débit des pompes ;
- V_{ref} (m/s) : la vitesse de refoulement ;
- V_{asp} (m/s) : la vitesse d'aspiration ;
- P_{man} (bar) : la lecture du manomètre ;
- P_{vac} (bar) : la lecture du vacuomètre ;
- H_{mt} (m) : la hauteur manométrique totale des pompes ;
- P_u (Kw) : la puissance utile des pompes ;
- P_{abs} (Kw) : la puissance absorbée par les pompes ;
- η (%) : le rendement des pompes.

NB : Les résultats de calcul des différents paramètres pour les deux installations sont résumés dans les tableaux qui suivent.

Tableau III.1 : Résultats obtenus des différents paramètres de l'installation avec une seule pompe.

Pts	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V (m ³)	0	0.02	0.07	0.13	0.15	0.17	0.18	0.21	0.23	0.24	0.25
T(s)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Q (m ³ /s)	0	0.0007	0.0023	0.0044	0.005	0.0057	0.0062	0.007	0.0076	0.008	0.0083
V ref (m/s)	0	0.56	1.83	3.50	3.98	4.53	4.93	5.57	6.04	6.36	6.6
V asp (m/s)	0	0.36	1.17	2.24	2.55	2.90	3.16	3.57	3.87	4.07	4.23
P man (bar)	2.35	2.32	2.11	1.94	1.72	1.35	1.16	0.92	0.76	0.53	0.15
P vac (bar)	0.14	0.16	0.20	0.22	0.26	0.29	0.31	0.38	0.41	0.44	0.45
Hmt (m)	25.6	25.54	23.90	22.64	20.91	17.59	15.97	14.43	13.27	11.35	7.68
Pu (Kw)	0.00	0.175	0.54	0.98	1.03	0.98	0.98	0.98	0.98	0.89	0.63
Pabs (Kw)	1.17	1.38	1.71	1.86	2.05	2.16	2.23	2.27	2.29	2.35	2.37
η (%)	0.00	12.68	31.58	52.69	50.24	45.37	43.95	43.17	42.17	37.87	26.58

Tableau III.2 : Résultats obtenus des différents paramètres de l'installation avec les deux pompes identiques montées en série.

Pts	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V (m ³)	0	0.09	0.129	0.158	0.19	0.21	0.235	0.247	0.256	0.262	0.27
T (s)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Q (m ³ /s)	0	0.003	0.0043	0.0053	0.0063	0.007	0.0078	0.0082	0.0085	0.0087	0.009
V ref (m/s)	0	2.38	3.42	4.21	5.00	5.55	6.2	6.52	6.75	6.91	7.15
V asp (m/s)	0	1.52	2.18	2.69	3.21	3.56	3.97	4.17	4.33	4.43	4.58
P man (bar)	5.05	4.52	4.04	3.52	3.08	2.54	2.07	1.51	1.01	0.53	0.13
P vac (bar)	0.13	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44	0.46	0.47
Hmt (m)	53.05	48.13	43.83	39.11	35.25	30.33	26.18	21	16.4	11.78	7.90
Pu (Kw)	0	1.42	1.85	2.03	2.18	2.08	2	1.69	1.37	1	0.7
Pabs (Kw)	2.52	3.24	3.60	3.90	4.32	4.37	4.44	4.50	4.56	4.61	4.68
η (%)	0	43.83	51.39	52.05	50.46	47.62	45.05	37.56	30.04	21.70	14.96

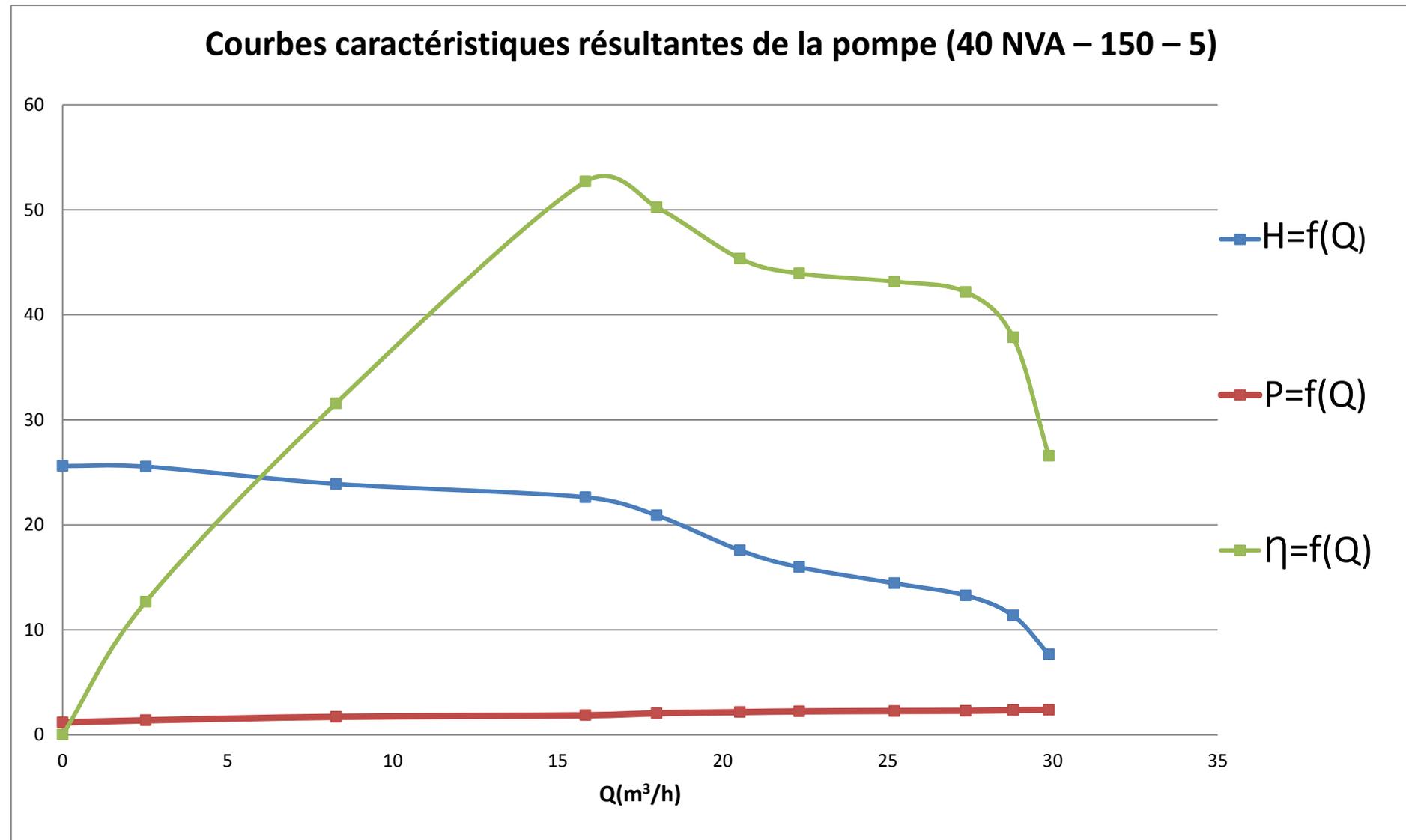


Figure III.6 : Courbes caractéristiques résultantes de la pompe (40 NVA – 150 – 5).

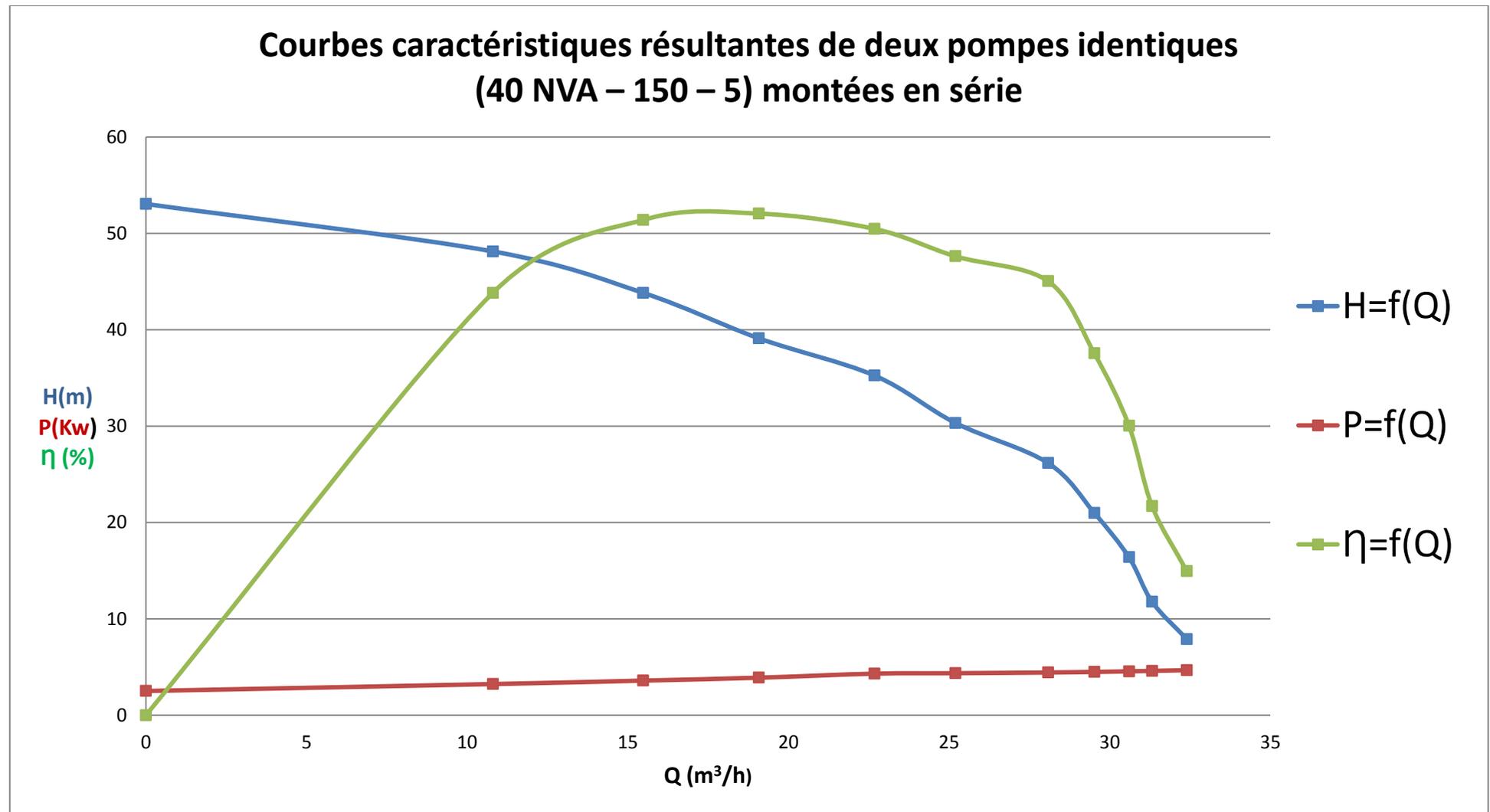


Figure III.7 : Courbes caractéristiques résultantes de deux pompes identiques (40 NVA – 150 – 5) montées en série.

➤ **Interprétation des résultats obtenus**

D'après les paramètres des pompes calculés (Tableau III.1 et Tableau III.2) et les courbes résultantes (Figure III.6 et Figure III.7), on remarque :

• **Installation n°1 (avec une seule pompe) :**

- La HMT atteint une valeur maximale de 25.6 m ;
- La courbe du rendement atteint une valeur maximale de 53% avec une certaine déformation à partir du point (6), ce qui se traduit par une erreur de mesure du débit ;
- Les allures des courbes résultantes sont acceptables.

• **Installation n°2 (avec les deux pompes identiques montées en série) :**

- Un accroissement de la HMT qui atteint une valeur maximale de 53 m ;
- Un rendement maximal de 52% ;
- Les allures des courbes résultantes sont très satisfaisantes.

III .7 Analyse graphique des résultats obtenus

NB : Nous allons tracer les différentes courbes caractéristiques obtenues expérimentalement (Annexe 3 et 4) avec celles du constructeur. On prend des valeurs de débits allant de (0-24 m³/h) avec un intervalle de 3m³/h comme mentionné dans l'annexe 2.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Installation n°1 (Banc d'essai avec une seule pompe) :

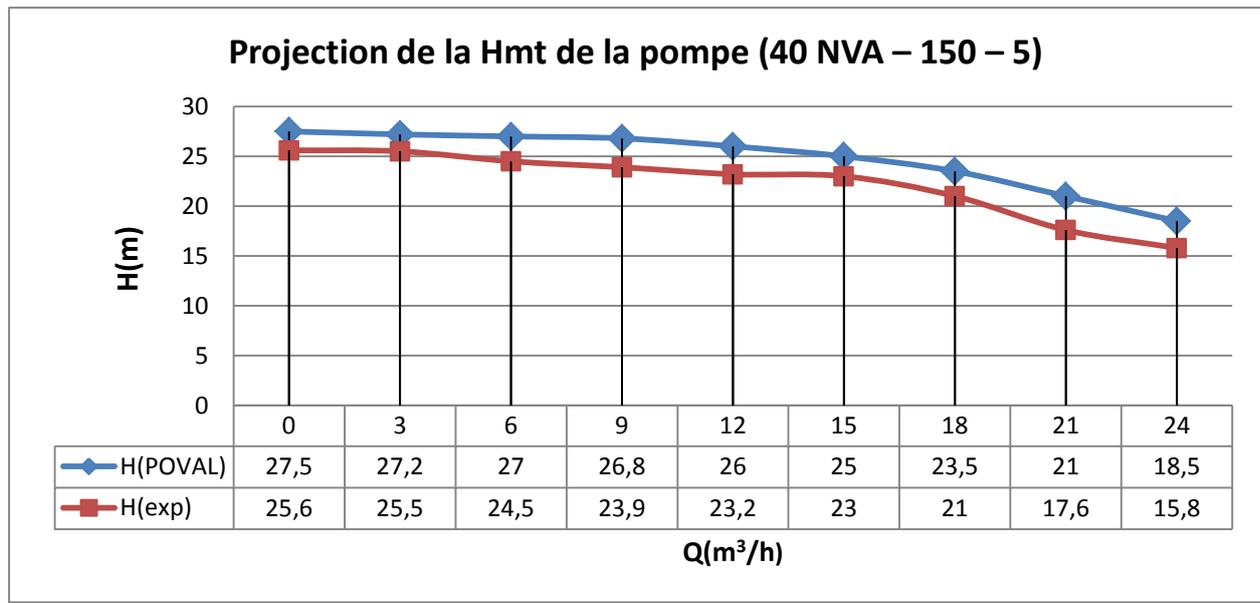


Figure III.8 : Superposition de la courbe $H=f(Q)$ de POVAL et expérimentale de la pompe en sujet.

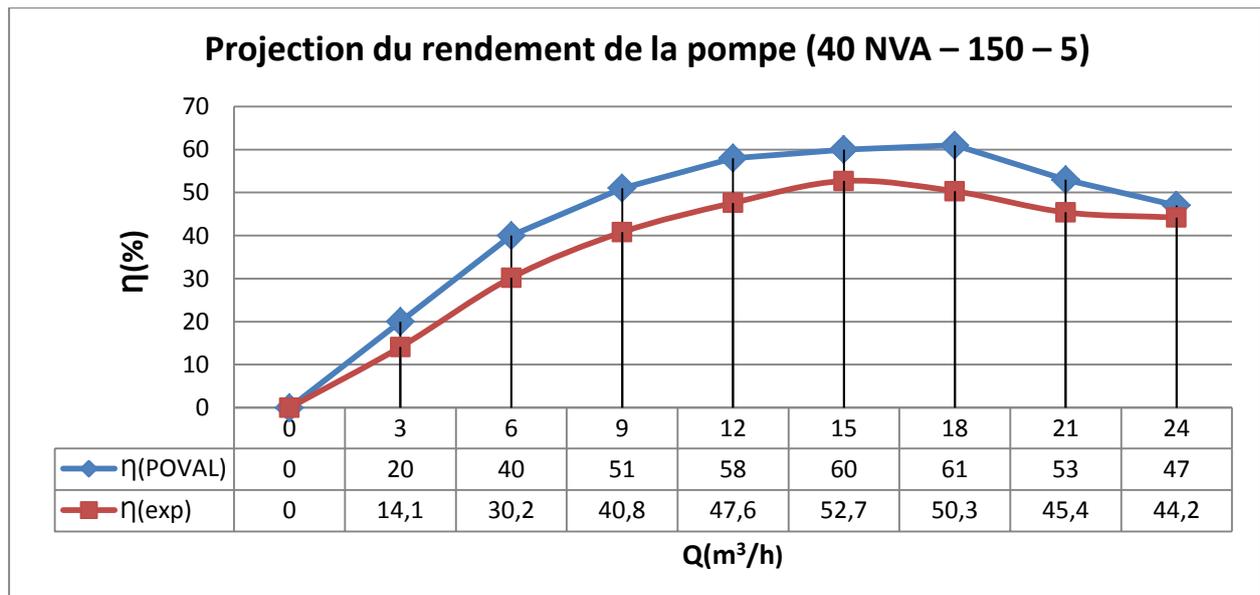


Figure III.9 : Superposition de la courbe $\eta=f(Q)$ de POVAL et expérimentale de la pompe en sujet.

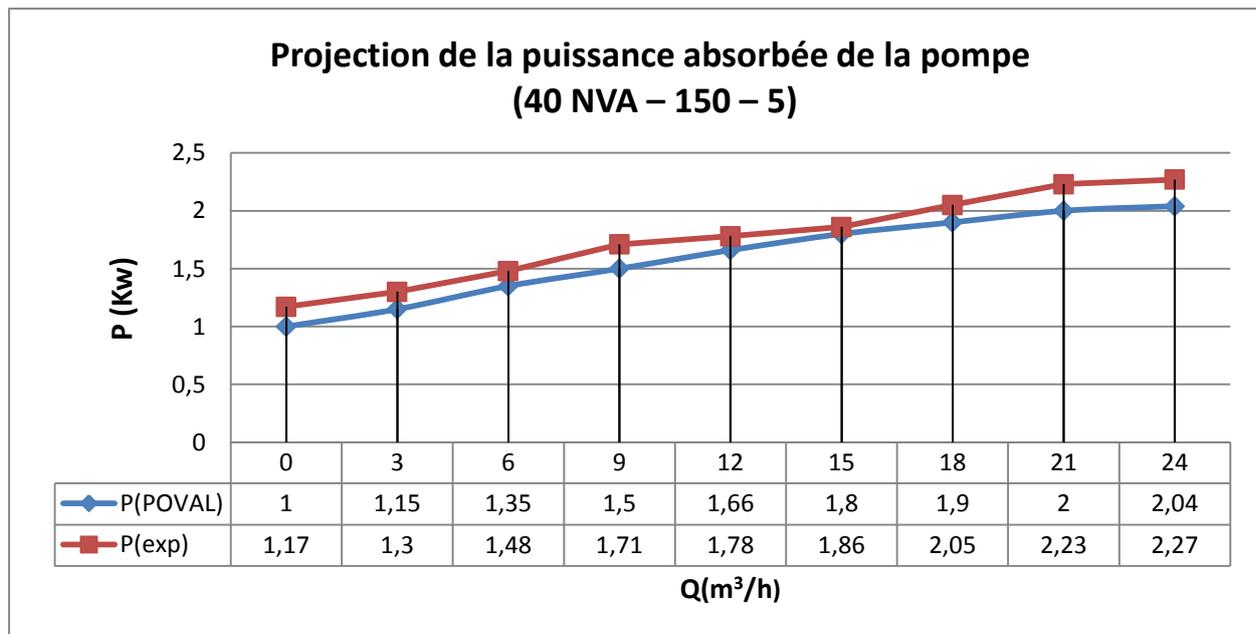


Figure III.10 : Superposition de la courbe $P=f(Q)$ de POVAL et expérimentale de la pompe en sujet.

Analyse des graphes obtenus :

- **$H = f(Q)$** : La courbe obtenue prend une allure pratiquement similaire à celle du constructeur avec des valeurs légèrement basses par rapport à celles du constructeur d'une moyenne de 2 à 3m (Figure III.8).
- **$\eta = f(Q)$** : l'allure de la courbe est visiblement similaire à celle du constructeur, mais les valeurs obtenues sont pratiquement basses de 6 à 10% (Figure III.9).
- **$P = f(Q)$** : Les courbes sont pratiquement superposées l'une à l'autre avec des valeurs obtenues légèrement élevées à celles du constructeur de 0.06 à 0.25 KW (Figure III.10).

- Installation n°2 (Banc d'essai avec les deux pompes identiques montées en série) :

NB : Dans cette partie :

- Le rendement obtenu des deux pompes identiques montées en série ne sera pas pris en considération lors de cette analyse car le rendement est un paramètre qui caractérise la pompe elle-même et non pas le couplage.
- La puissance électrique du couplage obtenue est la somme des deux puissances électriques des deux pompes.

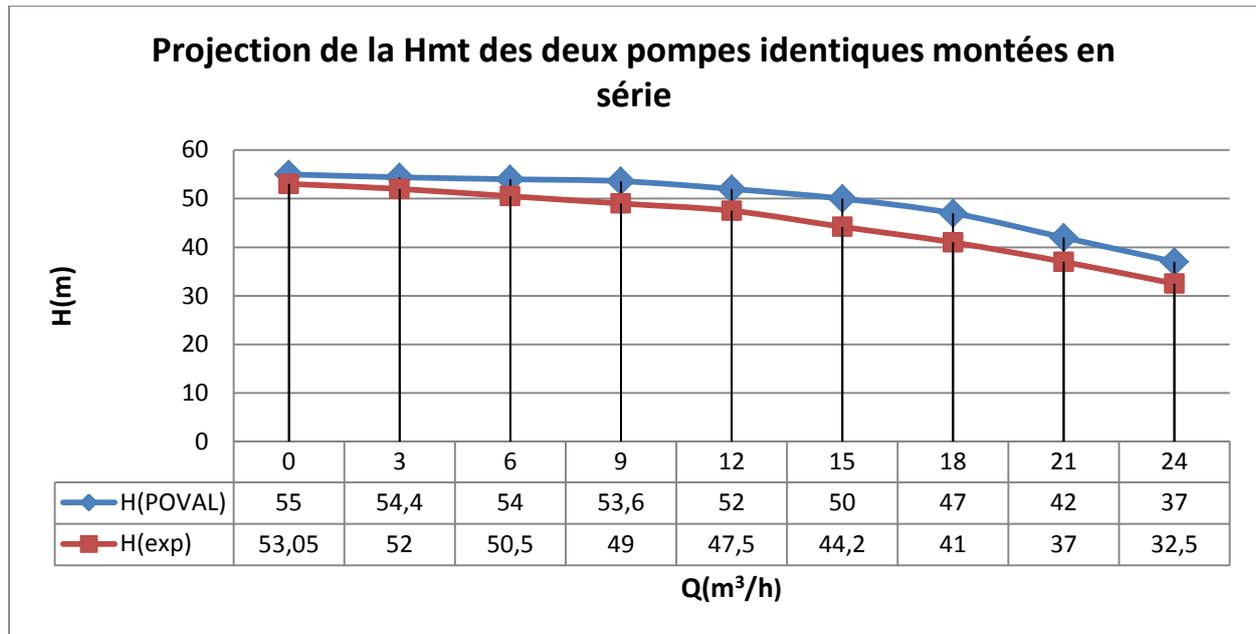


Figure III.11 : Superposition de la courbe $H=f(Q)$ de POVAL et expérimentale des deux pompes identiques montées en série.

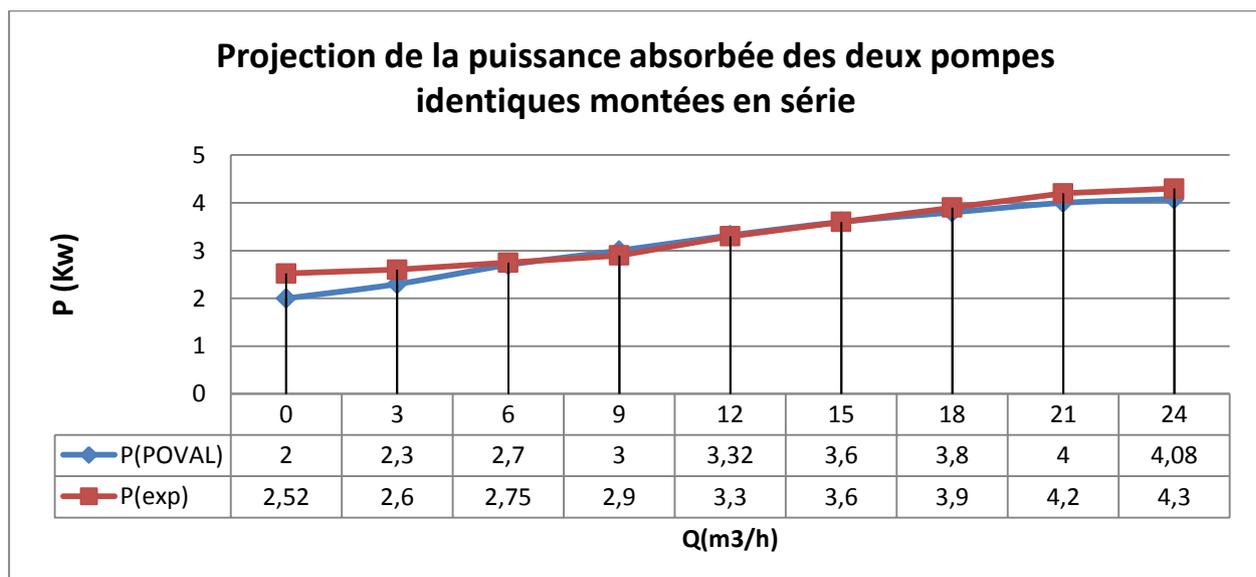


Figure III.12 : Superposition de la courbe $P=f(Q)$ de POVAL et expérimentale des deux pompes identiques montées en série.

Analyse des graphes obtenus :

- **H=f(Q)** : L'allure de la courbe résultante obtenue des deux pompes identiques montées en série est pratiquement similaire le long des points mesurés par rapport à celle du constructeur. Les valeurs des points mesurées sont légèrement basses à celles du constructeur d'une moyenne de 2 à 6m (Figure III.11).
- **P=f(Q)** : L'allure de la courbe résultante obtenue du couplage des deux pompes identiques en série est pratiquement superposable avec celle du constructeur sur la majorité des points (Figure III.12).

III .8 Calcul de l'erreur systématique relative

$$E_{\text{Sys}} = [(|Valeur réelle - valeur théorique |)/valeur réelle] \times 100 ;(\%)$$

La valeur théorique est une valeur calculée ou une valeur obtenue grâce à des estimations alors que la valeur réelle est la valeur mesurée ou réellement observée. D'après cette formule, on voit qu'il est donc simplement nécessaire de diviser la valeur absolue de la différence entre valeur théorique et valeur réelle par la valeur réelle puis de multiplier le résultat par 100.

- **Installation n°1 (Banc d'essai avec une seule pompe) :**

Tableau III.3 : Calcul de l'erreur systématique relative pour l'installation à une seule pompe.

Pnt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q(m3/h)	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Hthéo m	27.5	27.2	27	26.8	26	25	23.5	21	18.5
Hexp m	25.6	25.5	24.5	23.9	23.2	23	21	17.6	15.8
Esys(Hmt) %	7.40	6.67	10.20	12.13	12.07	8.70	11.90	19.30	17.09
η théo %	0	15	37	48	52.8	60.5	61	53	48
η exp %	0	14.1	30.2	40.8	47.6	52.7	50.3	45.4	44.2
Esys (η) %	0	6.38	22.50	17.60	10.90	14.80	21.30	16.70	8.60
P théo Kw	1	1.15	1.35	1.5	1.66	1.8	1.9	2	2.04
Pexp Kw	1.17	1.3	1.48	1.71	1.78	1.86	2.05	2.23	2.27
Esys (P) %	14.50	11.50	8.78	12.30	6.74	3.23	7.30	10.30	8.37

Analyse des résultats obtenus :

- **Esys (Hmt)** : L'erreur calculée est de (7 à 17%) > 5%. Elle n'est pas admissible du point de vue théorique.
- **Esys (Q)** : Elle est de (6 à 22%) > 5%. Elle n'est pas admissible.
- **Esys (P)** : Elle est de (3 à 14%) > 5%. Elle n'est pas admissible sur la majorité des points.

- **Installation n°2 (Banc d'essai avec les deux pompes identiques montées en série) :**

Tableau III.4 : Calcul de l'erreur systématique relative pour l'installation à deux pompes identiques montées en série.

Pnt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q (m ³ /h)	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Hthéo (m)	55	54.4	54	53.6	52	50	47	42	37
Hexp (m)	53.05	52	50.5	49	47.5	44.2	41	37	32.5
Esys(Hmt) %	3.67	4.62	6.93	9.38	9.47	13.12	17.00	13.50	13.80
P théo Kw	2	2.30	2.7	3	3.32	3.6	3.8	4	4.08
Pexp Kw	2.52	2.60	2.75	2.90	3.3	3.6	3.9	4.2	4.3
Esys (P) %	20.64	11.54	1.82	3.45	0.61	0.00	2.56	4.76	5.12

Analyse des résultats obtenus :

- **Esys (Hmt)** : L'erreur calculée est de (3 à 13%) > 5%. Elle n'est pas admissible sur la majorité des points.
- **Esys (P)** : l'erreur est admissible sur la majorité des points.

III .9 Interprétation générale

L'analyse graphique de l'expérimentation nous a montré que les courbes caractéristiques obtenues prennent la même allure que celles données par le constructeur avec une légère variation des points mesurés.

D'après l'erreur calculée, on peut expliquer la marge de différence des résultats obtenus avec ceux du constructeur par les différentes remarques qui suivent :

- L'installation des appareils de mesures (manomètre et vacuomètre) doit être faite avec un outillage adéquat, conforme et à une distance suffisante pour ne pas influencer sur la lecture ;
- Le débit mesuré est d'une précision non fiable, puisque la lecture est faite manuellement sur le compteur (V) puis, on divise sur le temps (t) mesuré par un chronomètre ;
- Présence de singularités (coudes, convergents et divergents) ce qui se traduit par une augmentation des pertes de charge ;
- Le changement brusque d'écoulement forcé conduit à un écoulement turbulent non stable ;
- La qualité de l'eau pompée dans la bêche doit être soigneusement choisie (granulométrie et particules indésirables) ;
- Les conduites en acier ne favorisent pas notre installation vu le changement d'angle de notre écoulement.

Conclusion

A partir des résultats obtenus, nous avons pu aboutir à la construction des courbes caractéristiques résultantes de la pompe en sujet (40 NVA – 150 – 5) que ce soit pour :

- L'installation à une seule pompe ;
- L'installation à deux pompes identiques montées en série.

A travers le travail réalisé, nous avons pu interpréter les résultats obtenus expérimentalement avec ceux du constructeur et traiter les différentes contraintes de l'installation pour la mise en place d'un banc d'essai fiable pour l'expérimentation.

Conclusion générale

L'étude des performances des pompes continue toujours de mobiliser de nombreux chercheurs dont l'objet de plusieurs publications fait référence à la maîtrise des paramètres des pompes et à l'amélioration de leurs performances.

La fabrication des pompes entreprenne des installations expérimentales sur des bancs d'essais spécifiques pour mieux visualiser les performances et les insuffisances du produit.

A travers ce mémoire, avec les moyens disponibles, nous avons pu installer un banc d'essai pour les deux installations traitées. Avec les essais expérimentaux effectués, nous avons pu trouver les différents paramètres des pompes (40 NVA – 150 – 5) en sujet pour la construction de leurs courbes caractéristiques résultantes.

D'après l'analyse graphique des résultats obtenus, nous pouvons dire que les allures sont pratiquement similaires à celles du constructeur avec une légère variation.

Le calcul de l'erreur systématique relative montre une erreur non admissible.

L'interprétation de l'analyse grapho-analytique précédée nous conduit aux exigences et aux recommandations qui suivent :

- Il faut prévoir des installations conformes des accessoires et des appareils de mesures pour ne pas influencer sur la lecture des résultats.
- L'utilisation d'un débitmètre numérique est recommandée pour la fiabilité des mesures du débit.
- Le changement brusque forcé d'écoulement est déconseillé pour éviter un écoulement turbulent.
- La qualité d'eau pompée doit être soigneusement choisie (granulométrie).
- Les conduites en acier ne sont pas recommandées pour ces essais, vue le changement d'angle de l'écoulement.
- La présence de singularité se traduit par une perte de charge qui influe sur les résultats obtenus. Il faut essayer de réduire les singularités au maximum et de respecter la distance entre les accessoires installées pour avoir un écoulement stable.

- Nous pouvons proposer aussi des tubes transparents pour mieux visualiser l'écoulement et pouvoir le contrôler.

Tenant compte des recommandations citées, on propose de concevoir un banc d'essai au sein du laboratoire de pompage (ENSH) qui servira d'installation de recherche avec une conformité aux exigences de sa mise en marche.

Une telle installation exige des pompes adéquates concernant le couplage. On propose des pompes multicellulaires pour mieux visualiser les paramètres et les performances du couplage, ainsi avoir un catalogue plus fiables de ces caractéristiques.

Reste à espérer que les recommandations exigées seront rigoureusement traitées pour les étudiants intéressées sur l'étude des performances des pompes et que le présent travail servira de document d'inspiration.

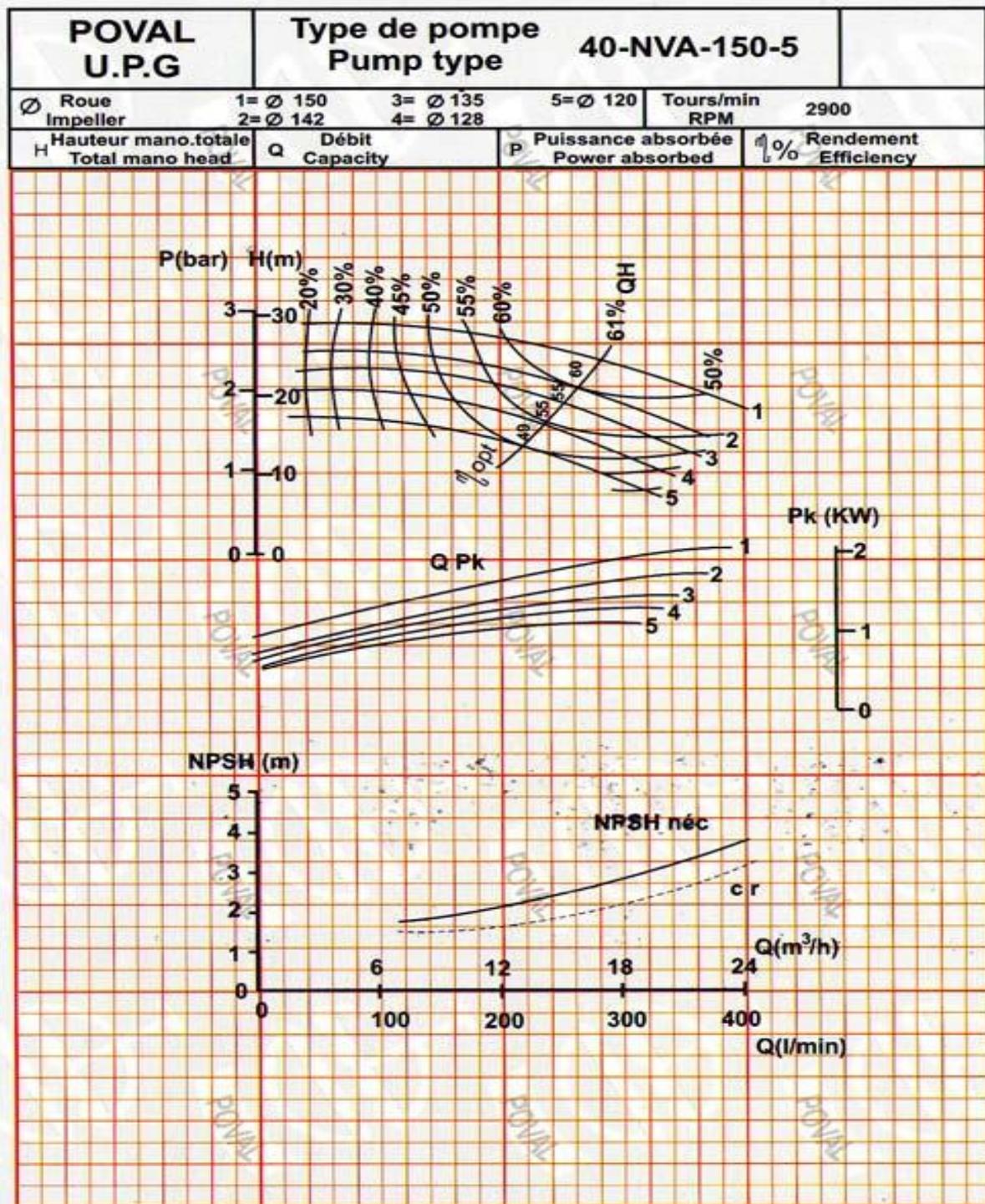
Références bibliographiques

- [1] **M^r KHODJET KESBA Omar (2003/2004)** : polycopié. Cours de pompes et stations de pompage, ENSH Blida.
- [2] **Travaux Pratiques Laboratoire « Pompes et Stations de Pompage » (2014)** : *Construction des courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge*. Ecole nationale supérieure de l'hydraulique (Blida).
- [3] © **SNECOREP (1986) SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS** : *Concepteurs et réalisateurs de stations de pompage* – Guide technique 2010.
- [4] **ADE (2008)** : manuel de description du fonctionnement et de l'exploitation de l'unité de production et de transfert des eaux « Tilesdit » W.Bouira.
- [5] **BERROUAGHIA (2003)** : (POVAL), catalogue des pompes centrifuges (Pompe 40 NVA).
- [6] **M^r BOURKIA Mohammed (2011)** : thèse de magister. *Etude de l'effet de cavitation sur les roues de différents types de matériaux des pompes de POVAL*, ENSH Blida.
- [7] **AGHTTM (2000)** : Les stations de pompage d'eau 5^{ème} édition, Edition LAVOISIER – TEC & DOC, Paris, 230p.
- [8] **Yann MARCHESSE (2017) ECAM-LYON SCHOOL OF ENGINEERING** : *Mécanique des fluides*, Pôle Energétique / LabECAM StBarthélemy.236p.
- [9] **Edition Nathan** : *Les pompes centrifuges - Conceptions, règles d'utilisation*, Encyclopédie des sciences et des techniques industrielles, Section techniques Modernes.

AMER

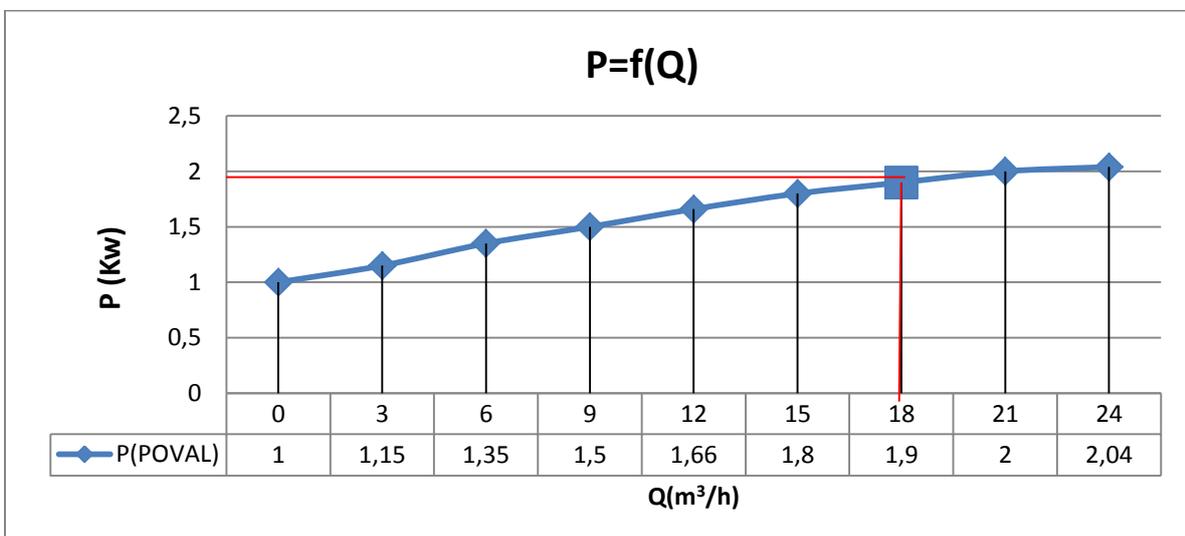
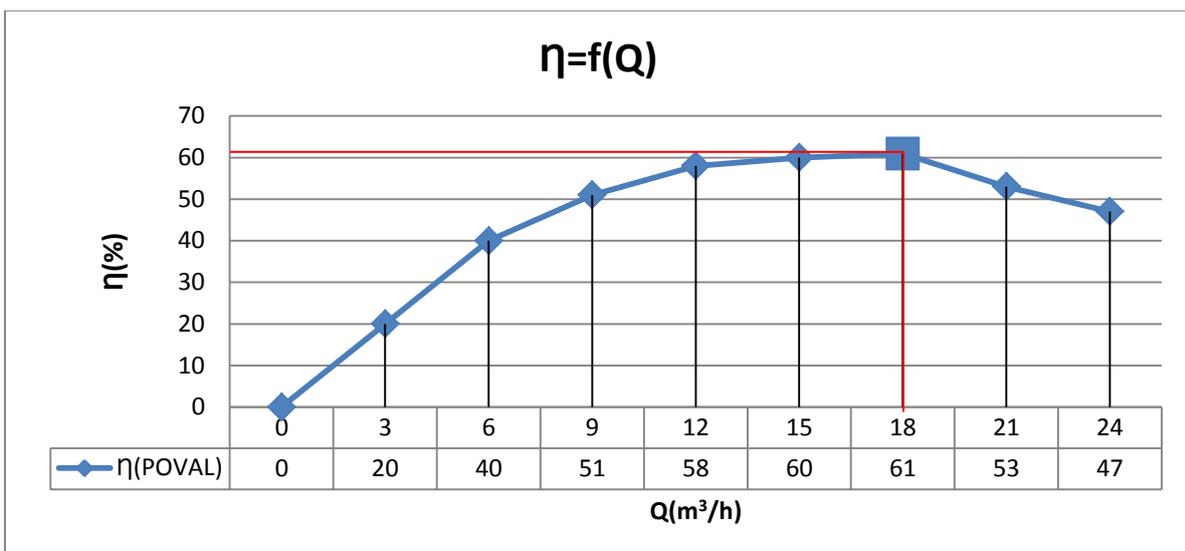
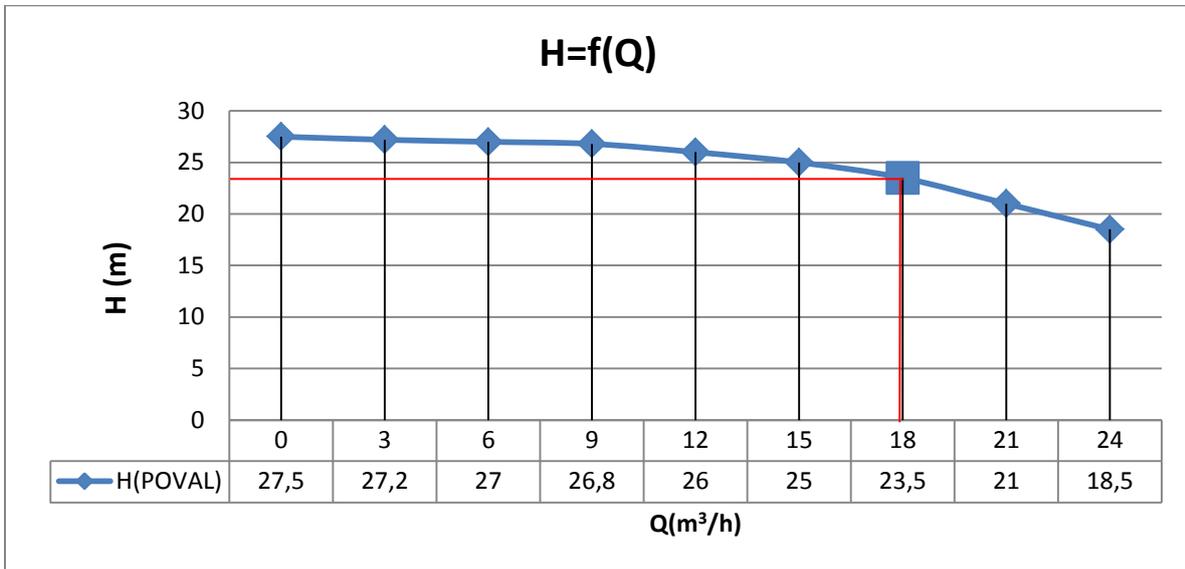
ANNEXE 1

Catalogue des courbes caractéristiques des pompes (40 – NVA – 150 – 5) « POVAL »



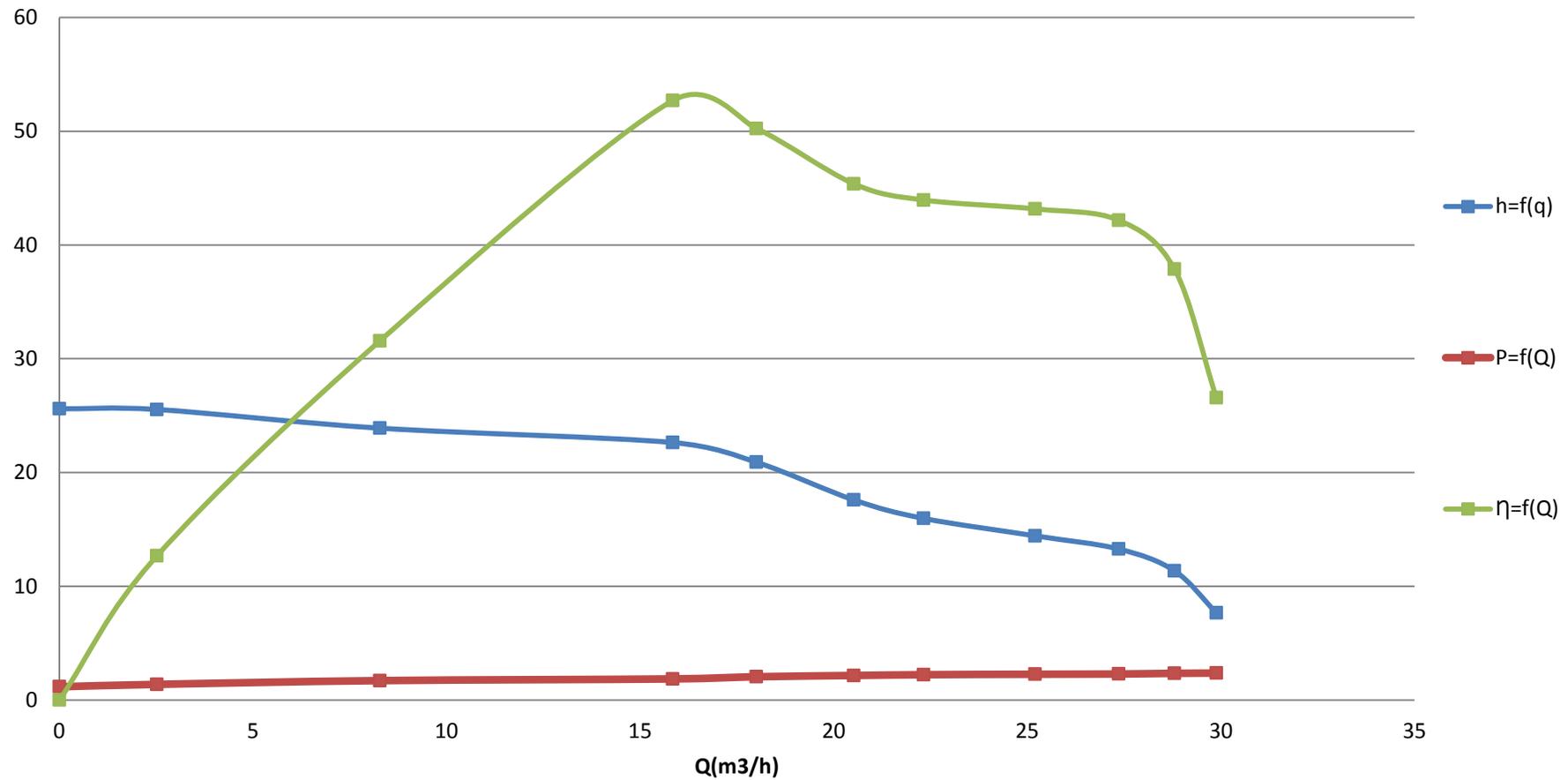
ANNEXE 2

Courbes caractéristiques de la pompe (40 NVA – 150 – 5) fournies par le constructeur



ANNEXE 3

Courbes caractéristiques résultantes de la pompe (40 NVA – 150 – 5)



ANNEXE 4

**courbes caractéristiques résultantes de deux pompes identiques
(40 NVA – 150 – 5) montées en série**

