REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITEYAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique

Analyse et étude expérimental des performances d'une pompe centrifuge (Unité pompe – POVAL)

Présenté par

MEZAAD Linda

Proposé et Dirigé par

Dr. TRIKI Zakaria

Promotion 2023


بسم الله الرحمن الرحيم
السلام عليكم و رحمة الله و بركاته

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Résumé

Nomenclature

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale……...1

Chapitre I : Présentation de l'entreprise POVAL_unité pompe_

I.1. Introduction ……3

I.2.Situation Géographique de POVAL……..4

I.3. Organigramme général de POVAL……..4

I.4.Le métier……5

I.5.Les capacités de production ……..5

I.6.Les perspectives ……5

I.7.Les services……6

I.8.La gamme de production de POVAL……6

I.9.Organigramme de l'unité pompe…….…..7

I.10.Présentation de l'unité Pompes Berrouaghia (UPG)…….……..7

a) Réseau Commercial……8

b) Gamme de Fabrication……8

Chapitre II : Généralités sur pompes hydrauliques

II.1. Introduction……...10

II.2. Définition d'une pompe…….10

II.3.Classification des pompes……..11

II.3.1. Les pompes volumétriques…….12

II.3.1.1. Introduction……12

II.3.1.2. Types de pompes volumétriques…….18

A) Les pompes volumétriques alternatives……...12

B) Les pompes volumétriques rotatives……13

II.3.1.3. Principe de base des pompes volumétriques……...15

Π.3.1.4. Avantages et inconvénients des pompes volumétriques……16
A/ Avantages des pompes volumétriques……16
B/ Inconvénients des pompes volumétriques……17
Π.3.2. Les Turbomachines……...…17
Π.3.2.1. Introduction……17
Π.3.2.2. Avantages et inconvénients des turbomachines……19
A/ Avantages des turbomachines……..19
B/ Inconvénients des turbomachines……19
Π.3.2.3. Classification des turbomachines……19
A / Les turbines……21
A .1. Définition d'une turbine……..…21
A .2. Schéma de principe d'une turbine……..22
A.3. Turbines à gaz (TAG)……..22
A.4. Turbines à vapeur (TAV)……24
B / Turbopompes……..25
Π.4. Conclusion……27

Chapitre III : Caractéristiques des pompes centrifuges

III.1. Introduction……..28
III.2. Définition d'une pompe centrifuge……..28
III.3. Différentes installations (en marche en série et en parallèle)……..29
III.3.1. Marche en série……30
III.3.2. Marche en parallèle……...31
III.4. Avantages et Inconvénients des pompes centrifuges……..32
III.4. 1. Avantages des pompes centrifuges……..32
III.4. 2. Inconvénients des pompes centrifuges……32
III.5. Domaine d'application……33
III.6. Description d'une pompe centrifuge……34
III.7. Fonctionnement d'une pompe centrifuge……35
III.8. Mise en rotation du fluide dans une pompe centrifuge……36

III.9. Classification des pompes centrifuges…….37

III.10. Théorie fondamentale de la pompe centrifuge……..40

III.10.1. Débit volumique Qv……40

III.10.2. La hauteur manométrique totale…….41

III.10.3. Puissance Ṕ……....42

III.10.4. Rendement η……..42

III.11. Point de fonctionnement……...43

III.12. Phénomène de cavitation……..44

III.12.1. Définition……...44

III.12.2. Courbe NPSH disponible et NPSH requis……..56

III.13. Etude de cas……...47

III.13.1. Objectif du stage……...47

III.13.2.Description d'une pompe NVA…….…..47

III.13.3.Présentation d'une coupe de pompe centrifuge NVA avec le rôle de chaque organe….…….48

III.14.Conclusion……..49

ChapitreⅣ : Etude des performances des pompes centrifuges

Ⅳ.1.Introduction……...50

Ⅳ.2.Environnement de la pompe centrifuge NVA 40……..51

Ⅳ.2.1.Mode Opératoire……52

Ⅳ.2.2.Les conditions ambiantes……...53

Ⅳ.2.3.Les équipements…….53

Ⅳ.2.4.Termes généraux……54

Ⅳ.2.5.Limites d'acceptation pours les pompes centrifuges…….55

Ⅳ.3.Les Mesures et les résultats……...56

Ⅳ.3.1.DONNEES……57

Ⅳ.3.2.Résumé de l'estimation le résultat d'essai…….57

Ⅳ.3.3.COMMENTAIRE……..58

- La Courbe HMT en fonction du débit H $= f(Q_v)$ pour vitesse N=2900tr/min…...58
- La Courbe Puissance absorbée en fonction du débit P $= f(Q_v)$ ……59
- La Courbe Rendement total en fonction du débit η $= f(Q_v)$ ……60

Ⅳ.4.Conclusion……...…….62

Conclusion et recommandations……..……..63

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE……...……...64

ANNEXE

Remerciement

En premier lieu, je tiens à remercier notre ALLAH, notre créateur pour Nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

*Je tiens à exprimer, mes plus vifs remerciements et ma gratitude à mon Encadreur, Monsieur **TRIKI Zakaria**, Maître de Conférences et Docteur à l'Université Yahia Farès de Médéa,*

Mes remerciements s'adressent, également, aux membres du jury, qui m'ont Fait un très grand honneur de Porter un jugement sur notre travail et je tiens aussi à exprimer nos vifs Remerciements à tous les Professeurs qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire Et qui ont fait de nous ce que nous sommes Très fière de vous.

Je remercie toutes les personnes, qui, de près ou de loin, ont Contribué à l'aboutissement de ce travail.

*J'aimerais aussi remercier mes collègues de travail chez **POVAL** pour les informations et leurs conseils précieux*

*Je remercie également ma famille et ma petite famille mon Mari et mes chers Enfants **CHIHAB** et **LATIFA** pour leurs amours, L'appréciation Et encouragements.*

Enfin, je remercie tous mes amis sans les nommer, car ils se Reconnaîtr nt d'eux-mêmes.

Dédicace

Au nom de dieu que je le remercie infiniment qui m'a donné le pouvoir d'étudier et a facilité mon trajet d'étude et m'a aidé dans tous les moments que j'avais besoin d'aide.

C'est un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux plus chères au monde :

À la source de tendresse, de générosité de bonheur,

À celle qui a consacré sa vie

Pour que je réussisse dans tout ce j'entretiens, à toi ma ***très chère mère****.*

À mon très cher père, pour l'affection dont tu me comble,

À mes très chères sœurs et frères FETHIA, Med LAMINE, NADIA, ABDENNAUR et leurs Enfants et bien sûr sans oublier mon choux d'amour MEROUANE,

À mon homme MOUHAMED, pour ton amour, ton encouragement, ta patience, ton Optimisme, ta tolérance, ta présence régulière et constante à tous instant.

À Mes petits bouts d'amour, mes enfants chéris,

CHIHAB *et* ***LATIFA***

Vous être mon bonheur infini

Mes petits que j'aime, je vous dédie les mots de ce poème.

Une poésie qui dit ma fierté
Être votre maman est un cadeau de la destinée

Il suffit que j'entende vos douces voix, il suffit que je vous serre dans mes bras

Pour tout cela je vous dis Merci
Merci d'être cette si jolie famille
Merci à Dieu de vous avoir donné la vie
Merci à Dieu qui protège mes petits.

Spécial dédicace à vous : Monsieur. TRIKI Zakaria

À mes meilleurs amis : Metidji Houria ; Djelouahi Louiza ; Belaissa Hayat.

À Tous mes amies d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire.

À Toute La famille ***MEZAAD*** *et* ***BEKHTAOUI***

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

LINDA

Résumé :
Les pompes sont des machines servant à élever les liquides ou les mélanges de liquides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression. Dans l'exploitation minière, pétrolière, agricole et autre, les pompes centrifuges jouent un rôle primordial dans le drainage, l'assèchement, le transport par canalisation et le contrôle du niveau d'eau. L'objectif de ce travail est la prédiction des performances d'une pompe centrifuge (hauteur manométrique, puissance et rendement). Ainsi, une approche généralisée sera proposée pour construire les courbes caractéristiques des pompes centrifuges, les interpréter et les comparer avec les courbes caractéristiques du constructeur POVAL (Usine de production des pompes et vannes en Algérie).

Mots-clés : Pompes centrifuges, courbes caractéristiques, hauteur manométrique, puissance, rendement.

Abstract:
Pumps are machines used to raise liquids or liquid mixtures from a lower level to a higher level, or to push liquids from a low-pressure region to a high-pressure region. In mining, oil and gas, agriculture, and other industries, centrifugal pumps play a crucial role in drainage, dewatering, pipeline transport, and water level control. The aim of this work is to predict the performance of a centrifugal pump (manometric height, power, and efficiency). Thus, a generalized approach will be proposed to construct the characteristic curves of centrifugal pumps, interpret them, and compare them with the characteristic curves of the POVAL manufacturer (Pump and Valve Production Plant in Algeria).

Key-words: Centrifugal pumps, characteristic curves, manometric height, power, efficiency.

ملخص:
المضخات هي آلات تستخدم لرفع السوائل أو مخاليط السوائل من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى، أو ضخ السوائل من منطقة الضغط المنخفض إلى منطقة ضغط مرتفع. تلعب مضخات الطرد المركزي دورًا أساسيًا في الصرف ونزح المياه والنقل توجيه والتحكم في مستوى المياه في التعدين والنفط والزراعة وغيرها من الاستغلال. الهدف من هذا العمل هو تنبؤ أداء مضخة الطرد المركزي (الارتفاع القياسي، الطاقة، و الكفاءة). وبالتالي، سيتم اقتراح نهج عام لبناء منحنيات الخصائص للمضخات الطرد المركزي، وتفسيرها ومقارنتها مع منحنيات الخصائص من قبل المصنع بوفال (مصنع إنتاج المضخات والصمامات في الجزائر).

الكلمات المفتاحية: مضخات الطرد المركزي، منحنيات الخصائص، الارتفاع القياسي، الطاقة، الكفاءة.

Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité de mesure
A	La valeur lecture de l'intensité de courant	Amp
C_{ASP}	Perte de charge d'aspiration	m
Cosφ	Déphasage du moteur immergé	/
C_{REF}	Perte de charge de refoulement	m
HMT	Hauteur manométrique total	m
I	L'intensité de courant électrique	Amp
K_w	Constante watt métrique	/
P_{ASP}	Pression d'aspiration	bar
P_{REF}	Pression refoulement	bar
P_A	Puissance électrique absorbée par le groupe électropompe	Kw
P_p	Puissance absorbée par le moteur	Kw
QFS	Débit de fin d'échelle de débitmètre	/
Qv	Débit volumétrique de la pompe	m^3/h
v	Voltage électrique	Volts
V	Tension électrique	Volts
W	Puissance lectures de wattmètre	Kw
Z_{ASP}	Hauteur totale de charge au refoulement de la pompe	m
η_{pompe}	Rendement pompe	%
η_{total}	Rendement globale du groupe électropompe	%

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Présentation de l'unité pompes – POVAL

Figure (I.1) : Siège de POVAL…….04

Figure (I.2) : Organigramme général de POVAL…….04

Figure (I.3) : Organigramme de l'unité pompe…….07

Figure (I.4) : Magasin d'expédition……..09

CHAPITRE II : Généralités sur pompes hydrauliques

Figure II.1: la relation moteur-pompe-fluide……10

Figure II.2 : classification générale……...11

Figure II.3 : Pompe à piston……..12

Figure II.4 : Pompe doseuse à membrane sèche……...13

Figure II.5 : Pompe à palettes……...13

Figure II.6 : Pompe à engrenage externe……..14

Figure II.7 : Pompe à rotor hélicoïdal excentré……14

Figure II.8 : Pompe péristaltique……..14

Figure II.9 : la transmission hydrostatique de l'énergie pour pompe volumétrique…….15

Figure II.10: Représentation du processus de pompage d'une pompe volumétrique dans un diagramme **p**, **V**……..15

Figure II.11 : schéma d'une pompe hydraulique……..18

Figure II.12 : Pompe centrifuge …….21

Figure II.13: Turbine à vapeur……21

Figure II.14 : Schéma de principe d'une turbine (groupe turbine-alternateur) ……22

Figure II.15 : Cycle ouvert d'une turbine à gaz……23

Figure. II.16 : Cycle fermé d'une turbine à gaz……23

Figure. II.17 : Cycle d'une turbine à vapeur……25

Figure. II.18 : Roue mobile de machines centrifuges, hélices et hélico centrifuges……26

Figure. II.19 : Formes de différentes roues……..26

CHAPITRE III : Caractéristiques des pompes centrifuges

Figure III.1 : Schéma d'une Pompe centrifuge……..…28

Figure III.2 : Montages des pompes……..29

Figure III.3: Caractéristique de la pompe équivalente à deux pompes en série……30

Figure III.4 : Marche en parallèle des pompes centrifuges……...31

Figure III.5 : Pompe d'eau électrique pour l'irrigation…….33

Figure III.6 : Schéma descriptif d'une pompe centrifuge…….34

Figure III.7 : Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge……..35

Figure III.8 : Circulation du liquide et les pièces hydrauliques d'une pompe centrifuge simple…..36

Figure III.9 : Roue à simple aspiration…….37

Figure III.10 : Roue à double aspiration……...37

Figure III.11 : Pompe centrifuge mono-étage……...……38

Figure III.12 : Pompe centrifuge multi-étages……...…...38

Figure III.13 : pompe centrifuge à entrainement Électrique…….39

Figure III.14 : pompe centrifuge à entrainement Thermique……39

Figure III.15 : point de fonctionnement d'une pompe……..43

Figure III.16 : Schéma simplifié du circuit……...44

Figure III.17 : Evolution de la pression dans le circuit exprimé en hauteur de fluide h (mCL)…...44

Figure III.18 : Effet de la cavitation (et/ou érosion) sur la roue d'une pompe centrifuge……45

Figure III.19 : Cavitation d'une hélice de Propulsion marine……...45

Figure III.20 : Roue soumise à cavitation…….45

Figure III.21 : Variation du NPSH requis et NPSH disponible avec le débit circulé par la pompe.46

Figure III.22 : Vue en coup d'une pompe NVA avec sa nomenclature……48

CHAPITRE Ⅳ : Etude des performances des pompes centrifuges

Figure.Ⅳ.1 : installation d'une pompe centrifuge norme 9906 ……...50

Figure.Ⅳ.2 : installation d'une 40NVA sur le banc d'essai (584034 poste d'essai 7 CFI 335)……51

Figure.Ⅳ.3 : Salle de commande…….51

Figure.Ⅳ.4 : Trace des courbes « limites INF-limites SUP »……..55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 : les caractéristiques l'eau froide et propre…….53

Tableau IV.2 : Relevé de valeur de la pompe 40 NVA fonctionnant à vitesse N=2900tr/min……..56

Tableau IV.3: Tableau des données……..57

Tableau IV.4 : Résumé de l'estimation le résultat d'essai…….....57

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Depuis des décennies, l'homme a essaie d'atteindre un outil pour l'accès à ses besoins, le pompage de l'eau lui a concrétisé un développement énorme dont il a obtenu de grandes réalisations dans le domaine d'hydraulique. Les pompes sont des appareils qui génèrent une différence de pression entre les tubulures d'entrée et de sortie. Suivant les conditions, ces machines communiquent au fluide de l'énergie potentielle (par accroissement de la pression en aval), soit de l'énergie cinétique pour la mise en mouvement du liquide.

Ainsi on peut vouloir augmenter le débit (accroissement de l'énergie cinétique) ou / et augmenter la pression pour les liquides visqueux, non visqueux, chargés ou non, agressifs ou non d'où une diversité très grande des pompes. L'énergie transmise depuis le moteur électrique ou thermique, au liquide via la pompe s'accompagne de pertes du types mécanique (frottement), hydraulique (perte de charges) ou volumétrique (fuites). [1]

Globalement 60 à 90 % de l'énergie fournie par le moteur est transformée en énergie mécanique. Cette énergie mécanique ne sera ensuite communiquée au fluide que dans une proportion de 50 à 80 %.[1]

L'objectif de ce travail est la prédiction des performances d'une pompe centrifuge (hauteur manométrique, puissance et rendement). Ainsi, une approche généralisée sera proposée pour construire les courbes caractéristiques des pompes centrifuges, les interpréter et les comparer avec les courbes caractéristiques du constructeur POVAL (Usine de production des pompes et vannes en Algérie).Pour ce faire, ce mémoire s'étale sur quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté l'entreprise POVAL (Usine de production des pompes et vannes en Algérie), son métier, ses capacités de production, ses perspectives, ses services ainsi que sa gamme de production puis l'unité POMPE.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des généralités des pompes hydrauliques, la classification des différents types de pompes ainsi que leur principe de fonctionnement.

Dans Le troisième chapitre, nous nous intéresserons aux pompes centrifuges : leurs différentes installations, leurs avantages et inconvénients, leur classification, et leurs domaines d'applications.

Le dernier chapitre est consacré sur l'étude de la pompe 40 NVA qui a permet de calculer les différents paramètres et de mettre au point un banc d'essai, qui nous permettre de vérifier leurs performances. Il est représenté en débit, hauteur manométrique totale, puissance et rendement afin de tracer les courbes caractéristiques, ainsi de faire une interprétation des différents résultats graphiques trouvés en les comparants avec celles du constructeur.

CHAPITRE I

Présentation de l'unité pompes – POVAL

I.1.Introduction :

POVAL (pompes et vannes) est l'entreprise de production de pompes et de vannes. Elle intervient dans deux domaines stratégiques pour l'Algérie qui sont les hydrocarbures et plus particulièrement l'eau. Ressources rares, l'eau est devenu le grand problème du 21^{éme} siècle à l'échelle mondiale, et l'Algérie n'est pas en reste, le plan de relance économique consacre d'ailleurs à l'irrigation la plus grande part.[1]

POVAL intervient au niveau de la distribution de l'eau équipant les systèmes d'irrigation avec des produits fabriqués par l'entreprise comme les pompes et les composants de canalisation (vannes et accessoires). Bien que la diversité de la gamme de ces produits couvre plusieurs secteurs dont l'industrie et les bâtiments, l'agriculture et l'hydraulique sont de loin dominats (plus de 80%) dans son activité [1]

L'approche (marché) pour ces secteurs à travers la projection propre de l'entreprise sur la base des données statistique et des extrapolations des ventes des autres opérations économiques, confirme non seulement que la demande globale existe mais qu'en plus elle est en croissance. Dans les produits pompes, Poval couvre près de 45% des besoins nationaux avec une clientèle dominée par le secteur de l'agriculture. L'entreprise peut gagner encore des parts de marché dans cette macro segment ; la demande du marché en vannes hydrauliques est couverte à 60% par Poval où la tendance du marché accuse une hausse modérée. Les produits destinés à la voirie et l'assainissement pour lesquels il y a une forte demande ; Poval bien que présente sur ce marché compte à voir plus de parts compte tenu de ses avantages.

Dans le secteur de l'hydraulique, du fait même de la spécifié des produits, l'activité de Poval a resté modeste et ne constitue que 5% de son chiffre d'affaire malgré les besoins énormes exprimés.[1]

En résumé, Poval compte gagner de plus en plus, des parts de marché à fin d'assurer un taux d'expression annuel situé entre 10 et 15%.

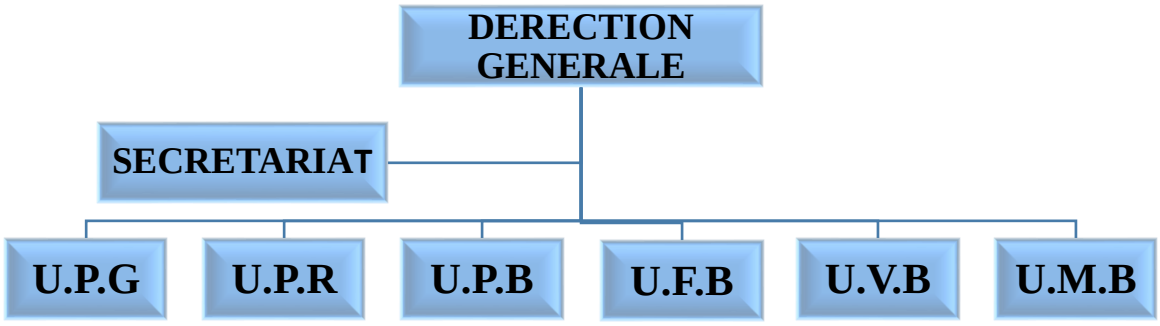
La SPA POVAL au capital social de 12.000.000.000 Dinars Algériens a vu le jour en 1997 suite à la transformation juridique de l'ex-entreprise nationale de production du matériel hydraulique (ENPMH), elle-même issue d'un processus de transformation de la société SIMIA (société d'installation du matériel agricole) crée en 1937.[1]

I.2.Situation Géographique de POVAL :



Figure (I.1) : Siège de POVAL.**[1]**

I.3. Organigramme général de POVAL :



- **U.P.G :** Unité Pompe Berraki
- **U.P.R :** Unité Pompe Rouïba
- **U.P.B :** Unité Pompe Berrouaghia
- **U.F.B :** Unité Fonderie Berrouaghia
- **U.V.B :** Unité Vanne Berrouaghia
- **U.M.B** : Unité Maintenance Berrouaghia

Figure (I.2) : Organigramme général de POVAL**.**

Remarque : Les unités U.P.G, U.V.B, U.F.B et U.M.B sont regroupées dans un seul complexe suite à Berrouaghia (voir figure 1) d'une superficie totale de 32 hectares, dont 6500 m^2 bâties. Les complexes d'un matériel productif et moyen technologiques concurrentes, son effectif s'élève Aujourd'hui à plus de 1200 travailleurs.

I.4.Le métier :

Depuis plus de 50 ans, la production et la commercialisation matériels hydrauliques, leurs composants et leurs accessoires. A travers la gamme de produits très variée, principalement fabriquée sous licences d'origine européennes, POVAL répondre à l'essentiel des besoins des trois grands secteurs : l'agriculture, l'hydraulique et les hydrocarbures.

A l'heure actuelle elle conçoit et réalise des :

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

La qualité de ces produits et de ces prestations faut aujourd'hui de POVAL, l'un des leadeurs maghrébins dans ce domaine.[2]

I.5.Les capacités de production :

Autre le siège social, situé au sein de la zone industrielle de Rouïba-Alger à 30 km de la capitale, la société POVAL possède un effectif de près de 1100 travailleurs, est constituée de six unités de production.

I.6.Les perspectives :

Avec un chiffre d'affaire de 21 millions de dollars en 1998-en augmentation de 35% sur cinq ans, POVAL vise aujourd'hui à accroître ses parts de marché à l'exportation et prévoit à court terme de réaliser quelques 20% de son chiffre d'affaire à l'exportation.

Par ailleurs, en matière de redéploiement et de restriction, POVAL initie un programme de filialisation par produit porteurs et ce notamment sur :

- Les pompes immergées et les pompes d'assainissement.
- Les pompes et les vannes hydrocarbures.

I.7.Les services :

L'unité de Berrouaghia : a une capacité de 110,000 heures/an est quant à elle spécialisé dans la fabrication de pièce de rechange et d'outillage, le rebobinage des moteurs électriques et la rénovation des équipements de fonderie et de mécanique, par ailleurs les agents agrées assurent une maintenance de proximité auprès de leur clientèle.

Le service après-vente de l'unité pompes Berrouaghia assure aux produit pompes une garantie en main d'œuvre qualifié en cas d'installation de forage ; réparation, rebobinage. Un bureau d'étude et de techniques est constitué d'ingénieurs qualifiés, expérimentés dans le domaine hydraulique, mécanique et irrigation, est à la disposition à tout moment.

I.8.La gamme de production de POVAL :

- Clapet de non-retour et clapet de pied de crépine.
- Collier de prise en charge.
- Fabrication d'armoires électrique et des diverses pièces de rechanges.
- Groupes électropompes horizontales et groupes motopompes.
- Joints de démontage.
- Matériel de voirie.
- Pièces brutes de fonderie.
- Pièces spéciales.
- Poteau d'incendie.
- Raccords en fonte.
- Rénovation et Taillage.
- Robinet vanne à (cage méplate- cage ovale- cage ronde- opercule métallique).
- Tête de bouche à clé.
- Ventouse automatique.
- Pompe d'irrigation.
- Pompes moto-amorçant.
- Pompes d'assainissement.
- Pompes de forage (immergées).
- Pompes monocellulaires et multicellulaires pour AEP.
- Pompes pour hydraulique.
- Pompes submersibles et Pompes verticales.

I.9.Organigramme de l'unité pompe :

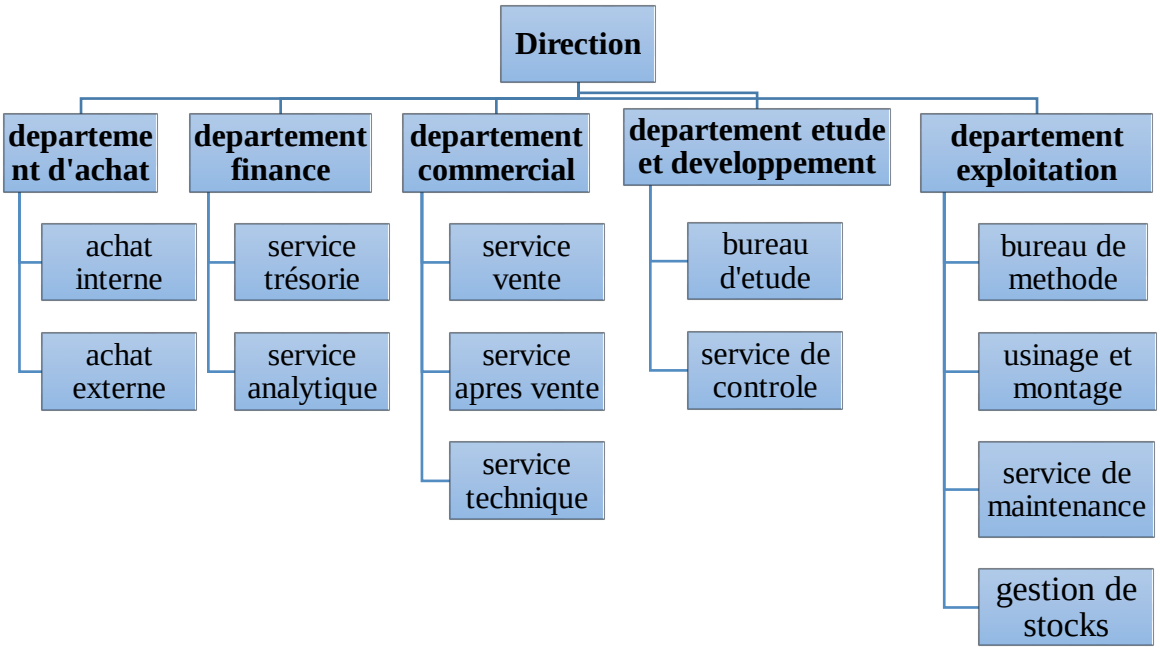


Figure (I.3) : Organigramme de l'unité pompe**.**

I.10.Présentation de l'unité Pompes Berrouaghia (UPG) :

L'unité POMPES de Berrouaghia est spécialisée dans la fabrication des pompes centrifuges depuis 1980, elle dispose d'une large gamme touchant tous les secteurs d'activité dont :

- L'hydraulique.
- L'agriculture.
- L'industrie.
- Le Bâtiment.
- L'assainissement.

La gamme de production de l'unité pompe Berrouaghia (UPG) est constituée de :

- Pompes immergées pour forage.
- Pompes d'assainissement.
- Pompes monocellulaires et Multicellulaire, pour AEP.

La production de l'UPG est assurée par un personnel spécialisé dans le domaine de fabrication du matériel hydraulique, tous les contrôles et les essais sont effectués dans nos

ateliers. Les produits sont de qualité (selon normes internationales) qui ont acquis une réputation auprès des clients les plus exigeants.

Toutes les phases de production subissent un contrôle rigoureux (matières, produit caractéristiques, expédition). Pour cela l'unité Pompes Berrouaghia dispose d'un Atelier de contrôle et Service Après -Vente.[2]

I.10.1.Réseau Commercial :

Poval / Unité Pompes est représenté à travers tout le territoire national par l'intermédiaire de :

- Plus de 100 agent agrées publics et privés.
- Par son propre réseau commercial et après-vente.

I.10.2.Gamme de Fabrication :

- Pompes de forage (immergées).
- Pompes verticales, Submersibles, et Multicellulaires.
- Pompes Auto-amorçantes.
- Pompes pour hydrauliques.
- Groupes Electro pompes horizontaux.
- Groupes motopompes.

On notera que :

Le stage pratique est une étape cruciale pour tout étudiant qui souhaite mettre en pratiqueses connaissances théoriques et acquérir de nouvelles compétences. Pour ma part, j'ai eu lachance de réaliser mon stage au sein de l'entreprise POVAL. Ce stage m'a offert uneopportunité inestimable d'enrichir mes expériences et de découvrir les réalités du mondeprofessionnel dans le domaine mécanique, et il m'a permis de développer mes compétences techniques en mécanique et en production de qualité.



Figure (I.4) : Magasin d'expédition.[2]

CHAPITRE II

Généralités sur pompes hydrauliques

II.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude technologique des pompes. Ce dernier est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un liquide. Il existe plusieurs types des pompes chaque type de pompe correspondent une nature et un agencement particulier des pièces mobiles internes quel qu'en soit le type. Nous montrons également dans ce chapitre les types de pompes et leurs fonctionnements, en plus de l'efficacité et des avantages et inconvénients de chacun.

II.2. Définition d'une pompe :

On appelle pompe du nom italien « pompa » toutes machines hydrauliques qui servent à déplacer les liquides d'une région de basse pression vers une région à grande pression. Son fonctionnement consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement au moyen de l'organe actif (piston, roue, …etc.) de la pompe. Du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Les pompes autant que machines, sont les pièces maîtresses qui donnent la vie aux unités de pétrole et au gaz. Leurs choix et leurs installations doivent faire l'objet de soins tout particulier de la part des services d'études, de même leur entretien requiert une des spécialistes très qualifiées, afin qu'elles puissent assurer dans les meilleures conditions un service continu pendant une longue durée [3].

Le principe de la pompe est apparu lorsque le besoin en eau nécessaire à la survie de l'homme l'obligea à trouver un système de transport de cette eau, du puits ou de la rivière à son habitat. Ce dernier utilisa d'abord l'énergie musculaire pour le transport de cette eau. Plus la distance et la quantité en eau augmentaient, il avait besoin de beaucoup d'énergie. Les techniques de pompage ont dépassé les limites initiales de leur domaine d'application. Les pompes sont passées du simple transport de l'eau et des divers fluides liquides à la transmission de la puissance mécanique. Leurs caractéristiques principales sont entre autres le débit et la pression.

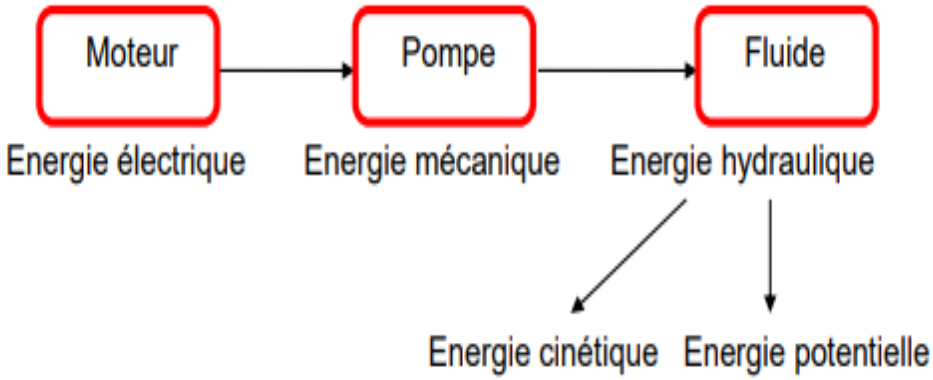


Figure II.1:la relation moteur-pompe-fluide [4].

II.3.Classification des pompes :

Suivant les modes des déplacements des liquides à l'intérieur des pompes, on classe ces dernières en deux grandes familles selon le schéma suivant :

- Les pompes volumétriques.
- Les turbomachines.

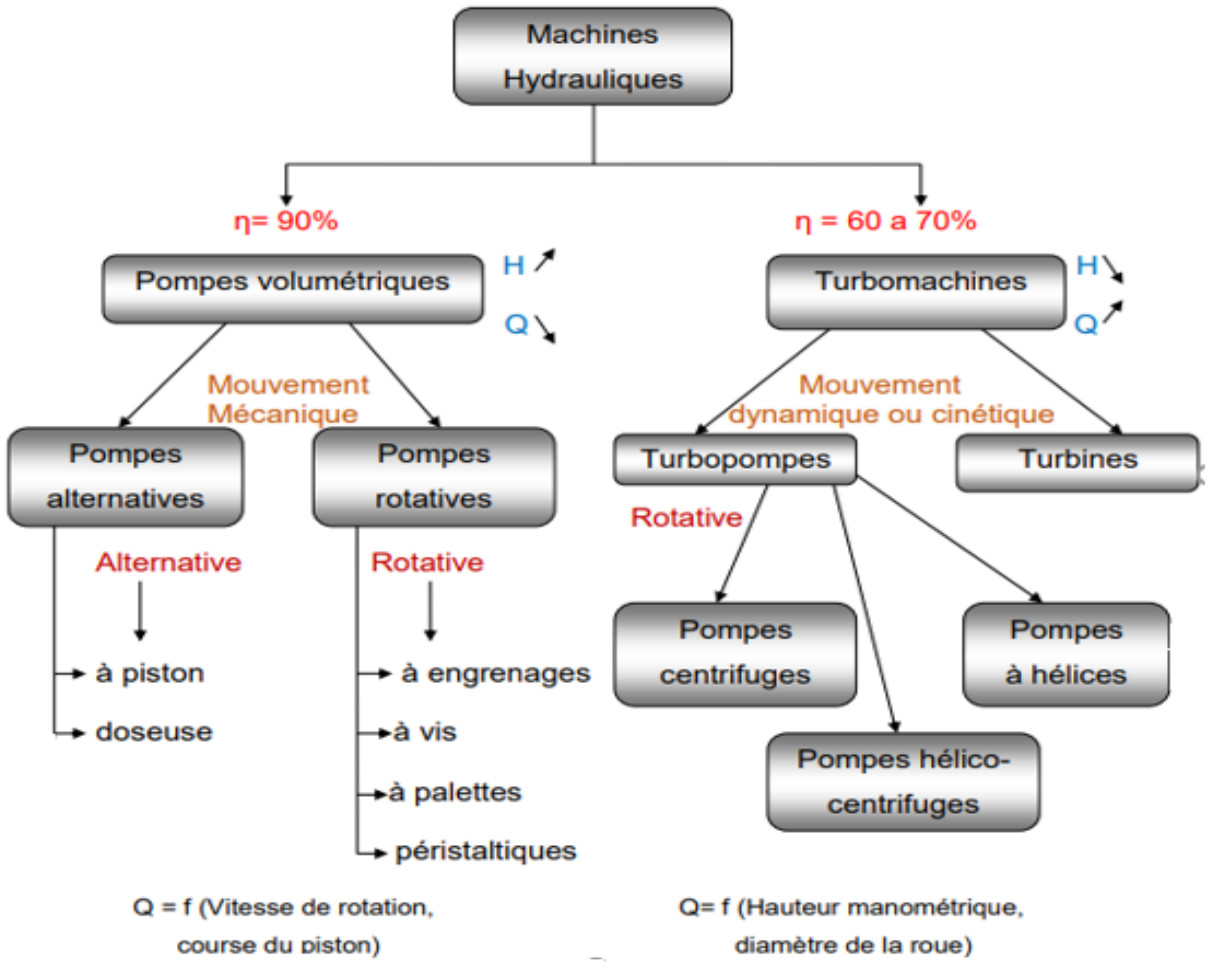


Figure II.2 : classification générale des pompes hydrauliques [4].

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide. De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les pompes centrifuges.

Dans les turbopompes une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur.

Dans les pompes volumétriques, l'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement (grand encombrement).

II.3.1. Les pompes volumétriques:

II.3.1.1. Introduction :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel déplace un élément mobile en translation ou en rotation rigoureusement ajustée. L'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide [5].

Leur fonctionnement repose sur l'exécution d'un mouvement cyclique. Un volume V de fluide emprisonné dans un espace donné (le récipient de départ) est contraint à se déplacer de l'entrée vers la sortie de la pompe par un système mécanique. Ce volume prélevé dans la conduite d'aspiration engendre une dépression qui fait avancer le fluide vers la pompe par aspiration. Cet effet confère aux pompes volumétriques d'être auto-amorçant. Dans le cas des liquides, la pression d'aspiration ne doit pas s'abaisser en-dessous de la pression de vapeur saturante sous peine de voir le liquide entrer en ébullition. On obtient un débit théorique moyen proportionnel à la vitesse de rotation ou de translation. Les pompes volumétriques sont caractérisées par une grande diversité d'emploi et une grande variété de réalisations technologiques. On se limitera ici, à la présentation de quelques types à cette grande famille de machines tournantes.

II.3.1.2. Types de pompes volumétriques :

II.3.1.2.1. Les pompes volumétriques alternatives :

La pompe alternative est caractérisée par le mouvement cyclique d'une pièce mobile. Dans ce type de pompe on distingue principalement les pompes à piston et pompes doseuses :

- **Pompes à piston :**

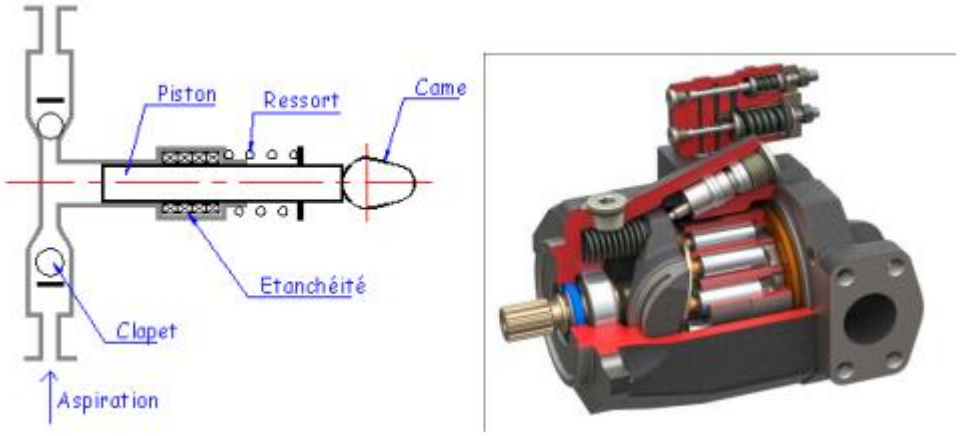


Figure II.3 : Pompe à piston[4].

❖ **Pompes doseuses :**

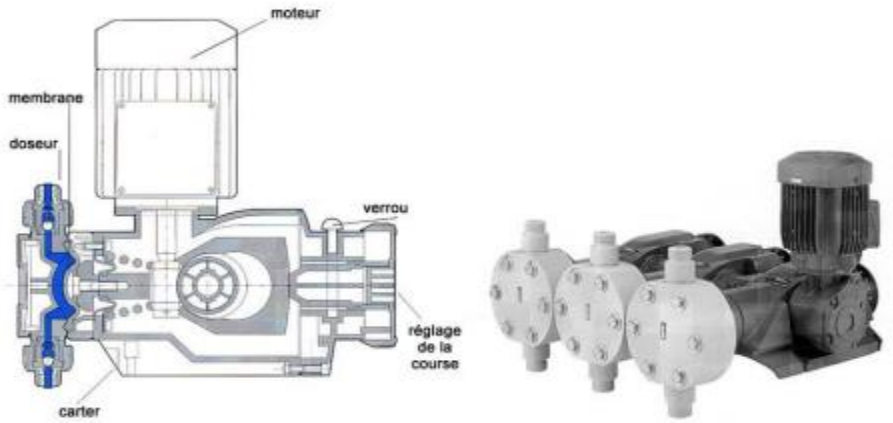


Figure II.4 : Pompe doseuse à membrane sèche [4].

II.3.1.2.2. Les pompes volumétriques rotatives :

La pompe rotative est constituée par une pièce mobile effectuant un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. Ce type de pompes fournit un intervalle étendu de débits et constitue donc des pompes d'injection ou de dosage idéales et par conséquent, un choix économique, surtout pour les industries alimentaire, pharmaceutique et biotechnologique et pour les pressions plus faibles.

Les pompes àpalettes, les pompes à engrenages, les pompes à rotor hélicoïdal excentré et les pompespéristaltiquesfont partie de cette catégorie des pompes.

❖ **Pompes à palettes libres :**

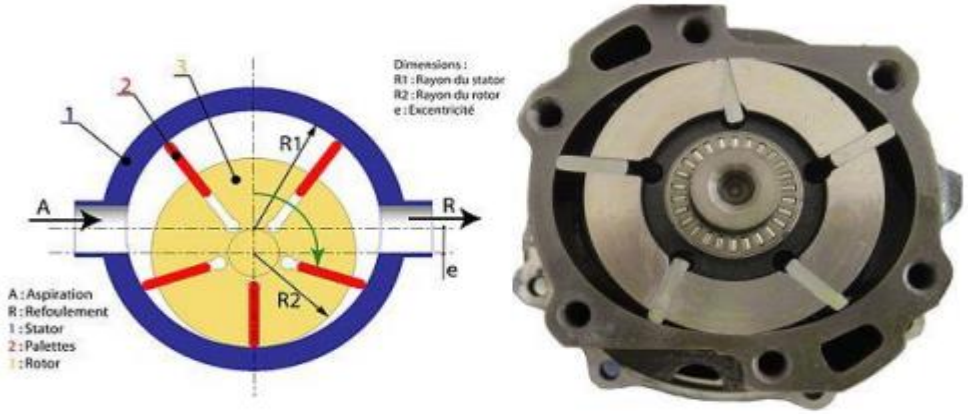


Figure II.5 : Pompe à palettes[4].

❖ **Pompes à engrenages :**

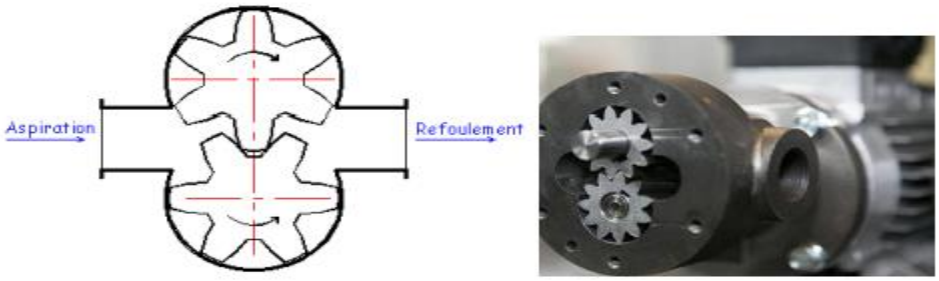


Figure II.6 : Pompe à engrenage externe[4].

❖ **Pompes à vis (rotor hélicoïdal) excentré :**

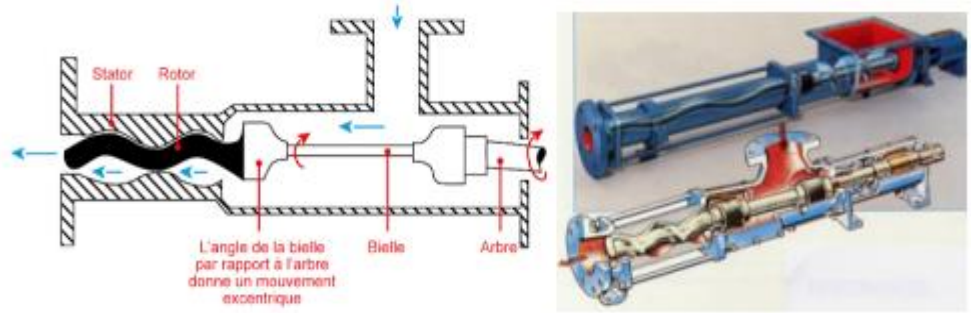


Figure II.7 : Pompe à rotor hélicoïdal excentré[4].

❖ **Pompes péristaltiques :**

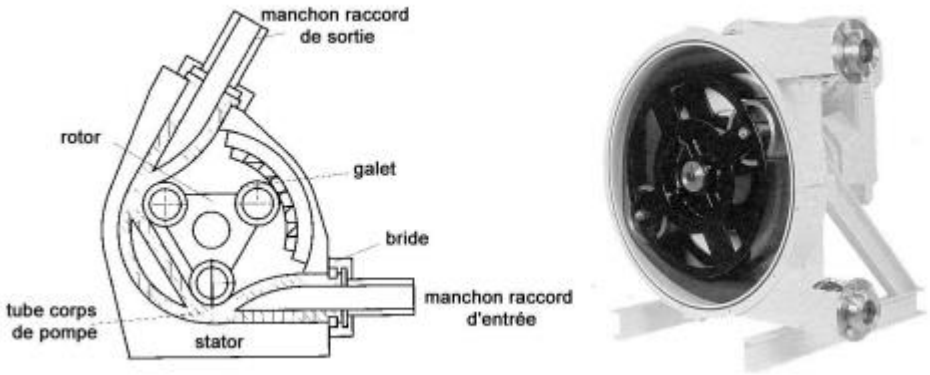


Figure II.8 : Pompe péristaltique[4].

II.3.1.3. Principe de base des pompes volumétriques [6] :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant :

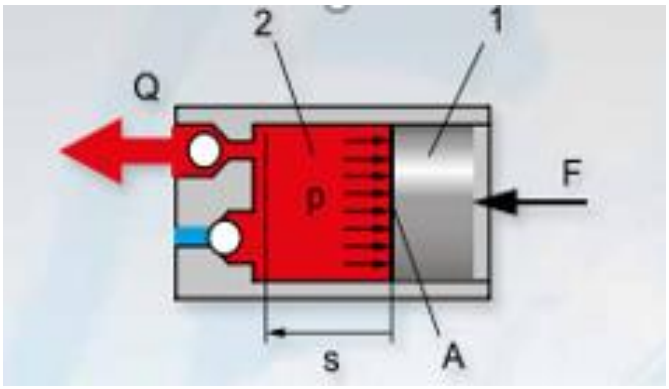
- Exécution d'un mouvement cyclique ;
- Pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin, ce qui permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

Sur ce type des pompes, la transmission de l'énergie vers le fluide se fait de manière hydrostatique. Lors de la transmission hydrostatique de l'énergie, un organe déplaceur réduit un espace de travail remplit de fluide et achemine le fluide en direction de la conduite. L'organe déplaceur exerce alors une pression sur le fluide. Lorsque l'espace de travail s'agrandit, l'organe est à nouveau rempli de fluide venant de la conduite. Le travail réalisé Ws est le produit de la force de déplacement **F** et de la distance de déplacement **s**. Cette équation peut également être écrite comme le produit du cylindrée **Vs** par la pression de refoulement **p**.

$$W_s = F.s = A.p.\text{s} = V_S.p \qquad (\Pi.1)$$

La puissance transmise sur le fluide est calculée à partir de débit volumétrique Q et de la pression de refoulement p.

$$P = Q.p \qquad (\Pi.2)$$



1 organe déplaceur, **2** espace de travail,

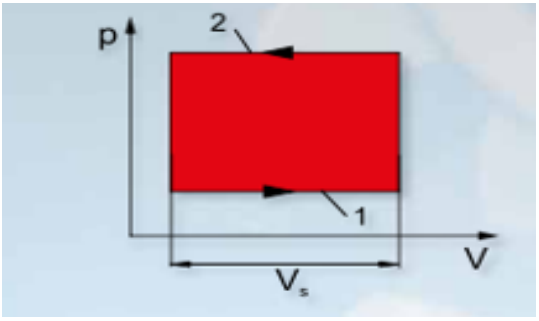
Q débit volumétrique,

F force de déplacement,

ppression de refoulement,

s distance de déplacement.**A** surface,

Figure II.9 :la transmission hydrostatique de l'énergie pour pompe volumétrique [6]**.**



Lors de l'aspiration **1**, le volume augmente lorsque la pression est faible. L'extraction **2** a lieu sous l'effet de la réduction du volume à pression élevée. La surface confinée correspond au travail réalisé sur le fluide.

Figure II.10: Représentation du processus de pompage d'une pompe volumétrique dans un diagramme **p**, **V** [6]**.**

II.3.1.4. Avantages et inconvénients des pompes volumétriques [6] :

II.3.1.4.1. Avantages des pompes volumétriques :

• faible dépendance du débit de refoulement par rapport à la hauteur de refoulement, convienne donc bien pour les pompes de dosage et pompes à injection ;

• adaptées aux pressions élevées à très élevées ; seul un étage requis ;

• très bonne puissance d'aspiration, même avec une part gazeuse ;

• adaptées aux fortes viscosités (pâtes) ;

• débit de refoulement ajustable de manière très exacte et reproductible par le biais de la course et du nombre de courses ;

• alimentation cyclique possible ;

• bien adaptées aux faibles vitesses de rotation d'entraînement ;

• pour les pompes oscillantes, entraînement pneumatique, hydraulique ou électromagnétique direct possible.

II.3.1.4.2. Inconvénients des pompes volumétriques [6] :

• le principe de fonctionnement n'inclut pas de limitation de la pression, c'est pourquoi une soupape de sécurité ou soupape de limitation de la pression est requise ;

• sur les pompes volumétriques oscillantes, un fonctionnement sans vibrations n'est possible qu'avec un complexe équilibrage des masses ;

• les pompes volumétriques oscillantes ne sont pas bien adaptées aux vitesses de rotation élevées ;

• sur les pompes volumétriques oscillantes, un débit de refoulement, et donc un amortisseur de pulsations sont requis ;

• pour certains types, construction avec soupapes compliquée et propice aux pannes ;

• davantage de pièces d'usure que sur les pompes centrifuges [6].

II.3.2. Les Turbomachines :

II.3.2.1. Introduction :

Le transfert de l'énergie des fluides a une roue en rotation, sur laquelle sont montées des aubes ou des pales, et vice-versa, a donné naissance à une classe spéciale de machines appelées "turbomachines". La roue en rotation est appelée " rotor ". Le flux du fluide est continu.

On appelle turbomachine un appareil dont le rôle est d'assurer un échange d'énergie mécanique entre un débit permanent de fluide et rotor tournant à vitesse constante autour d'un axe [1].

Selon le sens de l'échange d'énergie, la turbomachine est appelée :

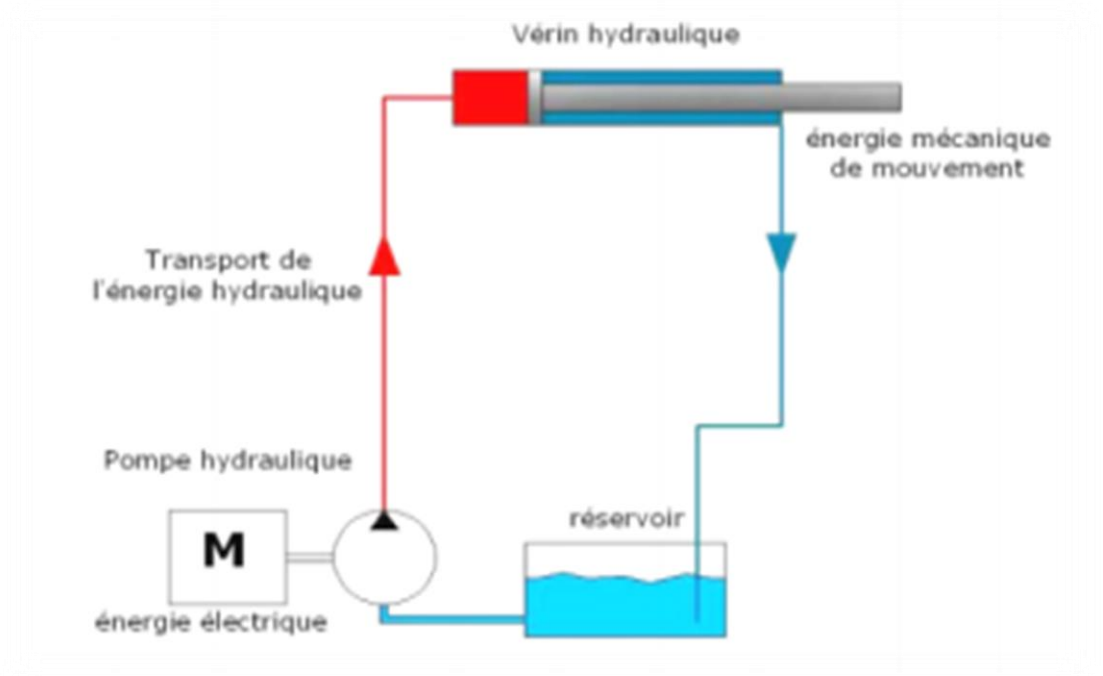
• Génératrice : lorsqu'elle communique de l'énergie au fluide (Ex : pompe centrifuge), donc elle doit être nécessairement accouplée à une autre machine jouant un rôle de moteur (moteur électrique, moteur diesel, turbomachine réceptrice).

• Motrice : lorsqu'elle en reçoit de l'énergie du fluide (Ex : turbine à vapeur) pour entrainer une machine génératrice (alternateur ou turbomachine génératrice).

Les turbomachines se subdivisent en : pompes, compresseurs, ventilateurs ou soufflantes, selon la nature liquide ou gazeuse du fluide véhiculé et sa compressibilité. Dans le cas des pompes et des ventilateurs, la variation de son volume massique est nulle ou négligeable au cours de la traversée de la machine et l'on dit alors que le fluide se comporte de manière incompressible ; il n'en est pas de même dans le cas des soufflantes, où sa compressibilité intervient [3].

Les pompes sont, après les moteurs électriques, les machines le plus banalement utilisées aussi bien sur le plan industriel que dans le domaine domestique. Dans la plupart des cas, il s'agit de pompes de construction courante pour lesquelles l'utilisateur peut trouver les renseignements et les indications concernant ce matériel dans les catalogues de constructeurs.

Cependant l'utilisation doit avoir une connaissance générale du fonctionnement des pompes afin d'effectuer le bon choix de la machine. Il faut surtout éviter le gaspillage d'énergie qui dû à l'utilisation des pompes mal adaptées aux installations [3].



FigureII.11 : schéma d'une pompe hydraulique [7].

II.3.2.2. Avantages et inconvénients des turbomachines :

II.3.2.2.1. Avantage des turbomachines :

- A caractéristiques égales, elles sont plus compactes que les machines volumétriques ;
- Leur rendement est souvent meilleur que celui des volumétrique ;
- Elles sont adaptées à une très large gamme de liquides ;
- Leur débit est régulier et le fonctionnement silencieux ;
- En cas de colmatage partiel ou d'obstruction de la conduite de refoulement, la pompe centrifuge ne subit aucun dommage et l'installation ne risque pas d'éclater. La pompe se comporte alors comme un agitateur…

II.3.2.2.2. Inconvénients des turbomachines :

- Impossibilité de pomper des liquides trop visqueux ;
- Production d'une pression différentielle peu élevée ;
- Elles ne sont pas auto-amorçages.

II.3.2.3. Classification des turbomachines :

Il est possible d'identifier et de classer les turbomachines à partir de caractères spécifiques :

- **Selon le sens de l'échange d'énergie**

• Une turbomachine est génératrice lorsqu'elle communique de l'énergie au fluide. Puisqu'elle consomme de l'énergie mécanique sur son arbre, elle doit être nécessairement accouplée à une autre machine jouant un rôle de moteur (moteur électrique, moteur Diesel, turbomachine réceptrice).

L'apport d'énergie au fluide s'accompagne d'une augmentation de sa pression, on parle alors de turbo machine génératrice ou de compression.

Ces turbomachines de compression se subdivisent en :

Pompes : dans lesquelles le fluide en mouvement est liquide → incompressible.

Ventilateurs : dans lesquels le fluide gazeux se comporte de manière incompressible

→ Sa variation de volume massique au cours de la traversée de la machine est négligeable.

Compresseurs : dans lesquelles la compressibilité du fluide gazeux intervient.

• Une turbomachine est réceptrice lorsqu'elle en reçoit de celui-ci.

Puisqu'elle recueille de l'énergie mécanique sur son arbre, elle doit être nécessairement accouplée à une autre machine jouant un rôle de machine entraînée (dynamo, alternateur, turbomachine génératrice).L'emprunt d'énergie est associé à une diminution de pression, on parle alors de turbomachine réceptrice ou de détente, Ces turbomachines de détente portent le nom de turbines.

- **Selon l'état du fluide** : Liquide ou gazeux
- **Selon le comportement du fluide :** Compressible ou incompressible
- **Selon le nombre d'étages :** Machines monocellulaires (mono-étage) ou multicellulaires (multi-étage).
- **Selon la nature de l'énergie échangée par le fluide dans le rotor :**

Comme l'énergie échangée avec le fluide transite entièrement par le rotor, elle se distribue à la traversée des canaux mobiles, entre une variation d'énergie piézométrique et une autre d'énergie cinétique.

On appelle degré de réaction le rapport exprimé en pourcent de cette variation d'énergie piézométrique dans le rotor à l'énergie totale échangée dans l'étage. Lorsque le degré de réaction est nul et que les canaux mobiles ne sont donc le siège que d'une variation d'énergie cinétique, la cellule est dite à action ; dans le cas contraire, plus général, elle est dite à réaction.

- **Selon le degré d'injection :** Injection totale ou partielle.
- **Selon les modes des déplacements des liquides à l'intérieur des pompes :** on classe ces dernières en deux grandes familles :

A. Les turbines.
B. Les turbo pompes.

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide. De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les pompes centrifuges.



FigureII.12 : Pompe centrifuge [7].



FigureII.13: Turbine à vapeur [7].

Les turbomachines sont représentées essentiellement par les turbopompes ainsi que les turbines hydrauliques qui entraînent des débits de fluide plus grands que les machines volumétriques, jouent dans ces conversions d'énergie un rôle important d'échangeur de travail entre le fluide évoluant d'une part et un organe mécanique d'autre part.

II.3.2.3.1. Les turbines :

II.3.2.3.1.1.Définition d'une turbine :

La turbine est une turbomachine c'est-à-dire une machine qui transforme partiellement l'énergie totale de l'écoulement d'un fluide en travail mécanique afin d'entraîner l'arbre d'un alternateur qui produit à son tour de l'électricité. Le fluide peut être :

- De la vapeur d'eau qui s'écoule dans la turbine d'une centrale thermique ou nucléaire (TAV).
- Un gaz qui s'écoule dans une turbine à gaz (TAG).
- De l'eau qui s'écoule dans la turbine d'une centrale hydraulique (TAE).

L'énergie entrante du fluide est caractérisée par sa vitesse, sa pression, son enthalpie. L'énergie mécanique sortante de la turbine entraîne un autre mécanisme rotatif comme un alternateur, un compresseur, une pompe, etc.

L'ensemble est alors respectivement appelé turbo-alternateur, turbocompresseur, turbopompe, etc [8].

II.3.2.3.1.2. Schéma de principe d'une turbine :

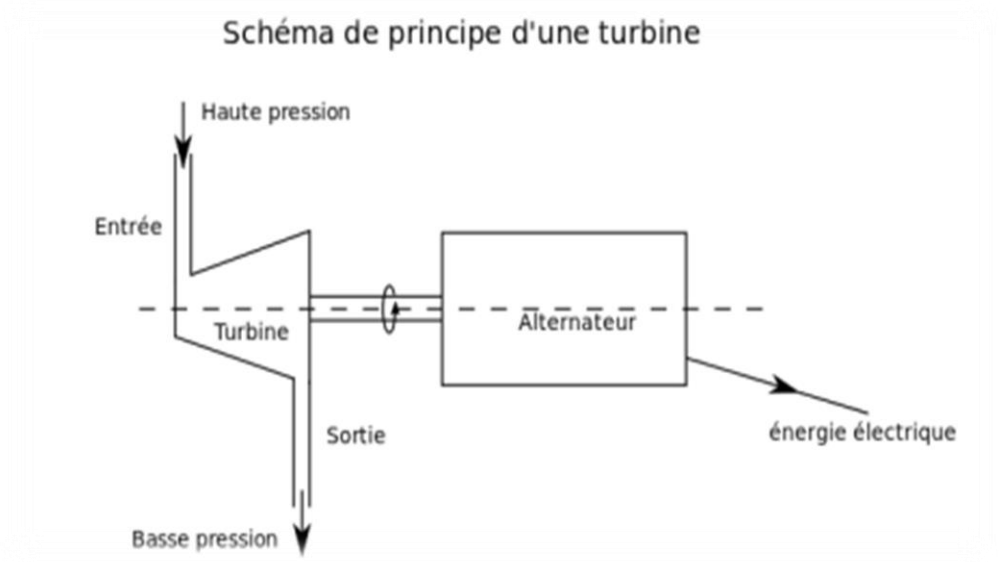


Figure II.14 : Schéma de principe d'une turbine (groupe turbine-alternateur)[8].

II.3.2.3.1.3. Turbines à gaz (TAG) :

Les turbines à gaz sont séparées en deux catégories selon la nature de la puissance récupérée du fluide en sortie de la turbine :

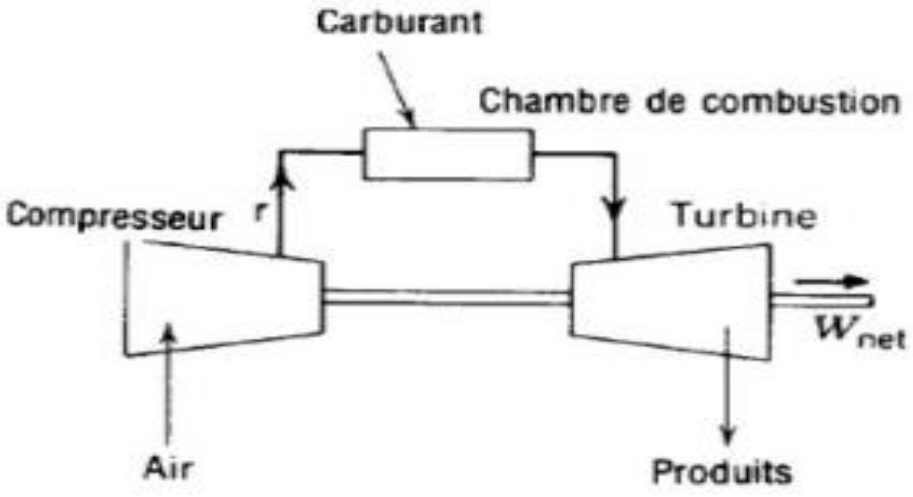
Lesturbomoteurs et turbopropulseurs : La turbine à gaz génère de la puissance mécanique extraite d'un arbre. Cet arbre peut entraîner un rotor d'hélicoptère, une hélice d'avion (turbopropulseur), un alternateur (groupe électrogène).

Les turboréacteurs : La turbine à gaz génère de l'´énergie cinétique sous forme d'un jet à haute vitesse qui sert à la propulsion des avions.

Les turbines à gaz fonctionnent habituellement selon un cycle ouvert (Fig. II.15):

- L'air atmosphérique s'engage dans le compresseur où il est comprimé à haute pression et à haute température.
- Il est ensuite admis dans la chambre de combustion.
- Les gaz chauds résultant de la combustion se détendent alors dans une turbine qui produit du travail mécanique.
- A la sortie de la turbine, les gaz sont évacués dans l'atmosphère [8].

Le cycle ouvert est complété.



FigureII.15: Cycle ouvert d'une turbine à gaz [8].

Le cycle ouvert de la turbine à gaz peut néanmoins être modélisé comme un cycle fermé si on admet les hypothèses d'air standard (Fig. П.16).

Les évolutions de compression et de détente demeurent inchangées. Toutefois, le phénomène de combustion est remplacé par une évolution de transmission de chaleur à pression constante d'une source externe au système, et l'évacuation des gaz à la sortie de la turbine est remplacée par une évolution de transmission de chaleur à pression constante du système au milieu extérieur. Ce cycle idéal est connu sous le nom de cycle de Brayton.

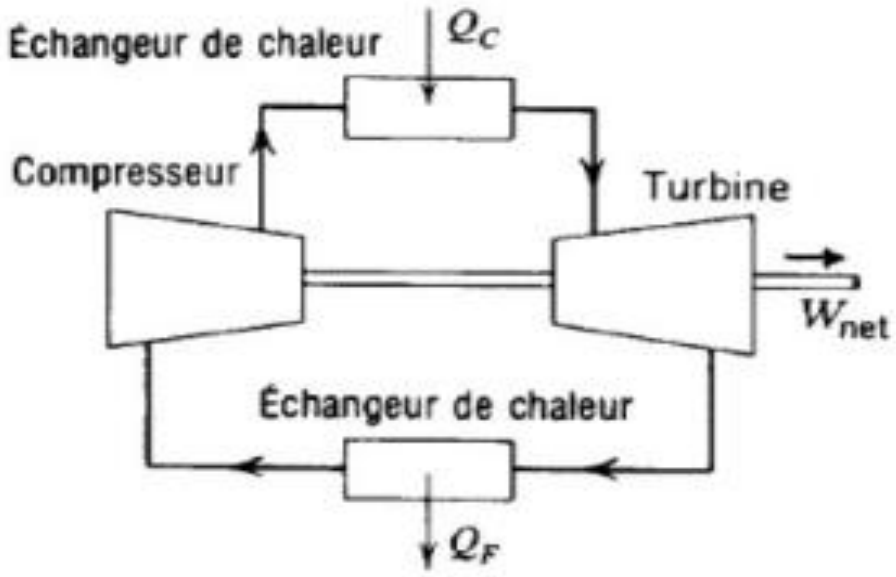


Figure. II.16: Cycle fermé d'une turbine à gaz [8].

Le cycle de Brayton : Comprend quatre évolutions réversibles intérieurement :

- Une compression isentropique (dans le compresseur).
- Un apport de chaleur à pression constante.
- Une détente isentropique (dans la turbine).
- Une évacuation de chaleur à pression constante.

Se déroule dans des machines avec écoulement en régime permanent dont la variation des énergies cinétique et potentielle est négligeable.

II.3.2.3.1.4. Turbines à vapeur (TAV) :

Un alternateur, une turbine et un fluide pour entraîner cette turbine sont les éléments principaux pour produire de l'électricité. Ce principe simple peut ensuite être décliné suivant le fluide utilisé, de l'eau pour les centrales hydrauliques, de la vapeur pour les centrales thermiques. Dans le cas de la vapeur, il reste à choisir le moyen qui permet de chauffer l'eau, en utilisant soit des combustibles fossiles (centrales thermiques), soit des réactions nucléaires (centrales nucléaires) [8].

Toute la complexité technologique mise en œuvre pour réaliser concrètement ces principes découle de la nécessité d'optimiser le cycle thermique et de construire des installations sûres.

Le fluide : vapeur d'eau, considérée comme un gaz réel.

Le cycle idéal correspondant à une centrale thermique élémentaire à vapeur d'eau est le cycle Rankine. Aucune irréversibilité intérieure n'intervient dans le cycle Rankine idéal. Quatre évolutions le composent (Fig. II.17) :

- Une compression isentropique (dans la pompe).
- Un apport de chaleur à pression constante (dans la chaudière).
- Une détente isentropique (dans la turbine).
- Une évacuation de chaleur à pression constante (dans le condenseur).

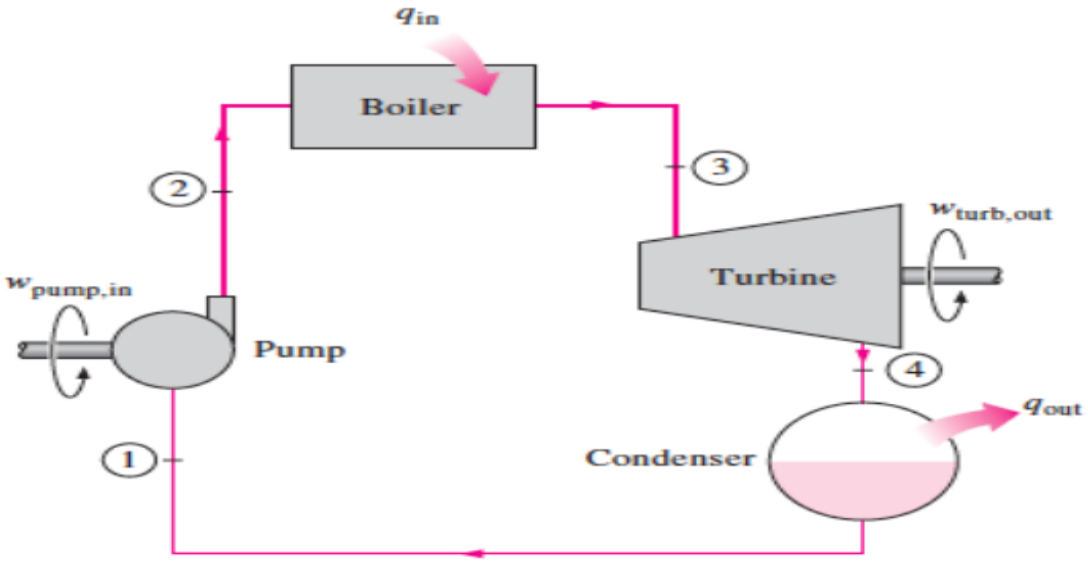


Figure. II.17: Cycle d'une turbine à vapeur [8].

II.3.2.3.2.Turbopompes:

Les pompes hydrodynamiques sont de construction très simple : en version de base, elles sont essentiellement constituées d'une pièce en rotation, le rotor appelé aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelé corps de pompe, nous pouvons aussi la définir comme étant une machine roto-dynamique qui sert à élever, par l'effet de rotation de la roue à aubes, la pression du fluide qui la traverse. C'est le type le plus couramment utilisé. Selon la classification basée sur la forme de la trajectoire à l'intérieur de la pompe (roues radiales, semi-radiales, axiales).

Une turbopompe est une machine dans laquelle l'énergie transmise au liquide est une énergie principalement cinétique, qui lui est communiquée par l'intermédiaire d'un rotor. Elles sont toutes rotatives. Ce sont des pompes centrifuges, à hélice (axiale) et hélico centrifuge.

- Les pompes centrifuges : Le mouvement du liquide est rigoureusement normal à l'axe, car il pénètre au centre de la roue et est projeté vers l'extérieur par l'action combinée de la force centrifuge et des aubes du rotor.
- Les pompes axiales : Dans ce type de pompes, le fluide est animé d'un mouvement parallèle à l'axe de la pompe.

- Les pompes hélico-centrifuge : Ce type de pompe à un impulser qui est intermédiaire entre les deux types extrêmes, centrifuge et à hélice ; le mouvement imprimé au liquide est donc à la fois centrifuge et axial

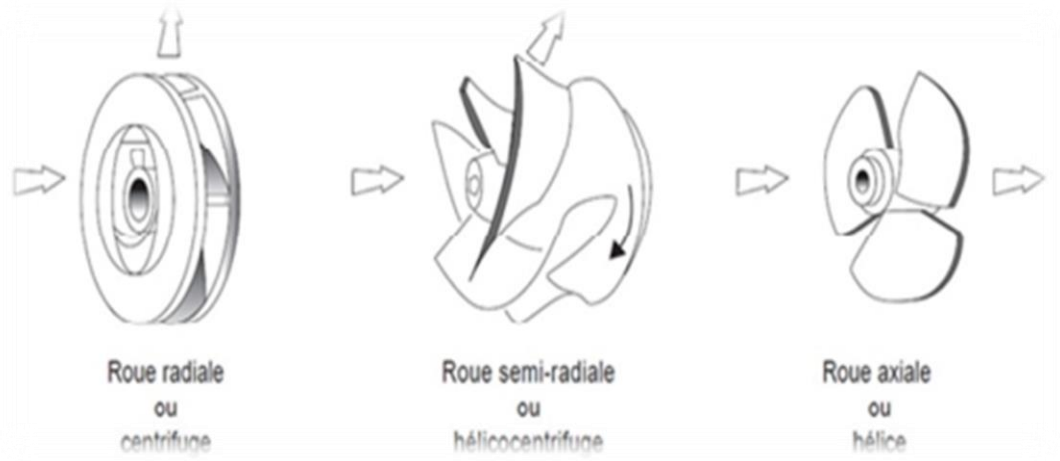


Figure. II.18 : Roue mobile de machines centrifuges, hélices et hélico centrifuges [9].

La diversité des produits et des solutions choisies donne un nombre très important de forme de roue et de corps de pompe.

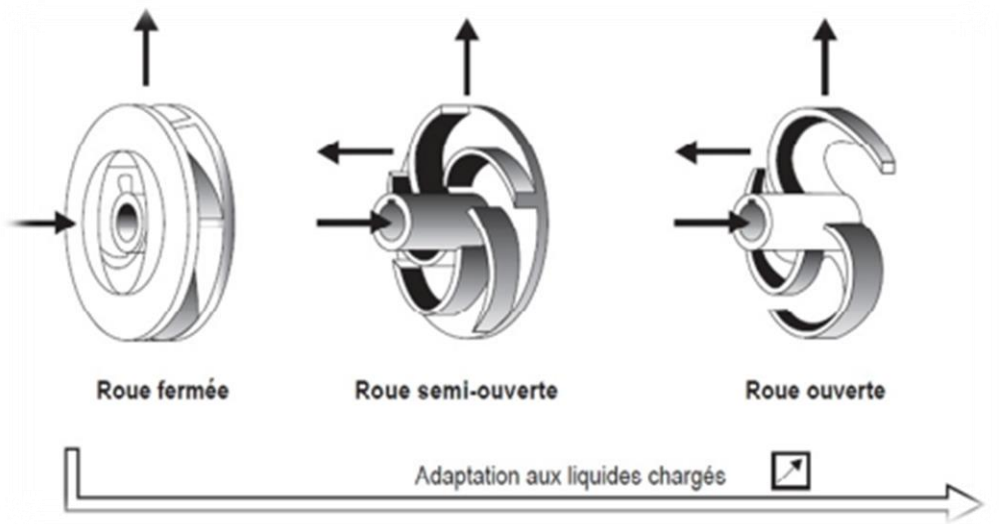


Figure. II.19 : Formes de différentes roues [9].

Remarque :

Le type que nous allons étudier dans ce mémoire c'est bien : les **pompes centrifuges**. Elles sont composées d'une roue à aubes qui tourne autour de son axe, d'un stator constitué au centre d'un distributeur qui dirige le fluide de manière adéquate à l'entrée de la roue, et d'un collecteur en forme de spirale disposé en sortie de la roue appelée volute. A la sortie et à l'aide d'un divergent, une grande partie de l'énergie cinétique se transforme en pression motrice.

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné une brève définition sur les pompes, puis nous avons décrit le principe de fonctionnement des pompes et leurs avantages et inconvénients et les différents types de chacun d'eux. Nous en concluons que n'importe quel type de pompe, la pompe hydraulique remplit essentiellement le même rôle, c'est celui de faire aspirer, accélérer et de refouler un liquide.

CHAPITRE III

Caractéristiques des pompes centrifuges

III.1. Introduction :

Les pompes centrifuges sont les types de pompes les plus utilisés dans les secteurs industriels, les secteurs qui les utilisent le plus sont l'industrie chimique, l'industrie cosmétique ou l'industrie alimentaire pour l'élaboration de tous types de produits, nous nous intéresserons donc dans ce chapitre aux pompes centrifuges.

III.2. Définition d'unepompe centrifuge :

Une pompe centrifuge est une machine tournante qui grâce à un rotor à aubes convenablement orientées augmente l'énergie cinétique et projette à l'aide de la force centrifuge le liquide à la périphérie sur la volute(figure III.1).

À la sortie et à l'aide d'un divergent, une grande partie de l'énergie cinétique se transforme en pression motrice [5].

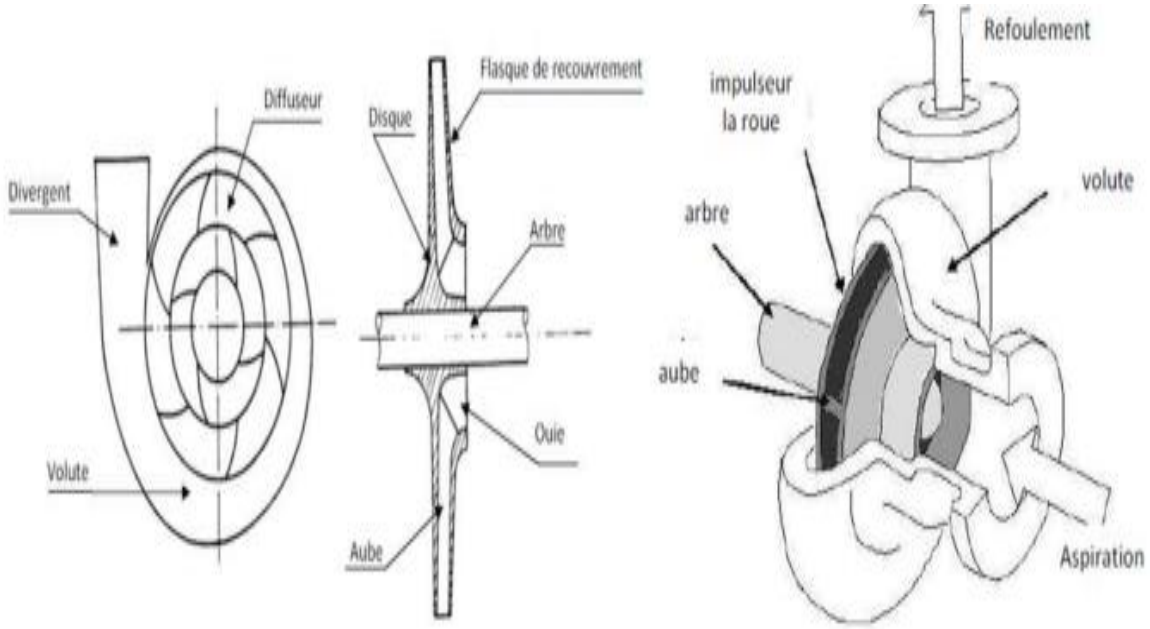


Figure III.1 : Schéma d'une Pompe centrifuge [10]**.**

Les pompes autant que machines, sont les pièces maîtresses qui donnent la vie aux unités de pétrole et au gaz. Leurs choix et leurs installations doivent faire l'objet de soins tout particulier de la part des services d'études, de même leur entretien requiert une des spécialistes très qualifiées, afin qu'elles puissent assurer dans les meilleures conditions un service continu pendant une longue durée.On distingue deux type de montages d'une pompe : en charge (réservoir d'aspiration au-dessus de la pompe) et le montage d'une pompe en aspiration (réservoir d'aspiration sous la pompe).

Une pompe est dite « montée en charge » si, lorsque le circuit est correctement disposé, elle se remplit toute seule du produit à pomper (bac d'aspiration situé au-dessus de la pompe, ou bac sous pression par ex).

Une pompe est dite « montée en aspiration » si son bac d'alimentation est situé en dessous du niveau de la pompe. Si elle est initialement vide de tout produit, elle doit donc se remplir de liquide avant de démarrer effectivement. Dans le cas où elle se remplit toute seule après démarrage, la pompe est dite auto-amorçante. Les pompes centrifuges ne sont généralement pas auto-amorçantes, elles doivent être remplies manuellement à l'aide d'un dispositif approprié (entonnoir, produit pris au refoulement...)

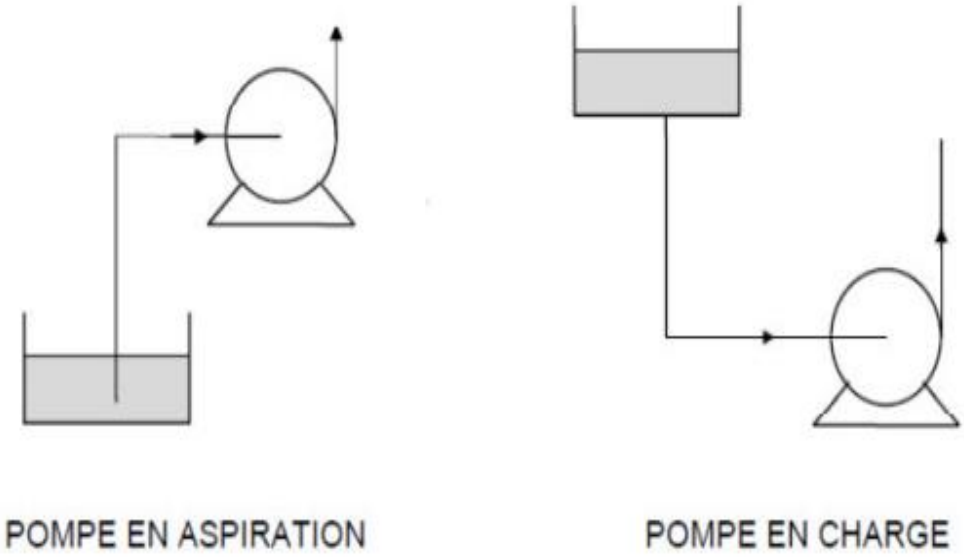


Figure III.2: Montages des pompes [3].

III.3. Différentes installations (en marche en série et en parallèle) :

Pour étudier le fonctionnement simultané de deux pompes sur un même circuit, en série ou en parallèle, on les remplace par une pompe dite équivalente dont la caractéristique est issue des caractéristiques des deux pompes de base[9].

III.3.1. Marches en série : Cette disposition se rencontre notamment :

• Sur les pipelines où les stations de pompage sont réparties ;

• Sur le circuit de charge composée généralement de deux pompes en série ;

• Sur les installations de pompage équipées d'une pompe "booster" servant à mettre sous pression l'aspiration de la pompe principale.

L'énergie fournie par deux pompes en série est la somme de l'énergie fournie par chacune d'elle. Le débit est le même pour les deux pompes[9].

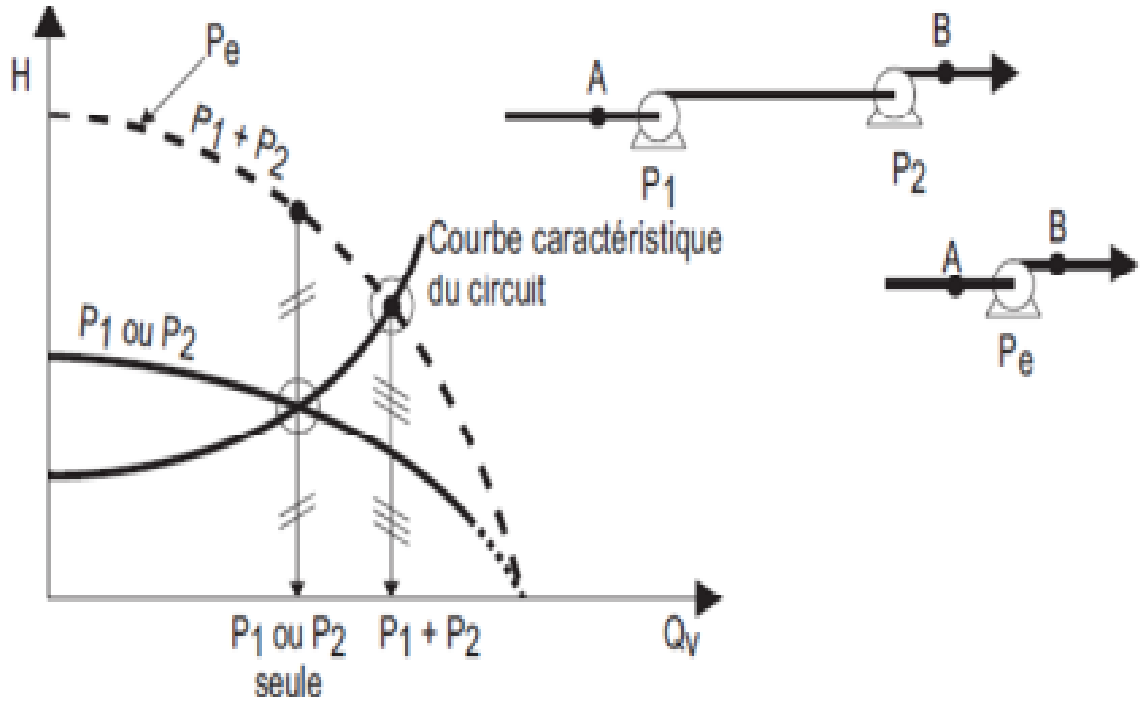
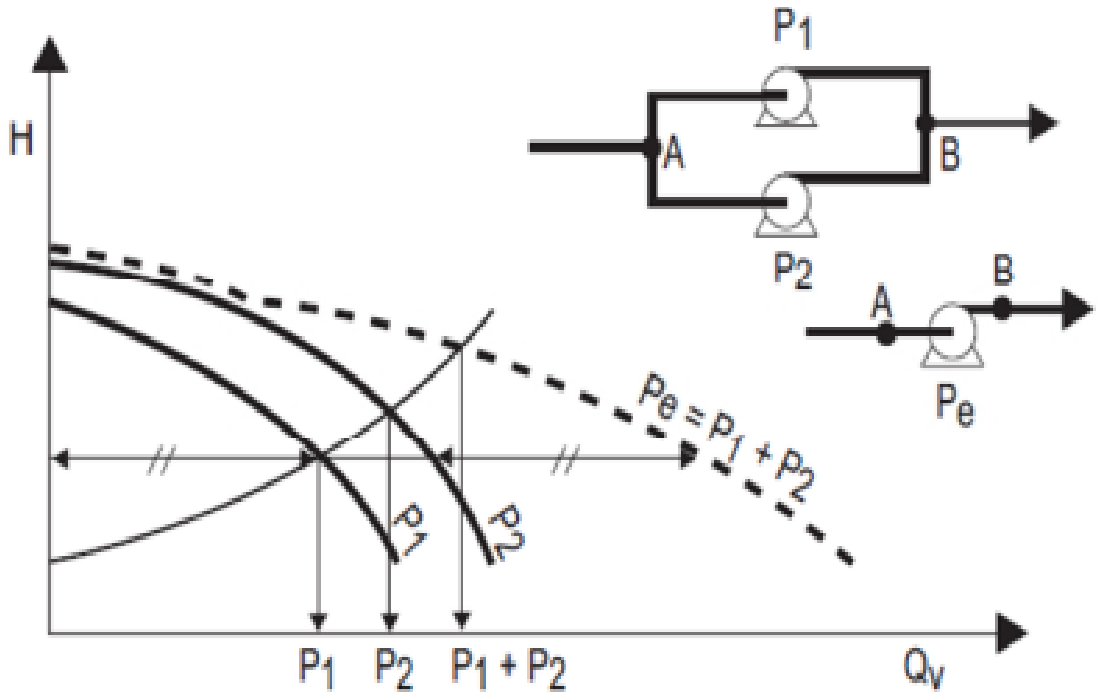


Figure III.3: Caractéristique de la pompe équivalente à deux pompes en série [9].

III.3.2. Marches en parallèle : Cette disposition est très courante car de nombreuses pompes sont doublées. Même si en principe elles ne fonctionnent pas simultanément, dans certaines phases d'exploitation cette marche en parallèle est utilisée : inversion de pompe, besoin de débit important. La différence de pression entre A et B est la même pour les 2 pompes. Le débit total est la somme du débit de chaque pompe. La caractéristique de la pompe équivalente à 2 pompes en parallèle est établie de la façon suivante [9]



FigureIII.4 : Marche en parallèle des pompes centrifuges[9].

L'exploitation de deux pompes en parallèle est assez délicate et peut conduire à des incidents notamment dus à l'absence de débit dans l'une d'elles. Cette disposition exige des pompes dont les caractéristiques sont voisines mais aussi des circuits identiques entre les points A et B. Le risque est qu'une pompe fournisse plus d'énergie que l'autre, ce qui empêche cette dernière de débiter. La règle de base pour éviter tout incident est de ne pas faire tourner les deux pompes si une seule est suffisante[9].

III.4. Avantages et Inconvénients des pompes centrifuges :

III.4. 1. Avantages des pompes centrifuges :

• construction simple, peu de composants mobiles, longue durée de service.

• débit de refoulement facile à ajuster par une soupape à la sortie de la pompe ou par la vitesse de rotation.

• vitesse de rotation élevée, entraînement direct possible par moteur électrique ou turbine.

• limiteur de pression intégré, pas de soupape de sécurité requise.

• fonctionnement très silencieux grâce à un bon équilibrage des masses et à l'absence de masses oscillantes.

• refoulement continu sans pulsations.

• acheminement possible de matières solides.

• conviennent à des puissances élevées.

• concentration élevée de la puissance et petit espace de construction [11].

III.4. 2. Inconvénients des pompes centrifuges :

• pas auto-amorçantes (des types spéciaux tels que la pompe à canal latéral peut être auto-amorçantes).

• risque de cavitation avec de l'eau chaude ou des pressions d'aspiration faibles.

• le débit volumétrique dépend de la pression de refoulement.

• plusieurs étages requis pour les pressions de refoulement élevées[11].

III.5. Domaine d'application :

Les pompes centrifuges sont les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

Leur utilisation est infiniment diversifiée, on ne s'intéresse donc ici qu'aux principales d'entre elles. Les grands domaines d'utilisations peuvent être cités comme suit :

- Hydro-électricité (barrage).
- Agriculture (irrigation des surfaces cultivées).
- Alimentation urbaine (réseau d'alimentation d'eau urbaine).
- Château d'eau.
- Industrie hydrocarbure (production du pétrole).
- Transport des hydrocarbures liquides.
- Industrie de traitement des hydrocarbures.
- Réseau de lutte contre l'incendie.

Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas, comme :

- Utilisation de liquides visqueux, la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.
- Utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tel que le lait).
- Utilisation comme pompe doseuse ; la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.

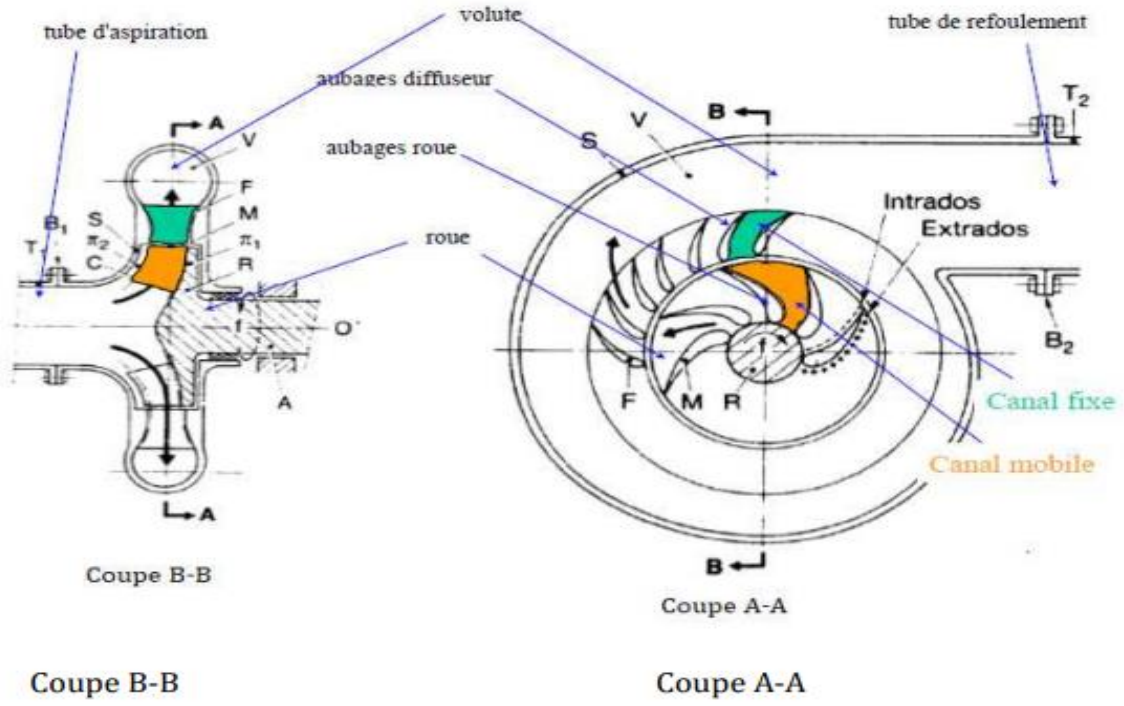
Ces types d'application nécessitent l'utilisation de pompes volumétriques.

Par contre à la plupart des pompes volumétriques, les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides [10].



FigureIII.5 : Pompe d'eau électrique pour l'irrigation [12].

III.6. Description d'une pompe centrifuge :



FigureIII.6: Schéma descriptif d'une pompe centrifuge[13].

La turbomachine est délimitée par les brides d'entrée B1 et de sortie B2, par lesquelles elles se raccordent aux tubes d'aspiration T1 et de refoulement T2. La partie active de la machine est constituée par la roue ou rotor qui comporte les aubes (appelées aussi ailettes ou pales) mobiles qui tournent à une vitesse constante ω autour de l'axe o-o'. L'espace entre deux aubes mobiles constitue un canal mobile.

De la fête de la rotation, les aubes mobiles exercent sur le fluide des efforts de pression. Ceci se traduit par l'existence d'une surpression le long de la face menante (extrados) et une dépression sur la face menée (intrados). Le travail des forces de pression ainsi engendrées nécessite l'apport d'énergie mécanique par le rotor. C'est ainsi qu'il y a un transfert d'énergie entre le rotor et le fluide pendent la traverser des canaux mobiles. Le transfert se manifeste par une augmentation de la pression et de l'énergie cinétique du fluide. La couronne d'aubes fixes qui porte le nom de diffuseur provoque l'augmentation de la pression par transformation d'une partie de son énergie cinétique. Enfin le fluide est récupéré dans un espace enroulé, nommé volute, dont sa section va en augmentant. Cet espace est utilisé dans certaine mesure pour une transformation complémentaire de l'énergie cinétique en énergie piézométrique [13].

III.7. Fonctionnement d'une pompe centrifuge :

Une pompe centrifuge dans sa forme la plus simple est constituée d'une roue munie d'ailettes radiales et tournantes à l'intérieur d'une enveloppe corps de pompe. Son principe de fonctionnement est d'utiliser la force centrifuge créée par la rotation de la roue pour transmettre au liquide pompé l'énergie. Le liquide à l'aspiration de la pompe se dirige vers le centre de l'impulseur (rotor) en rotation d'où il sera propulsé radicalement vers l'extérieur par la force centrifuge.

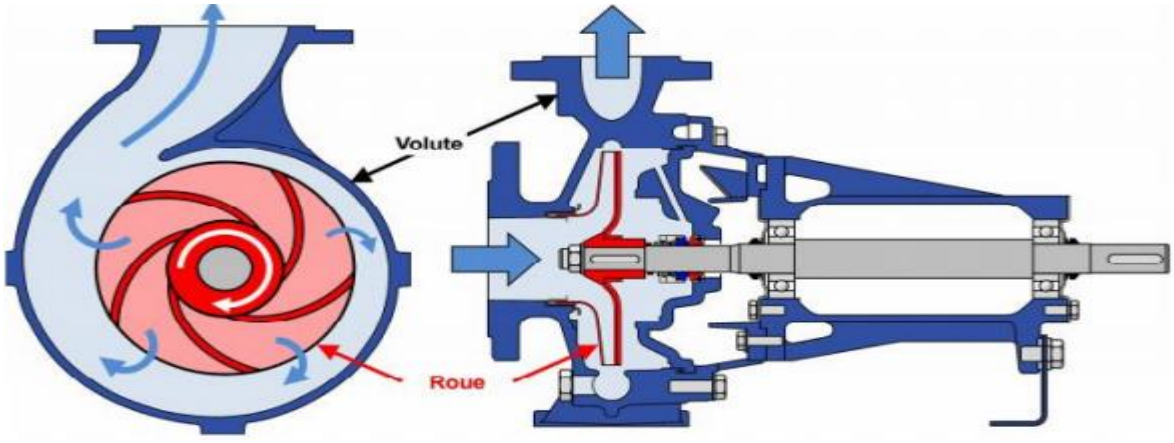
Par l'effet de la rotation de l'impulser, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement.

Les pompes ont pour fonction d'accroître la pression d'un liquide et de générer un débit. On peut décomposer le fonctionnement en trois étapes :

L'aspiration : Le liquide est aspiré au centre du rotor par une ouverture appelée distributeur dont le rôle est de conduire le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à la section d'entrée du rotor.La pompe étant amorcée, c'est-à-dire pleine de liquide, la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue et engendre ainsi une aspiration et maintient l'amorçage [10].

L'accélération : Le rotor transforme l'énergie mécanique appliquée à l'arbre de la machine en énergie cinétique. A la sortie du rotor, le fluide se trouve projeté dans la volute dont le but est de collecter le fluide et de le ramener dans la section de sortie. La section offerte au liquide étant de plus en plus grande, son énergie cinétique se transforme en énergie de pression [10].

Le refoulement : Dans l'élargissement en sortie, qui se comporte comme un divergent, le liquide perd de la vitesse au profit de l'accroissement de pression : l'énergie cinétique est Convertie en énergie de pression au niveau de diffuseur [10].



FigureIII.7 : Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge[7].

III.8. Mise en rotation du fluide dans une pompe centrifuge :

Le principe de base des pompes centrifuges repose sur la mise en rotation du fluide à pomper en le faisant circuler dans une roue tournant à une vitesse plus ou moins élevée (ω, en $tr.mn^{-1}$). Le fluide est admis au centre de la roue avec une pression dite pression d'aspiration. Lors de sa mise en rotation et de son déplacement vers la périphérie de la roue, sa vitesse et son énergie cinétique augmentent. La pression dynamique qui en résulte augmente donc également d'un terme du type $\rho v^2/2$[14].

A la périphérie de la roue, le fluide est canalisé vers la tuyauterie de refoulement par le biais d'une volute, et son ralentissement transforme une partie de la pression dynamique acquise ($Pd= \rho v^2/2$) en pression statique (Ps, en pascal) [14].

Pour être caractéristique de la pompe et indépendant du fluide pompé, le gain de pression dynamique fourni par la pompe centrifuge ($Pd= \rho v^2/2$) est en général exprimé en hauteur de fluide (mCL pour mètre de colonne de liquide) et nommé **HMT** pour Hauteur Manométrique Totale. Son expression est fonction du terme $v^2/2g$.

En considérant de façon grossière que la vitesse du fluide en sortie de roue est égale à la vitesse périphérique de la roue, la HMT peut alors être estimée grossièrement par le terme $(2 \pi R \omega)^2 /2g$ [14].

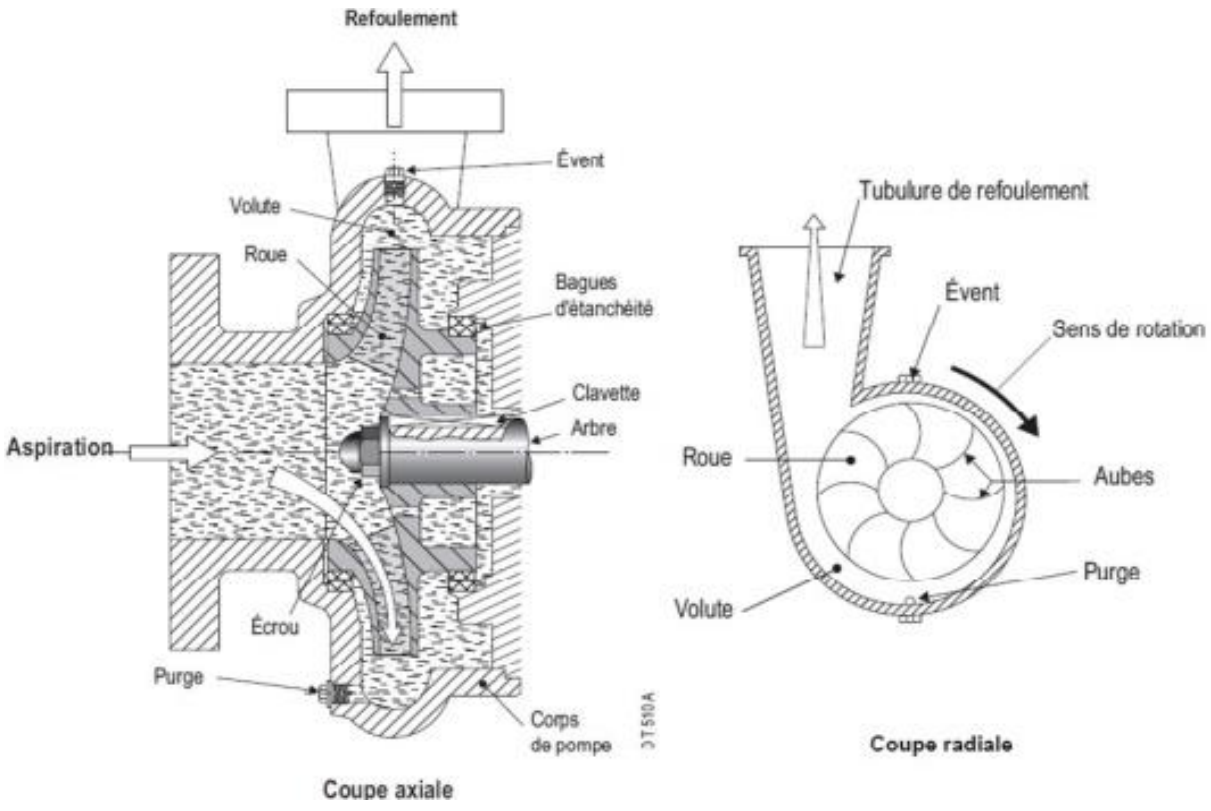


Figure III.8: Circulation du liquide et les pièces hydrauliques d'une pompe centrifuge simple [9].

III.9. Classification des pompes centrifuges :

On classe les pompes centrifuges d'après le principe de fonctionnement :

a) Disposition de l'axe :

- les pompes à axe horizontale.
- les pompes à axe vertical (pompes immerges).

b) la forme de la roue :

- Simple aspiration(Fig. III.9)

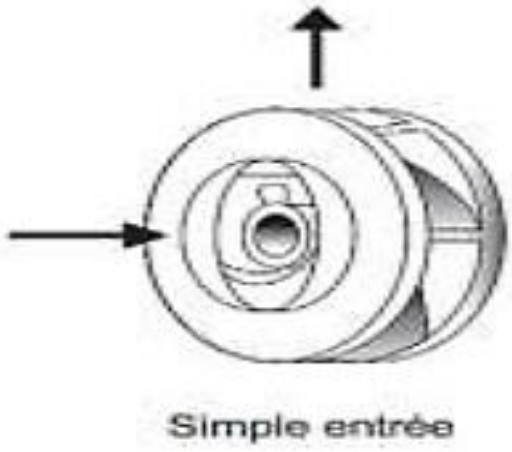


Figure III.9 : Roue à simple aspiration [15].

- Double aspiration (Fig. III.10)

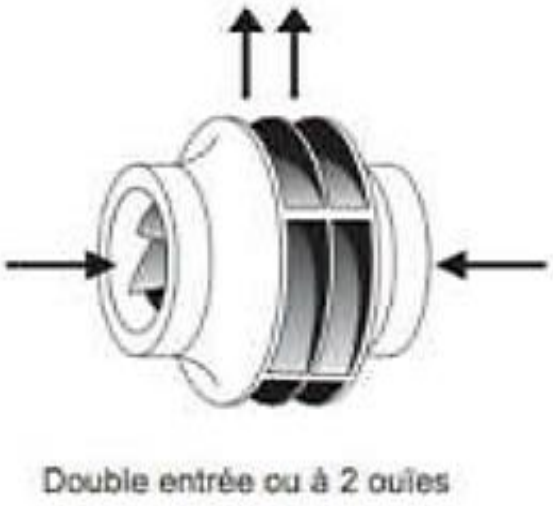


Figure III.10 : Roue à double aspiration [15].

c) nombres des roues : Le nombre des roues correspondant au nombre d'étages :

- monocellulaire ou mon-étage (Fig. III.11).
- multicellulaire ou multi-étages (Fig. III.12).

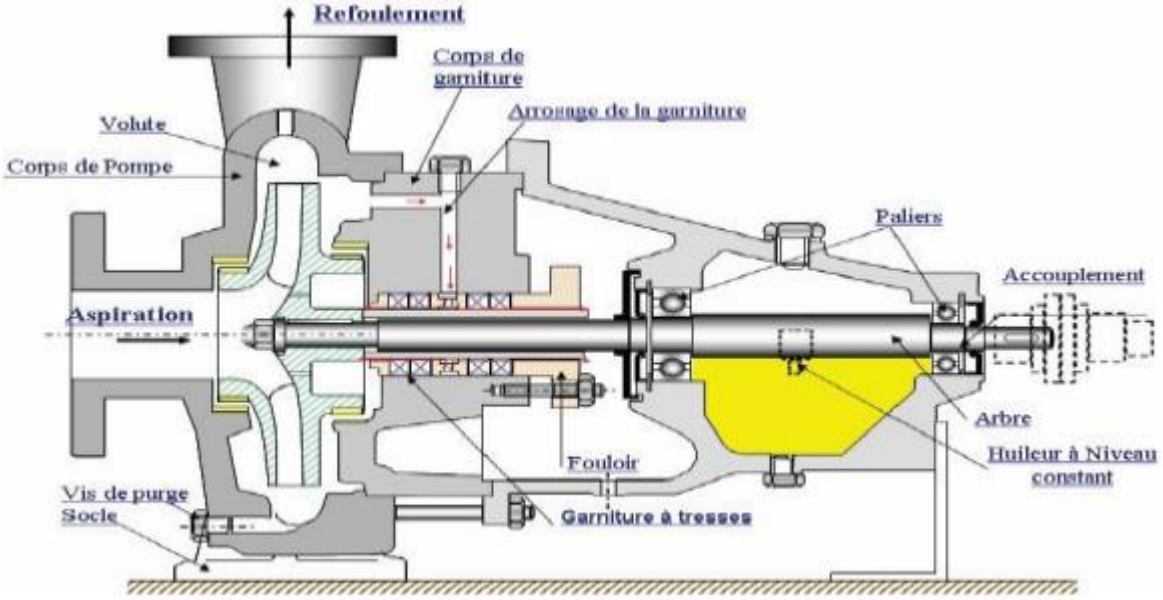


Figure III.11 : Pompe centrifuge mono-étage[3].

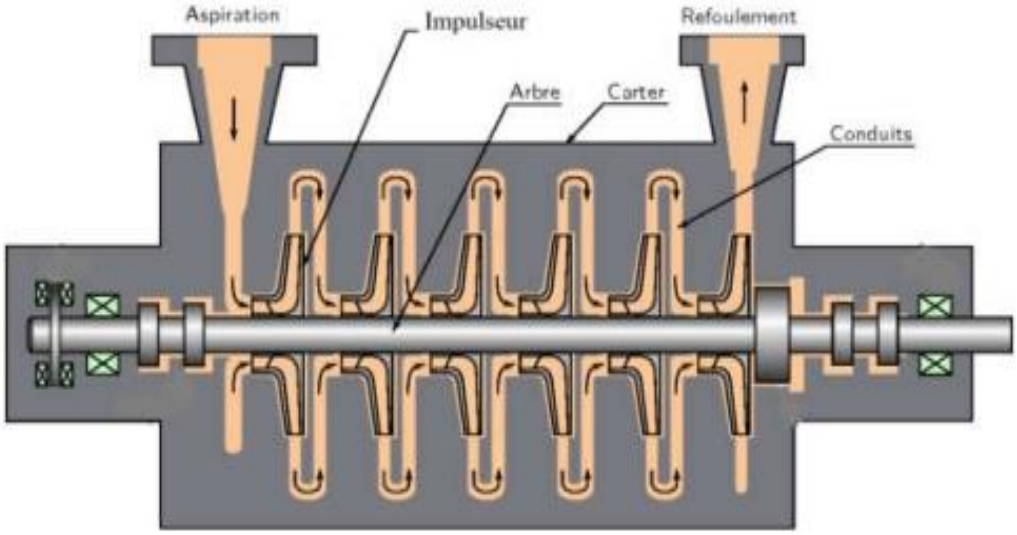


Figure III.12 : Pompe centrifuge multi-étages[15].

d) La pression engendrée :

- Faible pression.
- Forte pression.

e) Moyen d'accouplement :

- Par chaine.
- Par engrenage.
- Par bride.
- Par courroie.

f) Type du récupérateur :

- Volute.
- Diffuseur.

g) Usage :

- Pompe à usage normale.
- Pompe à boue.
- Pompe à acide.
- Pompe à mazout et essence [15].

h) Moyen d'entrainement :

- Par moteur électrique (Fig. III.13).
- Par moteur diesel ou essence (Fig. III.14).
- Par turbine à vapeur ou à gaz.



Figure III.13 : pompe centrifuge à entrainement Électrique.

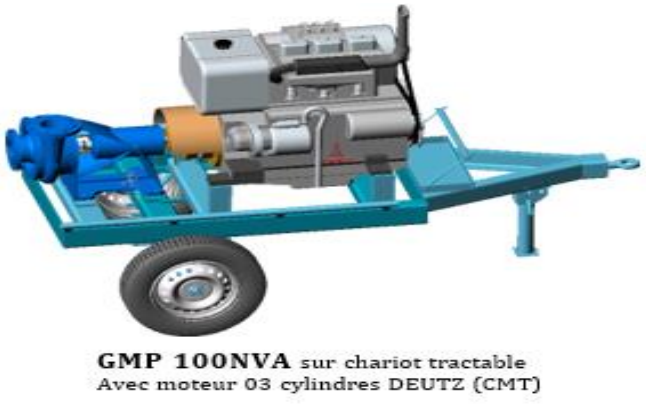


Figure III.14 : pompe centrifuge à entrainement Thermique.

III.10. Théorie fondamentale de la pompe centrifuge :

Les principaux paramètres qui caractérisent une pompe sont :

- Le débit volumique **Qv**.
- La hauteur manométrique**H_m**.
- La puissance **Ƥ**.
- Le rendement **η**.

« Afin de caractériser une pompe, la hauteur manométriquetotaleHMT, la puissance Ƥ et le rendement η sont tracés en fonction du débit Qv ».

III.10.1.Débit volumique Qv:

Le débit volumique« **Qv**» caractérise la quantité d'eau en niveau de l'aspiration de la pompe par le temps.

Le débit Q mesuré par le débitmètre est égal à :

$$Q = \frac{\mathrm{QFS}}{100} \times \mathrm{VL} \qquad \text{(III.1)}$$

VL= valeur indiquée sur le débitmètre.

QFS=débit de fin d'échelle de débitmètre électromagnétique en (L/min). Il est déterminé comme suite :

$$QFS = \mathrm{K} \times \mathrm{V} \qquad \text{(III.2)}$$

K : coefficient fixe égale à 1000

V : vitesse de liquide exprimée en m/sec.

NB : la vitesse de liquide osciller entre une valeur minimum de 0.5 m/s et une valeur maximum de 10m/s.

.

III.10.2. La hauteur manométrique totale :

On appelle hauteur manométrique totale de la pompe HMT d'une pompe, l'énergie fournie par la pompe à l'unité de poids du liquide qui la traverse. Si H_{TA} est la charge totale du liquide à l'aspiration et H_{TR} la charge totale du fluide à l'orifice du refoulement, la hauteur manométrique de la pompe est :

$$HMT = H_{TR} - H_{TA} \qquad \text{(III.3)}$$

La hauteur manométrique est généralement exprimée en hauteur de colonne d'eau (mètre de colonne d'eau : mCE). Pour déterminer la hauteur manométrique il faudra bien faire attention de considérer les pressions totalesP_{asp}(pression d'aspiration) et P_{ref}(pression de refoulement). Elleest obtenue par l'addition de la hauteur manométrique indiquée par le manomètre et le niveau dans le bassin d'essais, La hauteur manométrique totale de la pompe en mètres est donnée par la formule suivante :

$$HMT = \left(P_{asp} + P_{ref}\right) \times 10.2 + \left(C_{ref} + C_{asp}\right) + \left(Z_{ref} - Z_{asp}\right) \qquad \text{(III.4)}$$

1bar = 10.2 mètres colonne d'eau.

La hauteur varie avec le débit et est représentée par la courbe caractéristique [15].

$$\mathrm{H} = f(Q_v) \qquad \text{(III.5)}$$

Remarque : Lorsque l'on ferme progressivement la vanne, le débit Q dans le circuit diminue mais la différence de pression augmente, et on remarquera aussi que l'augmentation d'un débit dans une conduite cause ce qu'on appelle des pertes de charges qui sont dues aux frottements singularités (vannes, clapets…) et dissipations liées à l'écoulement. Donc, plus le débit est important, plus les frottements sont élevés et les pertes de charges aussi [15].

III.10.3.Puissance Ƥ :

La puissance absorbée : la puissance disponible au niveau de l'arbre d'entrainement de la roue de la pompe est la puissance absorbée P_a par l'électropompe (pompe et moteur) acquis à partir de la capacité initiale sélectionnée pour l'essai de cette pompe sa formule est déterminée comme suit :

$$P_A = \sqrt{3}.\,U.\,I.\,Cos\varphi \qquad \text{(III.6)}$$

La puissance utile : La puissance transmise au fluide est appelée puissance hydraulique utile P_u. Au point de refoulement de la pompe, sa formule est déterminée comme suite :

$$P_U = \frac{Q \times HMTx2.725}{1000} \qquad \text{(III.7)}$$

III.10.4. Rendement η :

Le rendement **η** d'une pompe est le rapport de la puissance totale utile Ƥ (puissance hydraulique) communiquée au liquide pompé à la puissance absorbée P_a par la pompe (en bout d'arbre) ou par le groupe (aux bornes du moteur).

Rendement total d'électropompe : Le rendement total d'électropompe est donné par la formule suivante :

$$\eta_{total} = \frac{P_U x100}{P_A} \qquad \text{(III.8)}$$

Rendement de la pompe : Le rendement de la pompe essaie est donné par la formule suivante :

$$\eta_{pompe} = \frac{Q.HMT}{367.P_A} \qquad \text{(III.9)}$$

Ou

$$\eta_{pompe} = \frac{\eta_{total}}{\eta_{moteur}} \qquad \text{(III.10)}$$

On notera que :

Le rendement de la pompe varie et passe par un maximum pour le débit maximal autour duquel la pompe doit être utilisée [15].

Les pompes centrifuges sont des appareils qui reçoivent de l'énergie afin de la restituer, au cours de ce transfert ces appareils présentant de pertes de différentes origines. Ces pertes ont une influence négative sur celle-ci, c'est-à-dire de diminuées le rendement global. Donc pour rendre ces appareils plus performantes, il faut améliorer leurs rendements cela n'est pas simple à effectuer, vu la multitude des paramètres qui rentrent en jeu (rugosité des conduites, frottement de l'arbre, vitesse de rotation…).

III.11. Point de fonctionnement :

Le point de fonctionnement d'une pompe centrifuge est le point d'intersection de la courbe débit-hauteur de la pompe et de la courbe caractéristique de réseau par lequel le débit(Q) et la hauteur manométrique de la pompe (HMT) sont déterminés. Le point de fonctionnement ne peut être modifié que par la modification de la courbe caractéristique de réseau ou par celle de la courbe débit-hauteur de la pompe [9].

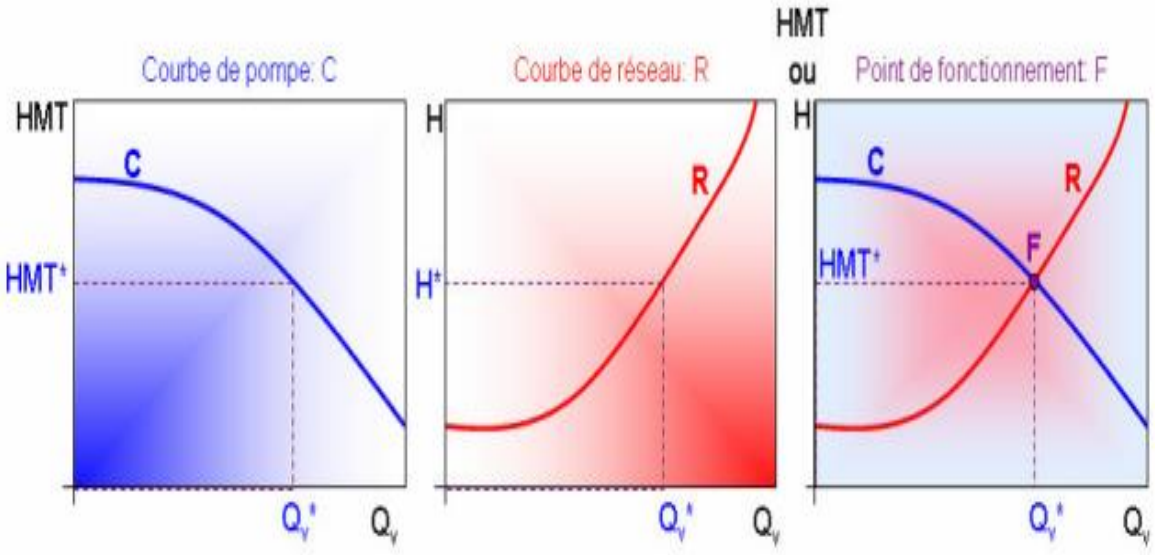


Figure III.15 :point de fonctionnement d'une pompe[3].

Remarque: Les effets de ces mesures sur la modification de la courbe caractéristique ne peuvent être prévus que pour un fonctionnement sans cavitation [9].

III.12. Phénomène de cavitation :

III.12.1.Définition :

On appelle cavitation d'une pompe centrifuge la vaporisation, à l'entrée de la roue, d'une partie du liquide pompé. C'est en effet en ce point que la pression est en général la plus basse (mais pas toujours, voire cavitation dans les lignes, pipeline...) [16].

On considère en général que cette vaporisation est liée au fait que la pression statique tombe en dessous de la pression de vapeur saturante du fluide pompé. En réalité, il s'agit parfois de la création de bulles de gaz dissous dans le liquide (cas de l'eau notamment), on parle alors de cavitation apparente.

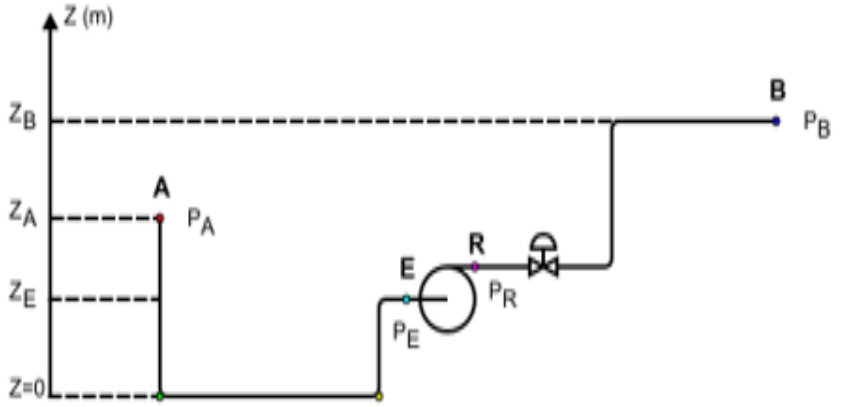


Figure III.16 : Schéma simplifié du circuit [16].

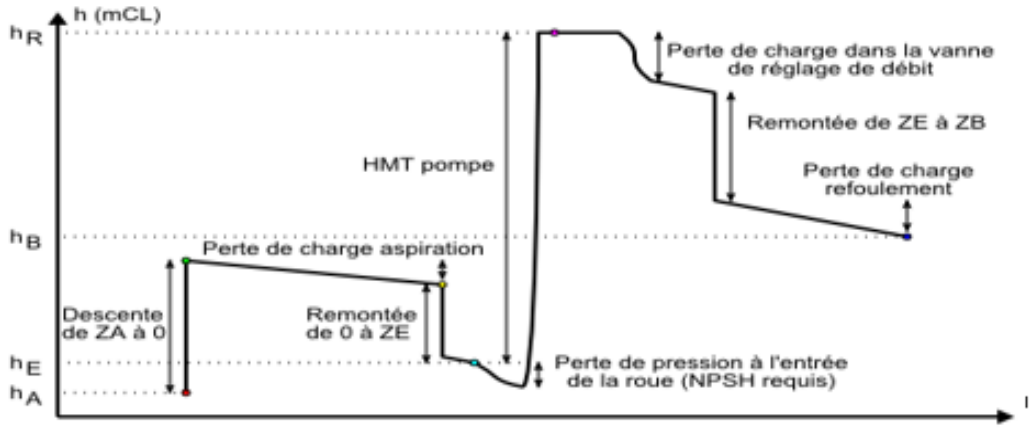


Figure III.17 : Evolution de la pression dans le circuit exprimé en hauteur de fluide h (mCL)[16].

Les effets de la cavitation peuvent être très néfastes pour la pompe :

- La création de bulle de vapeur à l'aspiration s'accompagnant de leur condensation brutale dans ou en sortie de roue, lorsque la pression remonte,
- Implosion des bulles de vapeur au niveau de la roue,
- Vibrations anormales,
- Bruit anormal (pompage de caillou),
- Destruction des garnitures d'étanchéité suite aux vibrations,
- Arrachement de matière dans les zones d'implosion,
- Chute du débit pompé lorsqu'apparaît le phénomène de cavitation.

La cavitation peut être prévue par le calcul du NPSH disponible à l'aspiration de la pompe, et sa comparaison avec le NPSH requis par la pompe. La cavitation apparaît pour [16] :

$$NPSH_{dispo} = NPSH_{requis}$$



Figure III.18 : Effet de la cavitation (et/ou érosion) sur la roue d'une pompe centrifuge[16].



Figure III.19 : Cavitation d'une hélice de Propulsion marine [16].



Figure III.20 : Roue soumise à cavitation [16].

III.12.2.Courbe NPSH disponible et NPSH requis :

(" **N**et **P**ositive **S**uction **H**ead" en anglais ou bien "charge net à l'aspiration").

Afin d'assurer une longue vie de la pompe il faut éviter le phénomène de cavitation, pour cela on est amené à construire la courbe (NPSH) d et (NPSH) r, Les indices (d) et (r) désignent respectivement (disponible et requis).

Pour échapper à ce phénomène, il faut qu'à la section d'aspiration la pression ne soit pas inférieure à la tension de vapeur. Ainsi le constructeur de la pompe fourni la courbe de (NPSH) r, qui est une courbe caractéristique indépendante de l'installation de la machine. Mais établie en fonction des conditions de débits et de vitesse donnée il dépond seulement de la construction interne de la pompe, De même on définit la notion de NPSH disponible dont dispose la pompe par conditions d'installation (nature et pression du liquide, température, diamètre, hauteur du niveau et formes des tuyauteries etc…).

En pratique, pour qu'une pompe puisse fonctionner normalement (sans cavitation), il faut calculer le NPSH disponible qu'il est bien supérieur au NPSH requis (qu'on aura déterminé à l'aide de la courbe fournie par le constructeur) [17].

En fin pour qu'une installation fonctionne correctement il est nécessaire que :

$$NPSH_{dispo} = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P_e}{\rho g} + Z_a - J_{asp} \qquad \text{(III.11)}$$

NPSH disponible > NPSH requis → sans cavitation.

NPSH disponible ≤ NPSH requis → avec cavitation.

« Onprendgénéralementunesécuritésupplémentaired'environ1m. »

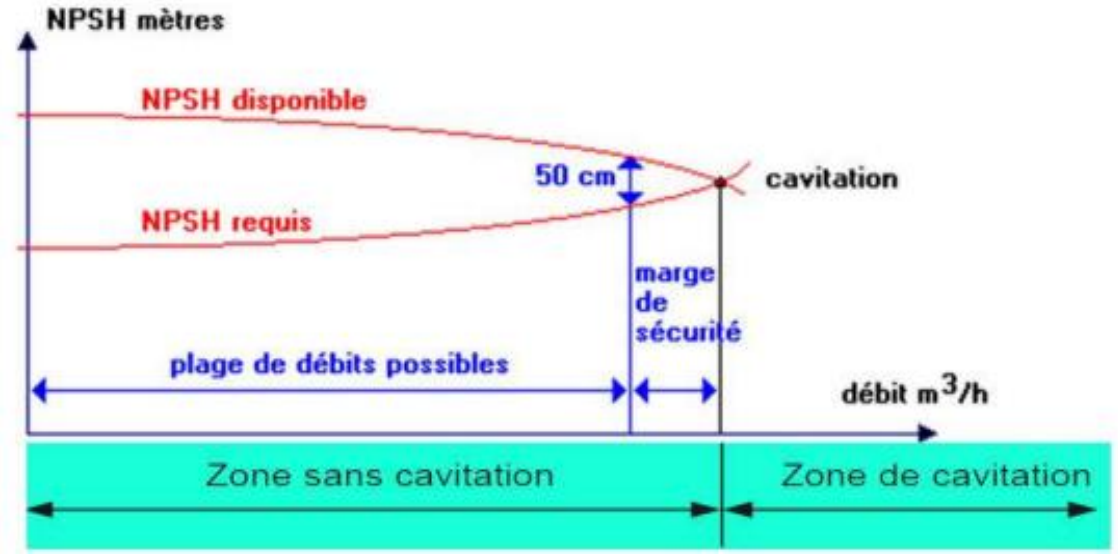


Figure III.21 : Variation du NPSH requis et NPSH disponible avec le débit circulé par la pompe[15].

III.13. Etude de cas :

Les pompes centrifuges les plus universellement utilisées, laissent volontairement de côté les pompes volumétriques. Le développement des pompes centrifuges a été très rapide grâce aux progrès réalisés dans l'emploi de la force électrique accouplées aux moteurs électriques elles constituent des groupes légers, peu encombrants, peu couteux et d'un très bon rendement.

C'est pour cette raison que nous avons étudié les performances des pompes centrifuges type **NVA**, dans le cadre du stage pratique effectué dans l'unité de pompes de POVAL.

III.13.1. Objectif du stage :

Pendant mon stage au sein de l'unité de pompes de POVAL, le but de cette expérience est l'étude des caractéristiques fondamentales d'une pompe centrifuge.

- Tracer la courbe qui représente la variation de la hauteur en fonction du débit $H = f(Q)$
- Tracer la courbe qui représente la variation de la pression en fonction du débit $P = f(Q)$
- Tracer la courbe qui représente la variation du rendement en fonction du débit $\eta = f(Q)$

Avec un nombre de rotation de la pompe donné.

Ces essais sont effectués sur le banc d'essai de référence : (584034 poste d'essai 7 CFI 335).

III.13.2.Description d'une pompe NVA :

La pompe centrifuge employée aux essais est une pompe monocellulaire de surface horizontale NVA de production nationale (ou NVA est une désignation de POVAL). C'est une pompe de type centrifuge (radiale) elle est menue d'une seule roue de type fermée qui est montée en porte -a- faux l'aspiration se fait suivant l'axe de la pompe. Dans ce qui suit, les pompes NVA sont l'objet de notre étude.

Les pompes NVA se distinguent par leur conception moderne simple et légère, ainsi que par leurs caractéristiques hydrauliques excellentes assurant un fonctionnement économique. Ces pompes sont conçues pour refouler des eaux ayant :

- Une teneur de 5% de matières en suspension (boues).
- Des additions mécaniques (sables) teneur de 2% et de granulométrie de 0.5mm.
- Une température pouvant aller jusqu'à 80°C.
- Une acidité de PH=6, calculée à 20°C.

Les pompes NVA peuvent être accouplées à un moteur électrique, soit un moteur thermique, la plaque de base est en fonte dans le cas d'un accouplement électrique si non en mécano-soudé.

III.13.3.Présentation d'une coupe de pompe centrifuge NVAavec le rôle de chaque organe :

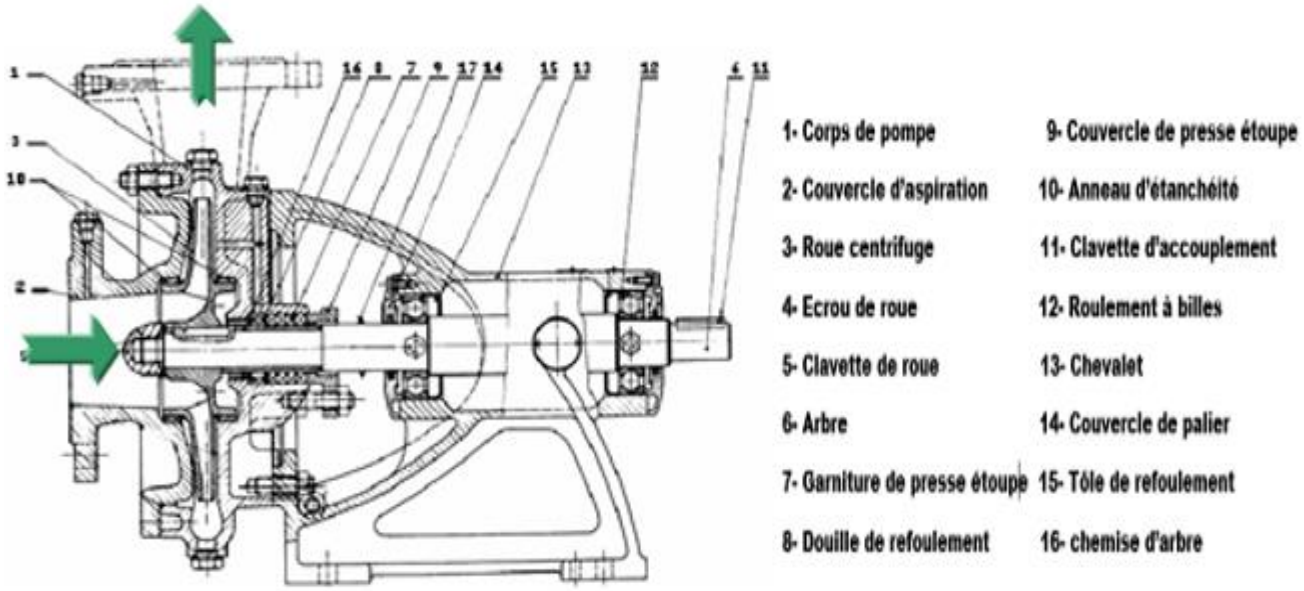


Figure III.22 : Vue en coup d'une pompe NVA avec sa nomenclature.

La pompe NVA est de construction très simple en version de base. Elle est essentiellement constituée d'une pièce en rotation le rotor appelée aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelée corps de pompe ou volute. La coupe de cette pompe est représentée sur la fig. (III 22) avec la répartition des différents organes qu'ellepossède. Le rôle de chaque organe est le suivant :

•Le corps de pompe : construit en fonte, en générale, en un seul bloc pour les pompes monocellulaires horizontales, il dirige le liquide vers la roue et l'on éloigne à nouveau sous une plus haute pression et il comprend :

- Une tubulaire d'aspiration.
- Une tubulaire de refoulement.
- Des presse-étoupes au passage de l'arbre sur lesquels est montée la roue.
- Des bagues d'étanchéités sont montées sur la roue et sur le corps de la pompe afin de diminuer les fuites.

•La roue :(organe mobile), C'est un organe qui transforme l'énergie mécanique reçue par le moteur en énergie hydraulique.

•L'écrou de roue centrifuge et clavette:Leur rôle est de fixer la roue avec l'arbre pour transmettre la rotation.

•L'arbre : C'est un organe qui fait transmettre le mouvemente rotation du moteur à la roue.

•La garniture de presse-étoupe:Est un dispositif empêchant un fluide sous pression de s'échapper par les interstices d'un joint et d'assure une certaine fuite.

•La douille: C'est la partie creuse qui protège le cops de la pompe et le frottement des tresses de coton avec l'arbre (pièce intermédiaire).

•Le couvercle de presse-étoupe :C'est un organe qui empêche le presse-étoupe de translater et de procéder au réglage du débit de fuite.

•La clavette d'accouplement: Elle sert d'accoupler le moteur à l'arbre.

•Le roulement à billes : A pour rôle de minimiser les frottements mécaniques et centrer la rotation.

•Le corps de chevalet : Organe portant toutes les pièces de la pompe et constitue aussi un support de fixation.

•Le couvercle de palier:C'est un assemblage de pièces roulements, couvercles, cerclips, et vis de graissage.

•La douille de protection :A travers laquelle pénètre l'arbre, son rôle est de protéger l'arbre contre les frottements.

Les caractéristiques nominales et les performances hydrauliques, ainsi la plage d'utilisation et de fonctionnement et l'exemple d'installation de la pompe centrifuge **NVA 40** sont donnés en **Annexe B**.

III.14.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différents composants d'une pompe centrifuge, leur description et leur principe fonctionnement, ainsi que leurs principales caractéristiques.Nous avons également présenté les différentes installations des pompes centrifuges, leurs utilisations et leur théorie fondamentale. En résumé, les pompes centrifuges permettent d'obtenir des débits élevés, pour un faible cout, avec un rendement moyen. Dans le chapitre suivant nous allons-nous intéresser aux calculs et vérifications dans une pompe centrifuge type **NVA 40**.

CHAPITRE IV

Etude des performances
des pompes centrifuges

Ⅳ.1.Introduction:

Les installations d'essais de pompes, telles que des installations d'essai du fabricant de pompes ou des laboratoires. Un accord particulier est nécessaire pour les essais de performance sur site à condition que toutes les exigences de la présente norme internationale soient satisfaites.

Les tests hydrauliques accrédités et réglementés pour les pompes selon les normes internationales, nécessitent un document simplifié pour savoir comment calculer estimer les résultats des tests pour satisfaire le client et garantir des résultats précis dans le rapport d'essai ; Ce document est une référence de base sur la façon d'estimation et les calculs nécessaires des paramètres hydrauliques et électriques résultant du processus de test de l'électropompe en notre banc d'essais et d'accepter ces résultats.Il contient suffisamment d'informations pour obtenir des résultats précis et comment les accepter.Sa présence spécifie les mesurages et l'estimation de résultat d'essai dans notre band, aussi les critères d'acceptation cette résultat par des manières réglementées de la norme technique iso 9906-2012 (F) niveau de réception 3B[18].

Les normes sont synonymes de connaissance. Ce sont de puissants outils pour stimuler l'innovation et accroître la productivité. Elles contribuent à mieux faire réussir les entreprises et à rendre la vie quotidienne plus facile, sûre et saine.

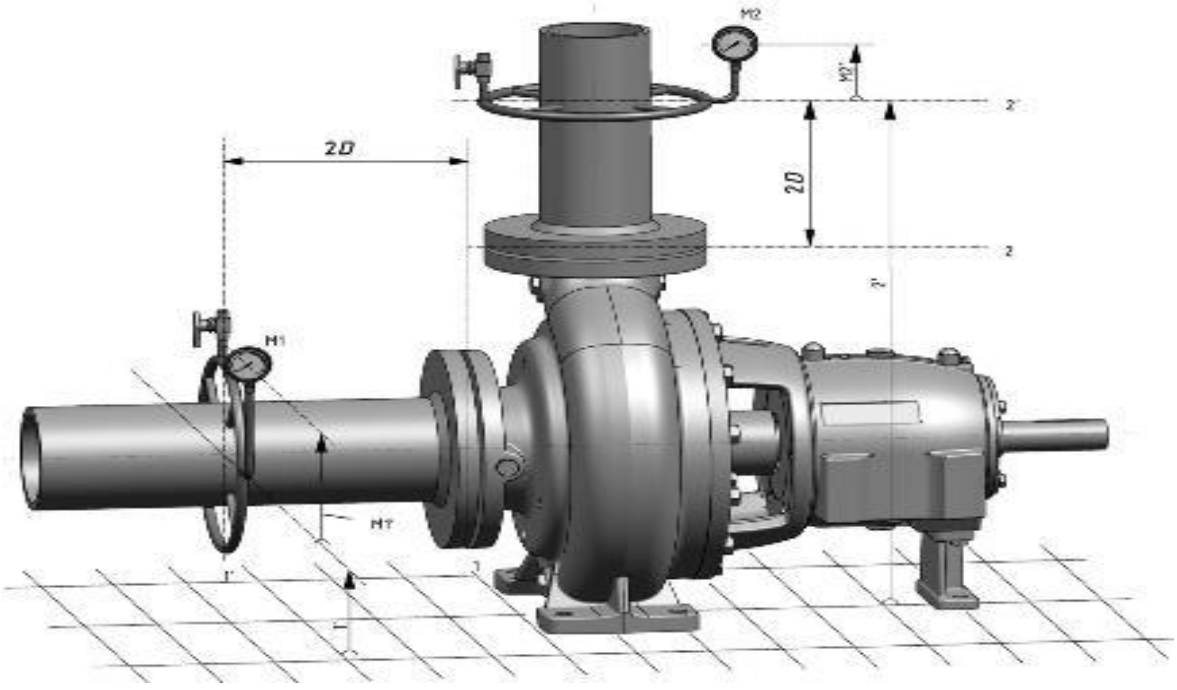


Figure.Ⅳ.1 :installation d'une pompe centrifuge norme 9906[19].

IV.2.Environnement de la pompe centrifuge NVA 40:

La vue ci-dessous (Figure Ⅳ.2) montre l'environnement de lapompe centrifuge monocellulaire surfacique NVA 40 installée en unité et entraînée par un moteur électrique (**GEPG**roupe **E**lectro **P**ompe).



Figure.Ⅳ.2 :installation d'une 40NVA sur le banc d'essai

(584034 poste d'essai 7 CFI 335).

Nous décrivons les étapes et les conditions de réalisation du processus test de performance des pompes surfaces sur site ainsi que les exigences nécessaires ; elle constitue un moyen essentiel à la gestion du circuit organisationnel des activités de test de performance.

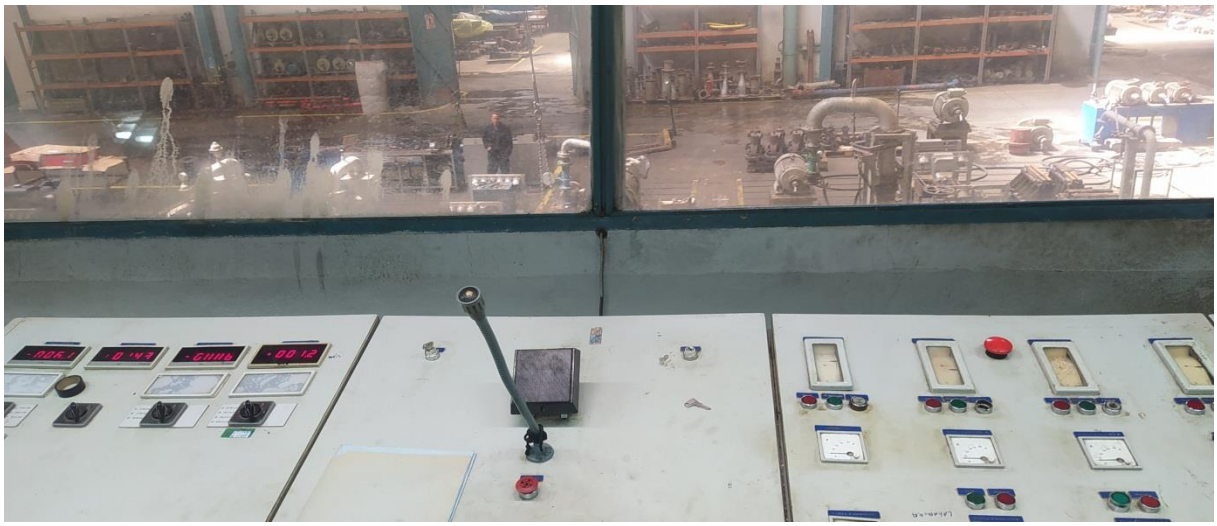


Figure.Ⅳ.3 : Salle de commande.

IV.2.1.Mode Opératoire:

1. Prendre toutes les mesures de sûreté et de sécurité nécessaires ;
2. Assurer la conformité d'alignement des pompes centrifuges ;
3. Assurer la conformité des installations hydrauliques et les instruments de mesure et ainsi les installations électriques ;
4. Tourner la pompe manuelle (vérification de fonctionnement) ;
5. Vérifiez le sens de rotation du moteur avec le sens de rotation de la pompe (démarrage primaire) ;
6. Vérifier l'accès de l'eau au manomètre par son purgeur ;
7. Si vous travaillez sur une ou plusieurs pompes en série, assurez-vous que la canalisation des autres pompes non testées est fermée ;
8. Vérifier l'étanchéité des pompes ;
9. Démarrer la pompe par le point à débit minimal et vérifie la vibration et la consommation d'énergie ;
10. Varier le débit par la vanne de débitmètre ;
11. Un minimum de cinq points d'essai doit être pris pour tous les essais de performances ;
12. Les points mesure sont le point de garanti et autres points déclarés par le fabricant ou le client par (fiche technique ; bon de commande…) ;(Annexe C)
13. NB : un point de garanti doit être définie par un débit garantie QG, et une hauteur garantie HG ;
14. Pour chaque débit prendre les mesures de la pression de refoulement ; l'intensité de courant et la vitesse de rotation ;
15. Respecter les exigences métrologiques dans l'utilisation des instruments de mesure et lecture les valeurs de mesures ;
16. La durée de l'essai doit être suffisante pour obtenir des résultats reproductibles ;
17. Le rapport d'essai (Annexe D) de la pompe ou les pompes, contient les informations détaillées pour identifier la pompe ou les pompes soumises à l'essai ;
18. Les résultats d'essai doivent être évalués dans la mesure du possible pendant que les essais sont en cours ;
19. Les résultats et le processus de test doivent être évalués et approuvés après analyse par le responsable d'essai ;

20. Enregistrer l'essai hydraulique (le résultat, l'état, la date ; la décision……) par un rapport (Annexe D) ;

21. Réceptionner le résultat de test par les exigences de norme Pompes roto dynamique-essais de fonctionnement hydraulique ISO 9906-2012 ;

22. Les résultats d'essai doivent être évalués dans la mesure du possible pendant que les essais sont en cours ;

23. S'assurer qu'il n'y a pas de contre-pression sur la pompe et le débitmètre dans l'installation hydraulique ;

24. S'assurer que l'installation d'essai est équipée d'une conduite de recyclage permettant d'effectuer les tests de périodiques ;

25. Les instructions sur les installations des instruments doivent être respectées ;

« Afin de pouvoir réévaluer les mesures douteuses, il est conseillé que l'installation et les instruments restent intacts jusqu'à ce que les données précises soient obtenues »[18].

IV.2.2.Les conditions ambiantes:

Les essais doivent être effectués avec l'eau froide et propre selon les méthodes et les dispositions d'essai spécifiées dans la présente norme internationale.

Tableau IV.1 : les caractéristiques l'eau froide et propre[18].

Caractéristique	**Unité**	**Max**
Température	°C	40
Viscosité	m^2/s	$1.75x10^{-6}$
Masse volumique	Kg/m^3	1100
Teneur en solides non absorbants en suspension	Kg/m^3	2.5
Teneur en solides dissous	Kg/m^3	50

IV.2.3.Les équipements:

Les équipements nécessaires pour une exécution correcte du test de performance sont :

- **Débitmètres :** contrôle le débit de la pompe ou l'ensemble des pompes.
- **Le manomètre :** contrôle la pression de refoulement.
- **Multimètres :** contrôle les paramètres électriques (l'intensité de courant ; la tension...).

- **Stroboscope ou Tachymètre :** contrôle la vitesse de rotation du moteur.

« Tous les instruments de mesure doivent être vérifié et étalonné avant utilisation ».

Ⅳ.2.4.Termes généraux:

- **Point garanti :** point débit/hauteur (Q/H) que la pompe soumise à essai doit atteindre, en accord avec les tolérances du niveau de réception.
- **Vitesse de rotation :** nombre de rotation par minutes.
- **Débits volumétriques :** quantité d'eau en niveau d'aspiration du pompe par le temps.
- **Hauteur totale de charge de la pompe :** différence algébrique entre la hauteur totale de charge au refoulement et la hauteur totale de charge à l'aspiration.
- **Hauteur totale de charge au refoulement :** énergie globale dans la section de refoulement de la pompe.
- **Hauteur totale de charge à l'aspiration :** énergie globale dans la section d'aspiration de la pompe.
- **Perte de charge à l'aspiration :** différence entre la hauteur totale de liquide au point de mesure et la hauteur de refoulement dans la section d'aspiration.
- **Perte de charge au refoulement :** différence entre la hauteur totale du liquide dans la section de refoulement de la pompe et la hauteur totale du liquide au point mesurée.
- **Puissance absorbée :** puissance absorbée par l'électropompe (pompe et moteur) acquis à partir de la capacité initiale sélectionnée pour l'essai.
- **Puissance utile :** puissance hydraulique au point de refoulement de la pompe.
- **Rendement de la pompe :** Le rendement total divisé par Le rendement du moteur**.**
- **Le rendement total** : la puissance utile de la pompe divisée par la puissance absorbée.

Ⅳ.2.5.Limites d'acceptation pour les pompes centrifuges:

Le fabricant doit garantir au client que les courbes obtenues par les points mesurés sur son banc d'essai passent dans l'intervalle de tolérance de la courbe de son catalogue.

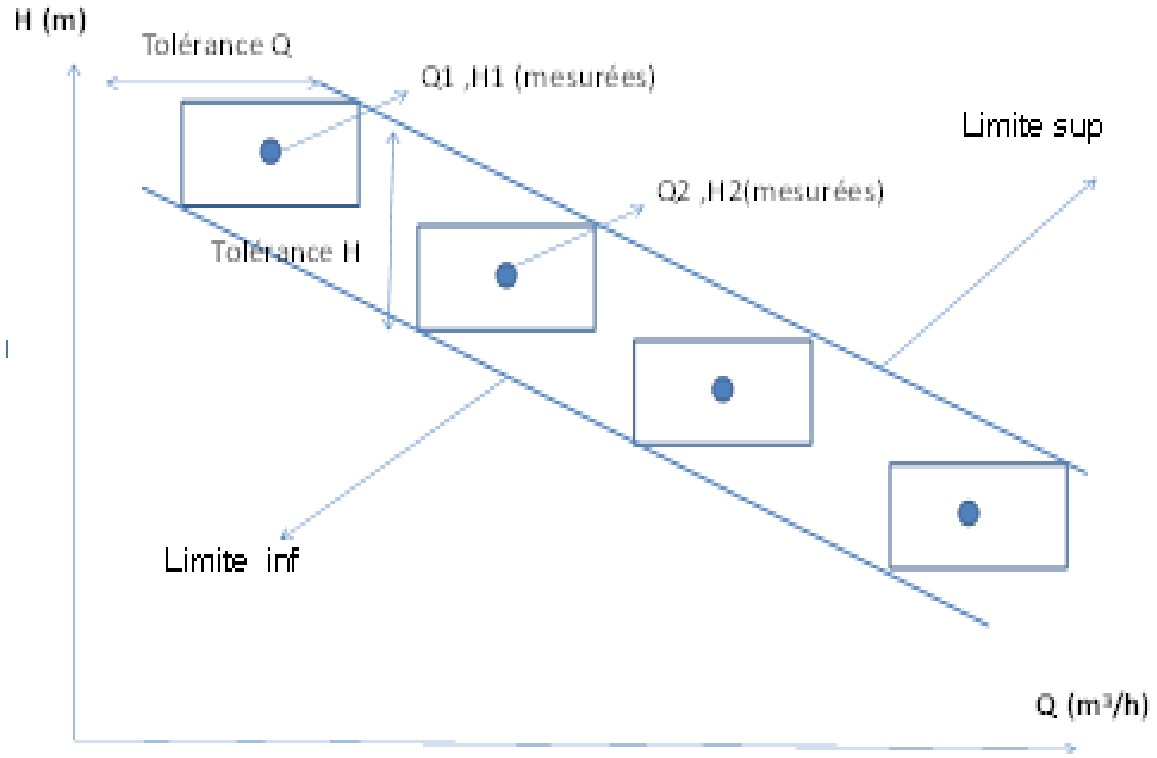


Figure.Ⅳ.4 : Trace des courbes « limites INF-limites SUP [18].

Ⅳ.3.Les Mesures et les résultats:les résultats de mesures sont représentée sur (tableau IV.2)

Tableau IV.2 : Relevé de valeur de la pompe 40 NVA fonctionnant à vitesse N=2900tr/min

RAPPORT D'ESSAI

UNITE POMPES BERROUAGHIA **DEPART. EXPLOITATION POMPES** **Sce MONTAGE & USINAGE POMPES**	**COMMANDE INT – N° 621011** FABRICATION N° :120023
Type de Pompe : 40NVA GEP **Paramètres Pompe: Q= 18m3/h- H=23.**	**Type Moteur : électrique** **PARAMETRES Moteur: 2.2KW à 2900tr/mn** **Φ de la roue centrifuge : 150mm**

1er ESSA	**N1(tr/mn) =2900**		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	8	9
1	**Q**	m³/h	8	12.0	15.0	18	20	22.0	23.0	24	26
2	**P ref.**	Bars	2.9	2.70	2.50	2.30	2.00	1.80	1.60	1.40	1.00
3	**P asp.**	Bars	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
4	**I abs.**	Amp	3	3.5	4	4	4	4	4	4	4
5	**V**	volt	378	378	379	378	378	378	378	378	378
6	**Pa**	kw	1.6	1.9	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
5	**N**	tr/mn	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
7	**(pr-pa)*10,**	m	32.1	30.1	28.1	26.0	23.0	20.9	18.9	16.8	12.8
8	**$CII^2 - CI^2$**	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	**Zref-Zasp**	m	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
10	**HMT**	m	32.3	30.3	28.2	26.2	23.1	21.1	19.1	17.0	12.9
11	**η**	**%**	43.8	52.7	53.6	59.9	58.7	58.9	55.6	51.8	42.7
12	**Pu**	Kw	0.70	0.99	1.15	1.29	1.26	1.26	1.19	1.11	0.92
	Paramètres prévus pour N = 2900 tr/mn										
13	**Q**	m³/h	0	4.0	6.0	10	12	18.0	20.0	22	24
14	**HMT**	m	29.0	29.0	28.5	28.0	27.5	23.5	22.0	20.5	18.5
15	**Pacc**	kW									
	Paramètres d'essai pour Ø = MM										
16	**Q**	m³/h									
17	**HMT**	m									

Date:26/03/2023

prametre de la pompe et criteres d'acceptation

Paramètres limite sup, selon ISO9906-3B

COURBE SUP									
Q m3/h	0	4.36	6.54	10.9	13.08	19.62	21.8	24	26.16
HMT m	31.03	31.03	30.495	29.96	29.425	25.145	23.54	21.9	19.795

amètres limite inf. selon ISO9906-3B

COURBE INF									
Q m3/h	0	3.64	5.46	9.1	10.92	16.38	18.2	20	21.84
HMT m	26.97	26.97	26.505	26.04	25.575	21.855	20.46	19.1	17.205

IV.3.1. LES DONNEES: Toutes les données sont représentées dans le (tableau IV.3).

Tableau IV.3: Tableau des données

Paramètres hydrauliques :	**Q**=18 m^3/h	**HMT** = 23.5 m	**N**= 2900 tr/mn
Paramètres de construction :	**Φ** roue = 150 mm		
Paramètres moteur :	**P** = 2.2 Kw	**N**= 2900 tr/mn	

IV.3.2.Résumé de l'estimation le résultat d'essai:

Toutes les valeurs sortantes et calculer dans les résultats d'essai hydraulique d'électropompessont résumés par le (tableau IV.4)[18].

Tableau IV.4 : Résumé de l'estimation le résultat d'essai.

	Grandeur	Unité de mesure	Formule
01	Hauteur manométrique totale **HMT**	Mètre colonne d'eau (m)	$HMT = (P_{asp} + P_{ref}) \times 10.2 \times (C_{ref} + C_{asp}) + (Z_{ref} - Z_{asp})$
02	Puissance utile 'Hydraulique' **(P_u)** par le groupe électropompe	Kw	$P_u = \frac{Q \times HMT \times 2.725}{1000}$
03	Puissance électrique absorbée **(P_A)** par le groupe électropompe	Kw	$P_A = (W_1 + W_2) \times K_w$ OU $P_A = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$
04	Rendement global du groupe électropompe η_{total}	%	$\eta_{total} = \frac{Pu \times 100}{PA}$
05	Rendement pompe η_{pompe}	%	$\eta_{pompe} = \frac{Q.HMT}{367.PA}$ $\eta_{pompe} = \frac{\eta total}{\eta moteur}$
06	Constante watt métrique K_w	/	$Kw = \frac{V.I}{N.D}$
07	Déphasage du moteur emmargé Cosφ	/	$\cos\varphi = \frac{PA}{\sqrt{3}.U.I}$
08	Puissance absorbée par le moteur P_p	Kw	$P_p = \frac{PA}{100} x \eta moteur$

IV.3.3.COMMENTAIRE:

❖ **La Courbe HMT en fonction du débit $H = f(Q_v)$ pour vitesse N=2900 tr/min :**

La différence de pression totale HMT (Hauteur Manométrique Totale) entre l'aspiration et le refoulement, en fonction du débit constitue la caractéristique de la pompe. HMT est généralement exprimée en hauteur de colonne d'eau (mètre de colonne d'eau : m CE).Lorsque l'on ferme progressivement la vanne, le débit Q dans le circuit diminue mais la différence de pression HMT augmente.

A partir de nos mesures de pressions relatives et de nos mesures de volume écoulé dans un temps donné (pour retrouver le débit) ; nous pouvons donc tracer HMT en fonction de Q.

On remarque sur la courbe ci-dessous (fig.IV.5)que HMT décroit de façon légèrement parabolique en fonction du débit.

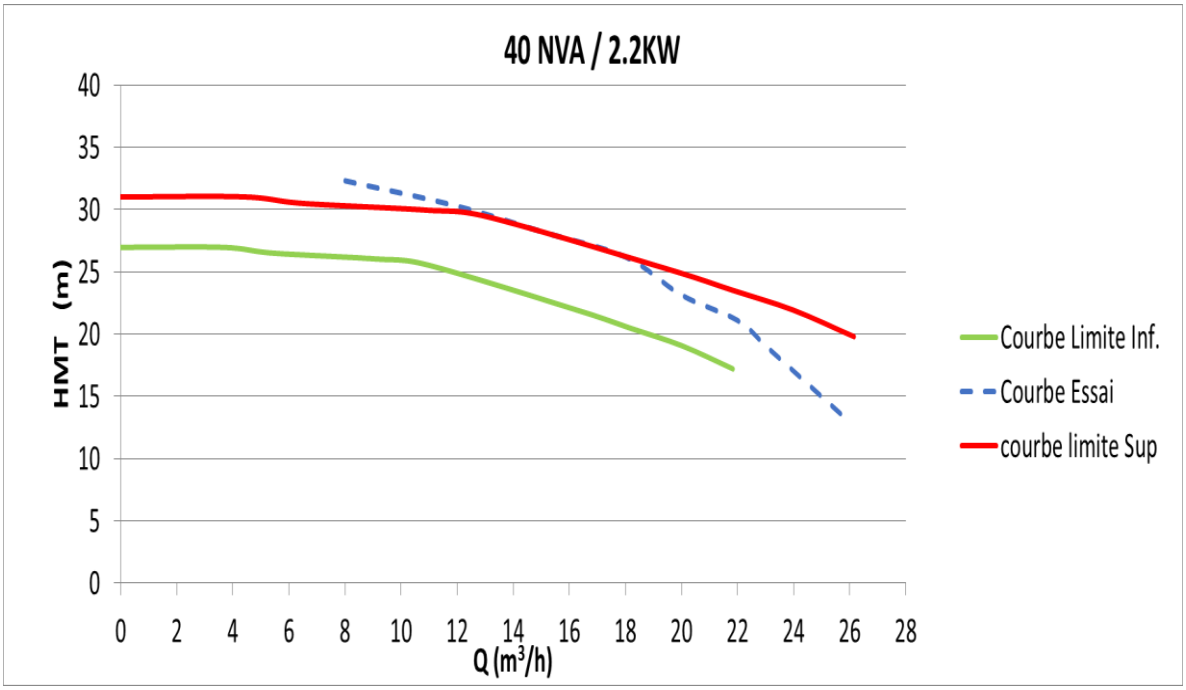


Figure.Ⅳ.5: Courbe HMT en fonction du débit H $= f(Q_v)$

D'après la comparaison entre les points et la courbe d'essai avec les deux courbes de limite inférieure et supérieure ; Nous avons constaté que le point garanti de la courbe d'essai est juste sur la courbe supérieure de l'intervalle de tolérance (inf-sup) qui sont citées dans (Annex E),donc les tests de performance la pompe sont acceptables d'utilisation dans leur installation normative.

❖ **La Courbe Puissance absorbée en fonction du débit P $= f(Q_v)$:**

La courbe de puissance absorbée d'une pompe est un paramètre permettant d'évaluer l'efficacité d'une pompe. La courbe représente, sur l'axe des y, la puissance électrique

absorbée caractérisée par la variable P en fonction du débit exprimé par la variable Q sur l'axe des x.

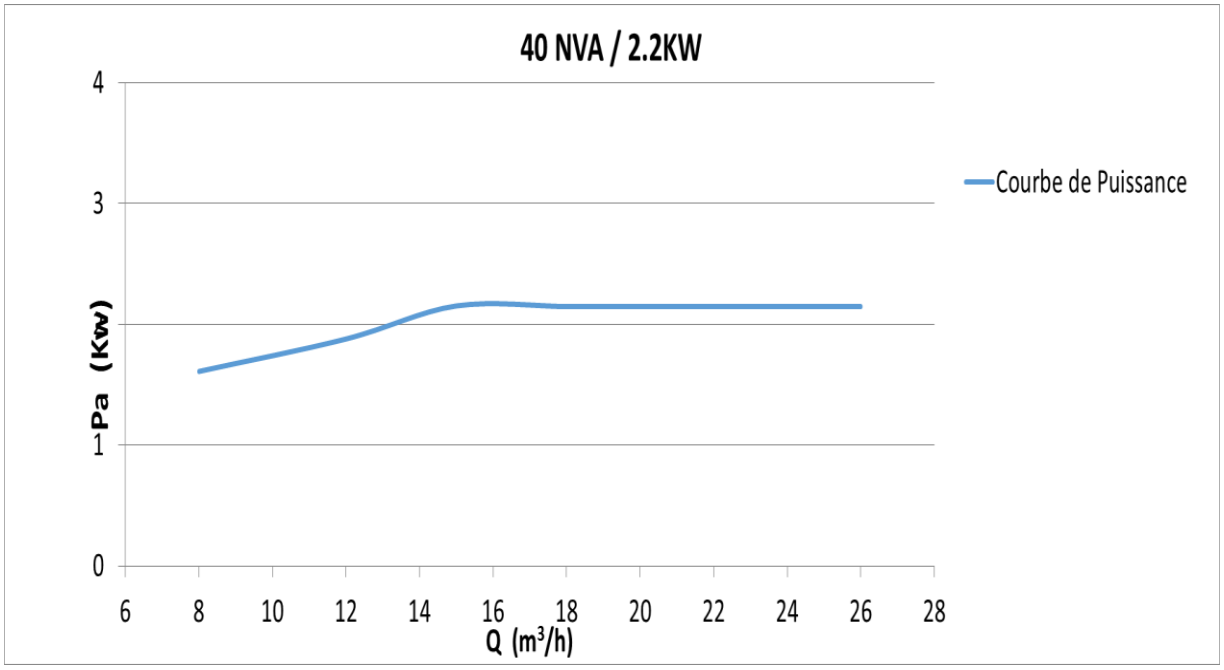


Figure.Ⅳ.6: Courbe Puissance absorbée en fonction du débit P $= f(Q_v)$

On remarque que la puissance absorbée par la pompe (exprimée en Kilowatts) sur la courbe ci-dessus (fig.IV.6) croit de manière parabolique (quasi linéaire) lorsque le débit augmente.

❖ **La Courbe Rendement total en fonction du débit η $= f(Q_v)$:**

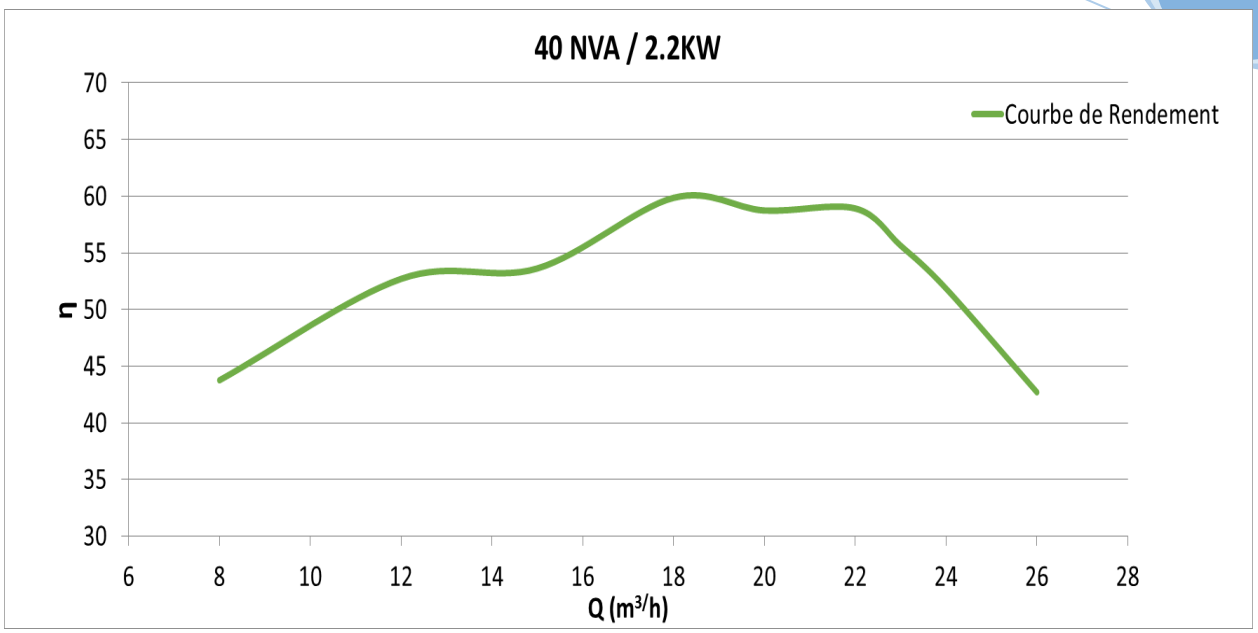


Figure.Ⅳ.7: Courbe Rendement total en fonction du débit $\eta = f(Q_v)$

On remarque que le rendement de la pompe est bien plus médiocre et croit de façon parabolique lorsque le débit augmente, puis le rendement de la pompe atteint son maximum (η = 59.9%) pour un débit est égal à 18 m^3/h, avant de diminuer. On distingue bien cette chute de rendement sûr (fig.Ⅳ.7) ; Comme le rendement du moteur est quasi constant le rendement global de l'ensemble moteur + pompe suit donc la courbe du rendement de la pompe seule.

Le rendement à augmenter avec le débit jusqu'à un point à mi-chemin de la plage de fonctionnement, puis diminue à mesure que les débits augmentent encore.

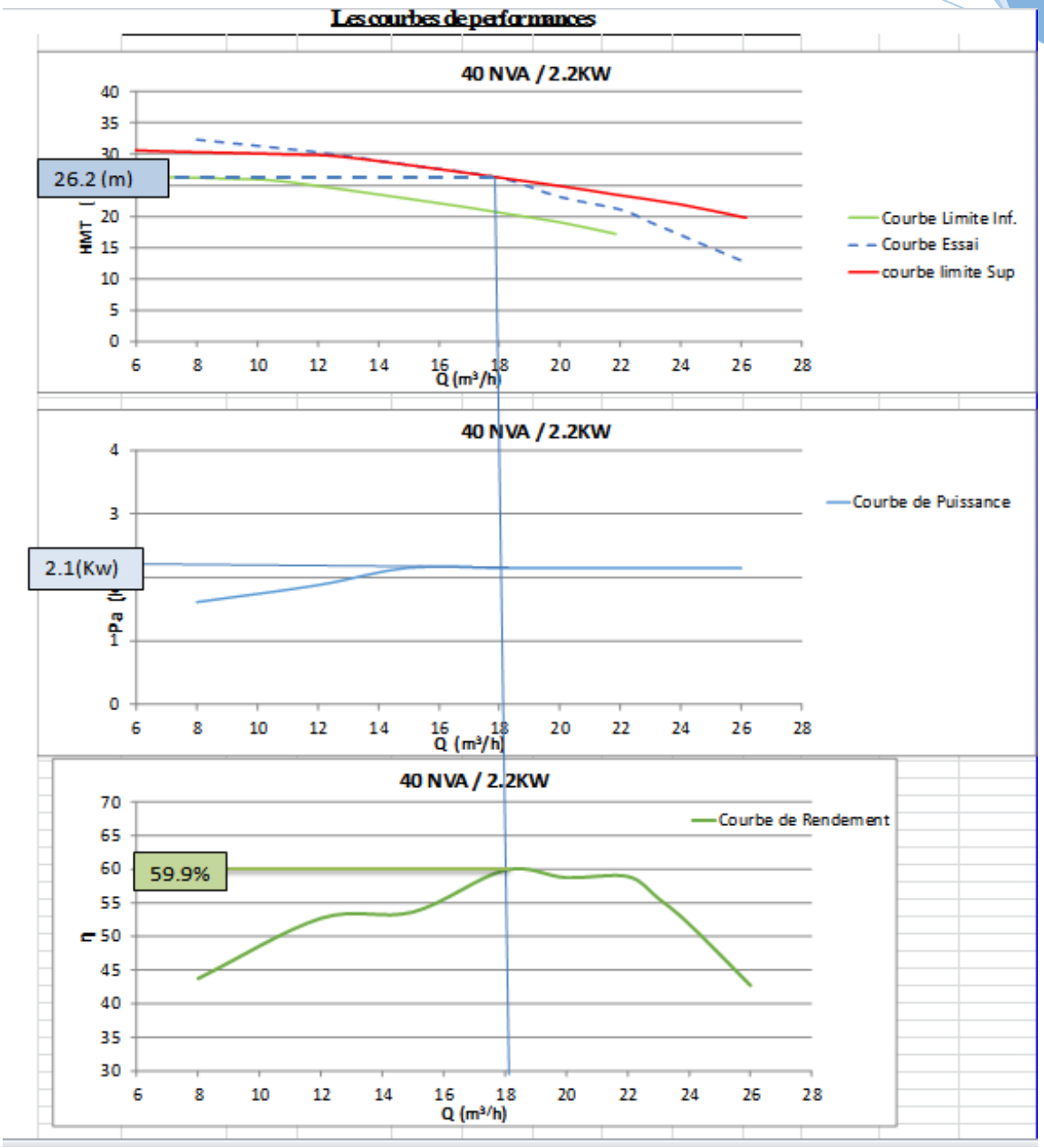


Figure.Ⅳ.8: Courbes de performances.

Le résultat des « essais hydrauliques du groupe électro pompe GEP 40 NVA » NS=2900 tr/min. Avec le moteur électrique 2,2 kw sont conformes par apport les exigences, de réception le résultat d'essais selon la norme iso 9906.

Les points de garanties de cette pompe c'est :

- Le débit preuve 18m^3/h, la valeur mesurée c'est 18m^3/h.
- La hauteur manométrique Total preuve est égale à 23.5 mètres colonne d'eau, la valeur calculée est égale à 26.2 mCE.

Ⅳ.4.Conclusion :

La détermination des paramètres Q, HMT, P, η ont la plus grande importance, pour qu'une pompe fonctionne correctement, sans gaspiller de l'énergie ou subir des dommages internes.

Ses caractéristiques doivent être adaptées au service prévu. Par conséquent, la mesure correcte des caractéristiques pour la sélection de la pompe est la première étape garantie efficace, et appropriée pour un fonctionnement fiable et durée de vie longue.

Les résultats obtenus semblent raisonnables par rapport au type de la pompe concernée par notre étude.

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances et de bien comprendre le fonctionnement et les performances d'une pompe centrifuge dans le contexte spécifique de l'unité pompe de l'usine POVAL. Grâce à une méthodologie rigoureuse et à une analyse approfondie des données expérimentales recueillies, nous avons pu évaluer les performances de la pompe centrifuge dans différentes conditions de fonctionnement.

Les résultats obtenus ont révélé des informations précieuses sur l'efficacité, le rendement et les caractéristiques de performance de la pompe ce qui a permis de mettre en évidence des points critiques qui ont un impact significatif sur les performances de la pompe centrifuge. Des suggestions d'améliorations ont été formulées, notamment en termes d'optimisation des réglages de la pompe, de maintenance préventive et de gestion des vibrations. Ces recommandations peuvent contribuer à améliorer les performances globales de l'unité pompe de l'usine POVAL.

Plusieurs pistes de développement peuvent être envisagées pour étendre cette étude et approfondir notre compréhension des performances des pompes centrifuges. Tout d'abord, il serait intéressant de mener une analyse plus détaillée des vibrations et des contraintes mécaniques subies par la pompe centrifuge. Cela permettrait de mieux évaluer les risques de défaillance et de proposer des mesures de prévention adaptées.

De plus, l'application de techniques de modélisation et de simulation avancées pourrait aider à prédire et à optimiser les performances de la pompe centrifuge dans différentes conditions de fonctionnement. Cela permettrait d'explorer davantage les possibilités d'amélioration et d'optimisation des performances.

Enfin, l'extension de cette étude à d'autres unités de pompage dans des contextes similaires où différents pourrait fournir une comparaison plus large des performances des pompes centrifuges et identifier les bonnes pratiques à adopter.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] https://www.poval.dz/upg.html

[2] catalogue général UPG PDF

[3]https://dspace.univ-ouargla.dz/js pui/bitstream/123456789/18504/1/PFE%20FINAL.pdf

Mémoire Mr REMACHE Fares « Etude du régime rationnel de fonctionnement d'une pompecentrifuge avec vitesse variable par MLI » promo 2017 univ-OUARGLA

[4]file:///C:/Users/User/Desktop/Nouveau%20dossier/CHAPITRE%20I%20LES%20POMPES.pdf

[5]file:///C:/Users/User/Desktop/Nouveau%20dossier/Ms.Hammad+Madouni.PDF%20memoire%20pompe.pdf

Mémoire Mr HAMMADMohammed Yehya + MADOUNI Choukri « Etude de système de refoulementTAFNA-DZIOUA » promo 2015 univ-TELEMCEN

[6]file:///C:/Users/User/Desktop/Nouveau%20dossier/Connaissances-de-base-en-pompes-volumtrique_french.pdf

[7]https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/11179/1/ilovepdf_merged.pdf

Mémoire Mr BEKHTI Siham + FATIMA Meriem « Etude conceptuelle d'une pompe centrifuge à plusieursétages » promo 2019 univ-BLIDA 1

[8]file:///C:/Users/User/Desktop/Nouveau%20dossier/chapitre_1_thermodynamique_appliquee_m1gpm%20%20turbine.pdf

[9]file:///C:/Users/User/Desktop/Nouveau%20dossier/Ms.GM.Alili+Bensid.pdf

Mémoire Mr ALILI Fouad + BENSID Adil « Etude d'une station de pompage anti-incendie ausein du complexe de HassiR'mel » promo 2014 univ-TELEMCEN

[10]file:///C:/Users/User/Desktop/Nouveau%20dossier/pompe%20centrifuge.pdf

Mémoire Mr KEDJOUH Ismail + KHATTAB Redouane « Etude, Conception et simulation d'une pompe centrifuge » promo 2018 univ-OUARGLA

[11]https://www.gunt.de/images/download/Connaissances-de-base-en-pompes-centrifuges_french.pdf

[12]https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.alibaba.com%2Fproduct-detail%2Felectric-river-water-pump-for-irrigation_60279464790.html&psig=AOvVaw0Z7c9l3yPesby2tfsmoAFg&ust=1686248320561000&source=images&cd=vfe&ved=0CBMQjhxqFwoTCMj66Injsf8CFQAAAAAdAAAAABAE

[13]http://staff.univbatna2.dz/sites/default/files/serir_lazhar/files/l3_tm1_chapitre1_lecon_01.pdf

[14]https://www.azprocede.fr/Cours_GC/pompe_centrifuge_principe.html

[15]http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/handle/123456789/20731?show=full

Mémoire Mr HADJAB Aymen + HADJAB Younes « REVETEMNT DES AILETTES D'UNE POMPE CENTRIFUGE ENDOMMAGEE SOUS L'EFFET DE LA CAVITE» promo 2019 univ-M'SILA

[16]https://www.azprocede.fr/Cours_GC/pompe_cavitation.html.

[17]https://www.azprocede.fr/Cours_GC/pompe_npsh.html

[18]Procédure de Test de performance des Pompes Centrifuges Sur le site du client POVAL.

[19]https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.unm.fr%2Ffr%2Faccueil%2 Factualites%2Fnormes-du-mois%2F2012-11%2Fnf-en-iso-9906-et-nf-en-iso-17769&psig=AOvVaw2feCIqKHC0W4G4yP73yfHj&ust=1685925817907000&source=images&cd=vfe&ved =0CBEQjRxqFwoTCOCstJ2xqP8CFQAAAAAdAAAAABAE.

(Annexe A)

GAMME POVAL / U.P.G

POMPES MONOCELLULAIRES DE SURFACE

Série NVA



Paramètres Techniques

- **Débit Q(m³/h) : 400 -Hauteur Mano. H(m) : 80**
- **Puis Mot. Pn(kW) : 2.2 à 110**
- **DN : 40 / 200 mm**
- **Impureté Teneur de 2%/-Granulométrie 0.5 mm**

Version

- **Garniture tresse**
- **Garniture mécanique**

Domaine d'utilisation:

- **HYDRAULIQUE-AGRICULTURE**
- **INDUSTRIE-RESEAU INCENDIE**
- **DEPOTAGE DE CARBURANT**

POMPES MULTICELLULAIRES DE SURFACE

Série M5-TN- MH





Paramètres Techniques

- **Débit Q(m³/h) : 70 - Hmt(m) : 300**
- **DN 32- 150 mm**
- **Puissance Mot. Pn(kW) : 5.5 à 110**

Version

- **Garniture tresse pour les séries TN**
- **Garniture mécanique pour les séries M5**

Domaine d'utilisation:

- **Sces Généraux et Adduction**
- **St. de reprise, Réseau Incendi**
- **Alimentation de chaudière**

POMPES AUTO-AMORCANTES

Série J50 - J70 –J120



Paramètres Techniques

- Débit Q(m^3/h) : jusqu'à 200
- Hauteur Mano. H(m) : jusqu'à 21
- Puissance Mot. Pn(CV) : 6 – 8- 35
- Permet le passage de corps solide 60 mm



Version

- Version de base en Fonte
- Autres applications nous consulter



Domaine d'utilisation:

- BTP - Assainissement
- Industrie
- Marine

POMPES SUBMERSIBLES

Série 65KDFU - 125KDFU

Paramètres Techniques

- Débit Q(m^3/h) : 9- 100
- Hauteur Mano. H(m) : 10- 29
- Puissance Mot. Pn(kW) : 2.5 et 9
- Impureté mécanique 30/100
- Granulométrie 5 mm



Version

- Protection incorporée



Domaine d'utilisation:

- Vide cave
- Assèchement des fosses
- Vidange de locaux inondés

POMPES SUBMERSIBLES

Série PO-WS et PO-TES

Paramètres Techniques

- Débit Q(m³/h) : 9- 110
- Hauteur Mano. H(m) : 18- 110
- Puissance Mot. Pn(kW) : 2.5 et 11
- Impureté mécanique 30/100
- Granulométrie 5 mm

Version

- Protection incorporée ou externe

Domaine d'utilisation:

- STEP
- Assèchement des fosses
- Vidange de locaux inondés



POMPES IMMERGEES

XN14- XN8-BGN18 pour forage 6" - 8"- 10"

Paramètres Techniques

- Débit Q(m³/h) : 20- 160
- Hauteur Mano. H(m) : Jusqu'à 400
- Puissance Mot. Pn(kW) : 5.5 à 110

Version

- Roue en Fonte ou en Bronze
- Sortie Filetée ou Bridée

Domaine d'utilisation:

- Hydraulique
- Industrie
- Agriculture



2- PRODUITS SPECIFIQUES

GROUPES MOTOPOMPES ANTI INCENDIE équipés d'un moteur 4 Cylindres de 65 cv développant un débit de 120 m^3/h et une pression de 7 bars destinés à la protection des appareils de forage pour ENTP.



GROUPE MOTOPOMPE équipé d'un moteur 3 cylindres de 45 cv développant: Q= 80 m3/h P= 6,5 bars pour réseau anti-incendie avec capot de protection destiné au camp de vie ENTP et ENSP doté de DSP DN 100 à l'aspiration et au refoulement .



KIT DE SURPREESION A 2 GEP:

Kit de surpression composé de 2 électropompes monocellulaires développant Q= 32 m3/h P=10 bars En cascade et par intermittence.



KIT DE SURPRESSION A 3 GEP:

Kit de surpression composé de 3 groupes électropompes multicellulaires développant un débit de Q=32 m3/h P=16 bars en cascade et par intermittence.



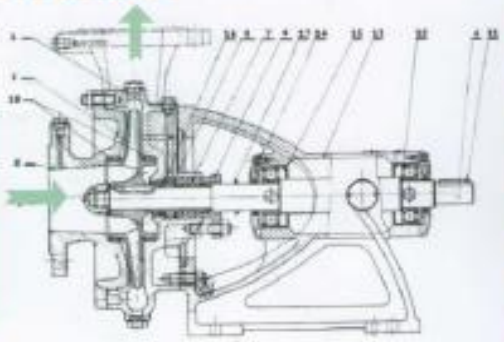
(Annexe B)

Annexe B.1 : Les caractéristiques nominales.

SERIE - NVA

POMPES MONOCELLULAIRES DE SURFACE

VUE EN COUPE



NOMENCLATURE

1- Corps de pompe	9- Presse étoupe
2- Couvercle d'aspiration	10- Anneau d'étanchéité
3- Roue Centrifuge	11- Clavette d'accoupiement
4- Ecrou de roue	12- Roulement à billes
5- Clavette de roue	13- Chevalet
6- Arbre	14- Couvercle de palier
7- Garniture de presse étoupe	15- Tôle de recouvrement
8- Douille d'arrosage	16- Chemises d'arbres

CARACTERISTIQUES NOMINALES

Type de pompe / Désignation		40 NVA	50 NVA	70 NVA	80 NVA	100 NVA	125 NVA	200 NVA
Débit nominal	m³/hr	18	27	54	63	108	120	450
Hmt nominale	m	23	33	43	60	80	30	57
Pabs max.	kw	1,9	3,8	9,1	15	33,5	15	92
Pmot	kw	2,2	5,5	11	18,5	37	18,5	110
Rendement	%	61	65	69	68	72	70	76
NPSH requis	m	2,7	4	5,8	5,4	4,8	5,1	5,1
Vitesse rotation	tr/mn	2900	2900	2900	2900	2900	1450	1450
Φ roue	mm	150	175	200	230	265	305	460
Φ Aspiration	mm	50	50	70	80	100	125	200
Φ refoulement	mm	40	50	70	80	100	125	200

CONSTRUCTION

Désignation Pièces	Matière
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Corps Chevalet	Fonte
Roue Gentrifuge	Fonte
Arbre	Acier
Paliers	Roulement à billes en Acier
Presse étoupe	Fonte
Douille d'arbre	Acier
Etanchéité	Garniture àTresse

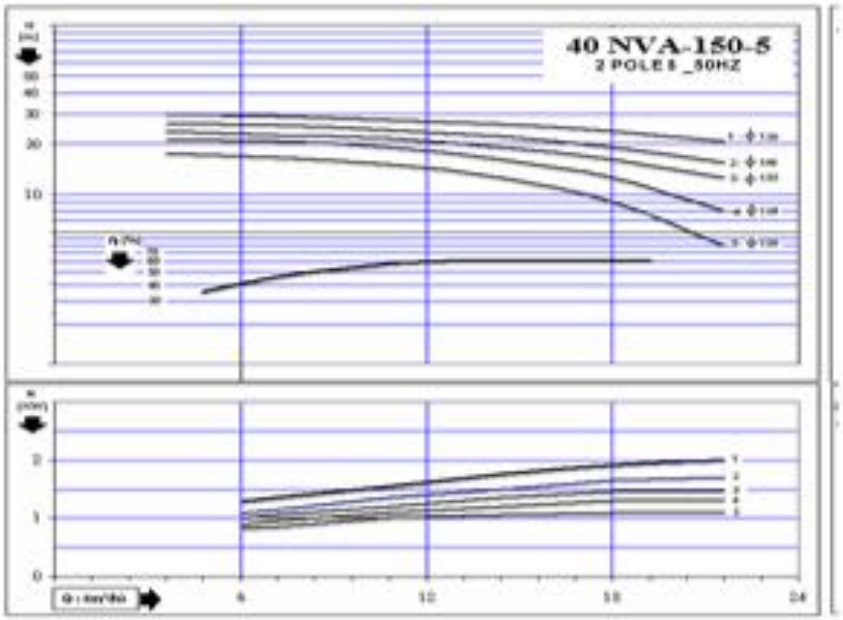
Sous réserve de modification

Annexe B.2 : Les performances hydrauliques.

SERIE - NVA

POMPES MONOCELLULAIRES DE SURFACE

PERFORMANCES HYDRAULIQUES



LECTURE DES COURBES

Q : Débit
H : Hauteur Manométrique Totale
N : Puissance absorbée par la pompe
η : Rendement de la pompe

Chiffre 1 : N° affecté au diamètre initial de la roue
Chiffres 2,3,4..... : N° affecté au Diamètre de rognage

Identification des pompes :

Ex : 40 NVA-150-5

40 : Diamètre nominal de refoulement
NVA : type de pompe
150 : Diamètre nominal de la roue centrifuge
5 : Largeur du canal de la roue

Sous réserve de modification

Annexe B.3 : La plage d'utilisation et de fonctionnement**.**

SERIE - NVA

POMPES MONOCELLULAIRES DE SURFACE

PLAGE D'UTILISATION :

Débit jusqu'à : 450m^3/h

Hauteur mano jusqu'à : 80m

DN réf : de 40 à 200mm

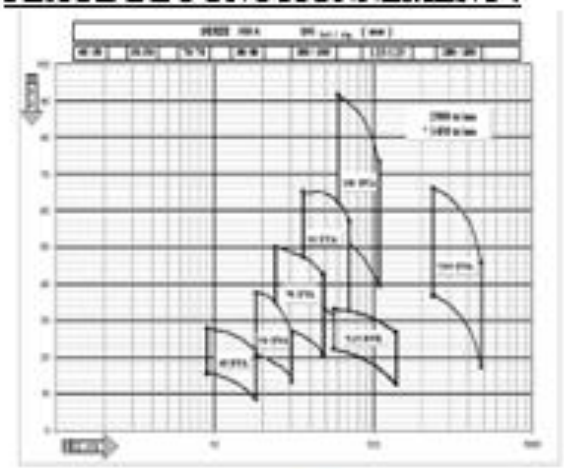
Température jusqu'à : 80°C

Hauteur d'aspiration maxi : 8m

Puissance mot : de 2.2 à 37 kW à 2900 tr/mn

110 kW à 1450 tr/mn

PLAGE DE FONCTIONNEMENT :





GMP 100NVA sur chariot tractable
Avec moteur 03 cylindres DEUTZ (CHT)



GEP 80NVA avec moteur 18.5 kW



Pompe 40NVA en coupe

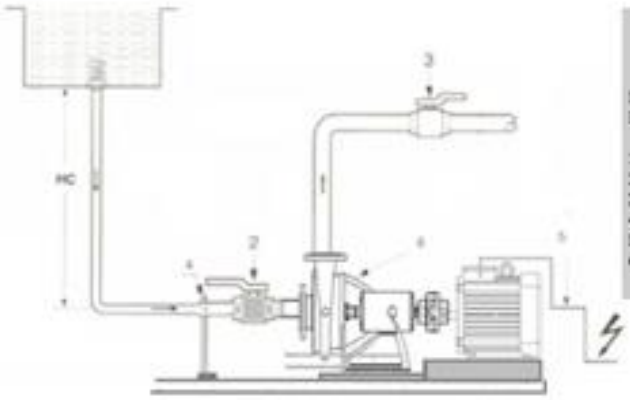
Sous réserve de modification

Annexe B.4 :L'exemple d'installation.

SERIE - NVA

POMPES MONOCELLULAIRES DE SURFACE

EXEMPLE D'INSTALLATION

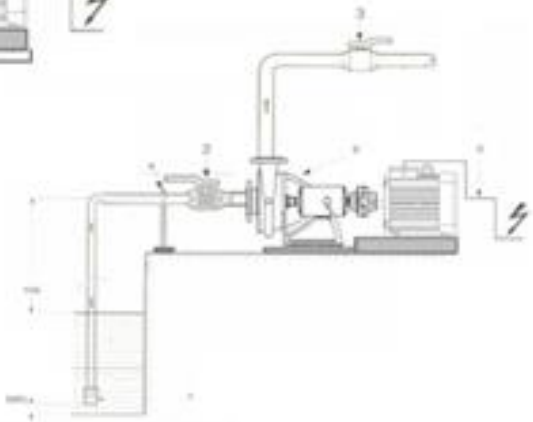


LEGENDES

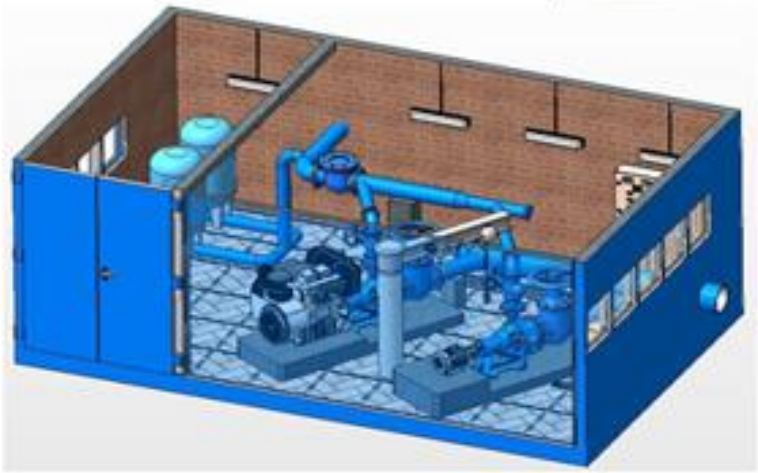
HA : HAUTEUR D'ASPIRATION
HC : HAUTEUR EN CHARGE

1. CLAPET DE PIED CREPINE
2. VANNE DE SECTIONNEMENT
3. VANNE DE REGLAGE
4. SUPPORT DE TUYAUTERIE
5. CABLE MOTEUR
6. POMPE

EXEMPLE D'INSTALLATION
DU GEP NVA EN CHARGE



EXEMPLE D'INSTALLATION DU
GEP NVA EN ASPIRATION



STATION DE POMPAGE EQUIPEE
D'UN GEP ET D'UN GMP NVA

Sous réserve de modification

ANNEXE (C) : Champ de mesure et Documents de test

a- **Le test individuel :**

Q(m^3/h)	40% Qn	95%Qn	Qn	105% Qn	120% Qn
Pression de refoulement (bar)	/	/	/	/	/
N (tr/mn)	/	/	/	/	/
Intensité (Amp)	/	/	/	/	/

b- **Le test de N Pompes :**

Q(m^3/h)	40% (N x Qn)	95% (N x Qn)	N x Qn	105% (N x Qn)	120% (N x Qn)
Pression de refoulement (bar)	/	/	/	/	/
N (tr/mn)	/	/	/	/	/
Intensité (Amp)	/	/	/	/	/

Documents de test : sont les documents de base résultant du processus de test et tout ce qui s'y rapporte est envoyé au client après la vérification et approbation par le responsable des essais.

1- Procédure de test de performance ;
2- Rapports d'essai ;
3- Certificats de conformité normative des pompes testées.

ANNEXE (D) : Rapport d'essai

	FORMULAIRE	CODE PR3/FOR/012
	RAPPORT D'ESSAI (POMPES SURFACE)	INDICE : A
		PAGE :…./…
Client :……		Commande N°:…… Fabrication N°:……
Type de pompe :…… **Paramètres nominaux** Q :……m3/h H :……m N :……tr/min		**Type moteur** P :……kw N :……tr/mn Ø de la roue :……mm

N d'essai		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Q (m3/h)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
2	Pr (bar)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
3	Pa (bar)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
4	I abs (amp)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
5	N (tr/min)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
6	10,2(Pr-Pa) (bar)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
7	(Cr2-Ca2)/2g (m)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
8	Zr-Za (m)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
9	H (m)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..

Paramètres pour N= tr/min

10	Q (m3/h)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
11	H (m)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
12	P (kw)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..

Paramètres pour D= mm

13	Q (m3/h)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
14	H (m)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
15	P (kw)	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..

Date :……		**Remarque :……**
Opérateur :……	**Visa :**	
Responsable :……	**Visa :**	

ANNEXE (E) : Niveaux de réception de l'essai de pompe et tolérance correspondante

Niveau de Réception		1B	2B	3B	Condition de garantie
Grandeur	Symbole	Tolérance			
Débit	t_Q	±5%	± 8%	± 9%	Obligation
Hauteur totale de charge de la pompe	t_H	± 3%	± 5%	± 7%	Obligation
Puissance absorbée par la pompe	t_p	+4%	+8%	+9%	Optionnel
Rendement de la pompe	$t\eta$	-3%	-5%	-7%	Optionnel

Quantité	Symbole de l'unité SI	Unités diverses		Facteur de conversion
		Nom	Symbole	
Débit volumique	m^3/s	Litre par seconde Mètre cube par heure Litre par heure Litre par minute	l/s m^3/h l/h l/min	10^{-3} 1/3600 1/3600000 1/60000
Pression	Pa	Kilo-livre par centimètre carré Kilogramme force par centimètre carré bar	Kp/cm^2 Kgp/cm^2 bar	98066.5 98065.5 10^5
Diamètre d'aspiration /refoulement	mm^2	Centimètre carré Mètre carré	cm^2 m^2	10^{-2} 10^{-6}
Puissance	w	Kilowatt Cheval vapeur Puissance en chevaux	Kw Ch hp	10^3 735.5 745.7
Hauteur de charge totale	Bar	Mètre colonne d'eau	m	10.2

تمت بحمد الله

