République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université YAHIA FARES

Faculté de technologie **Département Génie Mécanique**

MEMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Filière : Génie mécanique Spécialité : Construction Mécanique

Thème

BANC D'ESSAI D'UNE POMPE HYDRAULIQUE A ENGRENAGE

Présenté par :

- **SAID OTMANI NADJIB**
- **BENMERZOUGA SIDAHMED**

Proposé et dirigé par :
Mr Abdellah el hadj

Année Universitaire : 2019/2020

Résumé

Une pompe à engrenage extérieure à été réalisée dans le laboratoire mécanique de l'université de Médéa.

Le but de cette pompe est d'analyser par conséquent les caractéristiques réelles de cette pompe.

Résumé en anglais

An external gear pump was produced in the mechanical laboratory of the University of Medea.

The purpose of this pump is therefore to analyze the actual characteristics of this pump.

Résumé en arabe

تم إنتاج مضخة ترسية خارجية في المختبر الميكانيكي لجامعة المدية.

الغرض من هذه المضخة هو تحليل الخصائص الفعلية لهذه المضخة.

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier ALLAH, notre créateur

Pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous les professeurs Qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire.

Nos derniers remerciements, vont à tous ceux qui Ont contribué de Près ou de loin pour L'aboutissement de ce travail.



Sommaire

Table des matières

Résumé 2
Résumé en anglais 2
Résumé en arabe 2
Liste des figures : 6
Introduction générale 7
I.1. Généralités sur les pompes 10
I.2. Classification des pompes [10] 11
I.3 Les pompes volumétriques[1] 12
I.3.1 Les pompes volumétriques rotatives [1] 13
I.3.1.1 Pompes à vis 13
I.3.1.2 Pompes à engrenages[3] 14
I.3.1.3 Pompes à palettes 20
I.3.1.4 Pompes à lobes [6] 22
I.3.1.4 Les pompes volumétriques alternatives 22
I.3.1.5 Pompes à piston 22
I.3.1.5 Pompes à membrane 23
I.4 Les turbopompes 24
I.4.1 Classification des turbopompes 25
I.4.1.1 Les pompes à hélices (axiales) 25
I.4.1.2 Les pompes hélico centrifuges 26
I.4.1.3 Pompes centrifuges 27
Chapitre II : 28
II.1Principe de fonctionnements des pompes hydrauliques volumétriques: 29
II.2 Courbe de réseau et point de fonctionnement 30
II.3 Avantages et inconvénients des pompes volumétriques 31
II.3 Caractéristiques de fonctionnements des pompes hydrauliques volumétriques: [3]32
III.2 Mesure de débit 41
III.2.1 Classification des principaux débitmètres [2] 42
III.2.1.1 Mesure par pesée 42
III.2.1.2 Méthode volumétrique [2] 43
III.2.1.3 Débitmètres à pression différentielle 44
III.3 La hauteur manométrique de la pompe [3] 47

III.3.1 Principe de mesurage 47
III.3.2 Les différentes méthodes de mesure 48
III.4 Mesure de la vitesse de rotation 48
III.5 Mesure de la puissance absorbée par la pompe 48
III.6 Mesure de couple [2] 48
III.7 Mesure de la puissance électrique [2] 49
III.8 Mesure de pression 49
III.8.1 Le manomètre à colonne de liquide inclinée 50
III.8.2 Manomètre à ressort 50
Chapitre IV : Description du banc d'essai 51
IV .1 Description du banc d'essai [11] 52
Le banc devra permettre les exploitations pédagogiques suivantes : 52
IV.2 Descriptif de l'installation [11] 53
IV .3 Etude Théorique 55
IV .3 .1 Volume utile 55
IV.3 .2 Débit de refoulement 55
IV .3 .3 Hauteur Manométrique Totale : HMT 55
IV.3 .4 Puissance hydraulique : 56
IV .3 .5 Puissance mécanique : 57
IV .3 .6 Rendement d'une pompe 57
Conclusion général 58
Référence bibliographie 60

Liste des figures :

Figure 1 : Classification des pompes

Figure 2 : pompe à vis

Figure 3 : Pompe a engrenage extérieur

Figure 4 : Pompe a engrenage externe

Figure 5 : Pompe à engrenage double

Figure 6: roue à engrenage intérieur

Figure 7: Pompe à engrenage interne à croissant

Figure 8 : Pompe à engrenage intérieur

Figure 09 : Pompes à engrenage interne à gérotor

Figure10: Vue en coupe d'une pompe à gérotor

Figure 11 : pompe à palettes

Figure 12 : Pompes à lobes.

Figure 13 : Pompes à piston.

Figure 14 : Pompe à membrane

Figure 15: Classification des turbopompes

Figure 16 : Roue motrice axial.

Figure 17 : Roue motrice hélico centrifuges

Figure 18 : point de fonctionnement ensemble réseau-pompe

Figure 19 : Schémas des différentes pompes

Figure 20 : Cylindrées des pompes (volumes en rouge)

Figure 21 : Pressions des pompes (volumes en rouge)

Figure 22 : Puissance d'une pompe

Figure 23: Mesure de débit par pesée

Figure 24: Principe d'un organe déprimogène.

Figure 25 : Représentation d'un venturi [6].

Figure 26: Diaphragme.

Figure 27: Représentation d'un rotamètre [6].

Figure 28: Manomètre à ressort.

Figure29 : Banc d'essai pour pompe à huile HM 071 avec tuyaux non raccordés et HM 071.01

Introduction générale

L'homme était la source de distribution de l'eau par ses propres moyens primitifs, mais il ne pouvait pas le faire à des moments où la nappe phréatique est faible. L'évolution de l'homme a permis d'utiliser l'animal puis la mécanisation pour pomper de l'eau. L'homme a essayé, au fil des siècles, de profiter de l'eau de diverses manières.

Dans divers domaines, y compris l'irrigation et dans toutes les industries, et parce que le besoin humain de l'eau nécessite d'être transféré d'un endroit à un autre ou soulevé du bas au haut niveau, il a inventé les moyens pour répondre a ce besoin manuellement ou automatiquement.

Les besoins humains aux grandes quantités d'eau sont en augmentation permanente.

Pour faire face aux demandes importantes, en agriculture on a inventé la machine à roue hydraulique qui utilise l'énergie animale.

Avec l'invention de la machine à vapeur en 1769 et au cours de la révolution industrielle, avec l'exode rurale, il est apparu nécessaire de fournir une meilleure eau, ce qui a pousser l'homme avec son intelligence à créer, en Angleterre en 1800,les premiers Scooters de pompe. Elles ont été utilisées pour soulever et déplacer des liquides d'un endroit à un autre.

Dans les systèmes industriels aussi, les pompes sont présentes pour les transferts de fluides ou pour donner plus de pression dans les circuits et

équipements qui en nécessitent. A cet effet, plusieurs types de pompes sont employés, parmi lesquelles on y trouve la pompe à engrenage. Elle se distingue par ses côtes d'encombrement réduites et ses caractéristiques fonctionnelles importantes (débit et pression).

Le but de cette étude est la conception d’un banc d’essai des pompes hydrauliques a engrenage. Nous allons testé une pompe a engrenage réalisée par le laboratoire de mécanique de l’université de Médéa.

Chapitre I :

Généralités sur Les pompes

I.1. Généralités sur les pompes [1]

Les pompes sont après les moteurs électriques des éléments essentiels dans la vie et le confort des êtres humains. Les pompes déplacent des fluides qu'ils soient chauds ou froids, propres ou sales, elles effectuent cette opération de manière extrêmement efficace et préservent l'environnement, ce sont des machines qui aspirent un fluide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région à haute pression, son rôle est donc d'augmenter la pression du fluide véhiculé par celle-ci.

Cette augmentation de pression est le résultat de la transformation de l'énergie mécanique fournie par le moteur d'entrainement de cette pompe en une augmentation d'énergie hydraulique acquise par le fluide entre l'entrée et la sortie de la pompe.

On distingue deux grandes catégories selon les moyens employés pour produire la hauteur d'élévation :

- Les pompes volumétriques
- Les turbopompes

I.2. Classification des pompes [10]

Les pompes, en général, sont partagées en trois grandes familles (Figure 1)

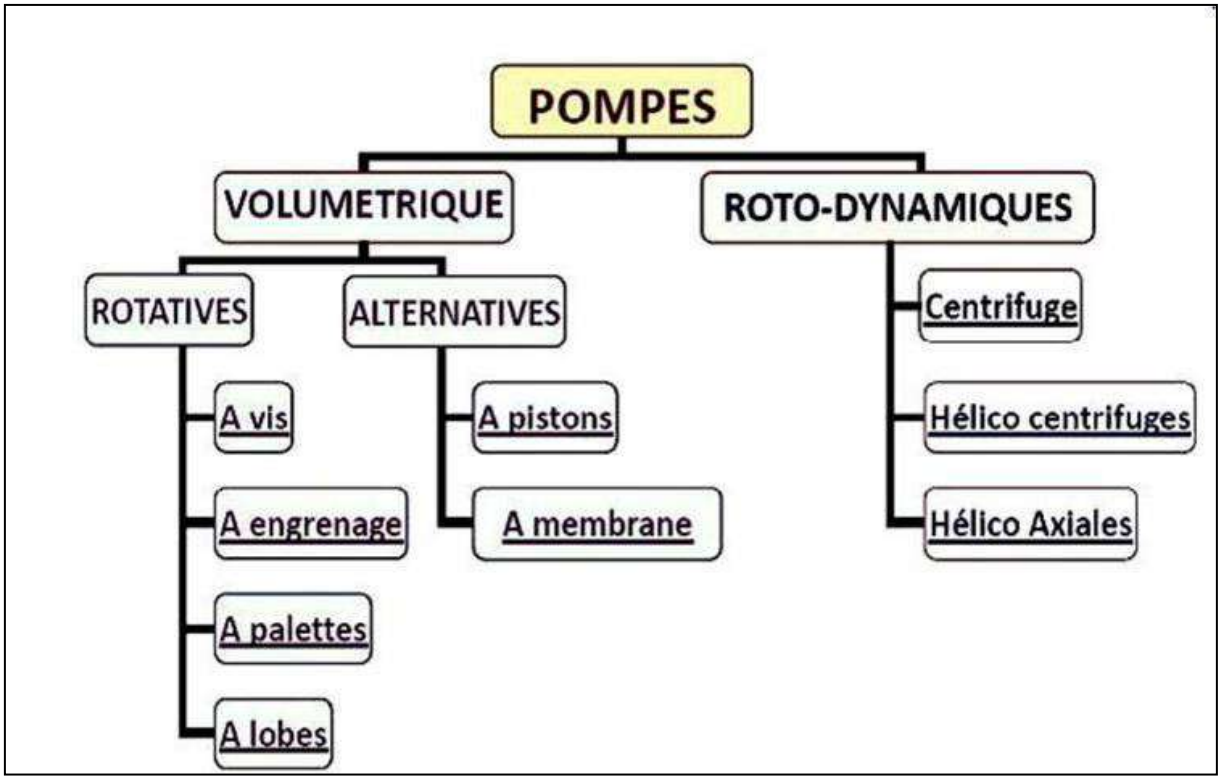


Figure 1 : Classification des pompes[10]

I.3 Les pompes volumétriques[1]

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Son fonctionnement repose sur le principe suivant : [1]

- 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 mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement, elles se décomposent en deux familles :

- Les pompes volumétriques rotatives :
  - À Vis.
  - À Engrenages.
  - À Palettes.
  - À Lobes.
- Les pompes volumétriques alternatives :
  - À Pison.
  - À Membrane.

I.3.1 Les pompes volumétriques rotatives [1]

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et créé le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement, on trouve plusieurs types :

I.3.1.1 Pompes à vis

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles :

- Dans le cas d'une pompe à trois vis la centrale seule motrice, les deux autres sont entrainées par la première.
- Dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes les deux entrainées par un jeu de pignons extérieurs.



Figure 2 : pompe à vis

I.3.1.2 Pompes à engrenages[3]

Les pompes hydrauliques volumétriques à engrenage sont de constitution simple parce qu'elles ne possèdent que peu de pièces mobiles internes. Ce type de pompe présente l'avantage d'être celui le moins coûteux.

Cependant, ces pompes offrent un rendement volumétrique η_v peu élevé. De plus, notez que les pompes à engrenage sont à cylindrée fixe.

Comme 1e nom l'indique, les pompes à engrenage renferment deux roues dentées qui s'engrènent (s'engagent) l'une dans l'autre. Il existe deux catégories de pompe à engrenage:

- Les pompes à engrenage extérieur;

- Les pompes à engrenage intérieur.

a) Pompes à engrenages extérieurs

Ce type de pompe comporte un grand nombre de variantes qui diffèrent entre elle, soit par : La disposition, soit par la forme des engrenages. Dans tous les cas, le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement (**Figure 3)**. Les pompes à engrenages peuvent avoir une denture droite,
Hélicoïdale, ou encore à chevrons. Cette dernière solution présente l'avantage de rendre le mouvement plus uniforme.

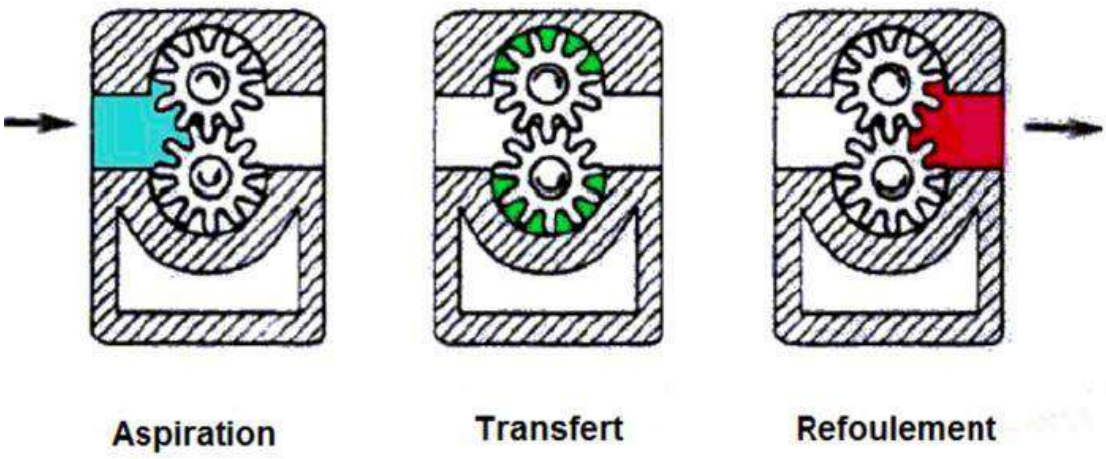


Figure 3 : Pompe a engrenage extérieur

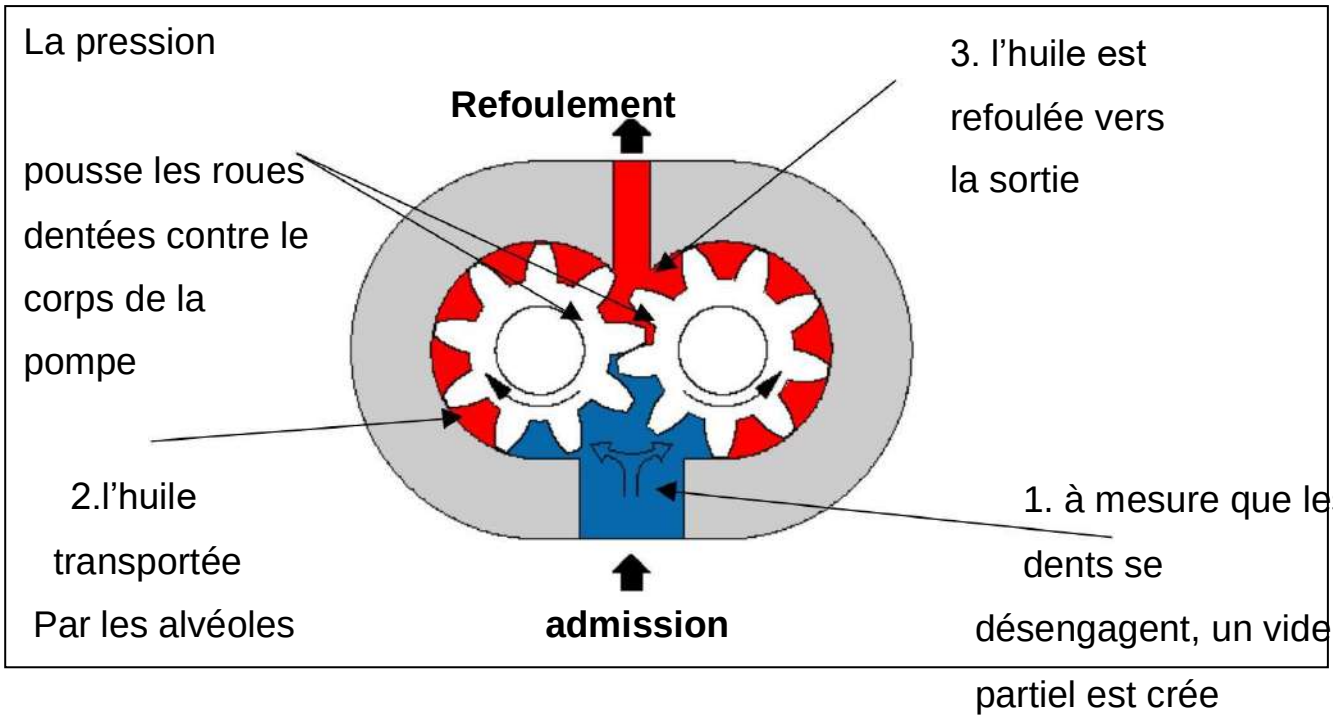


Figure 4 : Pompe a engrenage externe

Les pompes à engrenage extérieur (**Figure 4**) comportent une roue dentée menant et une roue dentée menée. Ces roues tournent en sens opposé en s'engrenant l'une dans l'autre.

En face de l'orifice d'admission, les deux roues dentées se séparent en créant un vide partiel comblé par l'huile provenant du réservoir. L'huile est ensuite transportée par les alvéoles formées par le creux des dents elle corps de la pompe.

Des plaquettes assurent l'étanchéité axiale des alvéoles, c'est-à-dire qu'elles empêchent l'huile de fuir par les côtés des alvéoles. Au fur et à mesure que les dents se réengagent, l'huile est évacuée vers l'orifice de refoulement.

Sous l'effet de la pression existant du côté de refoulement de la pompe, les deux roues dentées sont poussées contre le corps de la pompe à cause de l'espace existant entre la face des dents des roues dentées et le corps de la pompe. L'espace disponible tend à s'amplifier à mesure que la pompe prend l'âge et s'use. Les pertes volumétriques augmentent donc en fonction de l'usure de pompe. Il en résulte un faible rendement volumétrique.

Il existe également des pompes à en grenages externe double (**Figure 5**). Une pompe à engrenage double est en fait l'union de deux pompe à en grenage, lesquelles sont entraînée par le même arbre d'accouplement. Ces pompes ont le même principe de fonctionnement qu'une pompe à engrenage simple. Elles possèdent un seul orifice de refoulement.

Une pompe à engrenage double peut alimenter deux circuits hydrauliques indépendants ou fournir un plus grand débit à un seul circuit. [3]

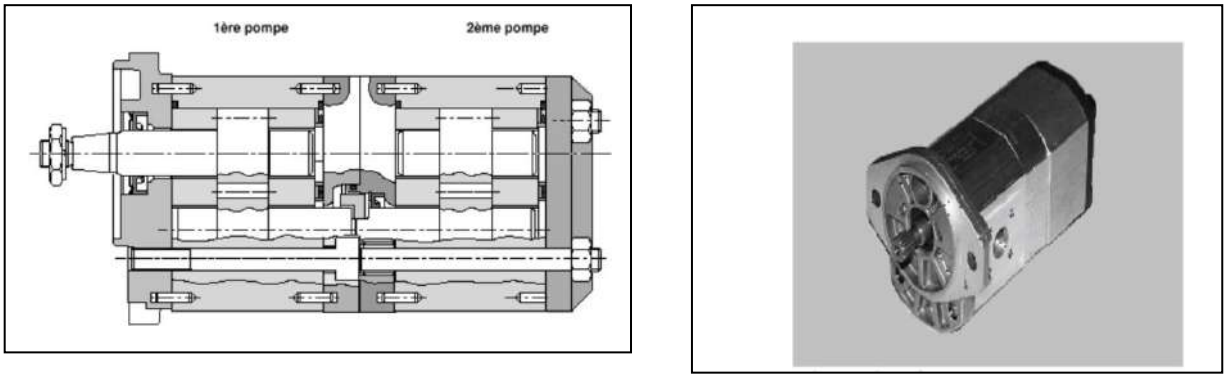


Figure 5 : Pompe à engrenage double

b) Pompes à engrenages intérieurs

Le principe général consiste à placer un des engrenages à l'intérieur de l'autre. Cette disposition nécessite l'utilisation d'une pièce supplémentaire en forme de croissant qui permet l'étanchéité entre les deux trains d'engrenages (Figure 6).

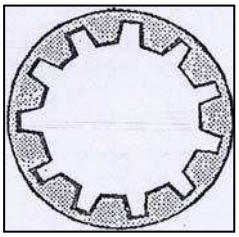


Figure 6: roue à engrenage intérieur

Il existe deux principaux types de pompe engrenage interne :

- Les pompes à engrenage interne à croissant.
- Les pompes à engrenage interne à gé rotor.

➢ Pompes à engrenage interne à croissant

La pompe à engrenage interne à croissant comprend deux roues à denture, soit une roue à denture interne et une roue à denture externe, lesquelles sont séparées par un croissant fixe (Figure 10).

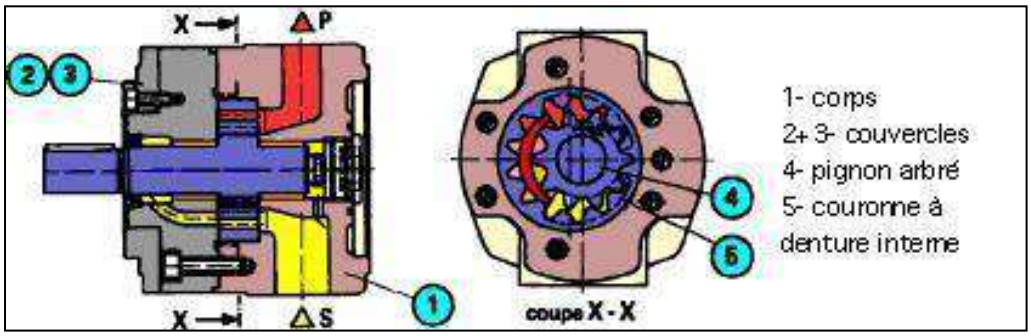


Figure 7: Pompe à engrenage interne à croissant

La roue à denture externe entraîne la roue à denture interne. Il est à noter que la roue à denture externe est excentrique par rapport à la roue à denture interne et que les deux roues dentées tournent dans le même sens. La figure 8 représente le principe de fonctionnement d'une pompe à engrenage interne à croissant

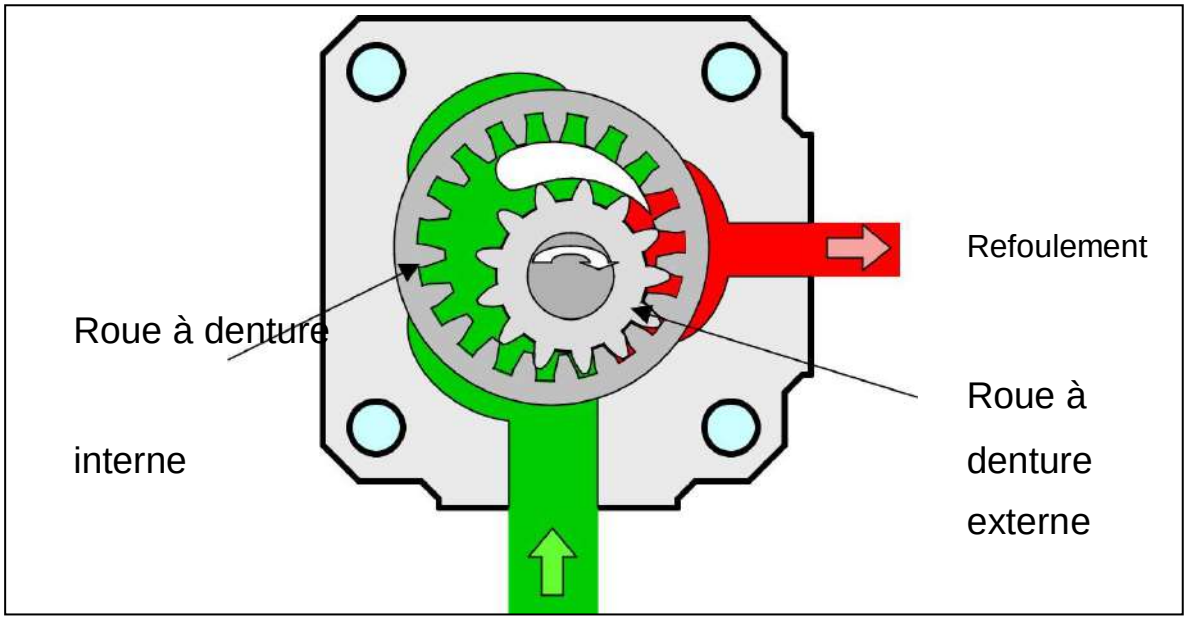


Figure 8 : Pompe à engrenage intérieur

- **Pompes à engrenage interne à gérotor**

Le fonctionnement des pompes à engrenage interne à gé rotor (Figure 14) ressemble beaucoup à celui des pompes à engrenage interne à croissant. La figure ci-dessous vous en présente le cycle de fonctionnement. Croisions

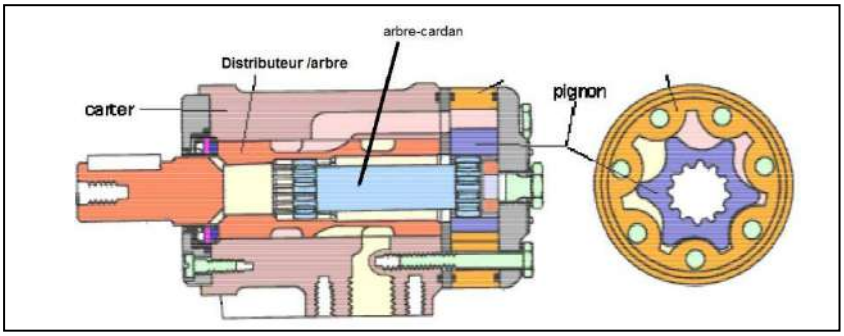


Figure 09 : Pompes à engrenage interne à gérotor

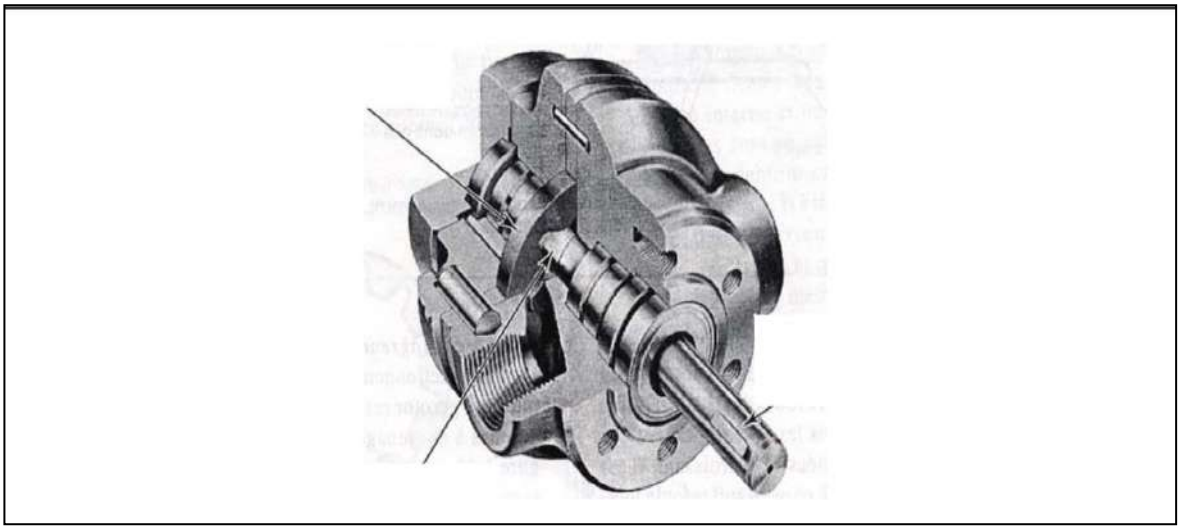


Figure10: Vue en coupe d'une pompe à gérotor

I.3.1.3 Pompes à palettes

Les pompes hydrauliques volumétriques à palettes sont fréquemment utilisées parce qu'elles ont un bon rendement volumétrique:

- Elles offrent généralement un meilleur rendement volumétrique que les pompes à engrenage.
- Elles sont toutefois plus coûteuses que ces dernières.

Les pompes à palettes renferment des palettes :

- Celles-ci sont de forme rectangulaire;
- Elles sont introduites à l'intérieur du rotor par l'entremise de rainures radiales. Les palettes peuvent donc se déplacer radialement.

Il existe deux catégories de pompes à palettes :

- Les pompes à palettes à cylindrée fixe;
- Les pompes à palettes à cylindrée variable.

On utilise la rotation d'un rotor portant des palettes coulissant dans des alvéoles radiales. Ces palettes sont maintenues en contact avec l'intérieur d'un stator de forme ovale, ce qui permet d'obtenir entre le rotor et le stator 2 zones symétriques d'aspiration et deux zones symétriques de refoulement, ce qui assure l'équilibrage du rotor et décharge les paliers.

Ces pompes très équilibrées sont cependant fragiles. En effet, les palettes subissent des sollicitations de flexion dues à l'action de la pression de refoulement.

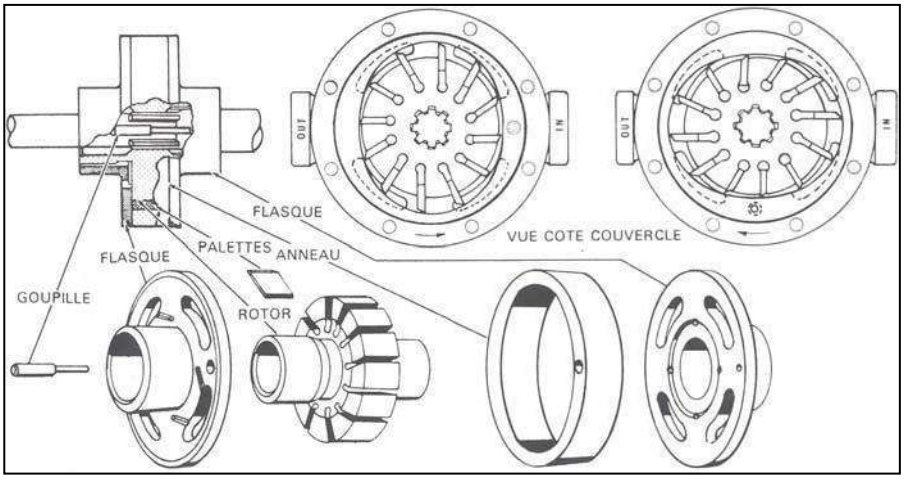


Figure 11 : pompe à palettes

I.3.1.4 Pompes à lobes [6]

La rotation régulière des couples de lobes crée un vide au niveau du côté aspiration déterminé par le sens de rotation de l'entraînement. Ce vide attire le liquide dans le compartiment de pompe. Lorsque la rotation se poursuit, le liquide pompé est refoulé par les lobes, longe la paroi de la pompe et arrive dans la zone de refoulement.



Figure 12 : Pompes à lobes. [6]

I.3.1.4 Les pompes volumétriques alternatives

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement de translation alternatif. Les principaux types de pompes sont les suivants : à membrane ou à piston.

I.3.1.5 Pompes à piston

Son principe est d'utiliser les variations de volume occasionné par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternativement dans un sens ou dans l'autre

produisent des phases d'aspiration et de refoulement. Quand le piston se déplace dans un sens, le liquide est comprimé : il y a fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le fonctionnement est inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe.

Elles peuvent être à simple effet et, dans ce cas le piston n'a qu'une seule phase active (premier temps : aspiration ,deuxième temps : le refoulement)

Elles peuvent être à double effet et, dans ce cas, le piston est actif dans les deux phases celles-ci étant à la fois phase d'aspiration et phase de refoulement. [3]

Elles sont souvent utilisées comme pompes doseuses.

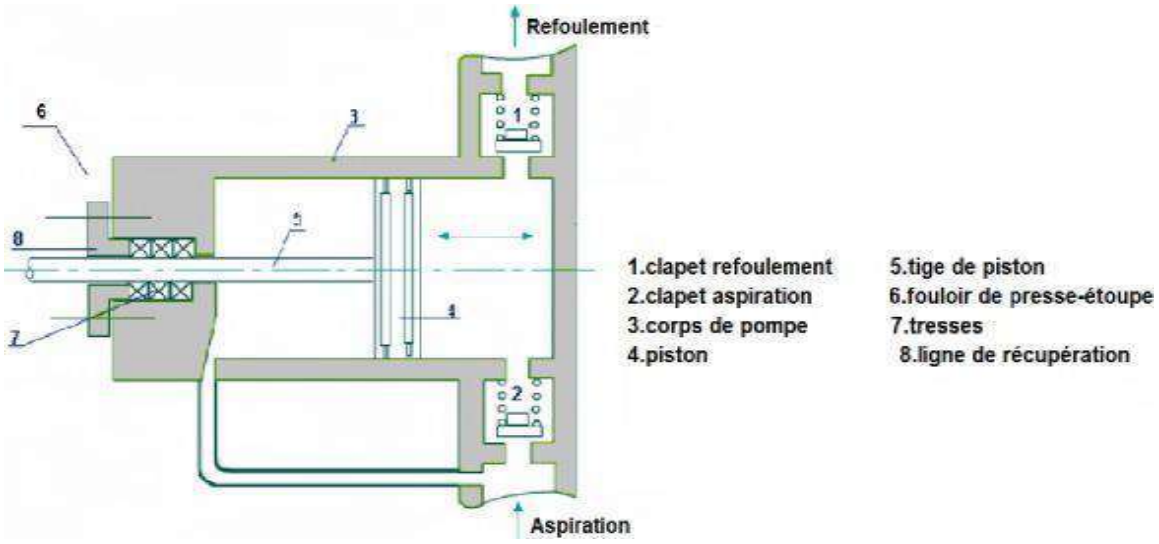


Figure 13 : Pompes à piston.

I.3.1.5 Pompes à membrane

Elles sont essentiellement à piston et (ou) à membrane. L'introduction d'un débit bien déterminé de liquides est rendu

possible grâce à un dispositif précis de réglage de la course du piston et de sa fréquence.

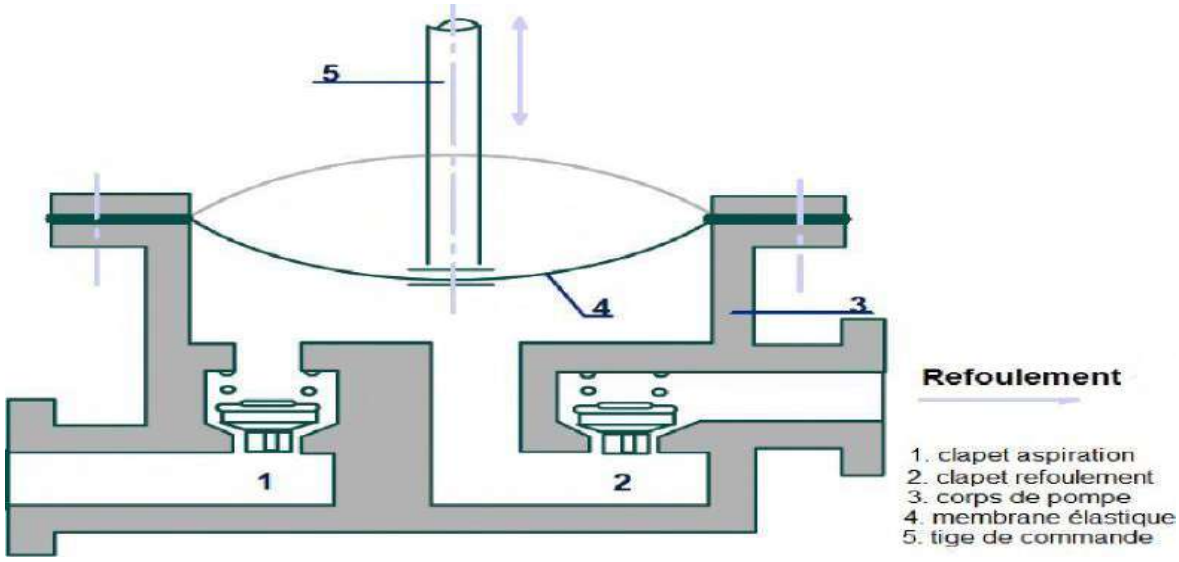


Figure 14 : Pompe à membrane.

I.4 Les turbopompes

On appelle turbomachine un ensemble mécanique de révolution comportant une ou plusieurs roues (rotors) mobiles munies d'aubes (aubages, ailettes) qui ménagent entre elles des canaux à travers lesquels le fluide s'écoule. Les aubes sont des obstacles profilés, plongés dans l'écoulement.

Dans un ensemble mécanique, la transformation de l'énergie du fluide en énergie mécanique et réciproquement, se fait à l'aide d'un mouvement de rotation continu. [7]

I.4.1 Classification des turbopompes

Dans la famille turbopompe, on classe les pompes selon la trajectoire du fluide (trajectoire de l'écoulement) :

- Les pompes centrifuges.
- Les pompes hélico-centrifuges.
- Les pompes axiales ou à hélices.

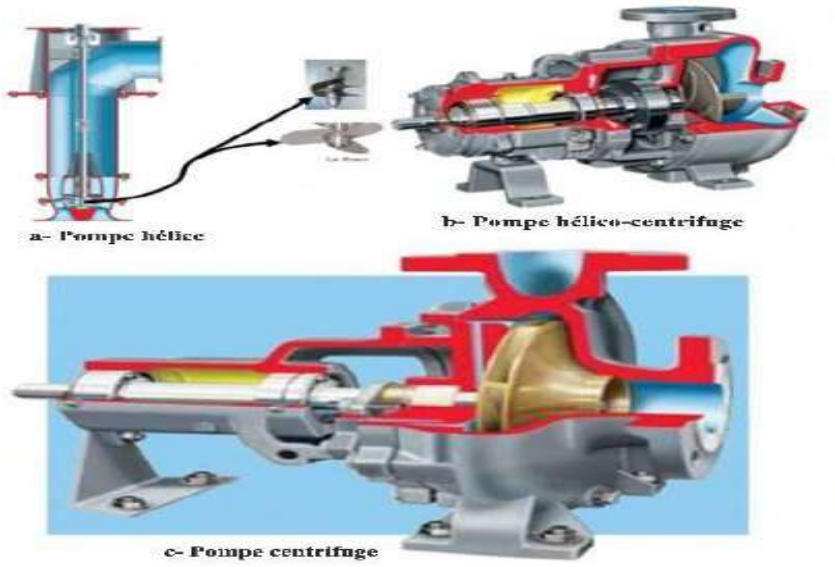


Figure 15: Classification des turbopompes.

I.4.1.1 Les pompes à hélices (axiales)

Elles sont destinées à générer un fort débit et une faible variation de pression, le liquide reste à une distance constant de l'axe de la pompe, elles sont utilisées généralement dans l'irrigation. [8]

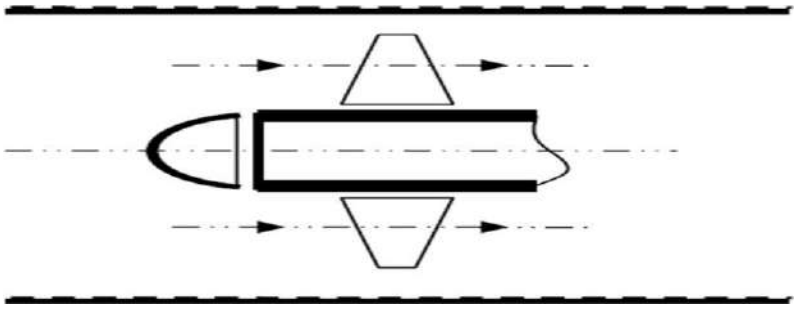


Figure 16 : Roue motrice axial.

I.4.1.2 Les pompes hélico centrifuges

Elles sont adaptées à toutes les applications de pompages d'eau ou une pression à fournir et à des débits modérés avec les hauteurs totales d'élévation moyennes ; le liquide s'éloigne de l'axe mais progresse axialement et parallèlement. [8]

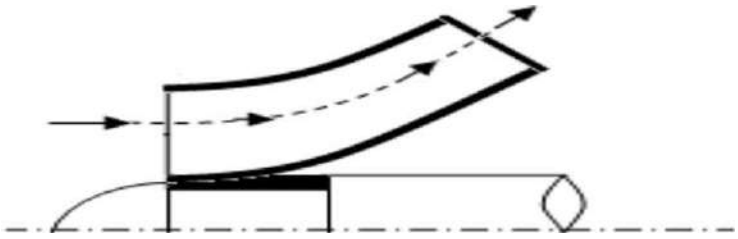


Figure 17 : Roue motrice hélico centrifuges.

I.4.1.3 Pompes centrifuges

Elles sont toutes rotatives, le transfert de liquide se fait par la mise en vitesse de ce dernier grâce à la rotation du rotor. [9]

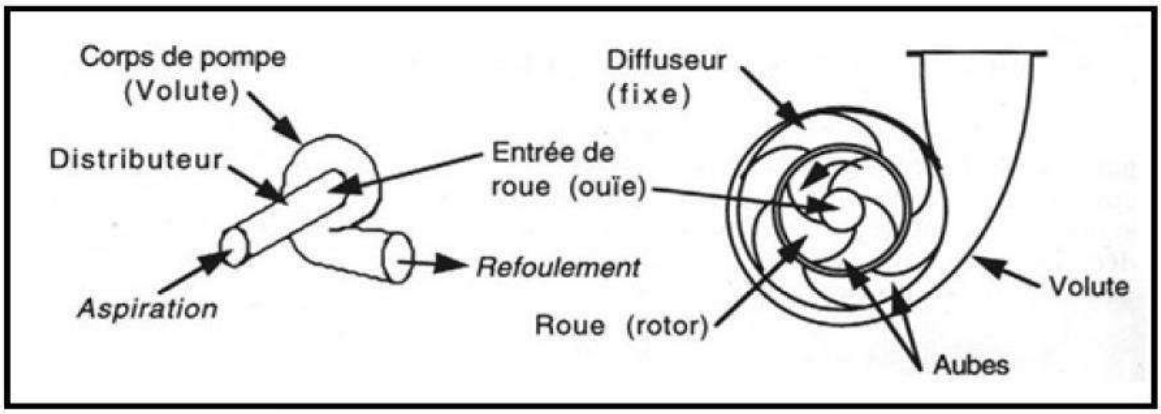


Figure 17 : Pompe centrifuge.

Chapitre II :
les pompes hydrauliques

II.1Principe de fonctionnements des pompes hydrauliques volumétriques:

La pompe hydraulique transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Il s'agit d'un dispositif qui prend de l'énergie d'une source (par exemple le moteur thermique, moteur électrique, etc.) et transforme cette énergie sous forme hydraulique.

La pompe hydraulique prend l'huile hydraulique d'un réservoir de stockage et la pousse dans un circuit hydraulique sous forme de débit ainsi toutes les pompes hydrauliques produisent un débit d'huile de la même façon. Une dépression est créée du côté de l'aspiration de la pompe hydraulique puis la pression atmosphérique élevée ou la pression du réservoir pousse l'huile à travers l'orifice d'aspiration et à l'intérieur de la chambre d'aspiration de la pompe. Les engrenages de la pompe à engrenage par exemple transportent ensuite l'huile vers la chambre de refoulement de la pompe hydraulique.

Le volume de la chambre diminue au fur et à mesure que la chambre se rapproche de l'orifice de refoulement. Cette diminution de la taille de la chambre pousse l'huile vers la sortie (vers le circuit).

Les pompes hydrauliques produisent uniquement le débit (c'est-à-dire gallons par minute, litres par minute, ou centimètres cube par tour, etc.) utilisé dans le circuit hydraulique. Elles ne produisent pas ou ne provoque pas de «pression», la pression est provoquée uniquement par la résistance au passage du débit. La résistance peut être causée à travers les flexibles, les orifices, les vérins, les moteurs, ou n'importe quel composant du système qui gêne la circulation d'huile vers le réservoir. [4]

II.2 Courbe de réseau et point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe indique le débit qu'elle est capable de fournir pour une HMT donnée. La HMT est égale aux pertes de charge du circuit (réseau) sur lequel elle est installée.
Le point de fonctionnement est commun aux courbes caractéristiques de la pompe et du réseau (voir dossier pompe 1er niveau).

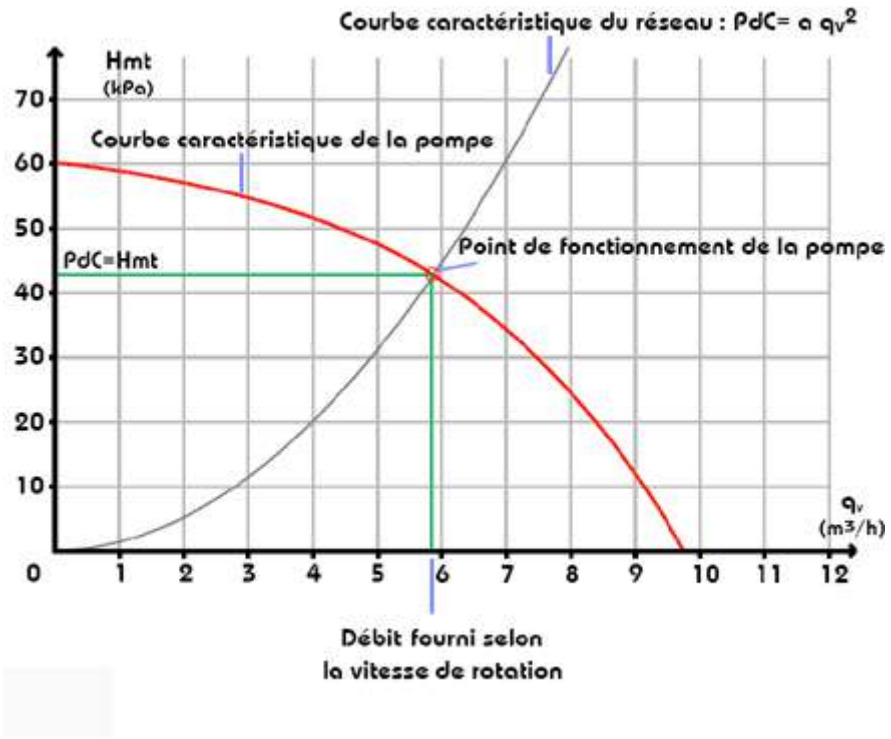


Figure 18 : point de fonctionnement ensemble réseau-pompe

- La courbe caractéristique de la pompe représente ses possibilités de fonctionnement. Elle est fournie pas le fabricant.

- La courbe caractéristique du réseau représente l'évolution de ses pertes de charge (PdC) en fonction du débit. [5]

II.3 Avantages et inconvénients des pompes volumétriques [6]

- **Avantage**

 Le débit refoulement ne dépend pas de la hauteur de refoulement, donc elles sont bien placées comme pompe de dosage et d'injection.
 Pompage possible de liquide très visqueux
 Elles ont une très bonne puissance d'aspiration.
 Le débit de refoulement ajustable de manière exacte.

- **Inconvénients**

 Appareils plus lourds et plus encombrants, elles sont pas bien adaptées à des grandes vitesses de rotation.
 Débit pulsé ce qui nécessite l'installation d'appareils spéciaux pour avoir un débit continu.
 Impossibilité d'obtenir de gros débits sous faible pression
 Danger de surpression dans le circuit de refoulement d'où la présence indispensable de sécurités (by-pass et soupape de sûreté).
 Impossibilité en général de pomper des liquides chargés.
 On ne peut pas limiter la pression de refoulement, et pour cela une soupape de sécurité est obligatoire.

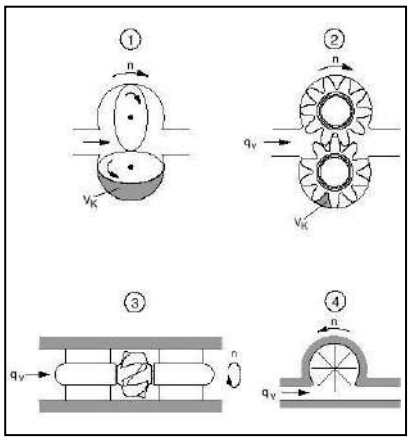
II.3 Caractéristiques de fonctionnements des pompes hydrauliques volumétriques: [3]

Il existe plusieurs types de pompe hydraulique volumétrique. Ces pompes diffèrent les unes des autres par leur dimension ainsi que par la quantité et la nature de leurs pièces mobiles internes. Malgré ces distinctions, elles remplissent toujours essentiellement le même rôle, celui de faire circuler une quantité plus ou moins grande de fluide. Les caractéristiques de fonctionnement sont donc les mêmes.

a) Débit (q_v)

On appelle débit (q_v) la quantité de fluide mise en mouvement en fonction du temps.

Dans le système métrique, le débit est exprimé en litres par minute (L/min)(Figure 19).



1	Pompe à lobes
2	pompe à engrenage
3	Pompe à piston
4	pompe à palettes

Figure 19 : Schémas des différentes pompes

Le débit d'une pompe hydraulique dépend de deux importants facteurs : la cylindrée de la pompe et la vitesse de révolution de la pompe.

b) Cylindrée (C)

La cylindrée d'une pompe hydraulique est le volume ou la quantité de fluide que celle-ci refoule par révolution (Figure 20).

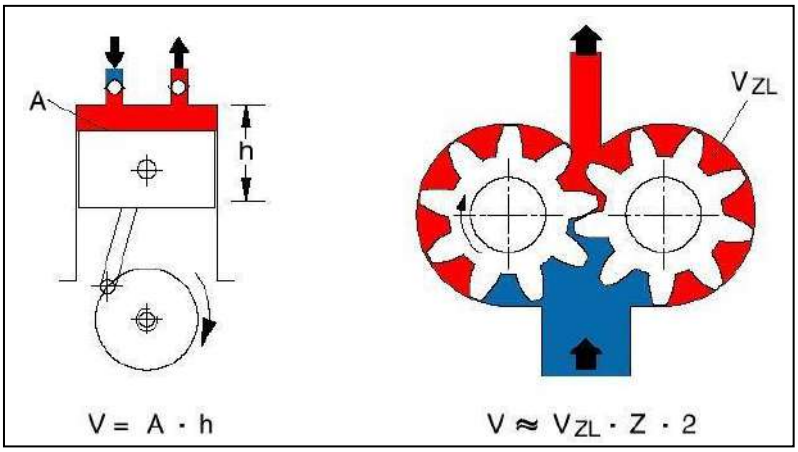


Figure 20 : Cylindrées des pompes (volumes en rouge)

Dans le système métrique, la cylindrée d'une pompe hydraulique est exprimée en centimètres cubes par révolution (cm^3/r).

c) Vitesse de révolution (n) :

Le second facteur qui influence le débit d'une pompe hydraulique est la vitesse de révolution de celle-ci. Une pompe est toujours accouplée à moteur par l'entremise de son arbre d'accouplement. Lorsque la pompe hydraulique est entraînée par un moteur électrique, les vitesses sont de l'ordre de 1200 tr/min, 1500 tr/min ou 1800 tr/min. Cependant, il importe de respecter la vitesse nominale prescrite par le fabricant, c'est à dire la vitesse de révolution pour laquelle une pompe est conçue.

$$q_v = C * n$$

d) Pression (p)

Il est faux de croire qu'en plus de fournir un débit, une pompe hydraulique fournit une pression. Le rôle d'une pompe hydraulique est uniquement de créer un débit. La pression dans un circuit hydraulique est due à la résistance à l'écoulement que rencontre le fluide. La résistance à l'écoulement peut provenir d'une force sur un vérin, d'une charge sur un moteur ou d'une restriction dans la tuyauterie. Les unités de mesure utilisées pour exprimer la pression sont le Pascal (Pa) ou le bar (Figure 21).

1 bar = 100 kPa

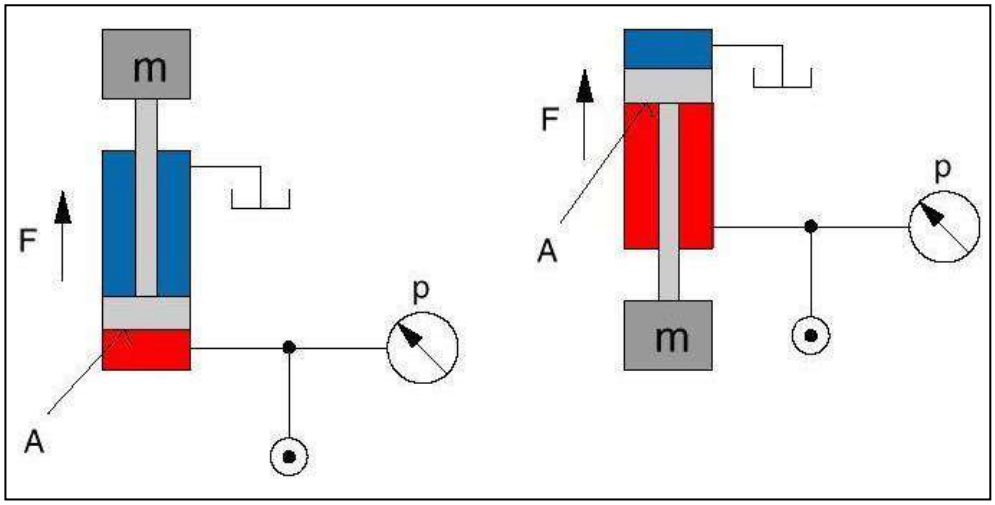


Figure 21 : Pressions des pompes (volumes en rouge)

e) Puissance (P)

Afin d'accomplir sa tâche qui est de mettre en mouvement un fluide, une pompe hydraulique est toujours accouplée mécaniquement à une source motrice. Le rôle de la source motrice est de fournir une puissance mécanique en rotation à l'arbre de la pompe afin de mettre en mouvement les pièces internes de cette dernière. Une pompe hydraulique a donc comme caractéristique de transformer l'énergie mécanique qu'elle reçoit de sa source motrice en énergie hydraulique (Figure 22).

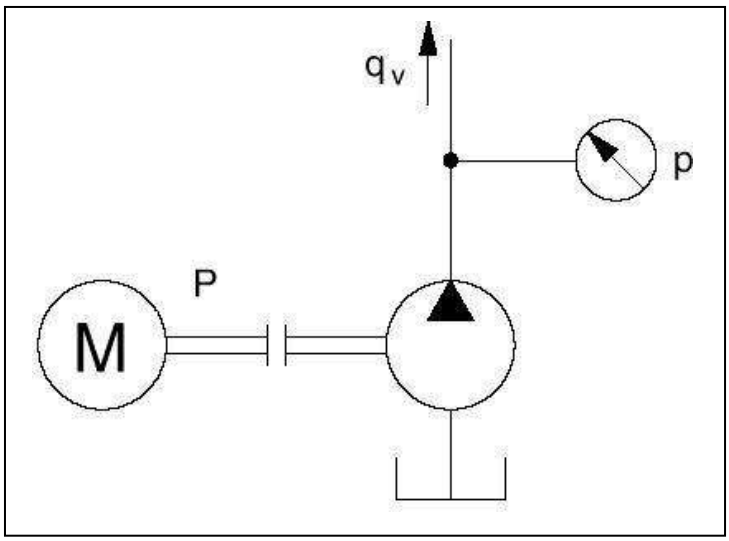


Figure 22 : Puissance d'une pompe

$$P = p \cdot q_v$$

Puissance d'entrée de la pompe:

$$P = \frac{p \cdot q_v}{6 \cdot \eta_t}$$

Puissance de sortie du moteur hydraulique:

$$P = \frac{p \cdot q_v \cdot \eta_t}{6} \cdot 10^{-4}$$

Puissance	P	[kW]
Pression	p	[bar]
Débit	q_v	[l/min]
Rendement	η_t	[%]

Puissance mécanique	Quantité d'énergie fournie ou consommée par un équipement en fonction du temps
$P = \frac{T \times n}{9550}$	où : P : Puissance mécanique en kilowatts (kW) T : Couple en newtons-mètres (N·m) n : Vitesse de révolution en révolutions par minute (r/min)

T : couple en newton –mètres (N.m)

P=T.n/9550

N : vitesses de révolution en révolution par minute (r/min)

P : puissance mécanique en kilowatt (KW)

La puissance hydraulique est donnée par la formule suivante :

P_{hyd}**= P*Q_V**

Avec :

P : pression en Pa

QV : débit en m^3/s

On peut réarranger la formule de la façon suivante pour utiliser les unités de pression et de débit connus

$$P_{hyd} = P*Q_V/600$$

Avec :

- P : pression en bar
- Q_V : débit en l/min
- P_{hyd} : puissance en KW

f) Le rendement volumétrique $\eta_{volumétrique}$

Afin d'optimiser la durée de vie d'une pompe hydraulique, il est important de respecter la puissance nominale établie par le fabricant.

La puissance nominale est la puissance hydraulique maximale de la pompe lorsque cette dernière est en fonctionnement continu.

Les pompes hydrauliques volumétriques possèdent des pièces mobiles internes. Pour que ces pièces puissent se déplacer, il faut nécessairement leur assurer un jeu minimal. A cause de ce jeu, il se produit en fonctionnement des fuites d'huile entre les interstices des pièces mobiles. Ces fuites, appelées fuites volumétriques ou fuites internes, augmentent en fonction de la pression du circuit.

A cause des fuites volumétriques, le débit réel fourni par une pompe hydraulique est inférieur au débit théorique. Certaines pompes ont des fuites volumétriques plus importantes que d'autres. Cela peut être exprimé en calculant le rendement volumétrique d'une pompe.

Le rendement volumétrique est donné par l'équation mathématique suivante

Rendement volumétrique = Débit d'huile en fonctionnement /Débit théorique

Le rendement volumétrique est le rapport entre le débit d'huile réellement fourni par la pompe et le débit théorique. Il permet de comparer différentes pompes volumétriques. Il est à noter que le rendement volumétrique ne peut jamais être supérieur à la valeur numérique "l". En effet, un rendement volumétrique équivaut, en pourcentage, à un rendement de 100 %.

g) Le rendement mécanique $\eta_{mécanique}$

Durant le fonctionnement d'une pompe hydraulique volumétrique, les pièces mobiles internes se déplacent par rapport à des pièces fixes. Le jeu qui existe entre ces pièces est rempli d'huile, ce qui assure une lubrification des pièces en mouvement.

L'huile comprise dans ces interstices est soumise à des forces de cisaillement sous l'effet du déplacement des pièces. L'huile, de par sa viscosité, s'oppose à ces forces de cisaillement. On dit alors qu'il y a «frottement visqueux». Les pièces mobiles internes sont également soumises

àdes forces engendrées par la pression du fluide, ce qui génère du frottement dynamique. Le couple réel fourni à une pompe volumétrique doit donc être suffisamment élevé pour entraîner la pompe et pour vaincre les forces de friction.

Le rendement mécanique représente le pourcentage du couple qui est réellement transmis à la pompe. Un rendement mécanique de 90 % indique

que 90 % du couple sont transmis à la pompe et que les 10% restants sont utilisés pour vaincre les forces de friction.

- **Le rendement total η_{total}**

Le rendement total d'une pompe hydraulique tient compte à la fois des pertes volumétriques et des pertes mécaniques. L'équation mathématique du rendement total est la suivante :

ηtotal= η volumétrique * ηmécanique

Le rendement total **η_{total}** d'une pompe hydraulique est fourni par le produit du rendement volumétrique et du rendement mécanique.

Le rendement total **η_{total}** d'une pompe hydraulique peut également être exprimé en pourcentage par le rapport de sa puissance de sortie (ou puissance hydraulique) sur sa puissance d'entrée (ou puissance mécanique).

L'équation du rendement total est alors :

η_{total}= puissance de sortie/puissance d'entrée:

Chapitre III :
Techniques de mesure des différentes grandeurs

Introduction

Pour caractériser une pompe il est nécessaire de mesurer certaines grandeurs, ces dernières sont :

- Le débit volumique
- La pression à l'entrée
- La pression a la sortie
- La vitesse de rotation N
- La puissance absorbée par la pompe Pab

III.2 Mesure de débit

Le débit volumique, c'est la quantité de fluide qui traverse une surface donné par unité de temps, il s'exprime en mètre cube par seconde ou pratiquement en mètres cubes par hauteur, pour le mesurage, il existe plusieurs méthode :

a) Mesure par pesée

b) Méthode volumétrique

c) Débitmètres à pression différentielle.

d) Le rota mètre

e) Les différents débitmètres : à turbine, à ultrason, à vortex, à section, à section variable……

III.2.1 Classification des principaux débitmètres [2]

III.2.1.1 Mesure par pesée

La méthode par pesée, elle nous donne la valeur moyenne du débit pendant le temps nécessaire pour remplir le réservoir, elle peut être considérer comme la plus précise des méthodes de mesurage de débit.

Elle est affectée par les erreurs relatives à la pesée, au mesurage du temps de remplissage, à la détermination de la masse volumique du liquide en fonction de la température du fluide est également par d'éventuelles erreurs liées, soit à la dérivation d'écoulement (méthode statique), soit au phénomène dynamique au moment de la pesée (méthode dynamique) [2].

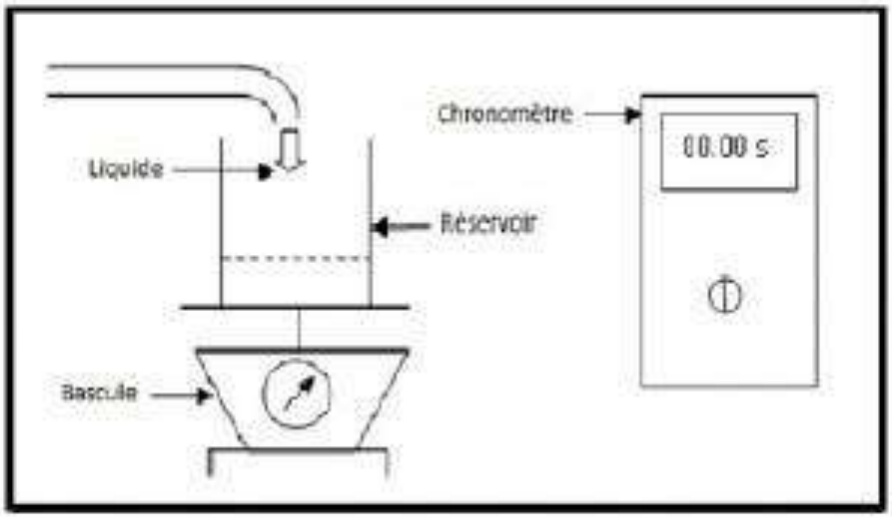


Figure 23: Mesure de débit par pesée

III.2.1.2 Méthode volumétrique [2]

La méthode volumétrique est aussi précise que la méthode par pesée et comme cette dernière ne donne que la valeur moyenne du débit pendant le temps de remplissage de la capacité jugée.

L'étalonnage du réservoir peut s'effectuer par mesurage du niveau d'eau après déversement dans le réservoir de volume successif d'eau, mesurée à l'aide d'une pipette jaugée.

La méthode volumétrique est affectée par les erreurs relatives à l'étalonnage du réservoir, au mesurage des niveaux et du temps de remplissage.

En outre l'étanchéité du réservoir doit être vérifiée et les corrections de fuite doivent être faites si nécessaire.

Par ailleurs il existe une variante de la méthode volumétrique utilisable sur le site des débits plus grands lorsqu'on peut utiliser comme capacité jaugée un réservoir naturel dont le volume a été déterminé par des procédés géométriques ou topographiques, ce pendant la précision de cette méthode est sensiblement moins bonne du fait notamment des difficultés de mesurage des niveaux, qui peuvent être ni stable ni uniforme. [2]

III.2.1.3 Débitmètres à pression différentielle

Principe et théorie

Le principe est basé sur un système perturbateur statique constitué d'un organe d'étranglement ou organe déprimogène qui provoque une chute de pression dont la valeur est fonction du débit de l'écoulement et des caractéristiques thermodynamiques du fluide à mesurer.

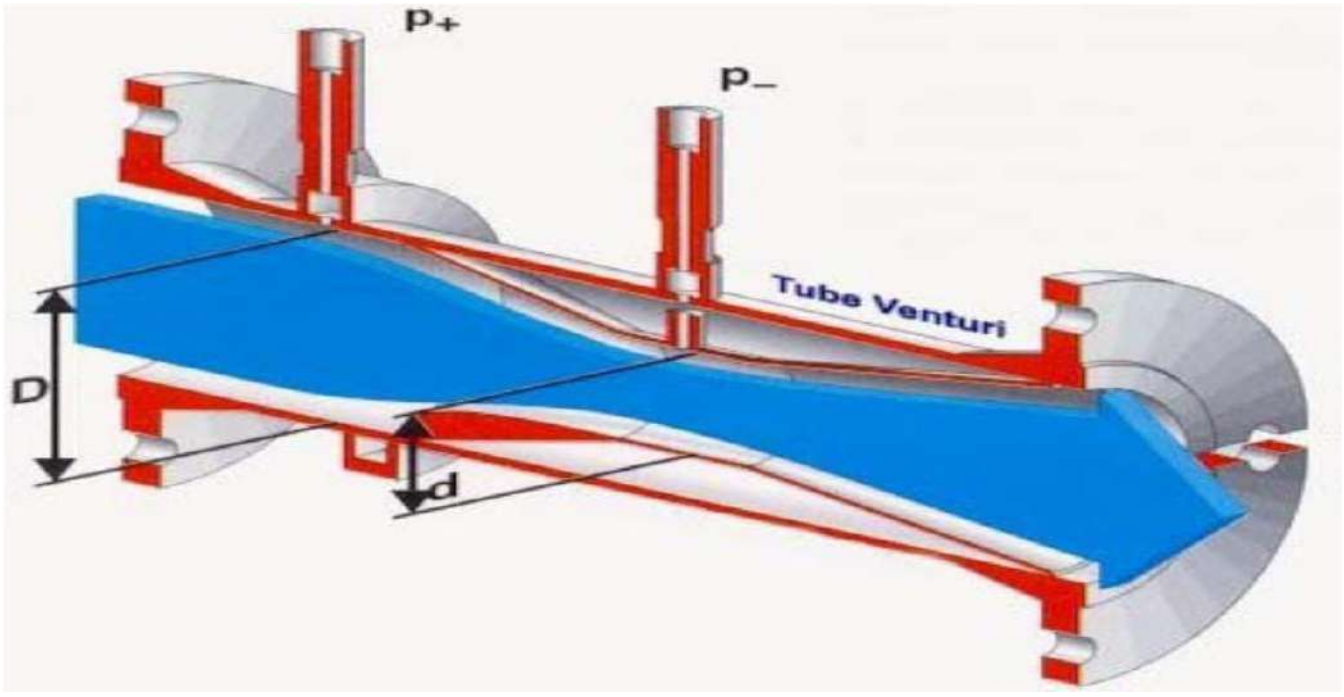


Figure 24: Principe d'un organe déprimogène.

Le venturi :

Les tubes de venturi sont constitués d'un convergent suivi d'un divergent, ils sont caractérisés par une faible perte de charge et ne nécessitent pas de longueur droite. Ils sont tout particulièrement adaptés aux fluides chargés. Le venturi peut être réalisé en acier ou en alliages divers.

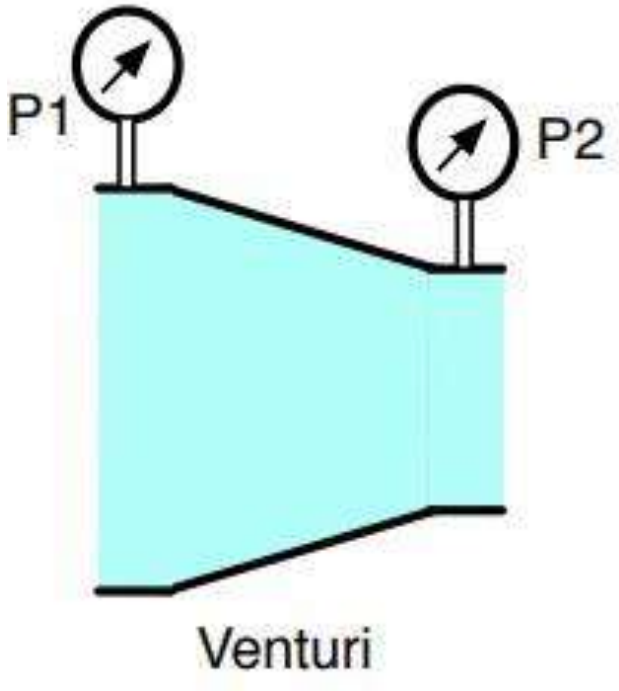


Figure 25 : Représentation d'un venturi [6].

Diaphragme

Ils sont constitués d'une plaque percée d'un trou calibré perpendiculaire à la conduite.

La version habituelle est munie d'un chanfrein sur la partie aval d'un angle qui doit être compris entre 30 et 45° et d'une arête vive en amont de l'orifice. Le diamètre intérieur d doit être tel que

βsoit compris entre 0,20 et 0,80 selon le type du diaphragme, l'épaisseur de la partie cylindrique e doit être compris entre 0,005 D et 0,02 D et l'épaisseur totale E doit être compris entre e et 0,05 D. les diaphragmes peuvent se mettre dans les deux sens de l'écoulement, et ils doivent être symétriques et doivent comporter des arêtes vives sur les deux faces (figure 26).

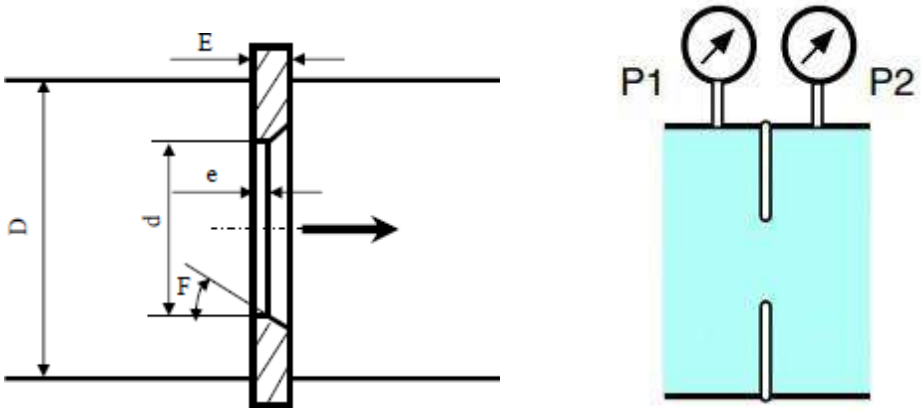


Figure 26: Diaphragme.

III.2.1.4 Le rotamètre

Le rotamètre (de la société rota) est un débitmètre constitué d'un tube verticale (figure 27) dont la section de passage augmente de bas vers le haut et dans lequel un organe, appelé de façon impropre flotteur, est animé d'un mouvement de translation (et parfois de rotation).

L'altitude du flotteur est fonction de son poids, de l'effort d'Archimède et de la trainée générée par le passage de l'écoulement autour de l'obstacle, seul ce dernier effort dépend de la vitesse et donc du débit de l'écoulement.

Une relation entre ce débit et l'altitude observée est alors possible.**[2]**

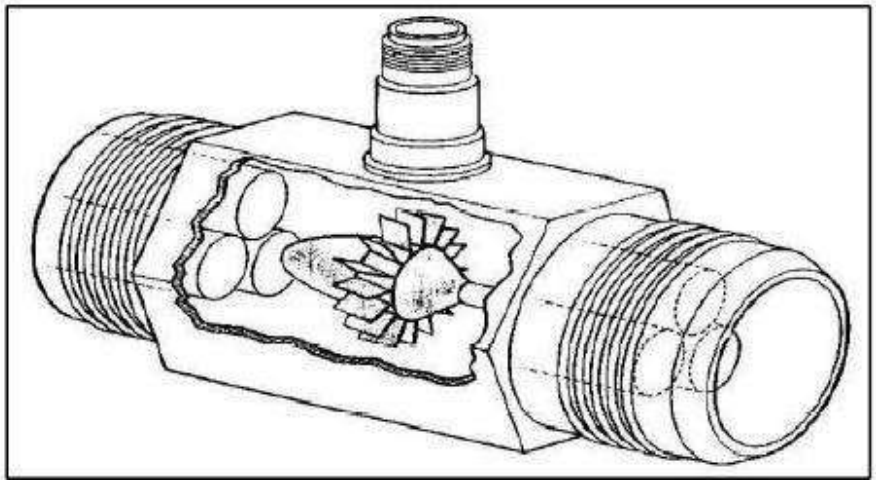


Figure 27: Représentation d'un rotamètre [6].

III.3 La hauteur manométrique de la pompe [3]

III.3.1 Principe de mesurage

La hauteur manométrique de la pompe est calculée conformément à sa définition, exprimée en hauteur de colonne du liquide pompé, elle représente l'énergie communiquée par la pompe par unité de masse de liquide. [3]

III.3.2 Les différentes méthodes de mesure

En fonction des conditions d'installation de la pompe et de la configuration du circuit, la hauteur manométrique de la pompe peut être déterminé soit en mesurant les hauteurs totales de charge à l'aspiration et au refoulement, soit en mesurant les différences de pression entre l'aspiration et le refoulement et en ajoutant la différence de la hauteur dynamique si nécessaire.

III.4 Mesure de la vitesse de rotation

La vitesse de rotation doit être mesurée en comptant le nombre de tours pendant un intervalle de temps connu, au moyen d'un tachymètre à lecture directe,d'une dynamo ou d'un alternateur tachymétrie, d'un compteur optique, d'un fréquencemètre ou d'un stroboscope.

III.5 Mesure de la puissance absorbée par la pompe

C'est la puissance mesurée sur l'arbre de la pompe, elle doit être déduite par calcul de différence entre la puissance du moteur en charge (motopompe) et la puissance du moteur à vide.

III.6 Mesure de couple [2]

Le couple doit être mesuré à l'aide d'un dynamomètre ou d'un torsiomètre convenable. Les mesurages du couple et la vitesse de rotation doivent être dans les limites pratiques simultanées. [2]

III.7 Mesure de la puissance électrique [2]

Lorsque la puissance électrique fournie à un moteur électrique, directement accouplé à la pompe, est utilisée comme un moyen de déterminer la puissance absorbée par la pompe, le moteur doit être utilisé que si La puissance électrique fournie au moteur à courant alternatif doit être mesurée selon la méthode des deux wattmètres ou celle des trois wattmètres, cela autorise l'emploi soit de wattmètres monophasés soit d'un wattmètre mesurant simultanément les deux ou trois phases, soit d'un capteur-étalon.

Dans le cas d'un moteur à courant continu, soit un wattmètre, soit un ampèremètre et un voltmètre peuvent être utilisés. [2]

III.8 Mesure de pression

Pour mesurer la pression on utilise le manomètre, il existe plusieurs types.

On distingue quelques types :

- Manomètre à colonne de liquide.
- Manomètre à piston.
- Manomètre à ressort.

III.8.1 Le manomètre à colonne de liquide inclinée

Les manomètres à colonne de liquide inclinée, sont destinés aux mesures de faibles variations de pression, dépression, pression différentielle. Ces appareils sont particulièrement recommandés pour les mesures de surpression et dépression des salles blanches, blocs opératoires, laboratoires, locaux stériles, flux laminaires...

III.8.2 Manomètre à ressort

Ce type de manomètre utilise la déviation mécanique d'une boucle de tube ou simple ou spirale (manomètre a cadran de type bourdon) ou une membrane pour indiquer la pression.

le rendement est connu avec une précision suffisante.

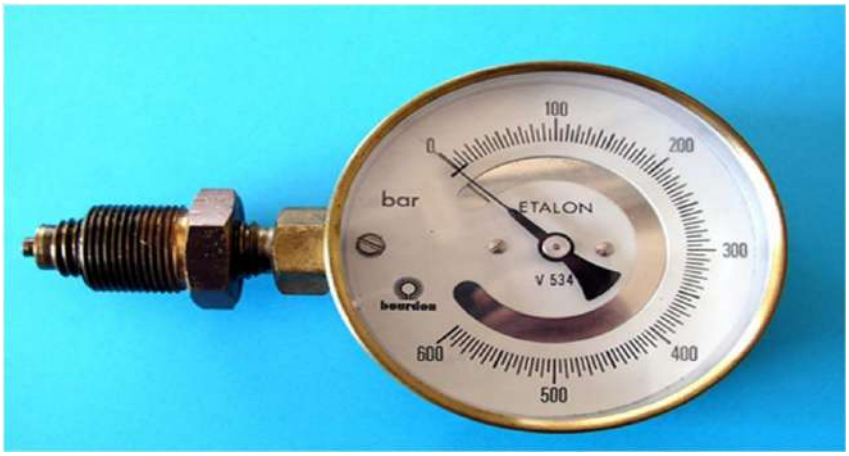


Figure 28: Manomètre à ressort.

Chapitre IV :
Description du banc d'essai

IV .1 Description du banc d'essai [11]

Le banc d'essai pour pompes à huile HM 071 permet de faire fonctionner différentes pompes à huile et d'analyser leur comportement.

Le banc devra permettre les exploitations pédagogiques suivantes :

- mesure de la hauteur manométrique totale en fonction du débit.
- Mesure de la puissance mécanique absorbée en fonction du débit.
- Détermination du rendement hydraulique.

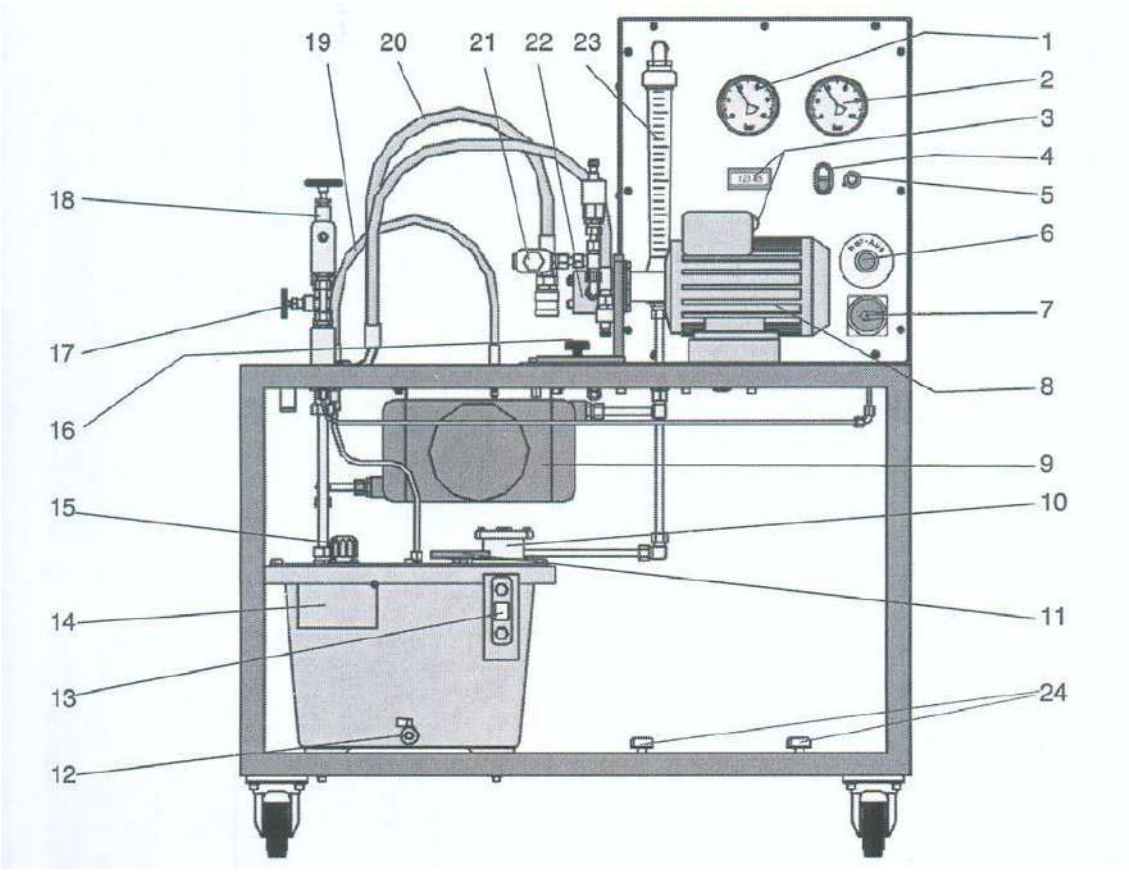


Figure29 : Banc d'essai pour pompe à huile HM 071 avec tuyaux non raccordés et HM 071.01

1	Manomètre - pression d'entrée	13	Regard du niveau d'huile
2	Manomètre - pression de sortie	14	Réservoir d'huile
3	Affichage numérique avec sélecteur pour puissance de pompe en kW/ régime x 1000 rpm	15	Ouverture de remplissage d'huile avec aération et purge
4	Interrupteur marche/arrêt moteur	16	Fixation pour support de pompe à huile
5	Réglage du régime	17	Vanne en entrée
6	INTERRUPTEUR D'ARRET D'URGENCE	18	Vanne de maintien de pression
7	Interrupteur principal	19	Conduite de fuite pour pompe à palettes
8	Moteur à courant alternatif à régime réglable par variateur de fréquence	20	20Conduites avec raccords rapides à fermeture automatique
9	Refroidisseur d'huile	21	Limiteur de pression dans by-pass
10	Filtre à huile	22	Pompe à huile HM 071.01
11	Thermomètre	23	Débitmètre à flotteur
12	Robinet de vidange d'huile	24	Fixation pour autres pompes

IV.2 Descriptif de l'installation [11]

IV .2.1 Caractéristiques techniques

- Encombrement : Largeur = 1150 mm, Profondeur = 660 mm et Hauteur = 1450 mm
- Poids : 115 kg
- Alimentation électrique :-230V/50Hz(AC) en option, voir plaque signalétique
- Niveau de bruit aérien pour (3000 tr/min, 100 bars) :85 dB
- Pression maximale : 100 bars (Limitation de pression par vanne de régulation de pression à réglage fixe dans le bypass)

- Plage de vitesses : 850...3000 tr/min
- Valeurs d'affichage du variateur de fréquence Régime : 850...3000 tr/min

IV.2.2 Moteur électrique

- Puissance nominale : 1,5 kW
- Régime nominal : 1500 tr/min
- Courant nominal à 400 V/50 Hz: 3,66 A
- Couple nominal : 10,5 Nm

IV .2.3 Manomètre côté aspiration

- Type : manomètre à tube-ressort
- Plage de mesure : -1,0...0 bar rel.
- Classe de précision : 1,0

IV .2.4 Manomètre côté refoulement

- Type : manomètre à tube-ressort
- Plage de mesure : 0...100 bars rel.
- Classe de précision : 1,0

IV .2.5 Débitmètre à flotteur

- Plage de mesure : 0,5...12,5 l/min

IV .2.6 Réservoir à huile

- Contenance : 27 litres
- Volume d'huile pour vidange : 30 litres
- Huile : HLP-ISO 32

IV .2.7 Thermomètre d'huile

- Type : Thermomètre à bilame

- Plage de mesure : 0...60 °C

IV .3 Etude Théorique

Nous allons expliquer ici brièvement les termes couramment utilisés en relation avec les pompes à huile :

IV .3 .1 Volume utile

Le volume utile est le volume maximum utilisable par cycle de fonctionnement.

IV.3 .2 Débit de refoulement

Le débit de refoulement Q_V est le débit volumique utile déplacé par la pompe à sa section de sortie (tubulure de refoulement). Il est généralement exprimé en cm^3/ min.

IV .3 .3 Hauteur Manométrique Totale : HMT

La hauteur de refoulement (Hauteur Manométrique Totale) d'une pompe est le travail mécanique utile transmis par la pompe au liquide refoulé, rapporté au poids du liquide refoulé sous l'accélération locale de la pesanteur.

On mesure la hauteur de refoulement H.M.T comme étant l'augmentation de l'énergie Mécanique utile E du débit de refoulement entre l'entrée et la sortie de la pompe, rapportée au poids du liquide refoulé.

$$HMT=\frac{E}{\rho g} \quad \text{en (m)}$$

L'unité de la hauteur de refoulement est le mètre. Par ex. la hauteur d'une

colonne de liquide se compose de :

$\frac{V_r{}^2-V_a{}^2}{2g}$: Différence des chutes évaluées de fa vitesse du liquide refoulé entre l'entrée et la sortie.

Zr - Za :Différence de hauteur entre les points de messure de pression côté refoulement et aspiration

$\frac{P_r-P_a}{\rho g}$: Différence de l'augmentation de pression, du liquide refoulé entre l'entrée et la sortie.

On obtient alors la hauteur de refoulement (Hauteur Manométrique Totale) d'une pompe avec la formule :

HMT=(Z_r - Z_a)+ $\frac{P_r-P_a}{\rho g}+\frac{V_r{}^2-V_a{}^2}{2g}$;

a= coté aspiration et r= coté refoulement.

Dans notre cas le diamètre de conduite et cst donc $V_r = V_a$ et (Z_r - Z_a)≈0

Donc : $\boxed{HMT=\frac{P_r-P_a}{\rho g}}$

IV.3 .4 Puissance hydraulique :

La formule suivante s'applique pour la puissance hydraulique de la pompe :

$P_{hyd}=\rho.\ g.\ Q_v.\ HMT \Rightarrow P_{hyd}=(P_r - P_a).\ Q_v$ en (w)

IV .3 .5 Puissance mécanique :

La formule suivante s'applique pour la puissance d'entraînement mécanique des pompes :

$P_{mec}=C.\frac{2\pi N}{60}$ en (w) ; N en tr/mn

IV .3 .6 Rendement d'une pompe

Le rendement de la pompe η indique le rapport du débit d'une pompe sur la puissance à l'arbre absorbée, c.-à-d. :

$$\eta_{pompe}=\frac{Phyd}{Pmec}$$

$$\eta_{pompe}=\frac{\rho.g.Q_v.HMT}{Pmec}$$

Conclusion général

Conclusion générale

Au terme de notre étude, nous pouvons constater et conclure qu'il est très important de définir et d'étudier les caractéristiques d'une pompe centrifuge afin de comprendre leur comportement et faire le bon choix.

En premier lieu, nous avons rédigé un bref rappel sur les généralités des pompes, par la suite, on a consacré le deuxième Chapitre pour l'étude de la pompe a engrenage et définir leur différentes caractéristiques, plusieurs documents sont consultés séparément afin de rassembler la théorie nécessaire pour ce présent travail.

Finalement, nous avons choisir un banc d'essai pour les pompes a engrenage. Il reste seulement la réalisation de ce banc d'essai qui sera fait dans projet ultérieure.

Référence bibliographie

[1] : ANGLARET KAZMIERCZAK, Technologie Génie Chimique, Tome 1.

[2] : AFNOR, « pompes roto dynamiques », Norme NF EN ISO 9906, juin 2000.

[3] : POMPE_ET_MOTEUR_HYDRAULIQUE.pdf Conception et maintenance.

Sami REKIK.

[4] : https://www.hydrauliquesimple.com/moteur-pompe-hydraulique/

[5] : http://joho.p.free.fr/EC/ENERGIE/_Ressources/FROID%20et%20CLIM%20-%20Xpair/www.xpair.com/cours_gefen.php-pint_typ=4&pint_ArtId=337&pint_coursId=48.htm#:~:text=retour%20au%20sommaire-,POINT%20DE%20FONCTIONNEMENT%20DES%20POMPES%2C%20COURBES%20DE%20RESEAU,sur%20lequel%20elle%20est%20install%C3%A9

[6]: Ahmed Misbah Youssef, Livre, PUMP TECHNOLOGY.

[7]: Jan KRYSINSKI, « Turbomachines Théorie Générale », OPU Ben AKnoun (Alger),1986

[8]: ROBERT REY et JEAN POULAIN, « pompes roto dynamique », technique de l'ingénieur, traite génie mécanique

[9]: Aidli Abdelkrim et Aissani youba, mémoire « Étude et réalisation d'un banc d'essai sur les pompes centrifuges », Université de béjaia, 2017.

[10] :https://bu.univ-ouargla.dz/master/pdf/LASSAAD-MAZOUZI.pdf?idmemoire=54471

[11] : https://www.technologuepro.com/atelier-technologies-maintenance-systemes-hydrauliques-pneumatiques-industriels/tp-3-etude-pompe-engrenages.pdf