

N° Série :/2021

Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des Hydrocarbures, Energies Renouvelables et Science de la Terre et de l'Univers

Département de Forage des Hydrocarbures

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option : Forage

Présenté Par :

Sohaib Sadia , Remili Takiy Eddine , Kherfi Abdelmalek

-THEME-

CONCEPTION COMPLÈTE D'UNE POMPE A BOUE DE FORAGE ET D'UN PROGRAMME D'ECOULEMENT

Soutenu le : 21 / 06 / 2021 devant la commission d'examen

Jury :

Président :	Hadjab riad	MAA	Univ. Ouargla
Rapporteur :	Rezaiguia Issam	MAA	Univ. Ouargla
Examineur :	Hadjadj souad	MAA	Univ. Ouargla

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Mr. REZAIGUIA ISSAM

Nous remercions chaleureusement tous l'équipe du champ HMD pour leurs aides, leurs encouragements et leurs conseils précieux, sans oublier de remercier

Nous tiendrons aussi à remercier tous les enseignants de la faculté des hydrocarbures de l'université d'Ouargla, qui ont contribué à notre formation durant tout le cursus universitaire. Nous profitons de l'occasion pour remercier tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, grands merci à nos familles respectives et nos amis qui nous ont aidés.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Avant tous à mes chers parents

Ali et Ben Saadi Sasia qui étaient toujours devant moi

A mes chères sœurs Asma et Awatf, mes chères frères

Ismail et Abdelhalim.

A mes chers grands parents.

*A ma grande famille, mes amis et toutes mes
reconnaisances.*

A tous mes collègues d'étude.

*A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à
mes binômes.*

Sohaib



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Avant tous à mes chers parents

*Mehammed El Hachani et Amal qui étaient toujours
devant moi.*

*A mes chères sœurs Oum Elhana ,Meriem, mon chère
frère Belkacem , Mohammed , Khaled et Raid .*

A mes chers grands parents.

*A ma grande famille, mes amis et toutes mes
reconnaisances.*

A tous mes collègues d'étude.

*A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à
mes binômes.*

Takiy Eddine



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Avant tous à mes chers parents

Rachide et Mebrouka qui étaient toujours devant moi.

A ma chère femme

A mes chères enfants Aide Rachide et Marem .

Et A mes chers grands parents.

*A ma grande famille, mes amis et toutes mes
reconnaisances.*

A tous mes collègues d'étude.

*A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à
mes binômes.*

Abdelmalek

Résumé

Dans l'installation de forage on trouve le système de circulation d'un liquide qui est généralement la boue de différentes natures afin d'absorber la chaleur dégagée lors du frottement de l'outil de forage avec les roches et de faire monter les déblais des roches vers la surface par circulation en recyclage. Cette circulation nécessite l'utilisation d'un équipement qui est la pompe volumétrique appelée pompe à boue qui assure un débit important et avec une grande pression.

Le but de notre mémoire est l'étude de système de circulation de fluide de forage, les équipements de pompage, plus particulièrement l'étude de la pompe à boue et un calcul de vérification sera réalisé.

Abstract

In the drilling installation there is the system for circulating a liquid which is generally sludge of various kinds in order to absorb the heat released by rubbing the drilling tool with the rocks and to cause the excavated material to rise. Rocks towards the surface by circulation in recycling. This circulation requires the use of an equipment which is the volumetric pump called a mud pump which ensures a high flow and high pressure.

The purpose of our brief is the study of drilling fluid circulation system, pumping equipment, more particularly the study of the mud pump and a calculation of verification will be carried out.

ملخص

في الحفر هناك نظام تدفق السائل الذي يتكون عادة من أنواع مختلفة من الطين لامتصاص الحرارة المتولدة أثناء احتكاك أداة الحفر مع الصخور ورفع الصخور إلى السطح من خلال نظام تدفق متكرر. تتطلب هذه الحركة استخدام جهاز يدعى مضخة الطين التي توفر إنتاجية عالية بالإضافة إلى ضغط عالٍ. والغرض من مذكرتنا هو دراسة نظام تداول السوائل، ومعدات الضخ، وخاصة دراسة مضخة الطين والتحقق حسابياً من النتائج.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace.....	II
Résumé	III
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	XI
Liste des notations symboles et abréviations.....	XII
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I:Généralités sur la boue de forage et les pompes

I.1. Introduction.....	4
I.2. Descriptions de l'appareil de forage.....	4
I.2.1. Classification.....	4
I.2.2. Description	5
I.3. Fonctions d'un appareil de forage	6
I.4. Les techniques de forage.....	7
I.4.1. La technique de Battage	7
I.4.2. La technique Rotary.....	9
I.4.2.1. Principe de fonctionnement.....	9
I.4.2.2. Paramètres de forage rotary	9
I.5. Généralité sur les boues de forage	11
I.5.1. Définition de boue du forage	11
I.5.2. Rôle des boues de forage	11
I.5.3. Système de circulation dans une installation de forage	13
I.6. Généralité sur les pompes.....	15
I.6.1. Définition et rôle	15

Table des matières

I.6.2. Différents types des pompes15
I.6.3. Les pompes volumétriques17
I.6.3.1. Les pompes volumétriques rotatives17
I.6.3.2. Les pompes volumétriques alternatives19
I.6.4. Les pompe rotodynamique20
CHAPITRE II . Description et fonctionnement de la pompe à boueBMPT-1600-ACR-7.5“x12“	
II.1. Introduction	23
II.2. Description de la pompe à boue triplex à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5“x12“	24
II.2.1.Description générale.....	.24
II.2.2. Fiche technique de la pompe à boue triplex à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5“x12.....	25
II.3. Construction de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5“x12.....	26
II.3.1. Partie mécanique de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5“x12“	26
II.3.1.1. L’arbre grande vitesse(pignon shaft)	27
II.3.1.2. L’arbre petite vitesse (crankshaft) ou vilebrequin.....	28
II.3.1.3. Système bielle-manivelle	28
II.3.1.4. La crosse et la rallonge de crosse	29
II.3.1.5. Les roulements.....	29
II.3.1.6. Le système d’entraînement.....	30
II.3.1.7. Le circuit de lubrification	31
II.3.1.8. Transmission et le couple d’engrenage.....	32
II.3.1.9. Le bâti	32
II.3.2. La partie hydraulique de la pompe.....	33
II.3.2.1. Le corps hydraulique	33
II.3.2.2. Chemises.....	34

Table des matières

II.3.2.3. Les sièges et les clapets.....	34
II.3.2.4. Le piston et la tige du piston.....	35
II.3.3. Partie électrique de la pompe à boue	35
II.4. Principe de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5“x12“	36
II.5. Caractéristiques des pompes à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“	37
II.5.1 .La cylindrée	37
II.5.2 .La vitesse	38
II.5.3 .Le débit.....	38
II.5.4. Pression.....	38
II.5.5. La puissance	39
II.6. Les équations de perte de charge utilisées en forage	39
CHAPITRE III : Partie Calcul	
III.1.Introduction	42
III.2.Etude et dimensionnement de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12 pour un puits donné.....	42
III.2.1.Le principe de calcul	42
III.2.2. Données de départ.....	44
III.2.3. Résultats du calcul	47
III.2.4. Nombre de pompe dans chaque phase.....	47
III.2.5. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase.....	48
III.2.6. Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase	49
III.3. Calcul du volume de boue pour toutes les phases au niveau des puits MDZ664	50
III.3.1. Résultats du calcul.....	51
Conclusion générale	53
Références bibliographiques.....	54

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure I.1.	Description de l'appareil de forage	5
Figure. I.2.	Schéma de fonctionnement de l'appareil de forage	8
Figure I.3.	La technique de batage	8
Figure I.4.	La technique Rotary	10
Figure I.5.	Cycle de la boue de forage	13
Figure I.6.	Système de circulation dans une installation de forage	14
Figure I.7.	Différents types des pompes	16
Figure I.8.	Pompes à palettes libres	17
Figure I.9.	Pompes à palettes flexibles	18
Figure I.10.	Pompes à engrenages extérieurs	18
Figure I.11.	Pompes à vis	19
Figure I.12.	Pompes à piston	20
Figure I.13.	Schéma d'une pompe centrifuge	21
Figure II.1.	Description de la pompe à boue triplex à simple	24
Figure II.2.	Description mécanique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	27
Figure II.3.	Arbre grande vitesse	27
Figure II.4.	Arbre petite vitesse	28
Figure II.5.	Système bielle-manivelle	28
Figure II.6.	La crosse et la rallonge de crosse	29
Figure II.7.	Les roulements des bielles	29
Figure II.8.	Le système d'entraînement	30
Figure II.9.	Système de lubrification les roulements et les crosses	31
Figure II.10.	La lubrification	31
Figure II.11.	Couple d'engrenage.	32
Figure II.12.	Le bâti d'engrenages	33
Figure II.13.	Le corps hydraulique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	33
Figure II.14.	Chemise de corps hydraulique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	34
Figure II.15.	Les sièges et les clapets BMPT-1600-ACR-7.5"x12" III	34
Figure II.16.	Le piston et la tige du piston	35
Figure II.17.	Moteur à courant continu(DC).	36
Figure II.18.	Principe de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR- 7.5"x12"	37
Figure III.1	Phase 1 : 26"	45
Figure III.2.	Phase 2 : 16"	45
Figure III.3	Phase 3 : 12"1/4	46
Figure III.4.	Phase 4 : 8"1/2	46
Figure III.5	Comparaison entre les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase.	49

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I.1.	Classification des appareils de forage	4
Tableau II.1.	Identification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12".	25
Tableau II.2.	Spécification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	25
Tableau III.1.	Données de départ pour le calcul et vérification	44
Tableau III.2	Résultats du calcul et vérification pour les 4 phases de forage	47
Tableau III.3	Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase	47
Tableau III.4.	Les résultats de calcul du diamètre de chemise pour chaque phase	48
Tableau III.5.	Les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase de forage	49

Liste des notations symboles et abréviations

Unité	Désignation
K	Coefficient pour les pompes triplex
N	Nombre de coups par minute (cop/mn)
Ph	la puissance hydraulique. (HP)
Pr	la pression de refoulement (kPa)
Qi	Débit de la boue de chaque phase (m ³ /s)
Qr	le débit réel (l/mn)
Qth	Débit théorique de la pompe (l/mn).
α	Coefficient du débit de la pompe
7.5"	Taille de piston maximale (pouce)
12"	Longueur de course (pouce)
1600	puissances en cheval (HP)
D	Diamètre de trou (in)
H	Profondeur de trou (m)
k	Coefficient de cavirnosité
Vtr	Volume de trou (m ³)
Vrés	Volume de réserve (m ³)
Vdec	Volume de décantation (m ³)
Vcir	Volume de circuit (m ³)
Vgol	Volume de la goulotte (m ³)
μ	Viscosité (cp)
B	Coefficient correspond à la boue en circulation
N1	Coefficient des pertes de charge
d	Masse volumique de la boue (kg/ l)
L	Longeur (m)
C	Coefficient d'orifice
P	Perte de charge (kPa)

Abréviation	Désignatio n
AC	Alternatif courant
ACR	American College of Radiology
BMTF	Buren, Mosset, Parmentier et toroni
C.C	Courant continu
DTM	(démontage, transport, montage)
ENTP	Entreprise nationale des travaux puits
HM	Hassi Messoud

Introduction générale

L'activité hydrocarbure joue un rôle très important dans l'économie de notre pays. Sa prise en charge par Sonatrach a nécessité, la mise en place des moyens organisationnels, humains et matériels au sein de l'ensemble de ses branches, à savoir :

- Recherche et exploitation.
- Développement.
- Transport vers les points de traitement ou de vente.
- Commercialisation.

Sonatrach emploie près de 42 000 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie, elle est le 12^{ème} groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, le 4^{ème} exportateur de GNL, le 3^{ème} exportateur de GPL et le 5^{ème} exportateur du gaz naturel [23]. Pour la réalisation de son plan de charge, la sonatrach fait appel à d'autres entreprises, entre autres ENTP, qui est une filiale de la sonatrach et qui détient 60% des part du marché de forage en Algérie [24].

Dans l'industrie pétrolière les travaux de forage des puits de pétrole et de gaz sont les plus difficiles et exigeant beaucoup de main d'œuvre et nécessitent de grands investissements des capitaux. Avec l'augmentation de la profondeur de forage le volume des travaux de forage et la consommation des pièces d'équipement, d'outils et de matériaux croient considérablement.

Le forage a trios paramètres essentiels : Poids sur l'outil, Rotation de l'outil et Injection d'un fluide dont la boue est l'un de ces derniers ; par conséquent la pompe est une pièce maitresse dans l'opération de forage ; d'où l'importance de notre sujet : Etude de la boue de forage pétrolier et dimensionnement d'une pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12" au niveau d'un puits du champ Hassi Messaoud-algerie.

Dans le domaine du forage pétrolier, où les risques sont majeurs et les capitaux sont énormes, le rôle de la pompe à boue est décisif. La circulation de boue nécessite un matériel robuste comme la pompe a boue (la pompe volumétrique) pour assurer la pression et le débit nécessaires.

Introduction générale

Durant notre étude pratique sur chantier de H.M, nous avons constaté une fréquence anormale de panne de pompe à boue qui monte à (4 pannes/mois) ce qui se répercute par une usure rapide de pièces vivantes et une perte de temps excessive, par conséquent une augmentation du coût de forage.

Un calcul de vérification mécanique sera également réalisé pour s'assurer que le dimensionnement de la chemise lui permet de résister à l'éclatement. Ainsi, nous allons calculer les volumes de fluide ajoutée et nous fournissons des espèces adaptées à chaque côté du puit foré.

Notre travail se présente comme suit :

Le premier chapitre concerne la présentation de l'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits (ENTP) et problématique du notre sujet.

Le deuxième chapitre se rapporte à la description de la boue de forage et quelques généralités sur les pompes.

Le troisième chapitre, est consacré à l'étude technologique de la pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"**.

Enfin, le dernier chapitre, est consacré à l'étude et dimensionnement de la pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"** ; et nous allons calculer les volumes de fluide ajoutée et nous fournissons des espèces adaptées à chaque côté du puit foré.

CHAPITRE I

Généralités sur la boue de forage et les pompes

I.1. Introduction

Un processus de forage est un dispositif qui assure l'extraction de la matière première que ce soit en mer (off shore) ou sur terre (on shore) pour réaliser un puits. Cette tâche se déroule via la contribution de plusieurs organes qui se composent de deux groupes: l'installation de forage (plate forme) située à la surface et la garniture qui opère dans le puits.

On appelle «forage pétrolier » l'ensemble des opérations qui permettent d'atteindre les roches poreuses et imperméables du sous-sol, susceptible de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux à l'aide des outils appropriés.

Les travaux de forage de puits de pétrole et de gaz sont le plus difficiles dans l'industrie pétrolière et exigent beaucoup de main d'œuvre, différents matériaux et nécessitent de grand investissement. La pratique montre que les fonds engagés dans les travaux en forage comprennent de 30 % de tous les investissements concentrés dans l'industrie du pétrole et du gaz.

I.2. Descriptions de l'appareil de forage

Un appareil de forage doit accomplir dans les meilleures conditions techniques et de sécurité, la réalisation d'un puits reliant un gisement à la surface.

I.2.1. Classification [4],[9]

Deux caractéristiques relativement liées interviennent dans la classification d'un appareil de forage :

1. La capacité de profondeur de forage maximale
2. La puissance au treuil

La règle du pouce donne d'une manière pragmatique : Pour 100 foot de forage, il faut 10 HP de puissance au treuil (**Tableau I.1**).

Tableau I.1. Classification des appareils de forage [9].

Appareil léger	4921 foot – 6561foot	1500 m- 2000 m	650 HP
Appareil moyen	11482 foot	3500 m	1300 HP
Appareil lourd	19685 foot	6000 m	2000 HP
Appareil super lourd	26246 foot	8000m-10000m	3000 HP

I.2.2. Description [9],[10]

L'appareil de forage est constitué d'un ensemble d'équipement. La figure (**figure I.1**) montre les différents organes constituant un appareil de forage standard.

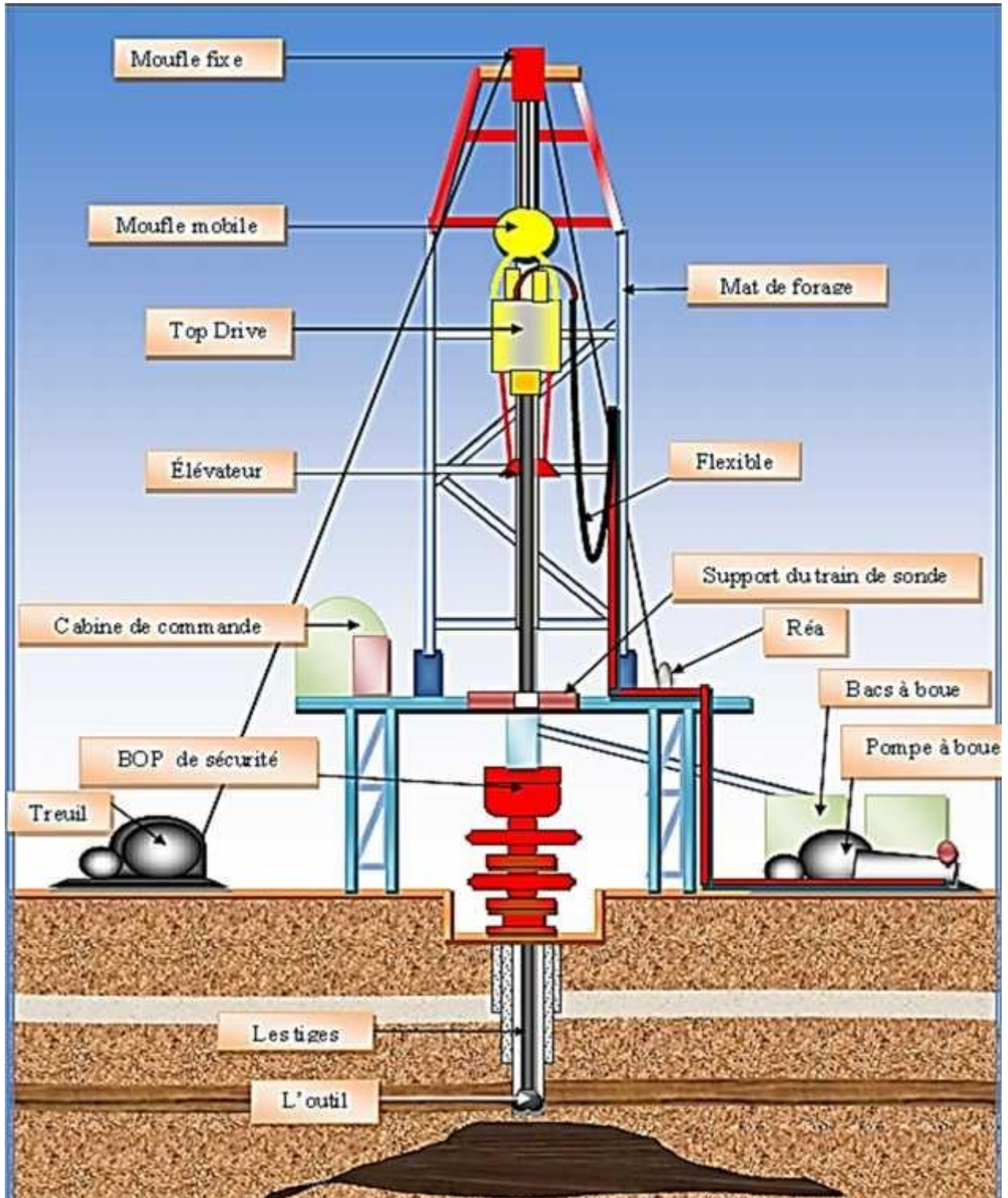


Figure I.1. Description de l'appareil de forage [10].

I.3. Fonctions d'un appareil de forage [9],[10]

Les installations de forage employées pour le forage rotary des puits profonds représentent un ensemble de différentes machines, mécanismes et bâtiments.(**Figure. I.2**)

Au cours de forage rotary d'un puits profond, à l'aide d'une installation de forage, on réalise les opérations suivantes :

- ✓ Descente de la colonne de tige de forage dans le puits.
- ✓ Rotation d'un outil de forage.
- ✓ Injection du liquide de forage dans le puits afin de remonter les déblais de terrain découpés, refroidir le trépan et consolider les parois du puits.
- ✓ Rallongement de la colonne de tiges de forage par la mesure de l'augmentation de la profondeur du puits.
- ✓ Montée de la colonne des tiges pour remplacer un outil de forage usé.
- ✓ Evacuation de déblais du terrain par le liquide de forage et préparation d'un nouveau liquide.
- ✓ Descente des colonnes de tubage.

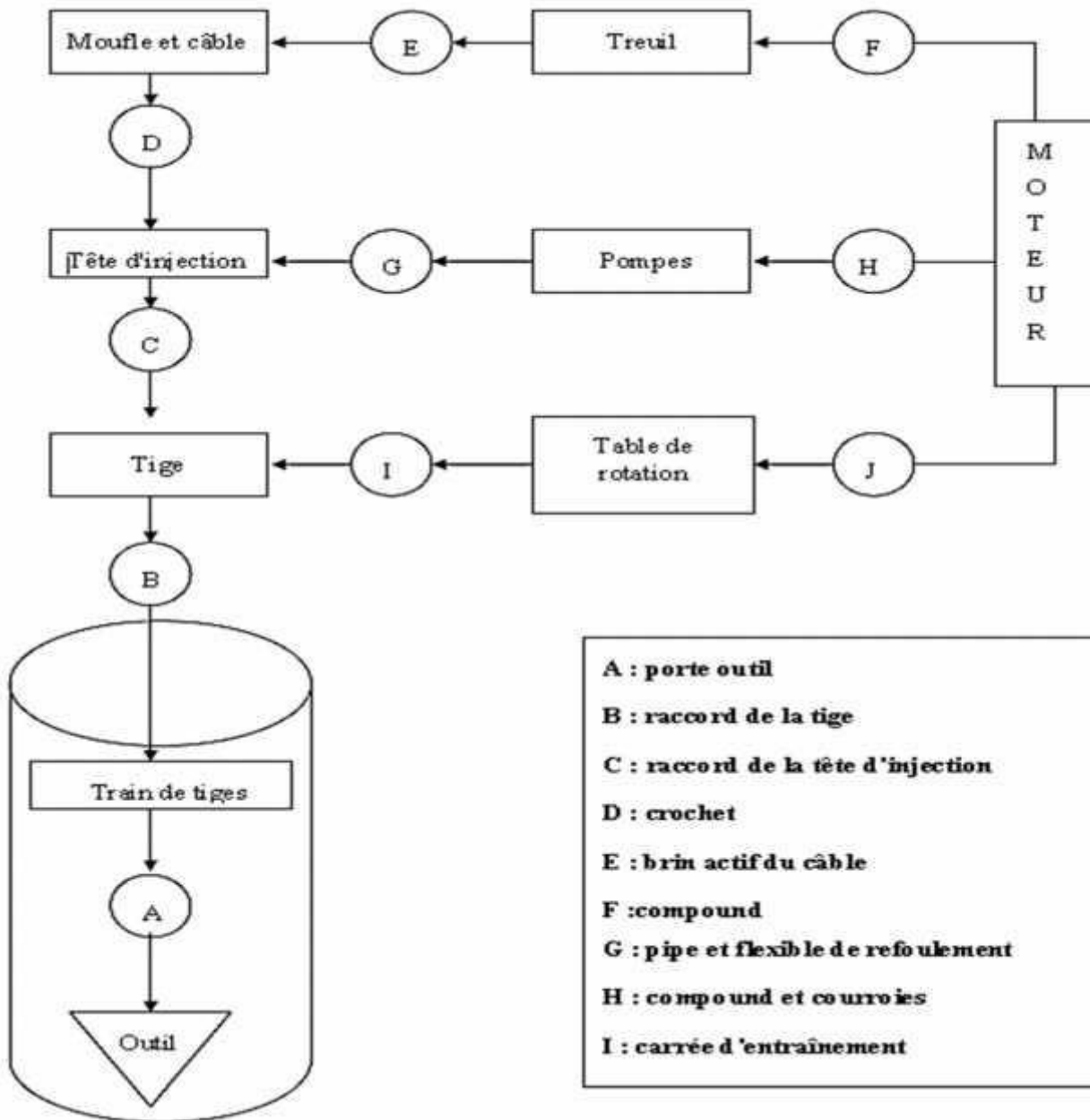


Figure. I.2. Schéma de fonctionnement de l'appareil de forage [10].

I.4. Les techniques de forage [4]

Les différentes techniques de forage sont :

I.4.1. La technique de Battage

C'est la technique la plus ancienne, utilisée par les Chinois depuis plus de 4000 ans (battage au câble), elle consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et le laisser retomber sur la roche à perforer en chute libre. Le forage par battage ne nécessite pas de circuit d'eau ou de boue, et seul un peu d'eau au fond de forage suffit. (**Figure I.3**)

Le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à came (ou bien un treuil : cylindre horizontal). Après certain avancement, on tire le trépan et on descend une curette (soupape) pour extraire les déblais (éléments broyés : cuttings). Pour avoir un bon rendement, on travaille toujours en milieu humide en ajoutant de l'eau au fond de trou. Le foreur de métier garde une main sur le câble et l'accompagne dans sa course, ce qui lui permet de bien sentir l'intensité des vibrations sur le câble ; et lorsque le fond de trou est encombré par les débris, celui-ci sera nettoyé par soupapes à piston ou à clapet.

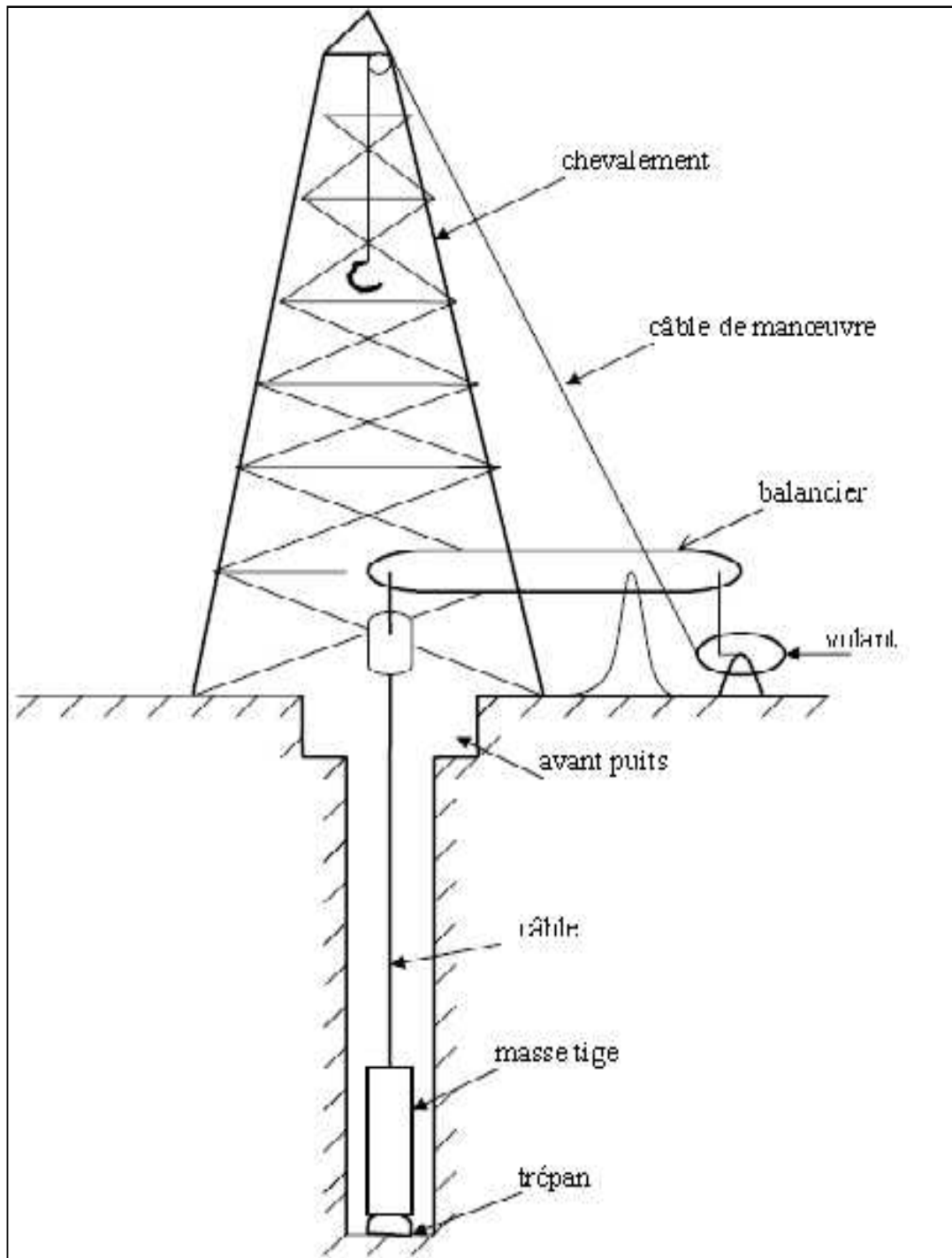


Figure I.3. La technique de Battage [4]

I.4.2. La technique Rotary**I.4.2.1. Principe de fonctionnement**

Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920. La technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers).

Un outil appelé trilame (tricône) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au dessus de l'outil.

La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé sans interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées et les maintiens momentanément en attendant la pose de tubage. (**Figure I.4**)

Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage (eau, huile, gaz).

Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide). Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage.

Le dépôt de la boue qui recouvre les parois d'une formation aquifère de faible pression peut gêner la détection de cette formation.

I.4.2.2. Paramètres de forage rotary

Pour avoir le meilleur rendement d'un atelier de forage rotary, il convient d'être très vigilant sur les trois paramètres suivants :

1-le poids sur l'outil : l'avancement s'accroîtra en fonction du poids sur l'outil (qui s'augmente en s'avançant par le montage au fur et à mesure de tiges), mais on est limité dans cette voie par l'usure rapide des lames et des dents et surtout par détérioration rapide des roulements des outils à molettes. Le contrôle du poids sur l'outil s'opère par le dynamomètre

qui mesure la tension du brin (file) mort du câble, il donne le poids de tout ce qui est suspendu au crochet.

2-la vitesse de rotation : la plus part des appareils rotary sont munis d'un indicateur donnant la vitesse de rotation de la table (table de rotation). Dans les terrains durs, la vitesse de rotation sera faible ; elle sera plus élevée lorsque les terrains seront tendres. Cette vitesse qui se calcule en fonction de la vitesse des moteurs et le rapport des transmissions, devra être vérifiée par un appareil de contrôle.

3-le débit des pompes (à boue, à air) : la vitesse de remontée des cuttings doit se situer autour de 60 m/min. au minimum. Le choix de la puissance de la pompe et de son moteur sera conditionné par le volume total de boue à mettre en oeuvre pour la plus grande profondeur du forage, en tenant compte des pertes de charge, de la viscosité de la boue et de dimensions des tiges.

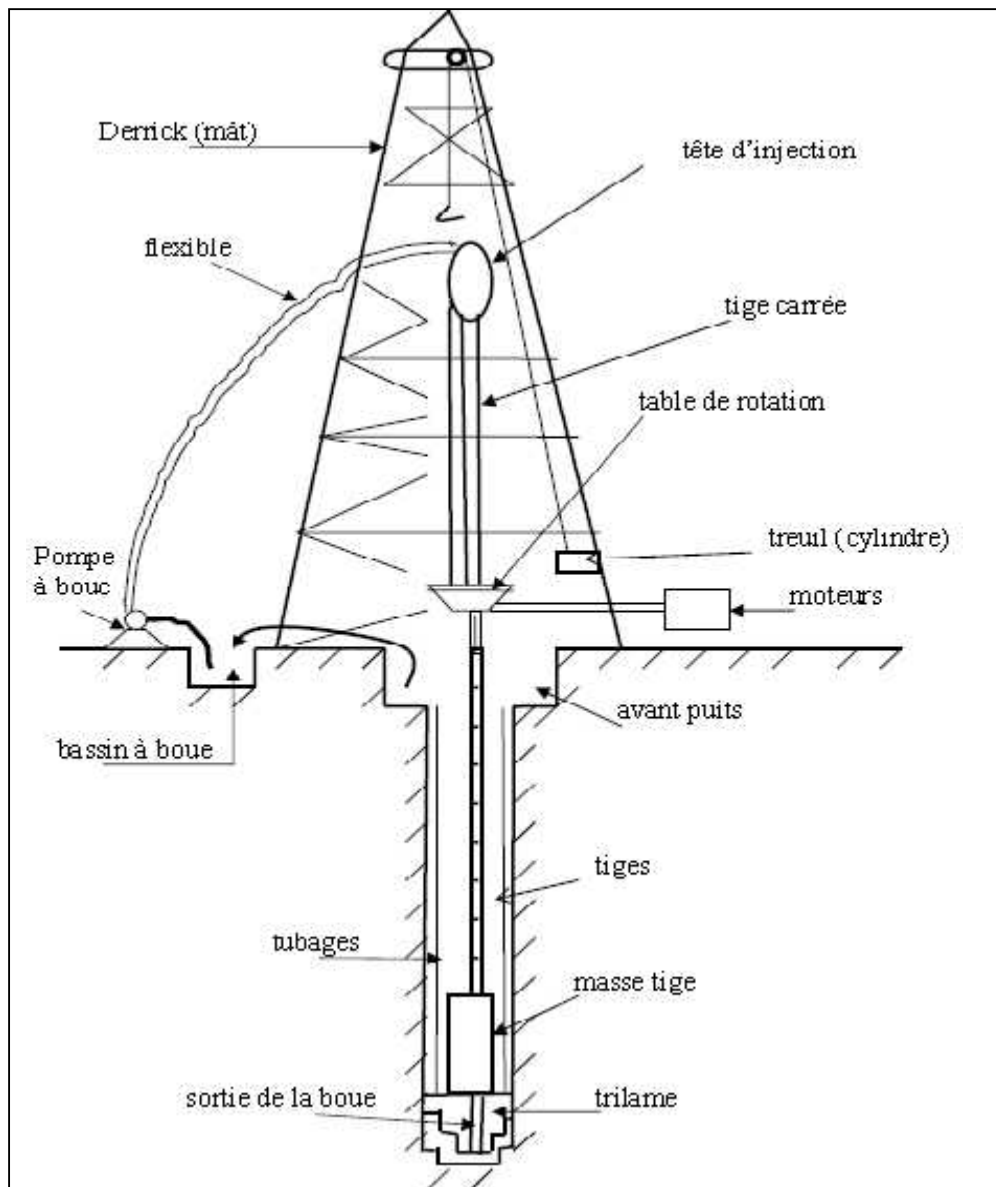


Figure I.4. La technique Rotary[4]

I.5. Généralité sur les boues de forage**I.5.1. Définition de boue du forage**

La boue de forage, est un système composé des différents Constituants liquides (eau, huile) et/ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, etc....).

La boue de forage était déjà présentée en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole, où il a fait l'objet de cinq communications (Darley et Gray, 1988). Le premier traité sur les boues de forage a été publié en 1936 par Evans et Reid. En 1979, l'American Petroleum Institut (API) définit la boue de forage comme un fluide en circulation continue durant toute la durée de forage, aussi bien dans le sondage qu'en surface.

La boue est préparée dans des bacs à boues, il est injecté à l'intérieur des tiges jusqu'à l'outil d'où il remonte dans l'annulaire, chargé des déblais formés au front de taille.

A la sortie du puits, il subit des différents traitements, tamisage, dilutions, et ajout de produits, de façon à éliminer les déblais transportés et à réajuster ses caractéristiques physicochimiques à leurs valeurs initiales, puis réutilisé. [2].

I.5.2. Rôle des boues de forage [3],[11]

Les boues de forage doivent avoir des propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes:

1-Nettoyage du puits:

La boue doit débarrasser le puits des particules de formation forées qui se présentent sous forme de débris de roche appelés « cuttings » ou « déblais ».

2-Maintien des déblais en suspension :

La boue de forage doit non seulement débarrasser le puits des déblais de forage durant les périodes de circulation, mais il doit également les maintenir en suspension pendant les arrêts de circulation.

3-Sédimentation des déblais fins en surface:

Alors que la boue doit permettre le maintien en suspension des déblais dans le puits durant les arrêts de circulation, ce même fluide doit laisser sédimenter les déblais fins en surface, afin de les éliminer. Bien qu'apparemment ces deux aptitudes semblent contradictoires, elles ne sont pas incompatibles.

4-Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde:

Du fait de son passage en surface, la boue en circulation se trouve à une température inférieure à celle des formations ce qui lui permet de réduire efficacement l'échauffement de la garniture de forage et de l'outil. Cet échauffement est dû à la transformation d'une partie de l'énergie mécanique en énergie calorifique. [6]

5-Dépôt d'un cake imperméable :

La filtration dans les formations perméables d'une partie de la phase liquide de la boue crée un film sur les parois du sondage, ce film est appelé cake. Le dépôt du cake permet de consolider et de réduire la perméabilité des parois du puits.

6-Circulation du fluide de forage :

Le fluide de forage est en circulation continue durant toute la durée du forage et aussi bien dans le sondage qu'en surface. Le fluide de forage est préparé dans des bacs à boue. Il est injecté à l'intérieur des tiges [drill pipes], jusqu'à l'outil qui comporte également des orifices qui laissent sortir la boue. Cette dernière une fois sortie de l'outil remonte par l'espace annulaire chargé des déblais pour être recueillie en surface dans un tube appelé « tube fontaine ».

Elle est ensuite acheminée par un « tube goulotte » vers un « tamis vibrant » qui la tamise en enlevant les déblais et laissant la boue débarrassée des solides venus du puits retourner dans le bac d'où elle a été pompée afin de subir des traitements chimiques (dilution, ajout de produits,...) et à réajuster ses caractéristiques physico-chimiques aux valeurs initiales avant d'être réinjectée dans le puits.(**Figure I.5**)

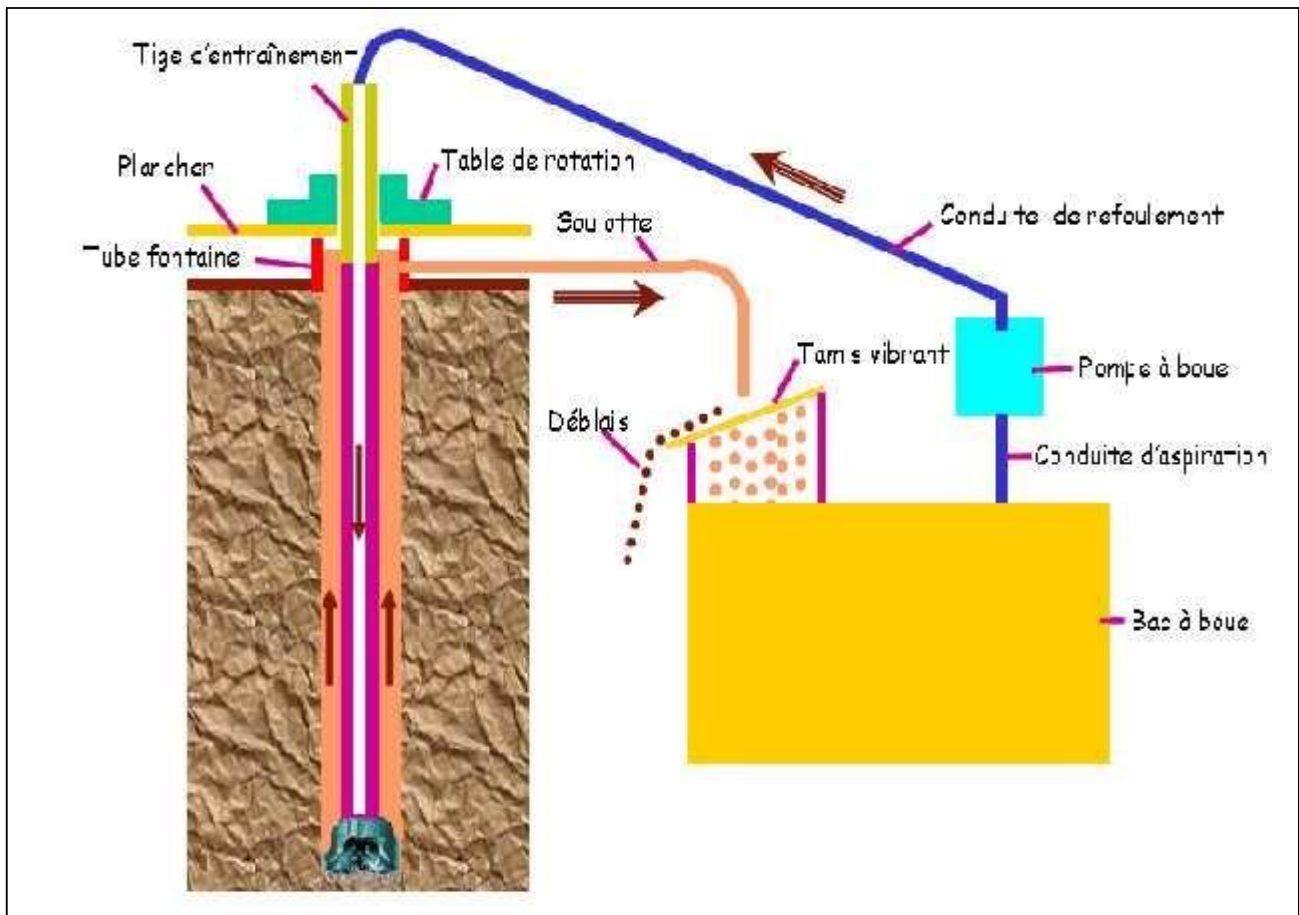


Figure I.5. Cycle de la boue de forage

I.5.3. Système de circulation dans une installation de forage [13],[14]

Destination et organisation

Pour des raisons de sécurité et afin d'améliorer les conditions de travail dans le puits, la boue doit toujours remplir le trou, que celui-ci contienne ou non le train de sonde.

Dans la plus part des cas, le liquide de forage circule circuit fermé, à partir des pompes dans le puits et du puits avec les déblais de terrain vers les équipements d'épuration et de nouveau vers les pompes (**Figure I.6**).

Afin d'assurer la circulation du liquide, les installations de forage sont équipées d'un système de circulation qui est destiné à amener le liquide de forage sous pression à partir des pompes vers la tête d'injection se déplaçant du haut en bas et vice versa, à le renvoyer le liquide de la tête de puits dans les réservoirs de recueil des pompes, à l'éliminer les déblais du liquide et à préparer un nouveau liquide de forage.

Pour la préparation de liquide de forage on utilise soit des matières poudre en état prêt à employer, soit des matières premières locales (argile, tourbe,...etc.) et des réactifs chimiques, soude caustique.....etc. les dispositifs pour la préparation et l'épuration (enlèvement des déblais et du sable) du liquide de forage représentent des groupes autonomes montés sur la canalisation de circulation entre la tête de puits et le réservoir de recueil de la pompe de forage. Ils sont actionnés par le mécanisme d'entraînement de l'installation de forage, le moteur électrique autonome ou par l'énergie du courant du liquide de forage.

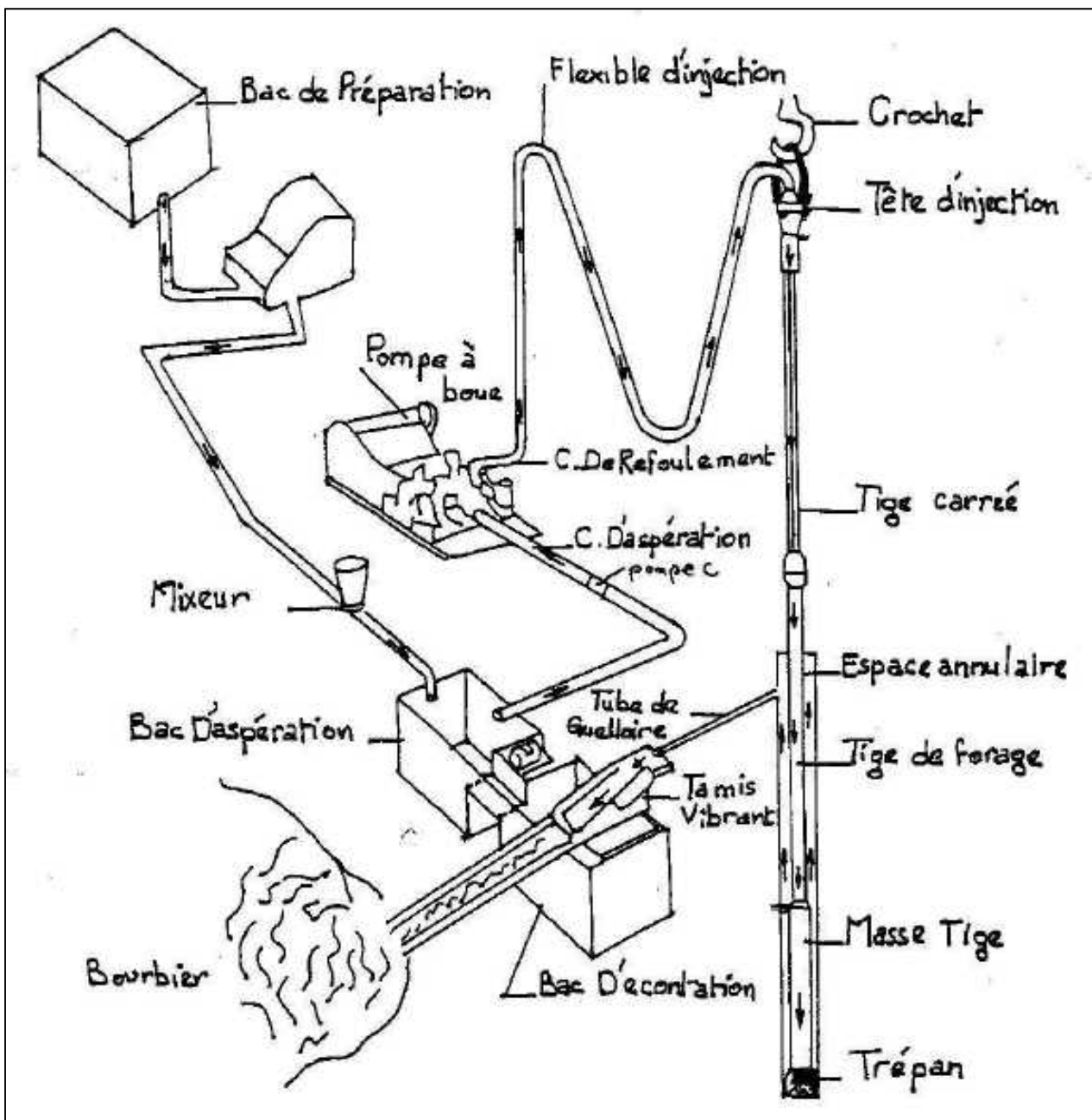


Figure I.6. Système de circulation dans une installation de forage

I.6. Généralité sur les pompes [1],[5]**I.6.1. Définition et rôle**

Une pompe est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile, l'essence, les liquides alimentaires etc) d'un point à un endroit voulu.

La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé. La charge ou l'énergie est la somme de trois catégories d'énergie :

- Energie cinétique.
- Energie potentielle.
- Energie de pression.

La pompe est une machine qui fournit de l'énergie à un liquide pour le déplacer d'un niveau à un autre, on peut l'utiliser pour:

- Transférer le liquide d'un réservoir situé à un certain niveau vers un réservoir situé à un niveau plus élevé ;
- Transférer le liquide d'un réservoir à une certaine pression vers un autre réservoir à une pression plus grande.
- Augmenter la quantité de liquide qui traverse une conduite d'une autre manière, et de point de vue physique la pompe transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique «de pression, potentiel, cinétique».

I.6.2. Différents types des pompes

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique convenable. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide (**Figure I.7**).

L'énergie requise pour faire fonctionner ces machines dépend donc des nombreux facteurs rencontrés dans l'étude des écoulements :

- ✓ Les propriétés du fluide : masse volumique, viscosité, compressibilité.
- ✓ Les caractéristiques de l'installation : longueur, diamètre, rugosité, singularités ...
- ✓ Les caractéristiques de l'écoulement : vitesse, débit, hauteur d'élévation, pression ...

Devant la grande diversité de situations possibles, on trouve un grand nombre de machines que l'on peut classer en deux grands groupes:

- 1- les pompes volumétriques dont l'écoulement résulte d'une variation de volume de l'espace occupé par le liquide.
- 2- les pompes centrifuges où le mouvement du fluide est généré par la force centrifuge.

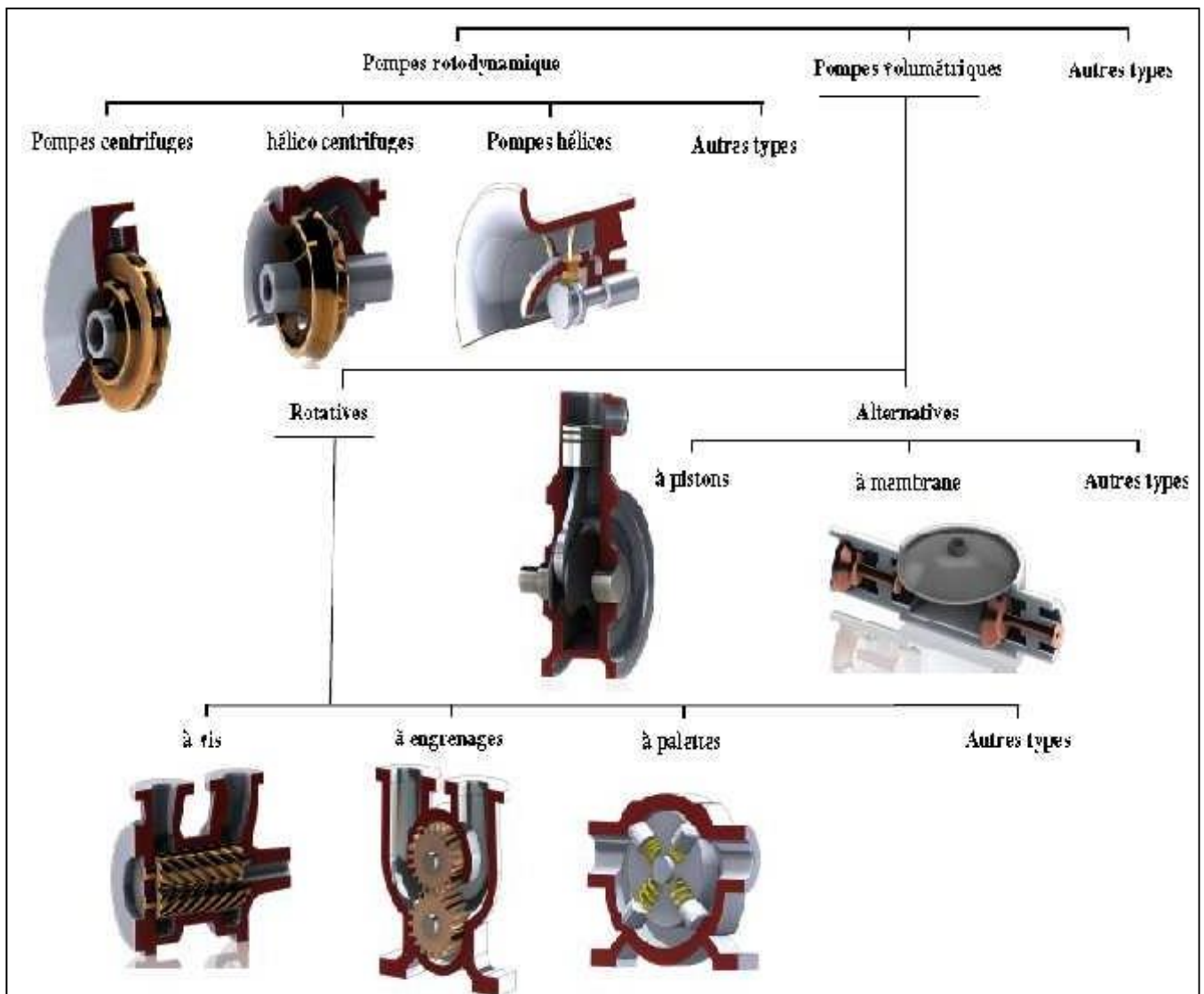


Figure I.7. Différents types des pompes [1]

I.6.3. Les pompes volumétriques [1],[5]

On distingue deux groupes des pompes volumétriques : les pompes volumétriques rotatives et les pompes volumétriques alternatives.

II.6.3.1. Les pompes volumétriques rotatives

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation circulaire autour d'un axe, qui tourne dans une enveloppe (le corps) et crée le mouvement du fluide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.

Les principaux types de pompes volumétrique rotatives sont les suivants : à palettes, engrenages, et à vis.

➤ Pompes à palettes libres (Figure I.8)

Le principe est le suivant : un corps cylindrique dans lequel tourne un tambour excentré par rapport au corps de pompe entraîne des palettes libres (généralement six). Celles-ci sont plaquées contre le corps par la force centrifuge développée par la rotation du tambour ou par des ressorts qui poussent les palettes.

Ces pompes sont caractérisées par des débits de quelques dizaines de m³/h, des vitesses de rotation de quelques dizaines de tours à 1 500 tr/min et des pressions au refoulement de quelques bars (sauf pour les pompes hydrauliques pour lesquelles la pression peut atteindre 150 à 200 bar). Elles conviennent aux liquides peu visqueux et sont de maintenance aisée.

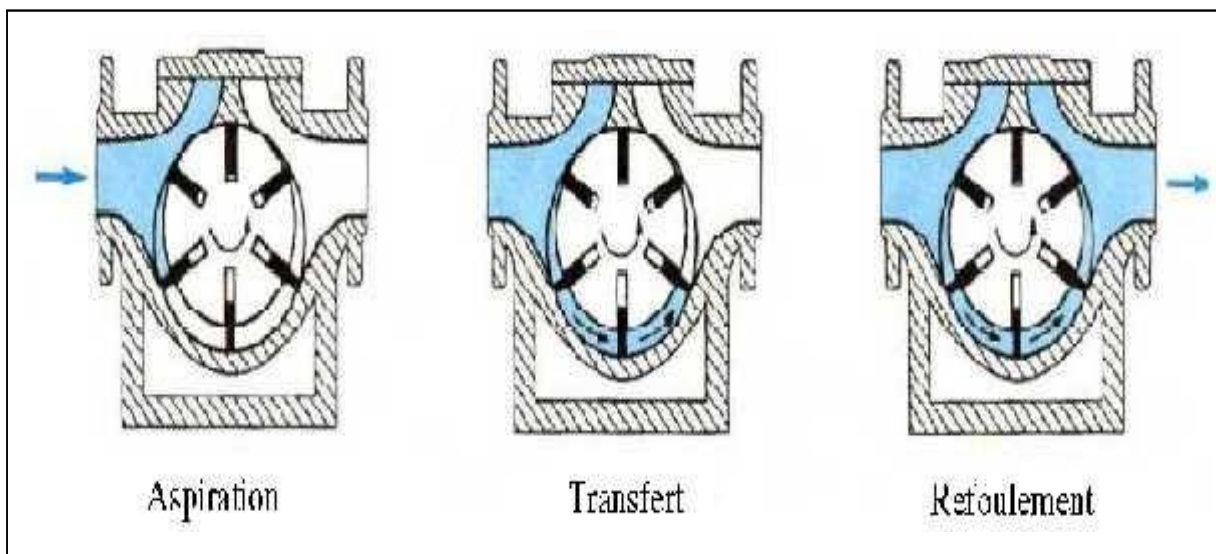


Figure I.8. Pompes à palettes libres

➤ Pompes à palettes flexibles (Figure I.9)

L'ensemble rotor-palettes est en élastomère. Il entraîne le liquide jusqu'au refoulement où les palettes sont fléchies par la plaque de compression et permettent l'expulsion du liquide. Comme toutes les pompes à palettes, ces pompes n'entraînent ni brassage, ni laminage, ni émulsion du produit. Elles peuvent également pomper des particules solides. Les caractéristiques débits, vitesse, pression sont sensiblement identiques aux précédentes.



Figure I.9. Pompes à palettes flexibles

➤ Pompes à engrenages extérieurs (Figure I.10)

Ce type de pompe comporte un grand nombre de variantes qui diffèrent entre elles 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. 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.

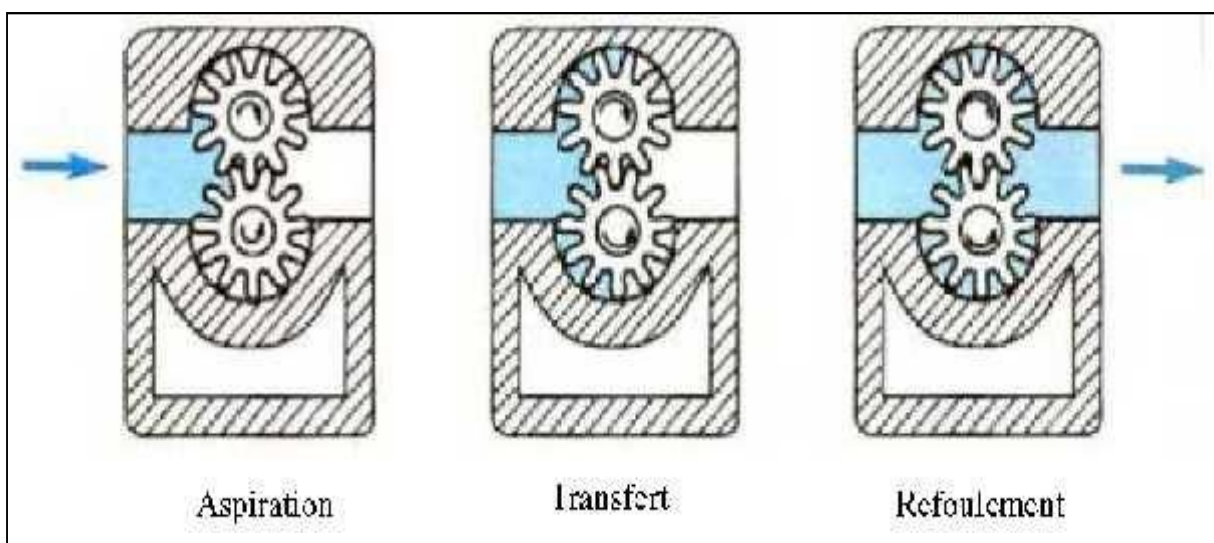


Figure I.10. Pompes à engrenages extérieurs

➤ **Pompes à vis (Figure I.11)**

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles. Dans le cas d'une pompe à trois vis, la vis centrale seule est motrice, les deux autres sont entraînées par la première. Dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes deux entraînées par un jeu de pignons extérieurs. Ces pompes peuvent tourner vite (3 000 tr/min). Elles sont silencieuses et permettent d'atteindre des pressions assez élevées (100 bar). Par contre, elles n'admettent pas de particules solides.

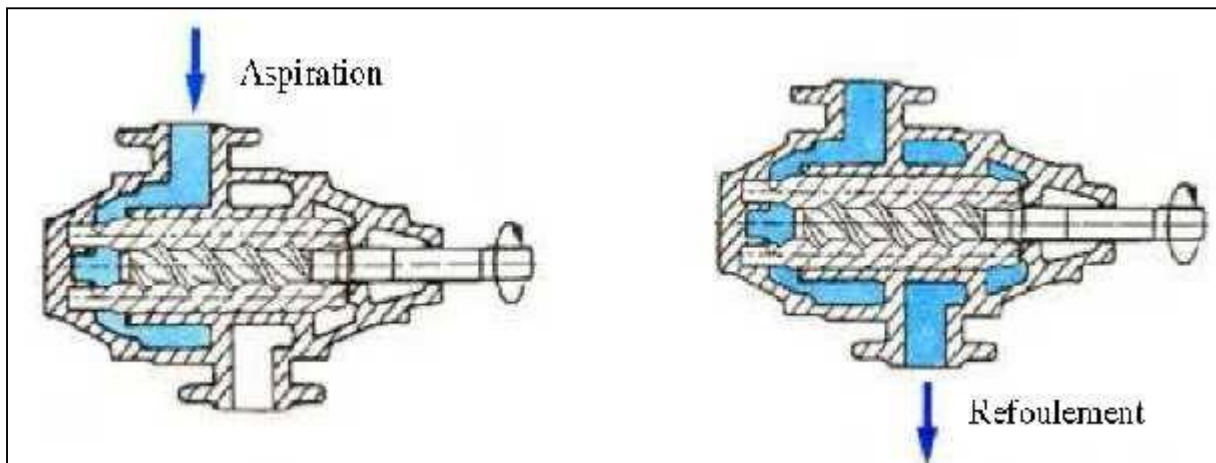


Figure I.11. Pompes à vis

II.6.3.2. Les pompes volumétriques alternatives [1],[5]

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

➤ **Pompe à piston (Figure I.12)**

Elles peuvent être à simple effet et, dans ce cas, le piston n'a qu'une seule phase active (premier temps : aspiration, deuxième temps : refoulement) sur les deux que comporte le cycle. 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. Cela permet un débit deux fois plus important et une régularité plus grande dans le débit.

On peut également associer plusieurs pompes à simple ou à double effet en les calant de manière à ce que leurs mouvements respectifs s'accordent harmonieusement. On arrive dans ce cas à augmenter nettement le débit et surtout sa régularité. Ces pompes ont généralement un fort pouvoir d'aspiration, et surtout permettent d'obtenir des pressions élevées.

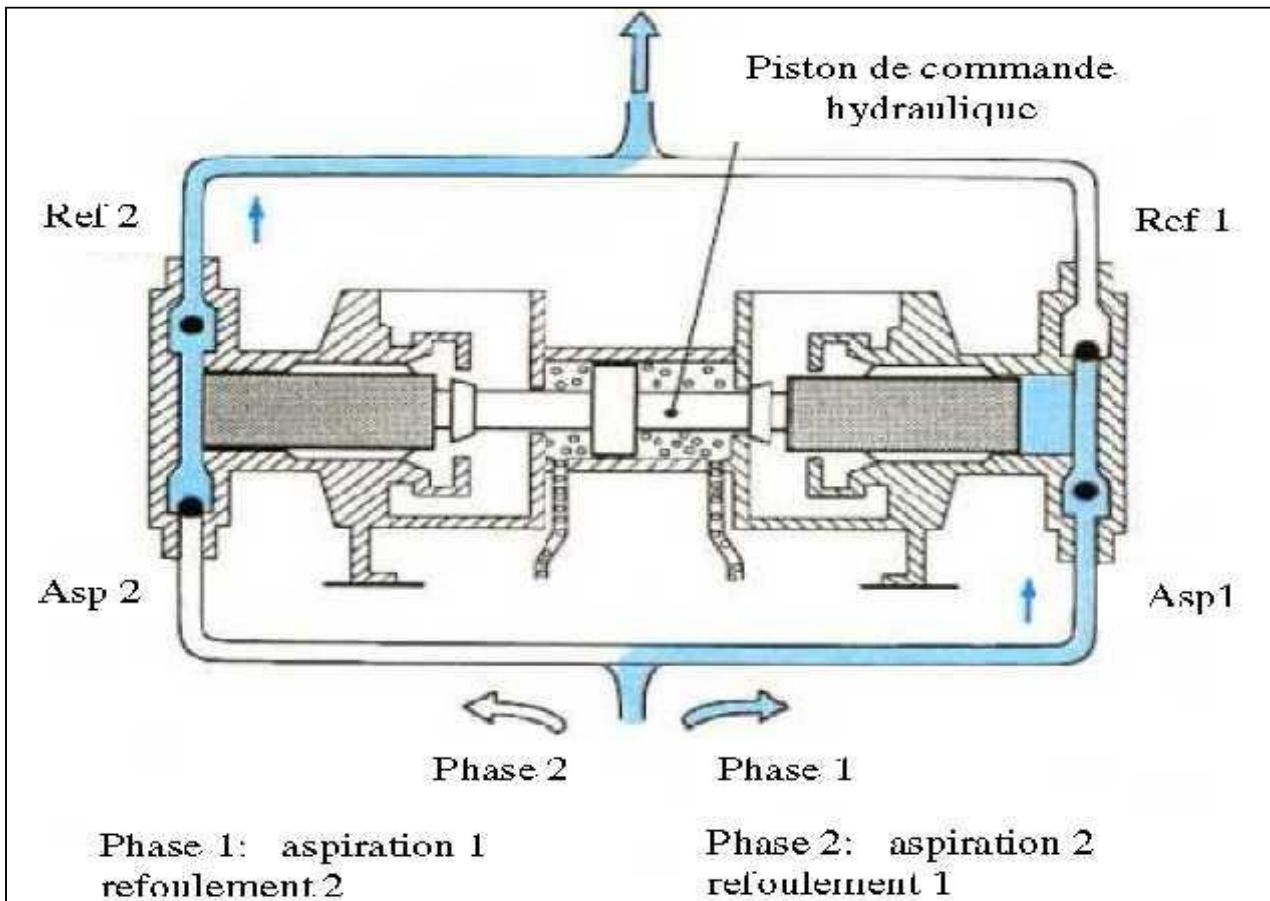


Figure I.12. Pompes à piston

I.6.4. Les pompe rotodynamique [1],[5]

Les pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices. Cette famille peut être caractérisée par le fait que la pression y est générée soit par l'action des forces centrifuges, soit par la conversion en pression de l'énergie cinétique communiquée au fluide (en le ralentissant). Dans la pratique, ces deux modes de génération de pression sont associés, même pour une pompe hélice, lorsque l'on s'écarte du point nominal. Les pompes rotodynamique constituent un système ouvert et en équilibre, où le fluide n'est jamais enfermé dans un volume totalement clos.

Cette famille de pompes est capable d'atteindre des débits Q très élevés, allant jusqu'à 105 m³/h. Encore convient-il de remarquer que cette limite n'est pas de caractère technologique, et que des débits sensiblement plus grands seraient réalisables, s'il y avait un appel du marché dans ce sens.

➤ Pompes centrifuges (figure I.13)

Les pompes centrifuges 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 appelé volute.

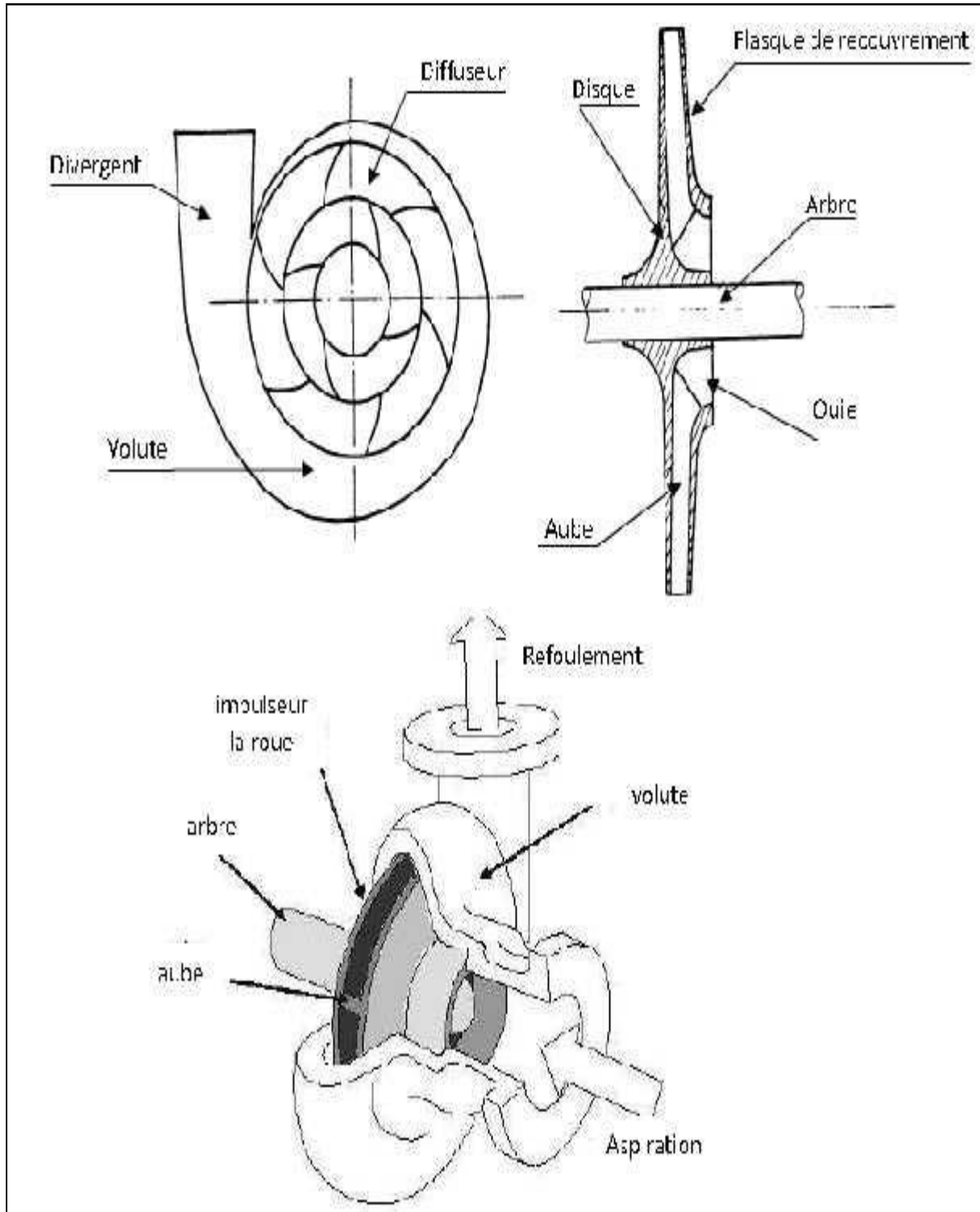


Figure I.13. Schéma d'une pompe centrifuge [5].

CHAPITRE II

Description et fonctionnement de la pompe à boue

BMPT-1600-ACR-7.5“x12“;

II.1. Introduction [6], [8]

La puissance nécessaire pour réaliser la circulation de la boue dans un forage a considérablement augmenté avec l'utilisation généralisée des outils à jets et l'utilisation des Turbo-foreuses.

Les pompes absorbent 70 à 80% de l'énergie consommée dans un forage. Une bonne installation du pompage doit assurer :

- ✓ Une vitesse de remontée des déblais de 30 à 70 m/mn selon les phases, (pour éviter la décantation)
- ✓ Une pression de refoulement suffisante pour vaincre l'ensemble des pertes de charge du système de circulation.

Alors que les pompes de 1939 dépassaient rarement 250 ch.de nombreux constructeurs livraient en 1955 des pompes de 800 à 900 ch. En estimait le besoin de puissance hydraulique à 1000 chevaux hydraulique soit près de 1600 chevaux mécanique. Actuellement une grosse installation dispose de 2000 à 2500 chevaux en moyen de puissance de pompage.

L'augmentation des puissances des pompes a donc été particulièrement importante on y remarque :

- L'évolution rapide des puissances proposées.
- L'apparition des sextuples puis des triplex.
- L'augmentation de puissance des triplex.

En dehors de sa puissance et de son débit, une pompe doit être souple, robuste et facile à entretenir. Les pompes de forage moderne sont de type duplex à double effet et triplex à simple effet. Actuellement les pompes triplex à simple effet ont complètement remplacé les pompes duplex à double effet.

Les pompes de forage les plus utilisé dans les chantiers de site de H.M au sein de l'entreprise SONATRACH sont les pompes à piston triplex à simple effet.

Dans ce chapitre nous présentons la description et le principe de fonctionnement de la pompe triplex à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12".

II.2. Description de la pompe à boue triplex à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12".

II.2.1. Description générale (Figure II.1)

C'est une pompe volumétrique alternative à piston à mécanisme bielle-manivelle, de type triplex à simple effet, pour ce type les manivelles sont décalées à 120° , et le nombre de clapet est de 6 (3 à l'aspiration et 3 au le refoulement).

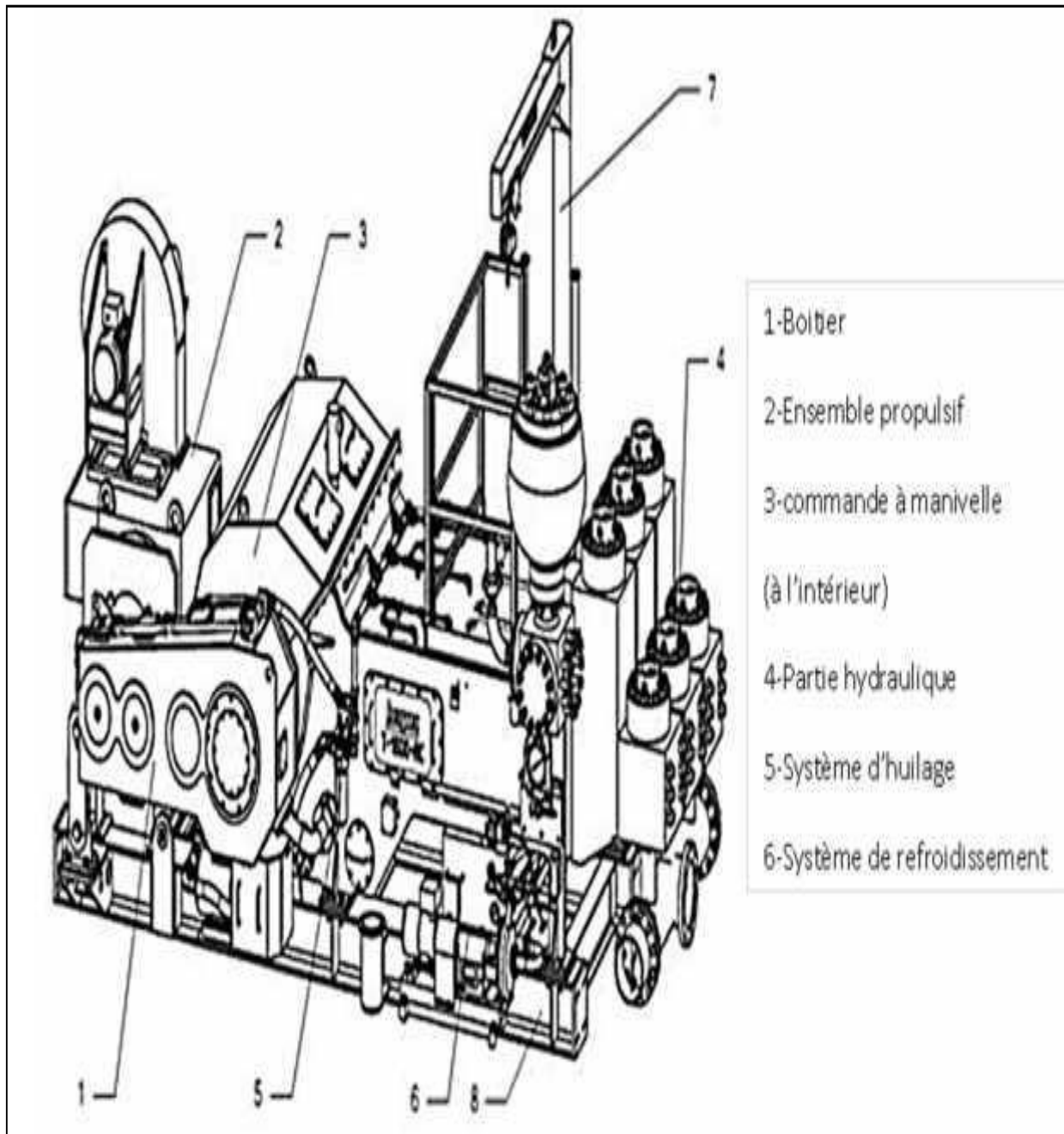


Figure II.1. Description de la pompe à boue triplex à simple [6]

CHAPITRE II Description et fonctionnement de la pompe BMPT-1600

II.2.2. Fiche technique de la pompe à boue triplex à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12"

- Identification de la pompe
- Spécification de la pompe

Tableau II.1. Identification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12". [8]

Identification de la pompe	
Désignation	Pompe à boue
Type	Pompe triplex simple effet
Modèle	F-1600L
N° de série	BZ13-087L
BMPT1600	1600 puissances en cheval
AC	courant alternative
R	Montage arrière
7.5"	Taille de piston maximale
12"	Longueur de course

Tableau II.2. Spécification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12". [8]

Spécification de la pompe	
Dimension de la pompe (Max. Chemise Inche Course)	7 1/2 X 12
Dimension des chemises (Inche)	7,6 ³ / ₄ ,6 1/2 , 6 1/4 , 6, 5 3/4 ,5 ¹ / ₂
Pression maximal (Mpa)	35
puissance d'entrée nominale (Kw-HP)	1160-1600
Capacité d'huile Litre-gallon	379-100
Rapport de décharge, Cross psi	5000
Action d'un piston (Coup/min)	120
Poids net (kg)	25892
Longueur, Largeur, Hauteur (mm)	4876, 2413, 2038

II.3. Construction de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5“x12“ [6], [8]

La pompe **BMPT-1600-ACR-7.5“x12“** est constituée de deux parties principales :

➤ **Partie mécanique :**

Pour la partie mécanique, tous les constructeurs ont choisi le principe de la pompe triplex avec excentrique, bielle, crosses et rallonge de crosse. Mais les pignons des arbres à grande vitesse et à petite vitesse sont excentrés par rapport à l'axe de la pompe et l'arbre petite vitesse est en forme de vilebrequin.

➤ **Partie hydraulique :**

Comme dans toutes les pompes triplex simple effet, elle se compose de :

- Une chemise apparente, se montant par l'arrière ou par l'avant suivant les constructeurs ;
- Une tige de piston ;
- Un piston simple effet ne comporte qu'une garniture ;
- 02 clapets (01 clapet d'aspiration, 01 clapet de refoulement) ;
- Un système d'arrosage.

➤ **Partie électrique**

La puissance qui arrive à l'arbre d'attaque de la pompe est développée par la rotation de deux moteurs électriques d'entraînement alimenté en courant continu à travers un redresseur commandé.

II.3.1. Partie mécanique de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5“x12“

Le coté mécanique d'une pompe à boue représente la partie la plus importante de la valeur d'achat, il doit être robuste et permettre une longue période de service sans entretiens importants en dehors de la lubrification (**Figure II.2**).

La partie mécanique de la pompe se compose des sous-ensembles suivants :

- L'arbre grand vitesse,
- L'arbre petite vitesse ou vilebrequin.
- Système bielle-manivelle.
- La crosse et la rallonge de crosse.
- Le bâti/carter de lubrification.

- Le système d'entraînement (chaîne + pignon + roue dentée).
- Roulement.
- Pompe à l'huile.

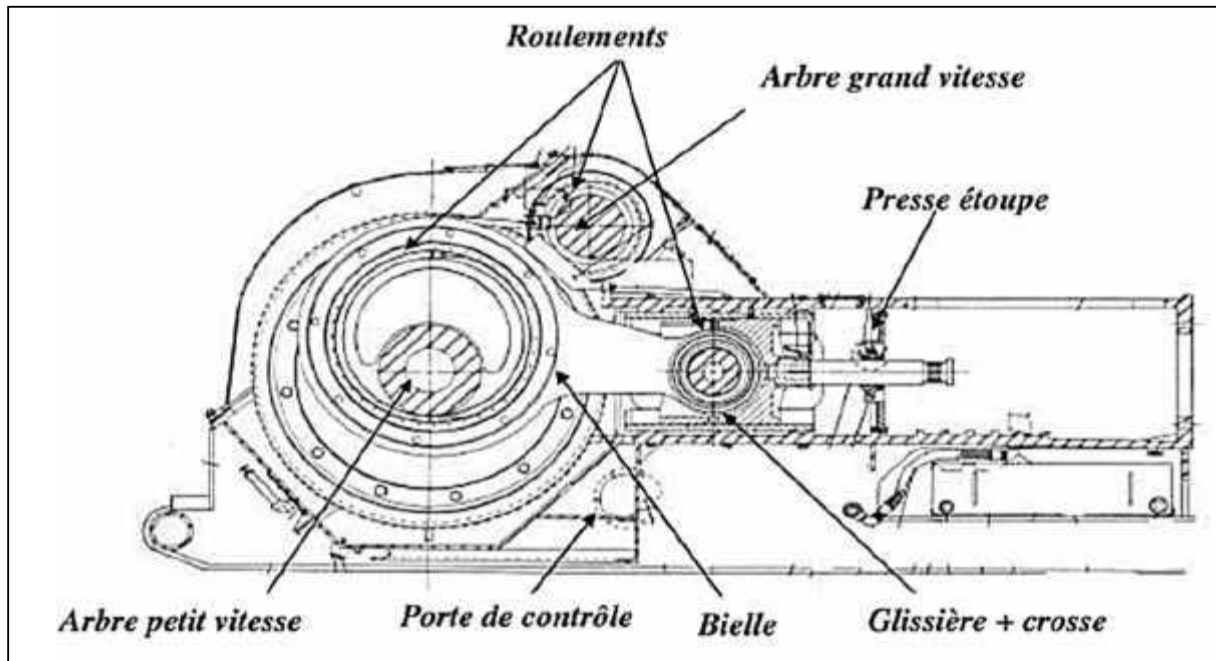


Figure II.2. Description mécanique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5''x12''

II.3.1.1. L'arbre grande vitesse (pignon shaft) (Figure II.3)

C'est l'arbre d'entraînement de la pompe, celui sur lequel sont accouplés les moteurs d'entraînement, qui peut être réalisé par moteurs électrique et transmissions ou par poulies entraînées par courroies depuis le moteur compound.

Cet arbre supporté par deux paliers à roulement ; il entraîne par l'intermédiaire du pignon à denture oblique (chevron) le pignon de l'arbre vilebrequin à petite vitesse.

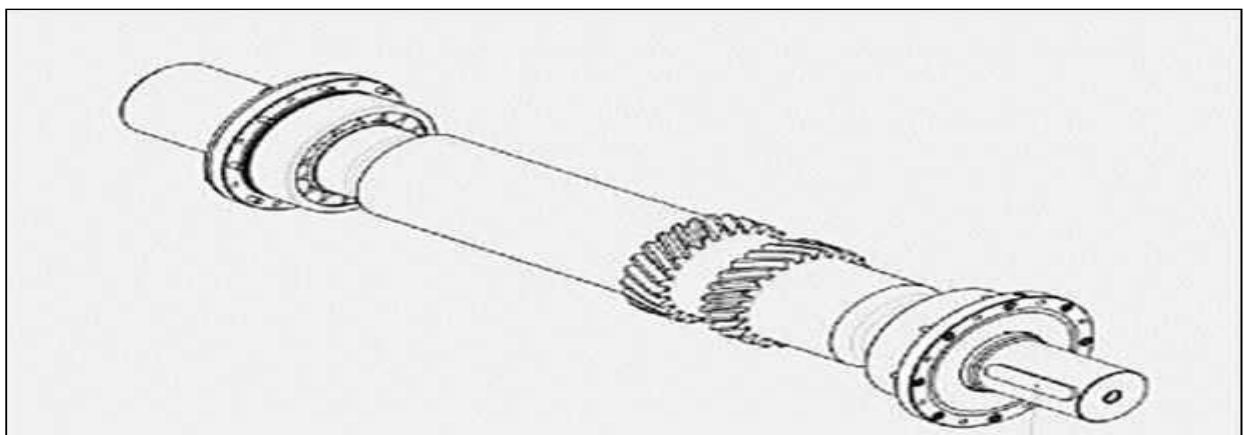


Figure II.3. Arbre grande vitesse

II.3.1.2. L'arbre petite vitesse (crankshaft) ou vilebrequin

Cet arbre a une forme coudée (excentrique) pour permettre le décalage des courses du piston dans les chemises (ce décalage est de 120° pour les triplex) (**Figure II.4**).

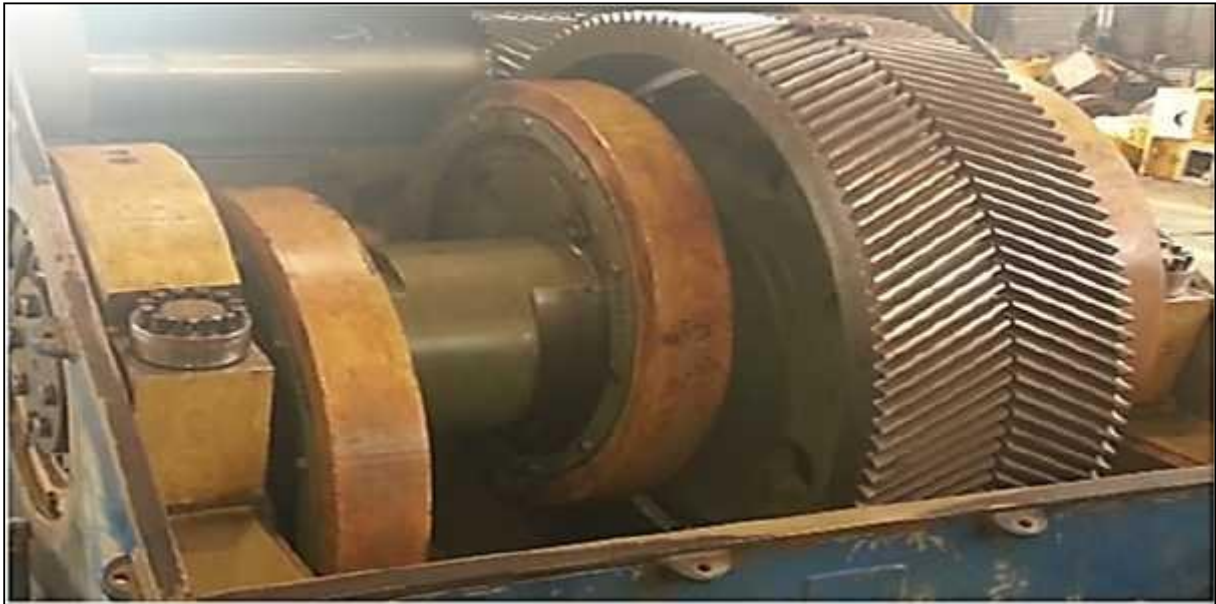


Figure II.4. Arbre petite vitesse

II.3.1.3. Système bielle-manivelle

Sur le vilebrequin sont montées 03 bielles selon le type de pompe (triplex). Les têtes des bielles sont montées sur le vilebrequin, les pieds des bielles sur les crosses. L'articulation de ces dernières sur les crosses se fait par l'intermédiaire de roulement (**Figure II.5**).

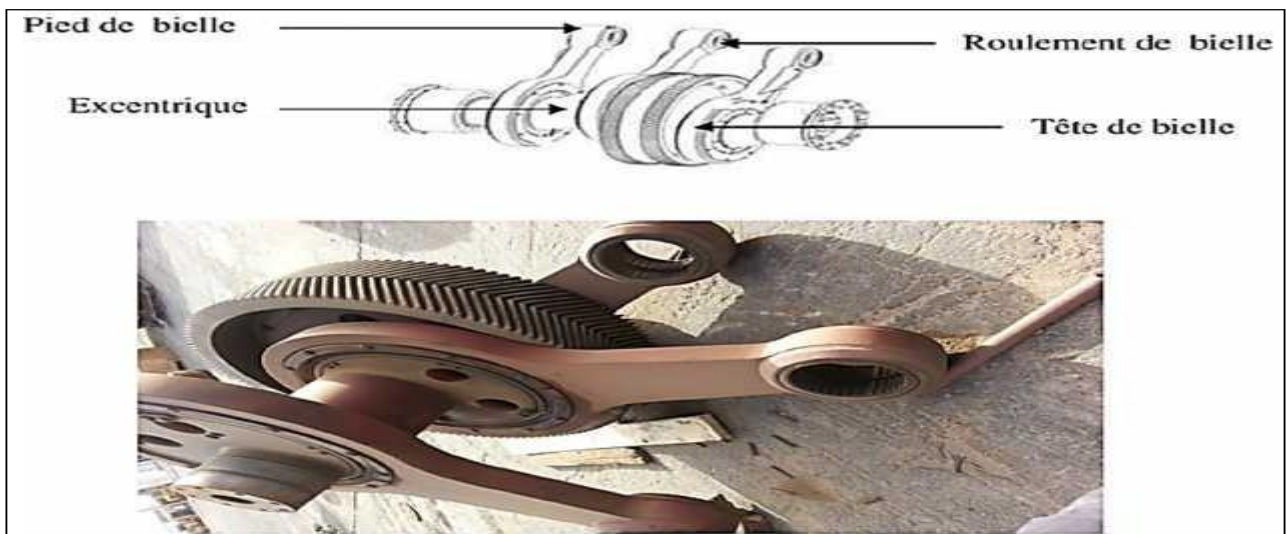


Figure II.5. Système bielle-manivelle

II.3.1.4. La crosse et la rallonge de crosse

Montées sur les pieds des bielles par l'intermédiaire de roulement sont guidées par des tuiles. Sur les croses viennent se visser les rallonges des croses qui permettront la liaison avec les tiges des pistons. Cette liaison est réalisée par l'intermédiaire de clamps (colliers de serrage) pour les pompes triplex (**Figure II.6**).

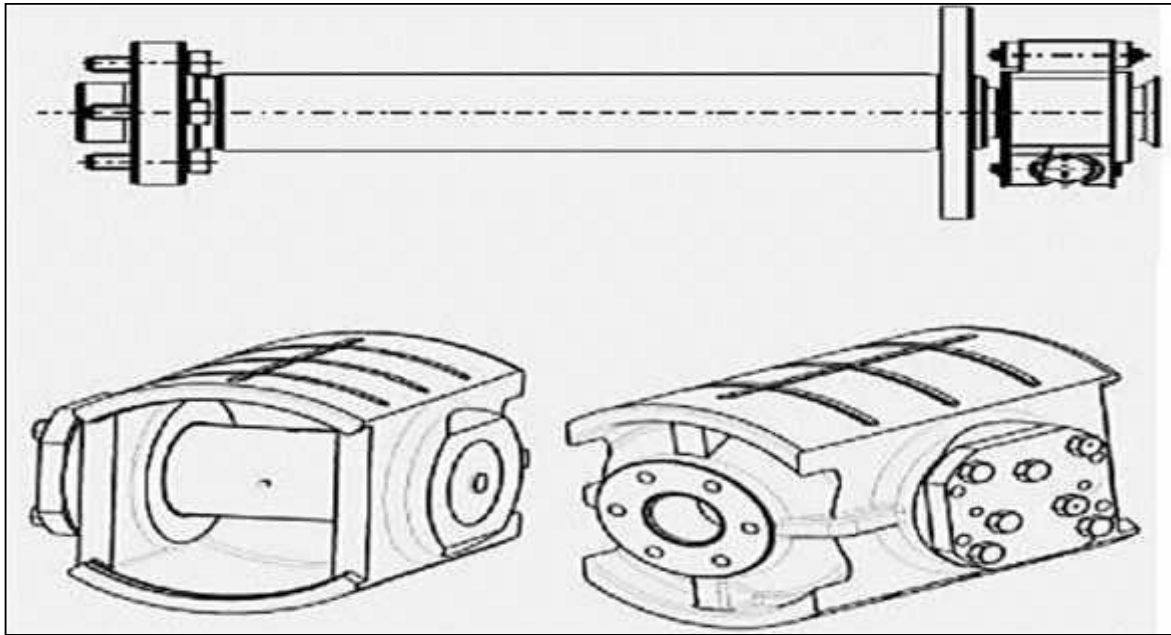


Figure II.6. La crosse et la rallonge de crosse.

II.3.1.5. Les roulements (Figure II.7)

- **Les roulements des bielles :** Sont des roulements à rouleaux cylindriques jointifs, ils supportent des charges radiales, axiales élevées et importantes, qui possèdent les avantages suivants :

- ✓ Fiabilité des fonctions accrue
- ✓ Durée de service prolongée.



Figure II.7. Les roulements des bielles.

CHAPITRE II Description et fonctionnement de la pompe BMPT-1600

- **Les roulements des crosses :** Ils Sont des roulements à aiguilles, qui ont les avantages suivants :
 - ✓ Roulements de très faible section dotée d'une capacité de charge.
 - ✓ Relativement élevée.
 - ✓ Utilisation sans bagues intérieures.
 - ✓ Assurent un montage optimal lorsqu'on peut tremper et rectifier les arbres.

- **Les roulements de l'arbre grand vitesse :** Ils sont des roulements à rotule sur rouleaux, et possèdent les avantages suivants :
 - ✓ Fonctionnement à faible température, et à vitesse relativement élevée ;
 - ✓ Supporter des charges relativement importantes ;
 - ✓ Grande longévité.

- **Les roulements de l'arbre petit vitesse (vilebrequin) :**
 - ✓ Les Roulements à rouleaux coniques, ils ont les avantages suivants :
 - ✓ Frottement largement réduit ;
 - ✓ Capacité de charge accrue.

II.3.1.6. Le système d'entraînement (Figure II.8)

La pompe est entraînée par deux moteurs électriques, Chaque moteur transmet sa puissance via un système d'entraînement à chaînes multiples sur l'arbre de commande principal. Ce dernier, complet avec pignon, se trouve via un engrenage à denture chevronnée en engagement direct au vilebrequin, La denture chevronnée permet une haute charge des dents dans le train d'engrenages entre arbre de commande et vilebrequin.



Figure II.8. Le système d'entraînement

II.3.1.7. Le circuit de lubrification

Le système de lubrification se fait par écoulement, il se base sur la rotation de la roue dentée du vilebrequin qui prend l'huile à partir du carter, une cuvette en forme U retient l'huile et la distribue vers les roulements et les crosses. (Figure II.9).

- L'huile utilisée est de type tassilia 90
- La lubrification des chaînes se fait à l'aide d'une pompe à huile .(Figure III.10).
- L'huile du carter est contrôlée périodiquement par un indicateur de niveau d'huile à l'extérieur et un reniflard pour éviter l'excès de chaleur dans le carter.

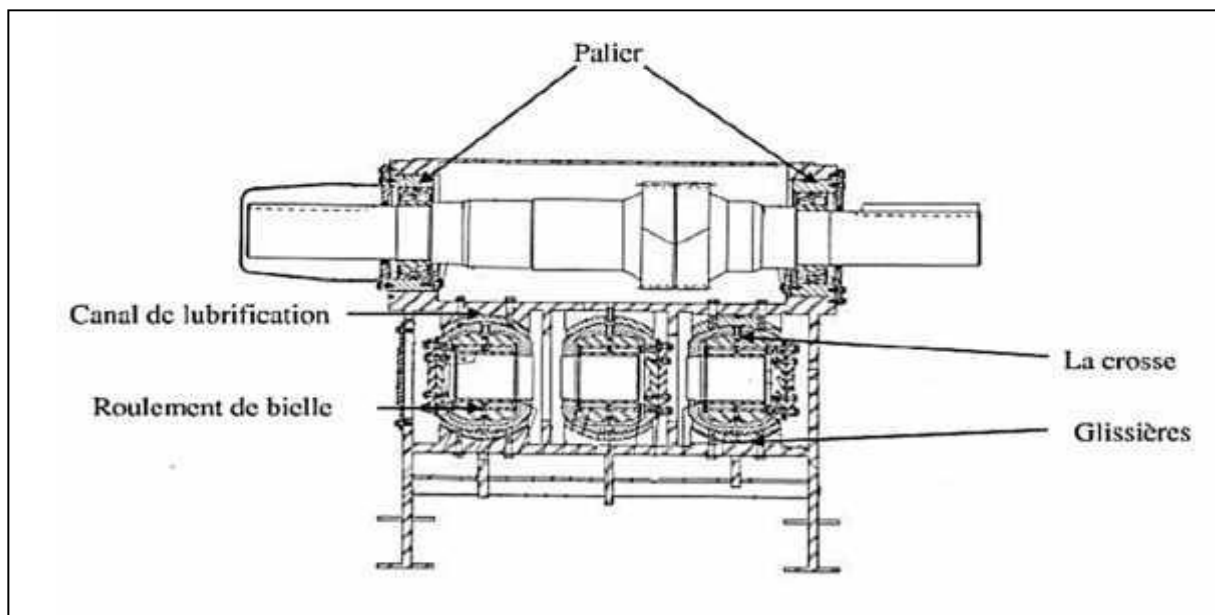


Figure II.9. Système de lubrification les roulements et les crosses

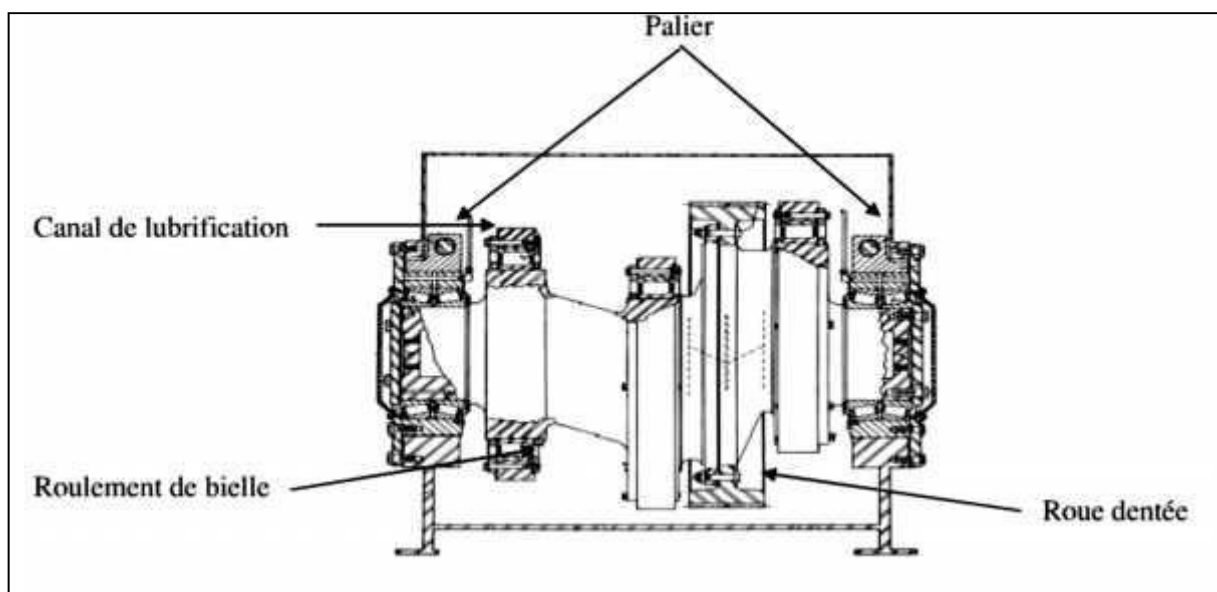


Figure II.10. La lubrification

II.3.1.8. Transmission et le couple d'engrenage

La puissance développée sur l'arbre d'attaque de la pompe et transmise à l'arbre manivelle par un couple d'engrenage de type à chevrons ou hélicoïdal ; les deux extrémités de l'arbre sont identiques et ce qui permet d'entraînement d'un côté comme de l'autre. Le pignon est claveté ou intégré à l'arbre d'attaque en acier ou chrome molybdène forgé. (**Figure II.11**).

La roue est clavetée ou boulonnée sur l'arbre manivelle ; les roulements largement calculés sont de types à rouleaux conique. L'arbre principale est forgé lorsqu'il est à manivelle ou codé et coulé s'il est excentrique ou à doigts.

La rallonge de crosse passe à travers un presse-étoupe qui évite la sortie de l'huile de carter et l'entrée de boue et ou d'eau a l'intérieure du même carter. La bielle ne doit représenter aucune déformation qui entrainerait un défaut de parallélisme de l'axe de crosse avec du maneton de l'arbre manivelle par conséquent l'axe du corps de la bielle doit être rigoureusement perpendiculaire à l'axe du vilebrequin ; sans quoi une légère déviation suffisait à provoquer une usure anormale de la crosse et des roulements de maneton.

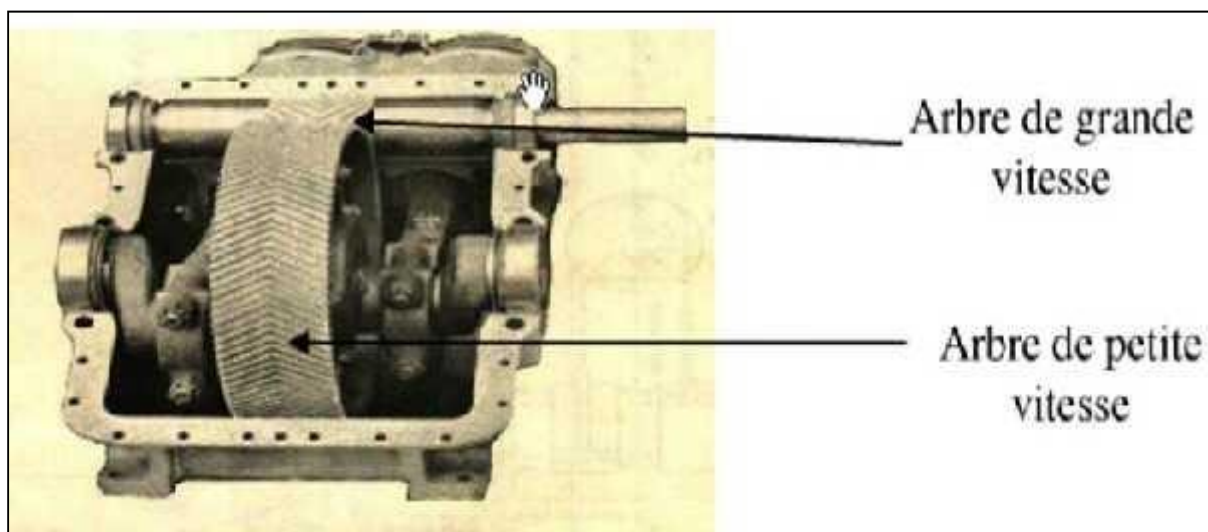


Figure II.11. Couple d'engrenage.

II.3.1.9. Le bâti (Figure II.12)

Le bâti d'engrenages est une construction à la soudure en modules en acier de haute résistance. Le skid et le bâti sont généralement intégrés. Le bâti sert de carter pour l'huile de graissage où la lubrification est réalisée par barbotage. Il doit, donc être étanche et permettre un contrôle rapide du niveau, et une vidange facile de l'huile. L'étanchéité, côté rallonge de crosse est assurée par un boîtier de presse-étoupe et son joint.

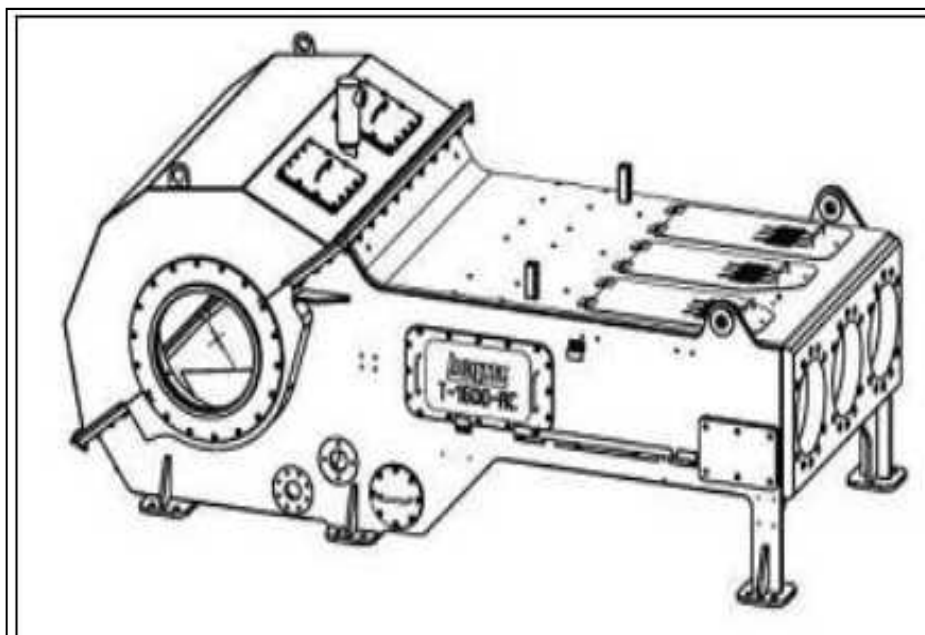


Figure II.12. Le bâti d'engrenages

II.3.2. La partie hydraulique de la pompe

Ces pompes comportent trois cylindres. Elles sont à simple effet (la boue est aspirée et refoulée par un seul côté du piston).

II.3.2.1. Le corps hydraulique (Figure II.13)

Il est en acier moulé, fixé sur le skid au carter de la partie mécanique de la pompe, il sert de logement, pour les pièces d'usure, la chemise, clapet et les tiges des pignons.

Le corps est obturé par des couvercles filetés et des portes des couvercles boulonnés à la partie supérieure où l'on trouve un collecteur de refoulement qui lie entre les sorties de refoulement, et ces couvercles qui maintiennent ou protègent les clapets, ils sont vissés ce qui augmente la rapidité de démontage et remontage.

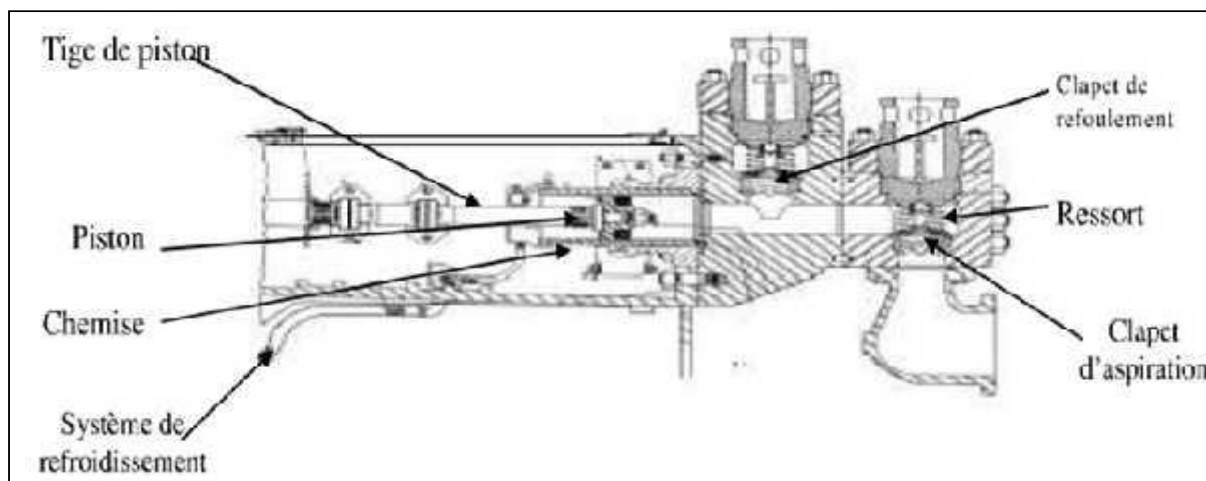


Figure II.13. Le corps hydraulique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5'x12'

II.3.2.2. Chemises

Elles permettent l'utilisation d'une grande gamme de diamètres de pistons (diamètre intérieur de la chemise) afin d'obtenir les débits, et pressions exigés par le forage. La paroi intérieure de la chemise est traitée pour lui donner une grande dureté superficielle, et la résistance à l'usure désirée. Ces chemises sont enfilées dans le corps de pompe, et maintenues en place par des dispositifs, qui diffèrent légèrement suivant des constructeurs. (**Figure II.14**).

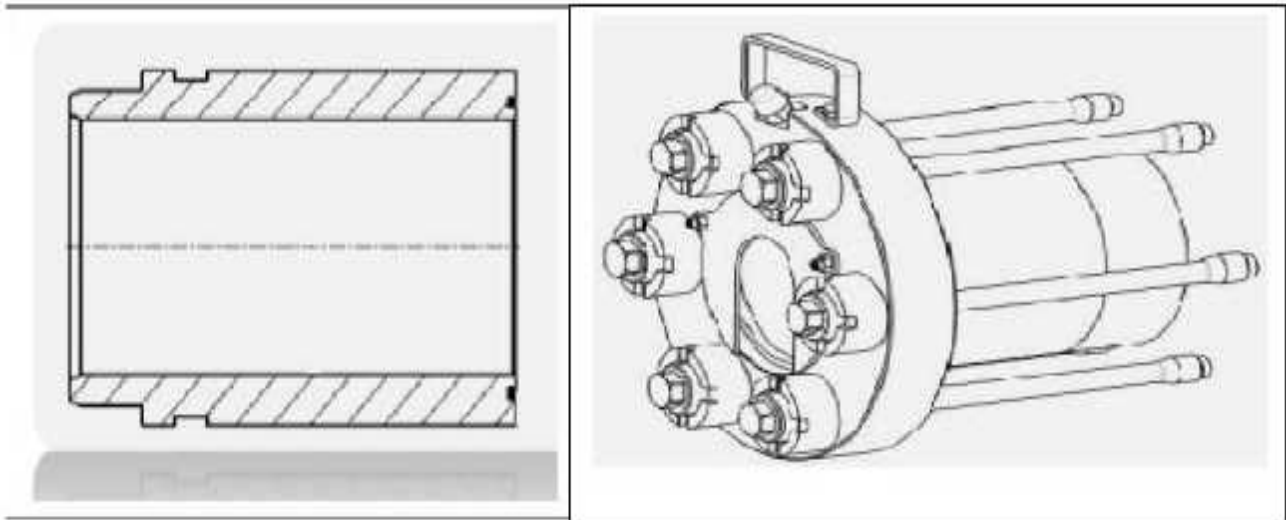


Figure II.14. Chemise de corps hydraulique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"

II.3.2.3. Les sièges et les clapets

L'ensemble comprend le siège, et le clapet composé du corps, de la garniture, et de son système de fixation, un ressort de rappel et deux guides, l'un en haut et l'autre en bas. Le guide inférieur du clapet est à une ou plusieurs branches, ou simplement cylindrique en fonction du type de siège. (**Figure II.15**).

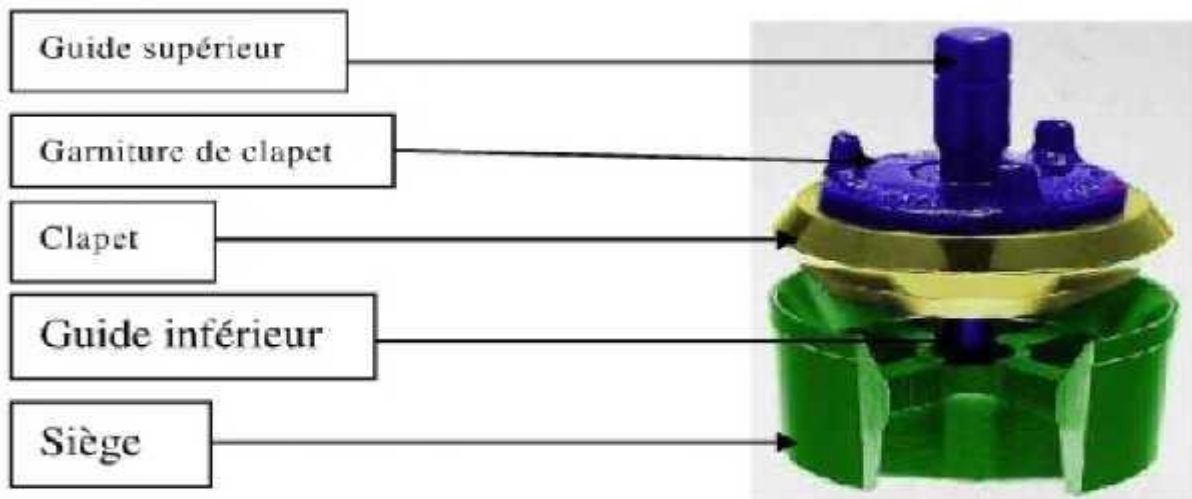


Figure II.15. Les sièges et les clapets BMPT-1600-ACR-7.5"x12"

II.3.2.4. Le piston et la tige du piston

Dans les pompes triplex le piston est monté avec une seule garniture (cycle simple effet), une coupelle et un circlips en assurent la fixation sur le corps. Très simple et sans traitement, le corps du piston a un alésage cylindrique qui permet un montage et surtout un démontage aisé. (Un simple joint torique assure l'étanchéité). (*Figure II.16*).

La tige du piston classique est éliminée pour être remplacé par une tige courte et légère dont les caractéristiques principales sont :

- L'absence de finition extérieure puisqu'il n'y a plus de presse-étoupe,
- L'absence de filetage d'extrémité coté rallonge de crosse remplacée par un talon et un clamp de montage et démontage aisé,
- Les poids et les dimensions faibles,
- Une durée de vie très longue (absence de presse-étoupe),

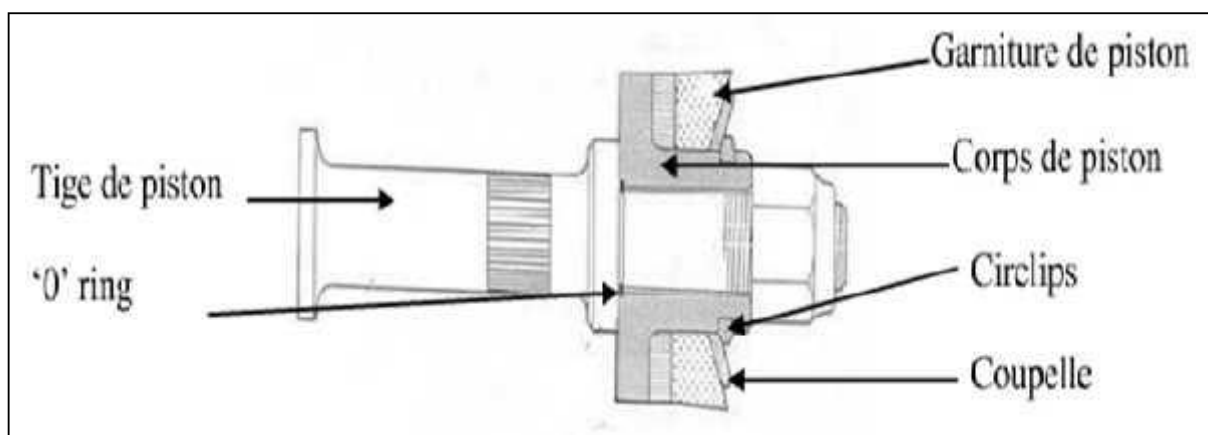


Figure II.16. Le piston et la tige du piston

II.3.3. Partie électrique de la pompe à boue

La puissance qui arrive à l'arbre d'attaque de la pompe est développée par la rotation de deux moteurs électriques d'entraînement (mcc à excitation série) alimentés en courant continu à travers un redresseur commande.

La transmission entre les moteurs d'entraînement et l'arbre d'attaque de la pompe se fait par chaîne. Les deux extrémités de l'arbre sont identiques, ce qui permet l'entraînement d'un côté comme de l'autre. (*Figure II.17*).

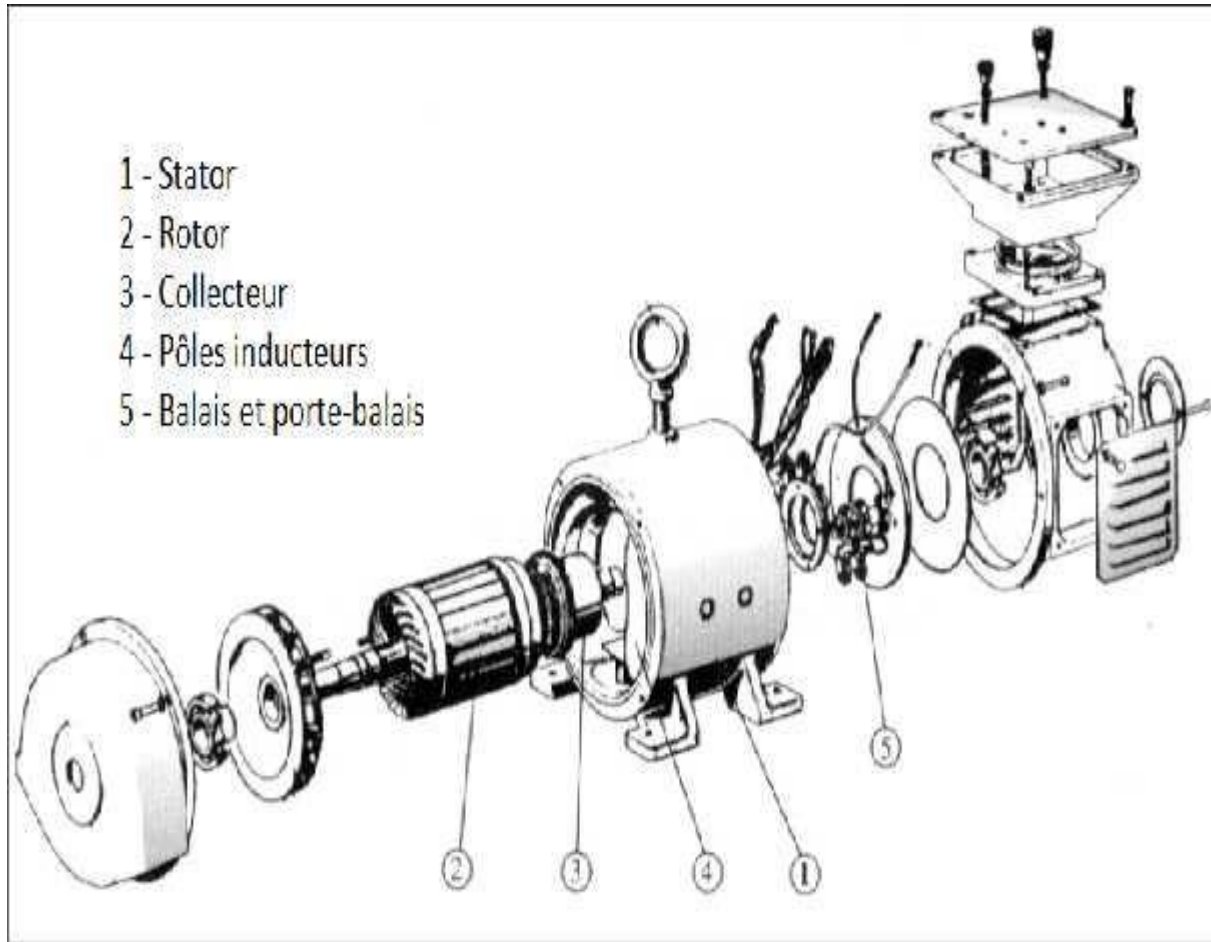


Figure II.17. Moteur à courant continu(DC).

II.4. Principe de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5“x12“[6],[7]

Les pompes à boue de type **BMPT-1600-ACR-7.5“x12“** comportent trois cylindres dans lesquels couissent trois pistons à simple effet, c'est-à-dire que chaque piston aspire et refoule d'un seul côté (**figure II.18**). Chaque cylindre comporte un clapet d'aspiration et un autre de refoulement à l'avant seulement.

Lorsque le piston se déplace vers l'arrière, le clapet d'aspiration s'ouvre et celui de refoulement se ferme, la chemise se remplit de boue.

Lorsque le piston arrive en fin de course et revient vers l'avant, le clapet d'aspiration se ferme et celui de refoulement s'ouvre, et la boue est ainsi refoulée dans la conduite de refoulement.

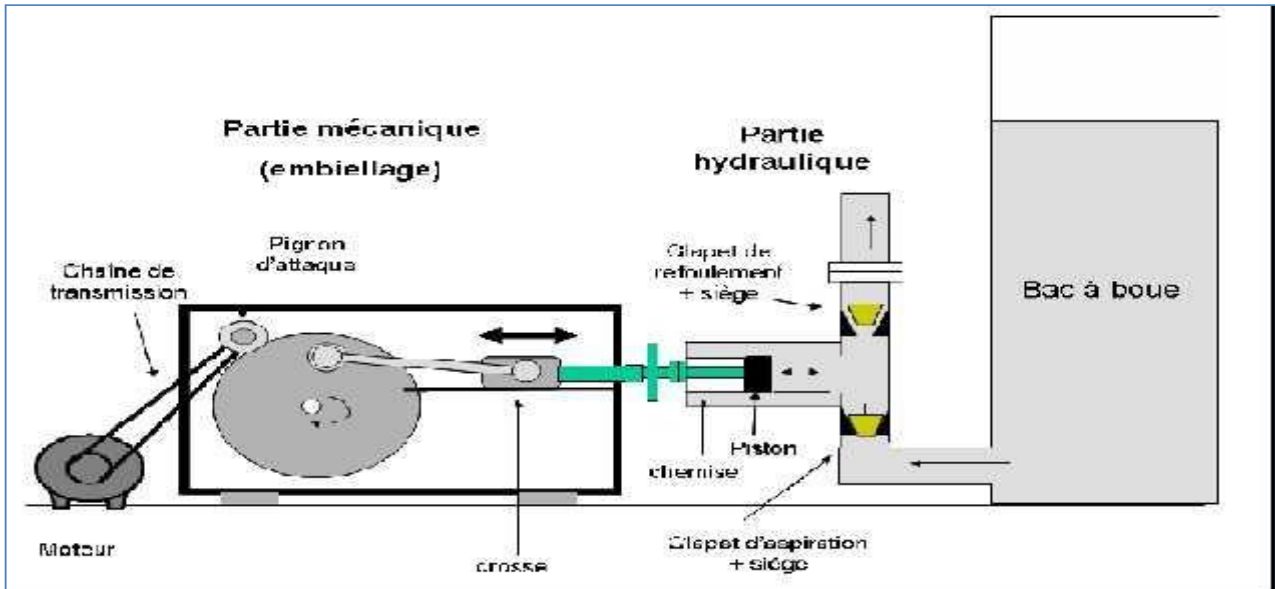


Figure II.18. Principe de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"

II.5. Caractéristiques des pompes à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12"[6],[8]

Le rôle des pompes à boue est d'assurer un débit et une pression de refoulement suffisants pour permettre une remontée correcte des déblais dans l'espace annulaire d'une part, et pour vaincre l'ensemble des pertes de charge (perte de pression) occasionnées par la circulation dans le circuit de refoulement en surface et dans le puits, d'autre part.

II.5.1 La cylindrée

La cylindrée d'une pompe représente la quantité théorique de liquide qu'elle peut débiter pendant un cycle de fonctionnement.

Pour une pompe triplex, elle est le produit de la course par la section du piston comme dans les moteurs à combustions.

La cylindrée d'un piston peut être calculée par la formule suivante :

$$V = \frac{C \cdot \pi \cdot d^2}{4}$$

Où

C : la course du piston (mm)

d : diamètre intérieur de la chemise (mm)

II.5.2 La vitesse

La vitesse nominale, c'est-à-dire la vitesse maximale de travail pour laquelle la pompe est conçue, dépend de la masse spécifique du fluide utilisé, de sa viscosité et de la pression maximale créée par la pompe.

En effet, il est recommandé pour éviter le décollement de la veine liquide dans les aspirations, de ne pas dépasser des vitesses linéaires de piston de 45.5 m/mn.

II.5.3 Le débit

Les débits requis en forage varient en fonction de diamètre foré. Il est pendant les premiers phases (26“, 16‘’), plus petit en fin de forage (8“ 1/2, 7“). Le débit d'une pompe dépend du diamètre intérieur de la chemise (alésage), de la vitesse de la pompe exprimée nombre de coups de piston par minute et de la course du piston.

Le débit théorique

Le débit est la quantité de liquide qu'une pompe peut fournir par unité de temps, à une vitesse d'entraînement donnée, il s'exprime en (l/mn).

Le débit théorique d'une pompe dépend de sa cylindrée d'une part, de sa vitesse et du nombre de cylindres d'autre part :

$$Q_{th} = \frac{3\pi .D^2.C}{4}$$

Où :

Q_{th} : Débit théorique de la pompe (l/mn).

C : Course de piston (mm).

D : Diamètre de la chemise (mm).

II.5.4. Pression

La valeur de cette pression qui représente en effet l'ensemble des pertes de charge (perte de pression) dans le circuit de refoulement en surface mais aussi dans les puits dépend donc

CHAPITRE II Description et fonctionnement de la pompe BMPT-1600

essentiellement pour un débit donné de la profondeur du puits et de la nature des opérations entreprise. La pression de refoulement agissant sur le piston se traduit par une force qui se communique à la tige de piston, à la rallonge de crosse et ensuite à la partie mécanique.

II.5.5. La puissance

1- Puissance hydraulique :

La puissance hydraulique d'une pompe c'est-à-dire la puissance transmise au fluide à la sortie de la pompe dépend du débit réel et la pression de refoulement. Elle est donnée par la formule :

$$P_h = P_r \cdot Q_r$$

Où :

P_h : la puissance hydraulique.

P_r : la pression de refoulement.

Q_r : le débit réel.

2- Puissance mécanique :

La puissance mécanique indiquée par le constructeur est la puissance mécanique maximale admissible sur l'arbre d'entrée dans la pompe.

$$P_{m3} = \frac{P_{ref3} \cdot Q_3}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750}$$

II.6. Les équations de perte de charge utilisées en forage [12]

D'après le formulaire du foreur et en supposant que le fluide est un modèle de **BINGHAM**, nous nous sommes basés sur les équations suivantes :

Les pertes de charge aux installations de surface :

$$P = N_1 \cdot B$$

Avec

B : Coefficient correspond à la boue en circulation ;

N_1 : Coefficient des pertes de charge ;

d : Masse volumique de la boue en [kg/ l] ;

μ : Viscosité en [cp] ;

$$B = d^{0,8} \cdot \mu^{0,2}$$

➤ *Les pertes de charge dans les orifices de trépan :*

$$P = \frac{d.Q^2}{2959,41.C^2.A^2}$$

Avec :

Q : le débit réel mesuré en [l /min] ;

A : aire totale des duses en [in^2] ;

C : coefficient d'orifice :

$C=0,80$ pour les outils sans jet ;

$C=0,95$ pour les outils à jet.

➤ *Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture :*

$$P = \frac{Q^{1,8}.L.B}{901,63.D^{4,8}}$$

Avec :

L : longueur en [m] ;

D : diamètre intérieur garniture [in] ;

➤ *Les pertes de charge dans l'espace annulaire :*

$$P = \frac{Q^{1,8}.L.B}{706,96.(D_0 + D_i)^{1,8}.(D_0 - D_i)^3}$$

Avec :

D_0 : diamètre extérieur annulaire [in] ;

D_i : diamètre intérieur annulaire (extérieur garniture) [in] ;

CHAPITRE III

Partie Calcul

III.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la partie calcul et vérification. Il s'organise en deux parties :

- Etude et dimensionnement de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12 pour un puits donné de **MDZ664**
- Calcul du volume de boue pour toutes les phases au niveau des **puits MDZ664**.

III.2. Etude et dimensionnement de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12 pour un puits donné**III.2.1. Le principe de calcul**

La connaissance d'une part des lois de l'écoulement des fluides de forage d'autre part des débits nécessaire à la remonter des déblais permet d'établir un calcul des puissances hydraulique pour un puits donné.

Le but de ce calcul est de déterminer à savoir :

- 1- La puissance mécanique à installer sur les pompes de forage.
- 2- La puissance nécessaire de moteurs électriques d'entraînement de la pompe.

Pour cela, Le calcul comprend :

- Calcul des pertes de charge.
- Calcul de la puissance mécanique
- Calcul de la puissance hydraulique
- Nombre de pompe dans chaque phase de forage
- Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase.

Calcul des pertes de charge :

Dans une conduite, tout fluide en mouvement perd une partie de son énergie par dissipation en forces de frottement :

- Frottement interne au fluide dus à sa viscosité ;
- Frottement externe dus à la rugosité des parois de la conduite.

Cette partie d'énergie est appelée perte de charge et s'exprime par la différence de pression du fluide entre deux points de la conduite. Par exemple, la boue de forage en circulation possède au départ une énergie représentée par la pression à la sortie de la pompe.

Cette énergie est entièrement perdue dans le circuit boue puisque, au retour dans les bassins, la pression de la boue est nulle. La pression à la sortie de la pompe exprime, dans ce cas, la somme des pertes de charge dans le circuit.

Ces pertes de charge se produisent :

- Dans le circuit de surface ;
- A l'intérieur de la garniture :
- A l'intérieur des tiges de forage ;
- A l'intérieur de masse-tige ;
- A l'intérieur de tige lourde.
- A l'intérieur de l'espace annulaire :
- Tubage / tiges ;
- Trou / tiges de forage ;
- Trou / masse-tige ;
- Trou / tige lourde.

III.2.2. Données de départ [21]

Le tableau ci-dessous représente les données de départ pour le calcul :

Données de départ pour le calcul et vérification					
Trou foré	Diamètre (in)	Phase 26 "	Phase 16 "	phase 12 ½"	phase 8 ½"
		Profondeur forée (m)	313	854	2540
Tubage	Diamètre extérieur in()	18 ^{5/8}	13 ^{3/8}	9 ^{5/8}	7
	Poids linière (lb/ft)	85,5	68,00	47,00	29,00
	Diamètre inter (in)	17,755	12,415	8,681	6,184
	Longueur du tubage (m)	312	852,5	2539	3421
Paramètre hydraulique de forage	Débit (l/min)	3700	3300	3061	2270
	Masse volumique (kg/l)	1,05	1,3	1,3	2,03
	Viscosité (cp)	77	53	64	69
Tige de forage	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	4,276	4,276	4,276	4,276
	Longueur (m)	75	603	2308	3903
Tige lourde	Diamètre extérieur in()	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	3	3	3	3
	Longueur (m)	106	106	106	106
Masse tige	Diamètre extérieur in()	8	8	8	6 1/2
	Diamètre intérieur in()	2,81	2,81	2,81	2 13/16
	Longueur (m)	124	143	124	244
Trépan	TFA (in ²)	1,052	0,994	1,037	0,902

Tableau III.1. Données de départ pour le calcul et vérification [20]

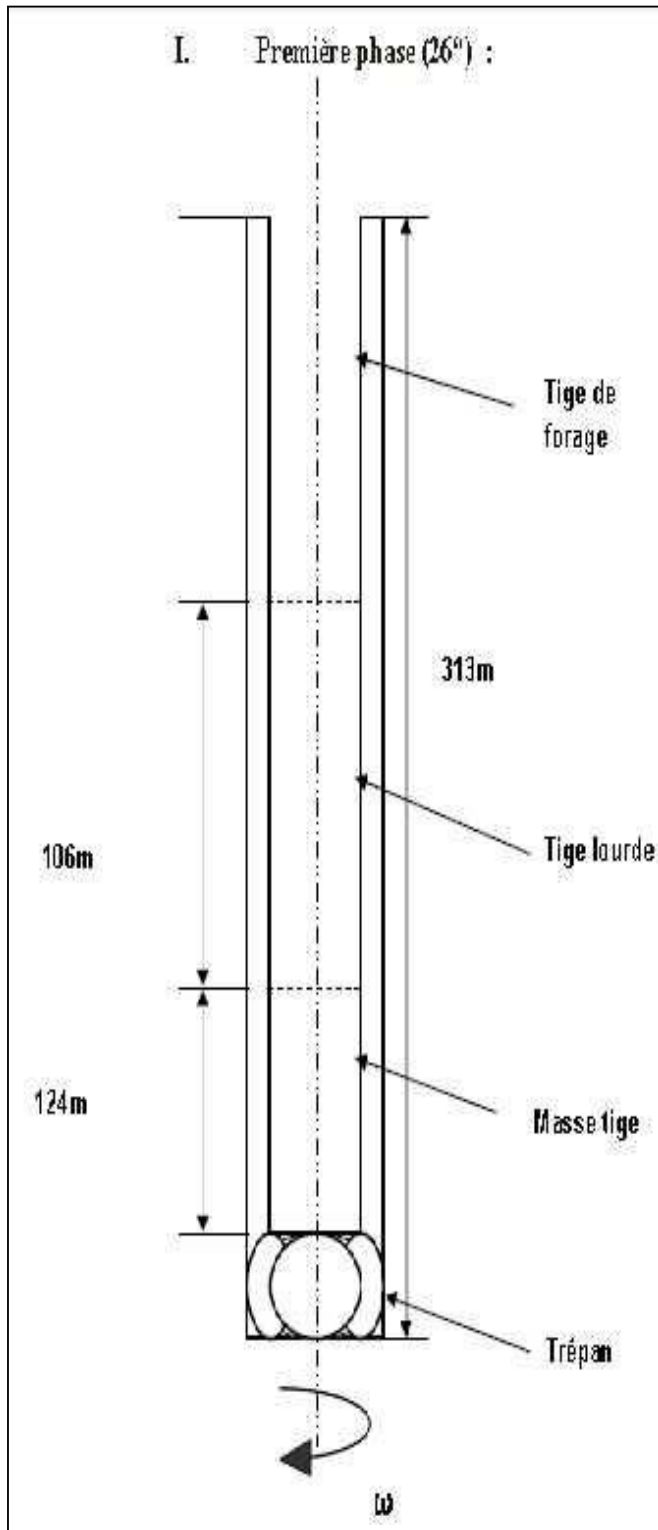


Figure III.1. Phase 1 : 26''

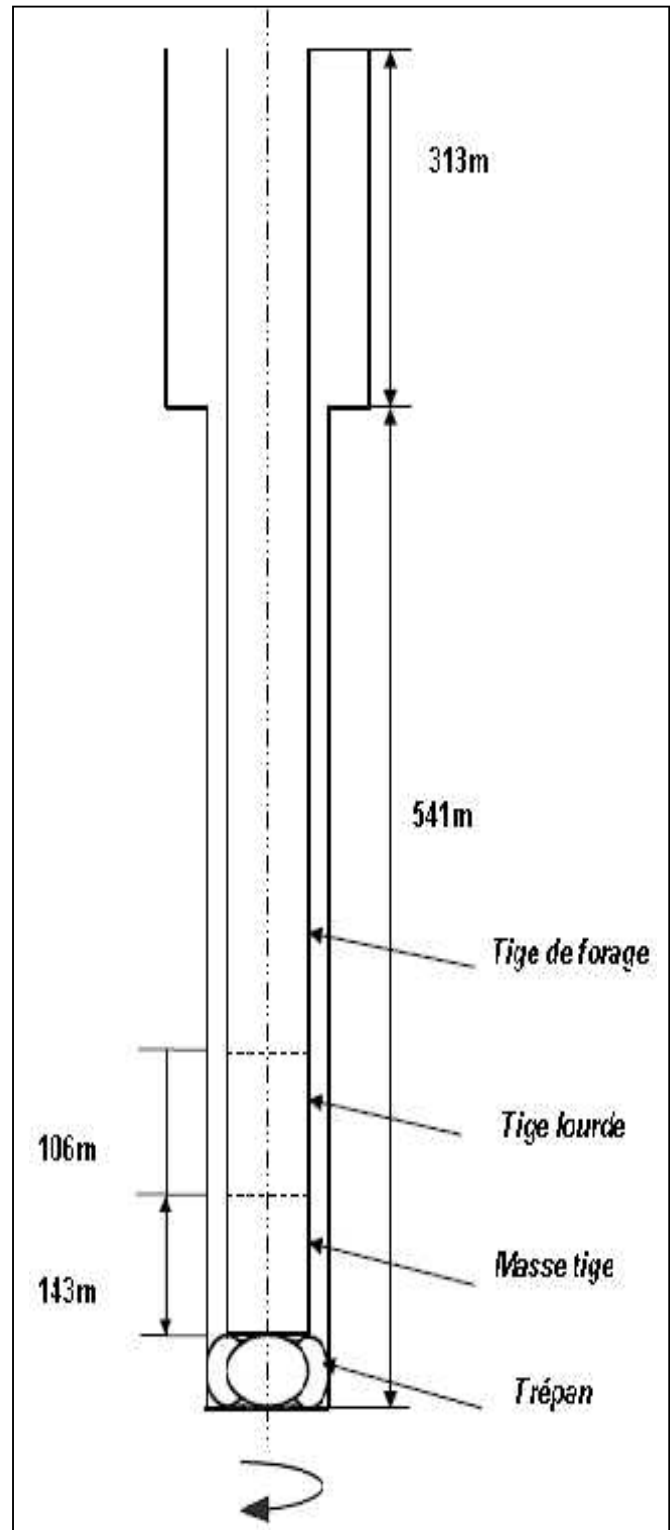


Figure III.2. Phase 2 : 16''

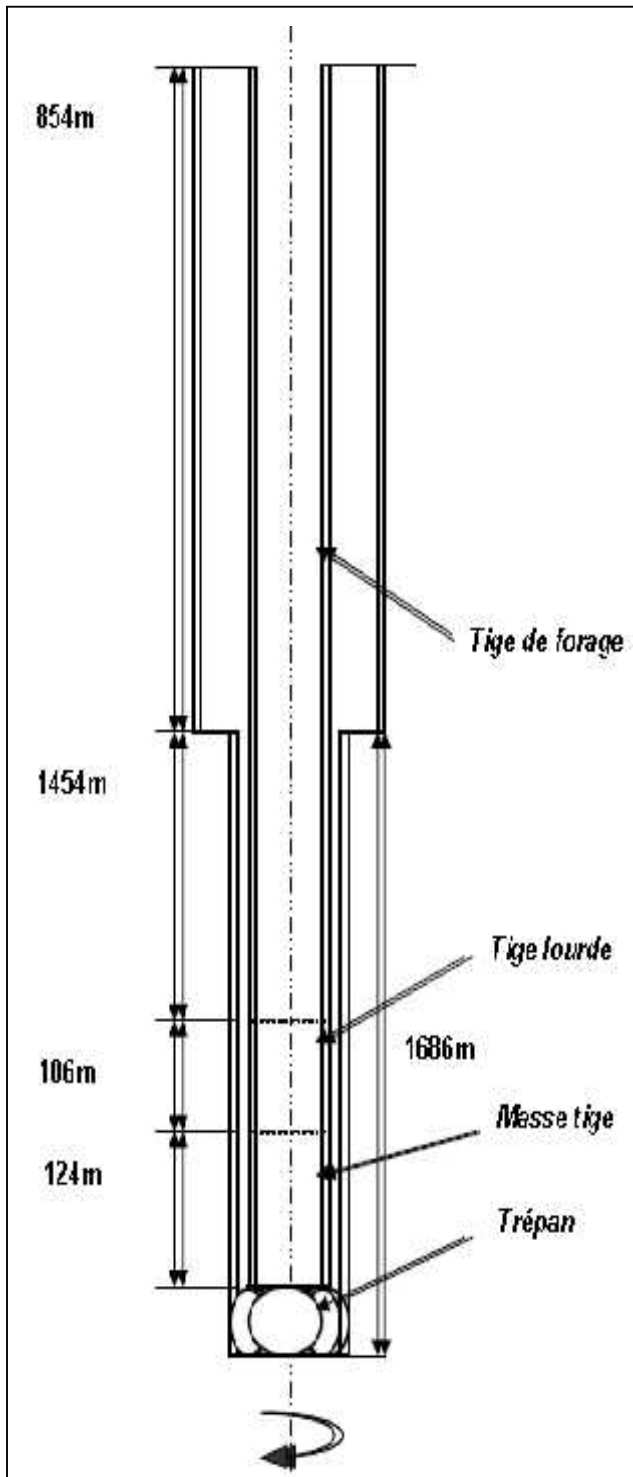


Figure III.3. Phase 3 : 12''^{1/4}

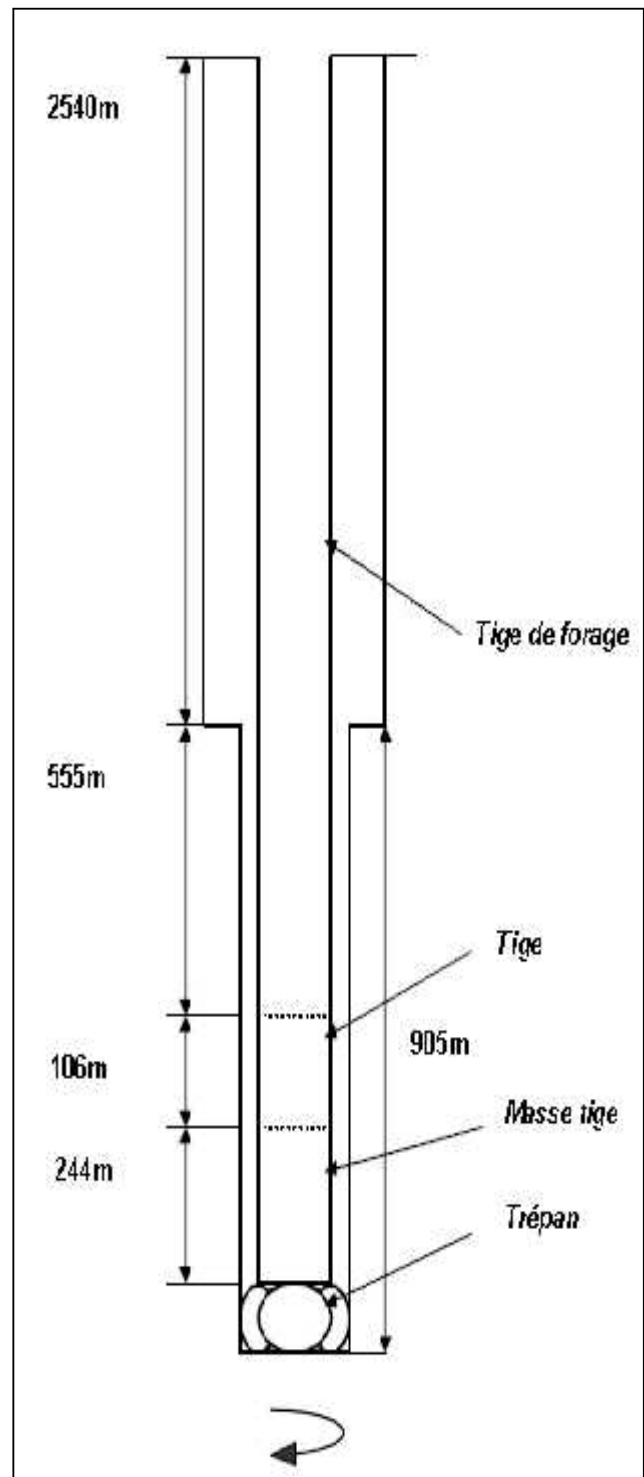


Figure III.4. Phase 4 : 8''^{1/2}

III.2.3. Résultats du calcul

On donne les résultats finals du calcul dans le tableau ci-dessous :

Phases	Débit [l/mn]	Puissance hydraulique [HP]	Puissance mécanique [HP]	Perte de charge [kPa]
Phase 1 : 26"	3700	1332,29	1558,23	16113,46
Phase 2 : 16"	3300	1520,28	1778,1	20615,86
Phase 3 : 12" ^{1/4}	3000	1840,6	2152,75	27455,61
Phase 3 : 8" ^{1/2}	2270	3247,04	3797,71	64011,01

Tableau III.2. Résultats du calcul et vérification pour les 4 phases de

forageInterprétation des résultats

- On constate que la perte de charge augmente à chaque phase même que le débit réel diminue, à cause de certains facteurs traités après.
- Le choix de la pompe qui doit répondre aux paramètres exigés (puissance, débit, pression) par le forage du puits est la pompe triplex du type **BMPT-1600-ACR-7.5"x12** à simple effet .Avec l'utilisation d'un groupe des pompes on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

III.2.4. Nombre de pompe dans chaque phase :

Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase :

Dans le site H.M, la pompe travaille avec un seul chemisage (6") pour toutes les phases ; ce qui entraîne la variation de nombre de coups par minute de la pompe donnée par la formule suivante :

$$N = \frac{Q}{Q_{unitaire}}$$

Tableau III.3. Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase

Phase	26"	16"	12" ^{1/4}	8" ^{1/2}
(Coups/mn)	222	198	184	136

On note que vitesse maximale de la pompe est 120 coups/mn; donc il faut diviser le nombre de coups de chaque phase par l'utilisation de deux pompes installées en parallèle pour assurer le débit requis.

III.2.5. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase :

Le diamètre de la chemise est calculé d'après la formule suivante :

$$Di = \sqrt{\frac{K \times Q}{\alpha \times C \times N}}$$

Où,

Di : Diamètre intérieur de la chemise [m] ;

K : Coefficient pour les pompes triplex, K= 25,4 ;

Qi : Débit de la boue de chaque phase (m³/s) ;

N : Nombre de coups par minute, N =120 coups/min (Nombre de coups Maximal de la pompe) ;

C : Course du piston C = 0,3048 m ;

α : Coefficient du débit de la pompe, α = 0,90 ;

Les résultats de calcul du diamètre de chemise pour chaque phase sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.4. Les résultats de calcul du diamètre de chemise pour chaque phase.

<i>Phase</i>	26"	16"	12" ^{1/4}	8" ^{1/2}
<i>Diamètre de chemise (mm)</i>	154 ,2	147,2	138,89	120,80

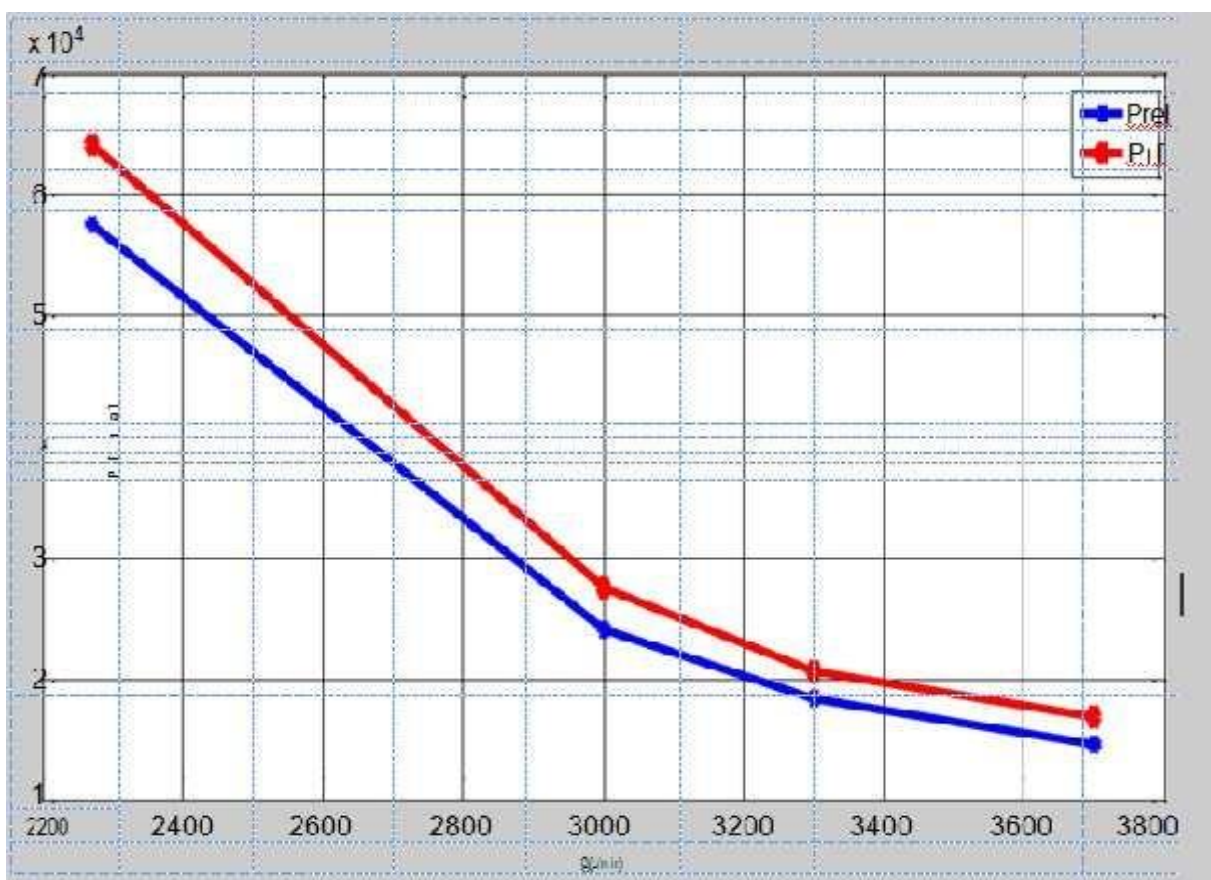
III.2.6. Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase

Le tableau ci-dessous exprime les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase de forage à l'aide de logiciel Matlab (Voir Annexe)

Tableau III.5. Les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase de forage.

Les Phases	Les pertes de charge théorique (KPA)	Les pertes de charge réelle (KPA)
Phase 26''	16113,46	14502
Phase 16''	20615,86	18348
Phase 12'' ¼	27455,61	24161
Phase 8'' ½	64011,01	57610

Figure III.5. Comparaison entre les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase.



D'après le calcul des pertes de charges théorique dans chaque phase, on a déterminé les puissances mécanique et hydraulique de la pompe. Dans les dernières phases on cherche une grande pression pour maintenir les fluides de formation a haut pression alors le chemisage de la pompe doit être convenable pour assurer cette pression.

Dans la première phase on cherche un grand débit pour évacuer la grande quantité de déblais.

On a fait une comparaison entre les pertes de charge théoriques et réel, on a remarqué que il y a une différence de 10 a 13 % a cause de différence entre le diamètre calculer et le diamètre normaliser de la chemise et le rendement de la pompe n'est pas a 100%.

III.3. Calcul du volume de boue pour toutes les phases au niveau des puits MDZ664

Le calcul d'un volume de boue pour une phase d'un puits est donné par la formule suivante [19] :

Volume de boue = Volume de trou + Volume surface + Volume de réserve.

1- Volume du trou de forage : V_{tr} (m^3)

$$V_{tr} = \frac{\pi * D_t^2 * H_t * K}{4}$$

D : Diamètre de trou (m)

H : Profondeur de trou (m)

K : Coefficient de cavitité (trou ouvert) $1.25 < K < 1.5$.

2- Volume de la surface (m^3) :

C'est le volume de boue de toute l'installation de surface (flexible, colonne montante).

3- Volume de réserve $V_{rés}$ (m^3) :

Lors du calcul du volume de boue, on doit tenir compte des pertes de boue (pertes partielles ou totales).

$V_{rés} = V_{tr}$: dans la 1ère phase à cause des pertes de boue importantes (partielles ou totales).

$V_{rés} = V_{tr} / 2$: dans le cas où il n'y aurait pas de pertes.

III.3.1. Résultats du calcul

Résultat de calcul de volume de la boue pour chaque phase :

$$\text{Phase 1 : } V_{T1} = 508.68m^3$$

$$\text{Phase 2: } V_{T2} = 682.16m^3$$

$$\text{Phase 3: } V_{T3} = 536.47m^3$$

$$\text{phase 4: } V_{T4} = 327.94m^3$$

Les niveaux de la boue dans les bassins de circulation ou de réserve sont surveillés par le foreur pour les raisons suivantes :

- ✓ première preuve d'une instabilité des pressions dans le Trou;
- ✓ Eviter le désamorçage des pompes de forages et d'avoir en surface de quoi remplir le puits en cas de manœuvre;
- ✓ Evaluation des zones envahies en cas des pertes partielles instables ;
- ✓ Mesure de variations effectuées sur la boue : température, conductivité, afin de modifier le circuit du volume en circulation.

Le calcul du volume de boue dans le forage pétrolier est une étape prépondérante pour des raisons suivantes :

1- Pour le chef de poste

Les niveaux de la boue dans les bassins de circulation ou de réserve sont surveillés par le foreur pour les raisons suivantes :

- La valeur absolue des niveaux renseigne le chef de poste sur la disponibilité en boue et lui permet donc de déclencher à temps les transferts de boue de réserve, d'éviter ainsi le désamorçage des pompes de forages et d'avoir en surface de quoi remplir le puits en cas de manœuvre.
- En cours de forage, une variation du niveau des bassins actifs entraîne toujours une action ou même une alerte immédiate (**c'est en effet la première preuve d'une instabilité des pressions dans le Trou**).
- En particulier, en l'absence de bac de manœuvre, le remplissage du puits peut être suivi sur un des bassins de forage.
- Les transferts entre bassins actifs et bassins de réserve ou de fabrication doivent être clairement identifiables sur les indicateurs pour ne pas déclencher d'alerte intempestive.
- En pratique, toute variation anormale du niveau des bassins doit d'abord amener à une vérification de l'installation de surface et à une recherche des anomalies éventuelles.

2- Pour les responsables du puits

Les responsables du puits, et en particulier le géologue, peuvent tirer des renseignements précieux des indications de niveaux.

Suivant le type de perméabilité des réservoirs (**perméabilité matricielle ou perméabilité de fissures**), il peut se manifester des pertes partielles souvent instables, dont il faudra tenir compte lors de l'interprétation ultérieure des tests et des logs électriques (**évaluation des zones envahies**).

Les modifications de circuit et les manipulations sur le volume en circulation (**ajout de boue neuve, mise en service de bassins différents, etc ...**) entraînent des variations des mesures effectuées sur la boue : température surtout, mais aussi conductivité, fond gazeux dans certains cas. Ces variations ne peuvent être expliquées que si les informations sur les différents niveaux sont claires et complètes.

Pour faciliter l'exploitation ultérieure, l'enregistrement des niveaux des bassins doit être "habillé" en notant avec le plus grand soin toutes ces modifications ou manipulations.

A noter que l'absence de variation peut être quelquefois un "faux calme", lorsque plusieurs facteurs jouent en sens inverse et annulent leurs effets.

Conclusion générale

L'étude présentée nous permet d'approfondir nos connaissances dans les domaines des équipements de forage en général et sur un organe essentiel dans ce domaine qui est la pompe à boue ainsi que la boue de forage.

Particulièrement avec l'augmentation de la profondeur forée. La boue qui contient des particules de terrains découpées fait provoquer une usure par abrasion des pièces frottantes, ce qui exige le bon fonctionnement des dispositifs d'épuration à chaque remontée de boue à la surface. Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage, il fonctionne dans des conditions difficiles.

En plus des paramètres de fonctionnement (pression et débit) liés aux phases de forage, une pompe à boue doit être souple, robuste, facile à entretenir et possédant une durée de service longue. Néanmoins durant le fonctionnement, les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide est nécessaire pour augmenter la longévité et la fiabilité de la machine.

Le calcul des pertes des charges réalisées, conformément au programme de forage du puits donné, montre que le choix de la pompe triplex à simple effet **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"** est satisfaisant, elle s'adapte convenablement aux conditions de ce forage.

Après avoir passé en revue les différents rôles de boue, il apparaît nécessaire de connaître le model d'écoulement et les caractéristiques physique de boue. C'est pourquoi nous insistons sur les mesures de la boue à l'aide des différentes appareilles de mesure. Le calcul de volume est aussi le devoir de connaître le montant à être utilisé pour le processus de forage.

Enfin, nous espérons que l'étude effectuée présente un intérêt pour l'entreprise, et apporte un éclairage aux étudiants qui auront à préparer leur projet de fin d'études ultérieurement.

Ouvrages et articles :

- [1] **M, Zinsalo Joël.** Pompes et station de pompage.
- [2] **Baker Hughes INTEQ,** Fluid Facts Engineering Handbook, 1995.
- [3] **S. ABBOT et all.** *Drilling fluids.* Inc Baroid, 1997, 506p
- [4] **M. DADDOU.** *Introduction aux fluides de forages.* Module FFF: division forage, SONATRACH, 2009, 193p.
- [5] **M, Zinsalo Joël.** Pompes et station de pompage. Ecole polytechnique d'Abomey Calavi.1999
- [6] **DRIDI SAMIR et YAKOBI OMAR.** « Etude et maintenance d'une pompe à boue (1400 PT) » université Mohammad bougera Boumerdes 2005.
- [7] **Bala Abdesselam, Bezai Abdelhamid et Belfar Mohamed lamine,** *ETUDE ET DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE A BOUE TRIPLEX, UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA ,2015*
- [8] **François MOUCHY,** *La fonction maintenance,* 2eme édition, édition MASSON, paris 1996.
- [9] **J.P. Bernhard.** *Historique et principe du forage Tom I ;* Edition, A.P.I. 1955.
- [10] **A. BLEND.** *Cours de forage équipement de forage tome 1- planches,* Édition technip.
- [11] **R. BOULASSEL, A. TAZDAIT ;** *Etude Et Analyse Statistique De La Fiabilité Dans La Maintenance Aéronautique,* P.F.E Ingéniorat RO ; DPT MATHEMATIQUE, UNI VERSITE DE BLIDA .1996.
- [12] **A. ILSKI, V. KASSIANOV, V. POROCHINE ;** *Machines mécanismes et installations de forage ;* Edition, Ecole supérieur Moscou.

Références bibliographiques

- [13] **B. KOHLER, E. SZTRYGLER** ; *Chaînes mécaniques* ; Techniques de l'ingénieur, B 5650.
- [14] **Z. KLIM** ; Fiabilité et Maintenance Des Systèmes Mécaniques, Ecole Polytechnique de Montréal, 1995.
- [15] SONATRACH, Documentation de l'entreprise ENTP, titre catalogue technique, 2008.
- [16] ENAFOR, Document sur la pompe à boue sur chantier ENF 24
- [17] SONATRACH, Division forage SONATRACH, TOM 1, 2,3,4 division forage SONATRACH
- [18] Programme de forage puits WTP1 ; Manuel d'utilisation ENTP
- [19] SONATRACH, Document IFP France –Institut de pétrole
- [20] SONATRACH, Livre well control, ENTP-SONATRACH
- [21] SONATRACH, Document chantier TP127 ENTP-SONATRAH
- [22] SONATRACH, Les revues (Documents ENTP-SONATRACH) :
- N 87 Février 2017
- N 89 Mars 201

Programme de calcul avec MTLAB :

```
%calcul et vérification de la pompe a boue
clear all; clc
format long
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calcul de perte de charge a l'intérieur de la garniture%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%1-Tool-joint
d=[1.05 1.3 1.3 2.03]
mu=[77 53 64 69]
Dtj=input('Dtj=')
Ldp=[75.05 603.95 2308.7 3903]
Q=[3700 3300 3061 2270]
for i=1:length(Ldp)
Ltj(i)=0.05*Ldp(i)
end
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Ptj(i)=Q(i)^1.8*Ltj(i)*B(i)/(901.63*Dtj^4.8)
end
plot(Ltj,Ptj); grid on
%2Interieur de Tige
Ddp=input('Ddp=')
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pdp(i)=Q(i)^1.8*Ldp(i)*B(i)/(901.63*Ddp^4.8)
End
plot(Ldp,Pdp); grid on
%3Interieur Tigelourde
Dhw=input('Dhw=')
Lhw=input('Lhw=')
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Phw(i)=Q(i)^1.8*Lhw*B(i)/(901.63*Dhw^4.8)
End
%4Interieur de masse-tige
Ldc=[124.84 143.23 124.48 244.87]
Ddc=input('Ddc=')
for i=1:length(Ldc)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pdc(i)=Q(i)^1.8*Ldc(i)*B(i)/(901.63*Ddc^4.8)
end
```


Annexes

```
C=input('C=')
A=[1.052 0.994 1.0370 0.902]
for i=1:length(d)
Pt(i)=d(i)*Q(i)^2/(2959.41*C^2*A(i)^2)
end
%%%%%%
%%% calcul perte de charge au niveau des équipements du surface %%%
%%%%%%
N1=[378 259 161 161]
for i=1:length(B)
Ps(i)=N1(i)*B(i)
end
disp('%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%')
disp('la somme des pertes de charge')
disp('%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%')
for i=1:length(Ptj)
Prf(i)=Ptj(i)+Pdp(i)+Phw(i)+Pdc(i)+Pedp(i)+Pehw(i)+Pedc1(i)+Pedc2(i)+Ptdp(i)+Pt(i)+Ps(i)
end
%%%%%%
%%%%%%%% puissance mécanique et hydraulique %%%%%%%%%
%%%%%%%%
num=input('num=')
nut=input('nut=')
for i=1:length(Prf)
Pm(i)=Prf(i)*Q(i)/(num*nut*44750)
end
for i=1:length(Pm)
Ph(i)=Pm(i)*num*nut
end
%%%%%%%%
%%%%%%%% Diamètre de la chemise %%%%%%%%%
%%%%%%%%
k=input('k=')
a=input('a=')
c=input('c=')
N=input('N=')
Qi=[0.03 0.0275 0.025 0.0189]
for i=1:length(Qi)
D(i)=sqrt(k*Qi(i)/(a*c*N))
end
Prel=[14502 18348 24161 57610]
plot(Q,Prel,Q,Prf,'r'), grid on
```