

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences appliquées

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

Mémoire de fin d'études

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences techniques

Filière: Hydraulique

Spécialité : Forage d'eau

**Présenté Par :**

Zighem taky eddine

Allali brahim

Thème :

**Etude de la pompe a boue triplex à simple effet oil-well 12p160**

**Soutenu publiquement le: .../.../...**

**Devant le jury composé de:**

Mr. Zerrouki moussa	MCA (UKM Ouargla)	Président
Mme. Elfergougui meriem	MCA (UKM Ouargla)	Examinatrice
Mr. Mahi rachid	MAA (UKM Ouargla)	Encadreur
Mr. Benguega Mohammed Salah	ANRH (Touggourt)	Co-encadreur

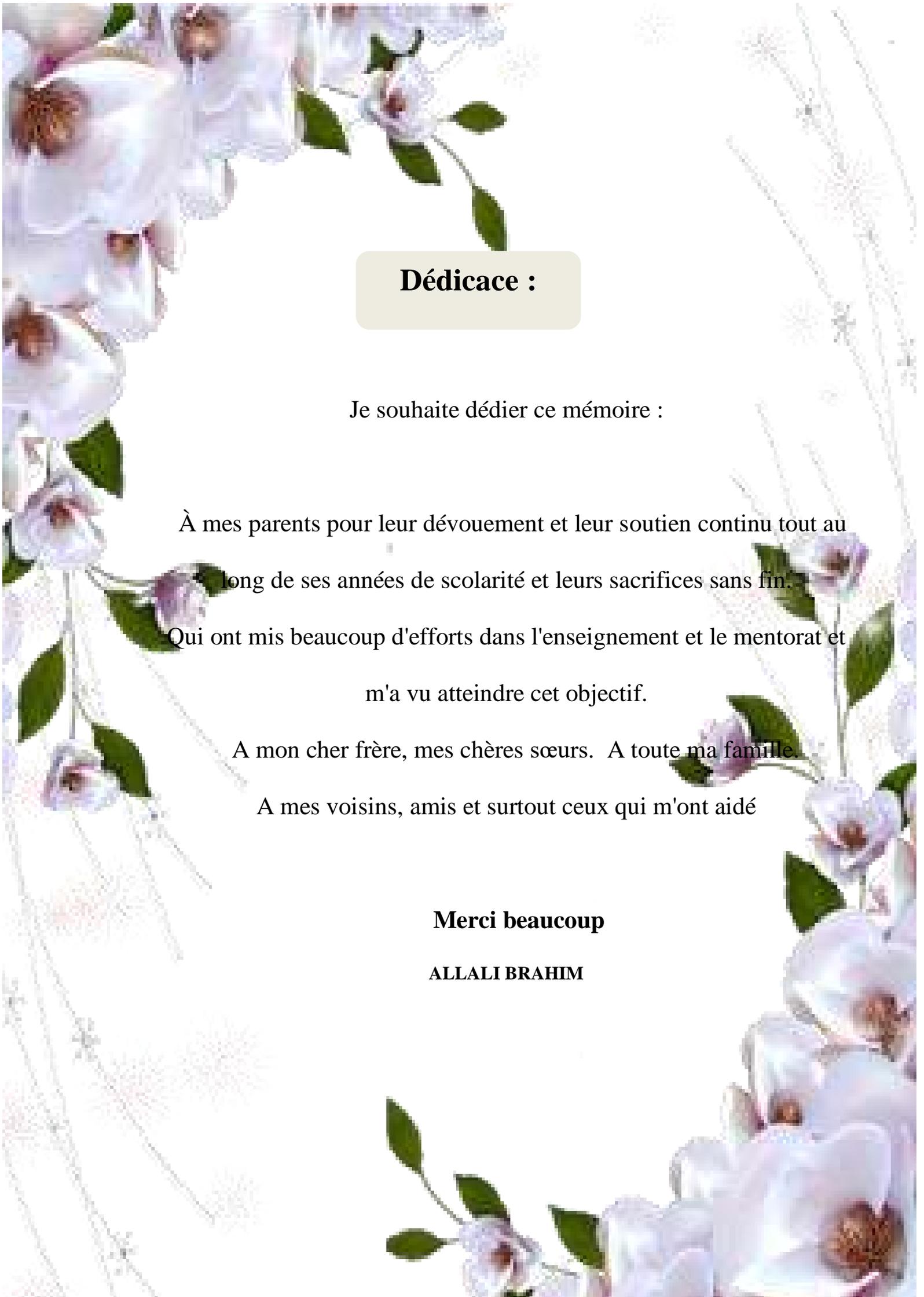
**Année Universitaire :2022/2023**

## **REMERCIEMENTS:**

Dès le début, nous remercions Dieu de nous avoir donné la volonté, le courage et la capacité de faire ce travail,

- Nous souhaitons que notre travail soit utile pour les promotions d'avenir.
- Nous tenons à remercier notre encadreur, Mr. Mahi Rachid et notre Co-encadreur Mr. Benguega Mohammed Salah et notre enseignant Mr. Djebari hacene, pour leur soutien, leurs informations et leurs conseils tout au long de la préparation de ce travail, ainsi que pour leurs précieux conseils et leur gestion efficace.
- Nous tenons à remercier les membres du jury.
- Nous tenons à remercier tous les enseignants de l'hydraulique qui ont participé à notre formation.
- Nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à la finalisation de ce travail.

**ALLALI BRAHIM**  
**ZIGHEM TAKY EDDIN**



**Dédicace :**

Je souhaite dédier ce mémoire :

À mes parents pour leur dévouement et leur soutien continu tout au long de ses années de scolarité et leurs sacrifices sans fin.

Qui ont mis beaucoup d'efforts dans l'enseignement et le mentorat et m'a vu atteindre cet objectif.

A mon cher frère, mes chères sœurs. A toute ma famille.

A mes voisins, amis et surtout ceux qui m'ont aidé

**Merci beaucoup**

**ALLALI BRAHIM**



**Dédicace :**

Je souhaite dédier ce mémoire :

À mes parents pour leur dévouement et leur soutien continu tout au long de ces années de scolarité et leurs sacrifices sans fin. Qui ont mis beaucoup d'efforts dans l'enseignement et le mentorat et m'a vu atteindre cet objectif.

A mon cher frère, mes chères sœurs. A toute ma famille.

A mes voisins, amis et surtout ceux qui m'ont aidé

**Merci beaucoup**

**ZIGHEM TAKY EDDINE**

## SOMMAIRE :

Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE I</b>	<b>GENERALITE SUR L'APPAREIL DE FORAGE</b>
I.1- Rôle du forage dans l'exploitation pétrolière :.....	2
I.2- Procédés de forage :.....	2
I.3- Principe de forage rotary :.....	3
I.4- Installation de forage : .....	3
I.4.1- Le matériel de fond :.....	3
I.4.2- Le matériel de surface ;.....	4
a. Les équipements de levage : .....	4
c. Les équipements de pompage et de circulation :.....	5
d. Les équipements de sécurité : .....	6
e. Les équipements mécaniques.....	6
I.5- Description d'un appareil de forage :.....	6
I.6- Classement et puissance des appareils de forage :.....	7
I.7- Principaux travaux dans les opérations de forage :.....	7
I.8- Système de circulation dans une installation de forage :.....	8
I.8.1.Destination et organisation.....	8
I.9- Circuit a basse pression : .....	10
I.10- Circuit de haute pression :.....	10
<b>CHAPITRE II</b>	<b>ETUDE DE LA POMPE A BOUE OIL-WELL 12P160</b>
II. Introduction : .....	1
II.1. Destination et exigences générales :.....	11
II.2. Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil- Well 12P160 » dans l'appareil de forage TP194:.....	12
A.La partie mécanique :.....	13
a. L'arbre grand vitesse :.....	14
b. L'arbre petite vitesse ou vilebrequin : .....	14
c. Système bielle- manivelle :.....	15
d. La crosse et la rallonge de crosse :.....	16
e. Le bâti et le carter :.....	16
f. Les Roulements :.....	16

1.	Les roulements des bielles:.....	16
II.2. 2.	Les roulements des crosses :.....	17
2.	Les roulements de l'arbre grand vitesse :.....	17
3.	Les roulements de l'arbre petite vitesse (vilebrequin) :.....	17
1.	Entraînement par moteurs électriques :.....	17
2.	Entraînement par poulies et courroies .....	18
B.	La partie hydraulique de la pompe 12P160 :.....	18
a.	Le corps hydraulique :.....	18
b.	Le piston et la tige de piston :.....	18
c.	Les chemises :.....	19
d.	Les sièges et les clapets :.....	20
II.2.3.	Refroidissement de la pompe à boue 12P160 :.....	21
II.3.	Annexes de la pompe à boue :.....	22
II.3.1.	Amortisseur de pulsations type "HYDRIL" :.....	22
A.	Principe de fonctionnement :.....	22
II.3.2	Soupape de décharge ou de sécurité :.....	22
II.4.	Principe de fonctionnement et débit instantané :.....	22
II.4.1	Principe de fonctionnement :.....	22
II.4.2	Débit instantané :.....	23
A.	Débit instantané par cylindre :.....	23
B.	Débit instantané de la pompe :.....	23
II.5.	Particularités :.....	24
II.5.1-	Les pompes de suralimentation :.....	24
II.6.	Caractéristiques des pompes à boue :.....	25
II.6.1	La cylindrée :.....	25
II.6.2	La vitesse :.....	25
II.6.3	Le débit :.....	25
A.	Le débit théorique :.....	25
II.6.4	Rendements :.....	26
A.	Rendement volumétrique :.....	26
B.	Rendement mécanique :.....	26
II.6.5.	Pression :.....	27
II.6.6.	La puissance :.....	27
A.	Puissance hydraulique :.....	27
B.	Puissance mécanique :.....	27

II.7 Les avantages et les inconvénients de la pompe triplex simple effet .....	27
II.7.1 Les avantages : .....	27
II.7.2 Les inconvénients : .....	27

### CHAPITRE III

### CALCUL DE LA POMPE

III .1. Calcul hydraulique : .....	28
III .1.1. Introduction : .....	28
A.    Introduction : .....	28
B.Les équations de perte de charge utilisées en forage : .....	29
a.Les pertes de charge aux installations de surface : .....	29
b.Les pertes de charge dans les orifices de trépan : .....	29
c.Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture : .....	29
d.Les pertes de charge dans l'espace annulaire : .....	30
C. Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage : .....	31
Première phase (36°) : .....	31
Deuxième phase (26°) : .....	35
Troisième phase (17¼°) .....	40
Quatrième phase (12¼°) .....	44
III .1.2. Calcul de la puissance mécanique : .....	49
A.Première phase : .....	49
B.Deuxième phase : .....	49
C.Troisième phase : .....	49
D.Quatrième phase : .....	50
III.1.3.Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase : .....	50
III.1.4.Nombre de pompe dans chaque phase : .....	51
III.1.5. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase : .....	52
III .1.6. Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase : .....	54
III .3.Conclusion : .....	54
Conclusion générale.....	<b>E</b>

**rror! Bookmark not defined.**

**Liste des Figures :**

N°	Titre de figure	Nombre de page
01	Appareil de puits profonds sur terre (on shore)	4
02	Système de circulation de la boue	9
03	Pompe à boue en coupe	12
04	Partie mécanique	13
05	L'arbre grande vitesse	14
06	<i>L'arbre grande vitesse</i>	15
07	Système bielle- manivelle	15
08	Roulement de Bielle	16
09	partie hydraulique	18
10	Le piston et la tige de piston	19
11	La chemise	19
12	Sièges et clapets	20
13	Système refroidissement de la partie mécanique	21
14	L'amortisseur de pulsations	22
15	Principe de fonctionnement des pompes triplex	23
16	Débit instantané de la pompe triplex à simple effet	24
17	Phase 1ère de forage	31
18	Phase 2ème de forage	35
19	Phase 3ème de forage	40
20	Phase 4ème de forage	44

**Liste des tableaux :**

N°	Titre de tableau	Nombre de page
01	Données de départ	30
02	Résultat de calcul	51
03	Nombre de coup dans chaque phase	52
04	Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase	54

# **Introduction générale**

## **Introduction générale :**

L'installation de forage est un complexe d'équipement , comprenant des machines et des mécanismes liés entre eux , pour accomplir une fonction bien déterminée qui est le forage d'un puits de reconnaissance , de prospection ou de production . L'appareil utilisé est appelé sonde de forage. Elle assure trois fonctions principales, qui sont, le pompage, le levage et la rotation. Chacune de ces fonctions est assurée par un ensemble d'équipements. D'entre tous les organes d'un appareil de forage, la pompe demeure l'élément indispensable pour l'achèvement d'un puits, qu'il soit en domaine hydraulique ou pétrolier. Cet élément consomme, presque, les soixante dix (70) à quatre vingt (80) % de l'énergie nécessaire, sur une installation de forage. Le présent travail a pour objectif d'étudier le système de circulation de fluide de forage , les équipements de pompage , notamment la pompe à boue qui , comme nous l'avons signalé , se considère l'un des équipements dont dépend , d'une grande partie , la réussite de l'opération de forage , dans bien évidemment , des conditions sécuritaires et économiques souhaitables .

Ce succès devient évident si , les trois paramètres , communément appelés paramètres de forage , soient étudiés et pris avec soin ( le poids sur l'outil , la vitesse de rotation et le débit de pompage ) , tout en essayant différentes combinaisons ( entre ces paramètres qui vont en paire ) pour attendre le régime optimum . Dans notre étude , nous nous sommes intéressés à un à type de pompe , dite triplex simple effet , pour voir quels sont les avantages qu'elle offre , lors de son utilisation sur chantier , en faisant une petite comparaison avec une pompe duplex , et finir ensuite par un calcul de vérification.

Le but de ce travail 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 réalisée.

Ce mémoire de fin d'étude à été réalisée selon le plan de travail suivant :

**Chapitre I :** Généralités sur le forage et le système de circulation de la boue.

**Chapitre II :** Étude d'une pompe a boue.

**Chapitre III :** Calcul des pompes.

**CHAPITRE I :**  
**Généralité sur l'appareil de  
forage.**

## I. Introduction :

Une plate-forme de forage est un ensemble d'équipements qui sont reliés entre eux pour compléter le forage d'un puits pour former un système de forage dans un but précis, soit l'exploration, l'exploration ou la production.

Un appareil se compose de trois parties, la partie de levage, la partie de pompage et la partie rotative. Chacune de ces fonctions est assurée par un groupe équipement.

### I.1- Rôle du forage dans l'exploitation pétrolière :

Le forage joue un rôle capital dans l'exploitation pétrolière, ce rôle est d'autant plus important que le forage représente dans toute prospection, l'opération la plus onéreuse.

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 grands investissements.

La pratique montre que les fonds engagés dans les travaux de forage comprennent de 30 % de tous les investissements concentrés dans l'industrie du pétrole et du gaz.

A l'heure actuelle, le rôle de forage augmente toujours, si l'on peut admettre que les gisements faciles sont maintenant reconnus, on peut aussi avancer en recherchant qu'il reste encore beaucoup du pétrole à découvrir.

Les indices qualitatifs et quantitatifs du forage sont assurés essentiellement par un emploi habile et rationnel de l'équipement et des outils nécessaires.

Le forage est le seul moyen de prouver la présence ou l'absence des hydrocarbures dans une structure donnée. L'effort de recherche coûte très cher et le forage constitue la phase finale absorbée 60% des dépenses totales dans la recherche des hydrocarbures.

### I.2- Procédés de forage : [ 10]

Il existe deux procédés de forage :

**a- Le forage par percussion (battage).**

**b- Le forage par rotation.**

Dans chacun de ces procédés, l'opération peut se faire à sec ou avec injection d'eau ou de boue.

- **Les forages rotary :** est le procédé le plus utilisé de nos jours dans les recherches du pétrole, car il permet d'obtenir les meilleures vitesses d'avancement et surtout d'atteindre des profondeurs extrêmement élevées (le record actuel est de l'ordre de 7000 mètres).

- **Le forage au battage** : trouve quelques rares applications dans le cas de sondages à faibles profondeurs dans de couche à très faibles pressions.

### **I.3- Principe de forage rotary** : [ 1]

La méthode rotary consiste à utiliser des trépan à dents type tricône ou des trépan monobloc comme les outils diamant ou PDC sur lesquels on applique une force procurée par un poids tout en les entraînant en rotation. L'avantage de cette technique est de pouvoir injecter en continu un fluide au niveau de l'outil destructif de la formation pour emporter les débris hors du trou grâce au courant ascensionnel de ce fluide vers la surface.

La sonde de forage rotary est l'appareillage nécessaire à la réalisation des trois fonctions suivantes :

- Poids sur l'outil ;
- Rotation de L'outil ;
- Injection d'un Fluide.

Ce sont les masse tiges qui sont vissées au dessus de l'outil, appuient sur celui-ci, ces masse tiges, prolongées jusqu'en surface par des tiges, constituent la garniture de forage. Elle est mise en rotation dans son ensemble grâce à la table de rotation et par l'intermédiaire de la tige d'entraînement (ou Kelly). La totalité de la garniture de forage est percée en son centre afin de canaliser le fluide de forage vers l'outil. Un joint rotatif étanche (tête d'injection) doit couronner la tige d'entraînement et permettre la liaison entre la conduite de refoulement des pompes de forage et l'intérieur de la garniture.

Un appareil de levage est nécessaire pour soutenir les poids de la garniture et manœuvrer celle-ci, c'est le rôle du derrick du crochet de forage et de treuil.

L'appareil de forage est complété d'une installation nécessaire aux traitements du fluide de retour en surface

### **I.4- Installation de forage** :

- L'installation de forage ou plus généralement le chantier de forage peut être décrit sous forme de deux catégories de matériel (Fig.1).

#### **I.4.1- Le matériel de fond** :

Cette partie regroupe l'ensemble de la garniture de forage (Drill stem)

- Outil de forage (Rock bit) ,
- Tiges de forage (Drill Pipe),
- Masse tiges (Drill Collars),
- Equipements auxiliaires,
- Raccords divers.

**I.4.2- Le matériel de surface ;**

Cette catégorie est répartie en plusieurs groupes mettant en œuvre l'outil de forage et assurent la sécurité du puits.

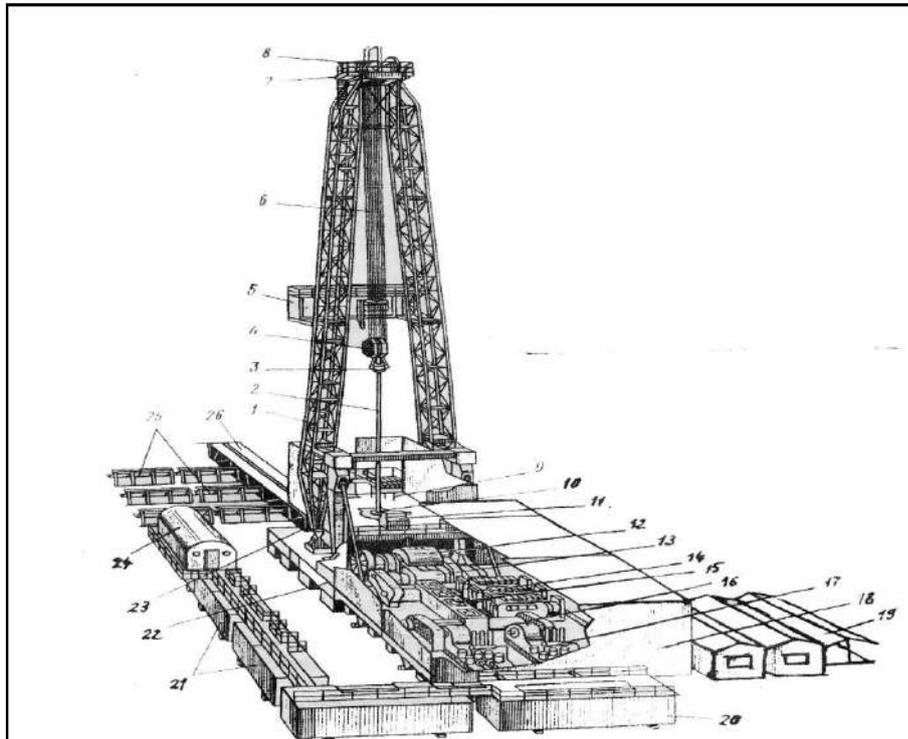
**a. Les équipements de levage :**

Ils permettent :

- Le contrôle du poids sur l'outil (**OWP**),
- Les changements d'outils (**manœuvres de garniture**),
- La descente des colonnes de casing (**tubage**),
- Les levées et descentes du mât (**DTM**).

Ils sont principalement composés de :

- La structure de mât,
- Le treuil de forage (**DRAW WORKS**),
- Le crochet de levage (**HOCK**),
- Câble de forage (**DRILING LINE**),
- Le poste de commande et de contrôle.



**Fig.1 : Appareil de puits profonds sur terre (on shore)**

1-pied du mat, 2-train de sonde, 3- élévateur, 4- moufle mobile, 5- passerelle d'accrochage, 6- câble de forage, 7- plate-forme, 8- moufle fixe, 9- plancher de gerbage, 10- table de rotation, 11- treuil auxiliaire (cabestan), 12- treuil principal, 13- boîte de vitesses, 14- moteurs (groupe de force), 15-transmission de force (sortie des moteurs), 16- transmission des pompes de forage, 17- pompes de forage, 18- cache des du groupe de force, 19- constructions d'habitation, 20 et 21- bacs a boue de forage, 22 et 23- plancher du groupe de force et de la table de rotation, 24- bloc de décantation de la boue, 25- tréteaux pour tiges de forage, 26- pont.

Ils sont principalement composés de :

- La table de rotation (**ROTARY TABLE**),
- Le carré d'entraînement (**KELLY DRIVE BUSHING**),
- La tige d'entraînement,
- Le raccord d'usure de la Kelly (**KELLY SAVER SUB**),
- La tête d'injection (**SUIVEL**).

Ils assurent la rotation de l'outil de forage par l'intermédiaire du train de sonde.

### **c. Les équipements de pompage et de circulation :**

Ils sont principalement composés de :

- Bacs à boue (**MUD TANKS**),
- Mixeurs,
- Agitateurs,
- Mitrailleuses de fond et de surface,
- Tamis vibrants,
- Déssableurs,
- Déssilteurs,
- Centrifugeuses,
- Dégazeurs,
- Les Clay – jectors,
- Les pompes à boue,
- Les conduites d'aspiration et vannes,
- Les conduites de refoulement,
- Le flexible d'injection.

Ces équipements assurent la fabrication, le pompage et la circulation ainsi que le traitement mécanique des fluides de forage.

**d. Les équipements de sécurité :**

Les équipements de sécurité sont constitués de :

- L'accumulateur de pression,
- Le manifold de dusses,

Ils assurent la sécurité de puits.

**e. Les équipements mécaniques**

On distingue-les :

- Moteur de groupe de force,
- Moteur de groupe électrogène,
- Compresseurs.

Ils fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de sonde.

**I.5- Description d'un appareil de forage : [ 3]**

Le trépan est donc entraîné dans son mouvement de rotation au fond de trou par une colonne de tiges creuses vissées les unes aux autres.

A l'extrémité supérieure de ce train de tige et à hauteur du plancher de la tour du sondage se trouve la tige d'entraînement qui est creusée également, mais de section extérieure carrée ou hexagonale et passe en travers de la table de rotation par laquelle elle est entraînée.

La table de rotation est elle-même entraînée par son propre moteur électrique, l'ensemble du train de sonde, est suspendue au crochet de levage par l'intermédiaire de la tête d'injection qui joue le rôle de palier de rotation pour l'ensemble du train de sonde, elle comprend une partie mobile solidaire du train de sonde et une partie fixe solidaire au crochet.

Ce crochet de levage peut être manœuvré de haut en bas du mât grâce à un système de moulage composé d'un moufle mobile auquel est suspendu le crochet et d'un moufle fixe en haut du mât.

Le brin libre de câble va s'enrouler sur le tambour du treuil de forage lequel est entraîné par deux moteurs électriques par l'intermédiaire d'un jeu de transmission et d'embrayages.

Une injection continue de boue dans le trou est assurée pendant toute la durée du forage des pompes qui aspirent la boue à partir bacs et la refoule par l'intermédiaire de la colonne montante au flexible d'injection dans l'intérieur du train de sonde. La boue descend ainsi jusqu'au fond du trou, sort par les événements de trépan et remonte par l'espace annulaire compris entre les tiges et le trou foré.

Cette boue qui remonte du fond du trou est chargée de déblais de forage aussi dès son arrivée à la surface, passe sur les équipements d'épuration et de la préparation jusqu'au bac d'aspiration.

Aux deux tiers environs du mât se trouvent la passerelle d'accrochage qui sert au gerbage et de gerbage des tiges et masses tiges lors de la manœuvre et l'ajout des tiges.

### **I.6- Classement et puissance des appareils de forage : [ 2]**

On classe en générale les appareils de forage rotary on quatre catégories qui sont définies par les profondeurs limitées qu'ils peuvent atteindre.

- **Les appareils légers :**

Pour des profondeurs inférieurs à 1200 m : Ces appareils sont le plus souvent portables ou semi - portables.

- **Les appareils moyens :**

Pour des profondeurs comprises entre 1200 et 2500 m.

- **Les appareils lourds :**

Pour des profondeurs comprises entre 2500 et 4000 m.

- **Les appareils ultra – lourds :**

Pour des profondeurs supérieures à 4000 m.

Ces performances de profondeur se traduisent par un poids au crochet de levage compte tenu des poids des garnitures. On peut évaluer la puissance maximale qui devra développer le treuil de forage, c'est pour cela que dans la profession lorsque l'on veut déterminer un appareil de forage on ne s'intéresse qu'à la puissance de treuil.

### **I.7- Principaux travaux dans les opérations de forage :**

Au cours du forage d'un puits, on effectue les travaux suivants :

- Transport de l'équipement de forage et son montage sur le lieu de travail,
- La réalisation du forage propre ou la réalisation de la procédure de destruction des roches,
- L'injection du liquide de forage pour le balayage du fond du puits et la remontée de déblais forés jusqu'à la surface,
- La descente, le rallongement et la remontée de la garniture de forage,
- Opération de mesure,
- Le montage et démontage des treuils de sonde,
- Le remplacement de câble de forage,
- La réparation et le graissage du matériel,

- La réalisation des pannes et l'élimination des défauts qui ont lieu lors du forage,
- L'essai et le complément de forage du puits,
- Le démontage de l'installation de forage et de tous les équipements pour les transporter sur un autre lieu.

## **I.8- Système de circulation dans une installation de forage : [ 11]**

### **I.8.1. 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. (**fig.2**).

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.

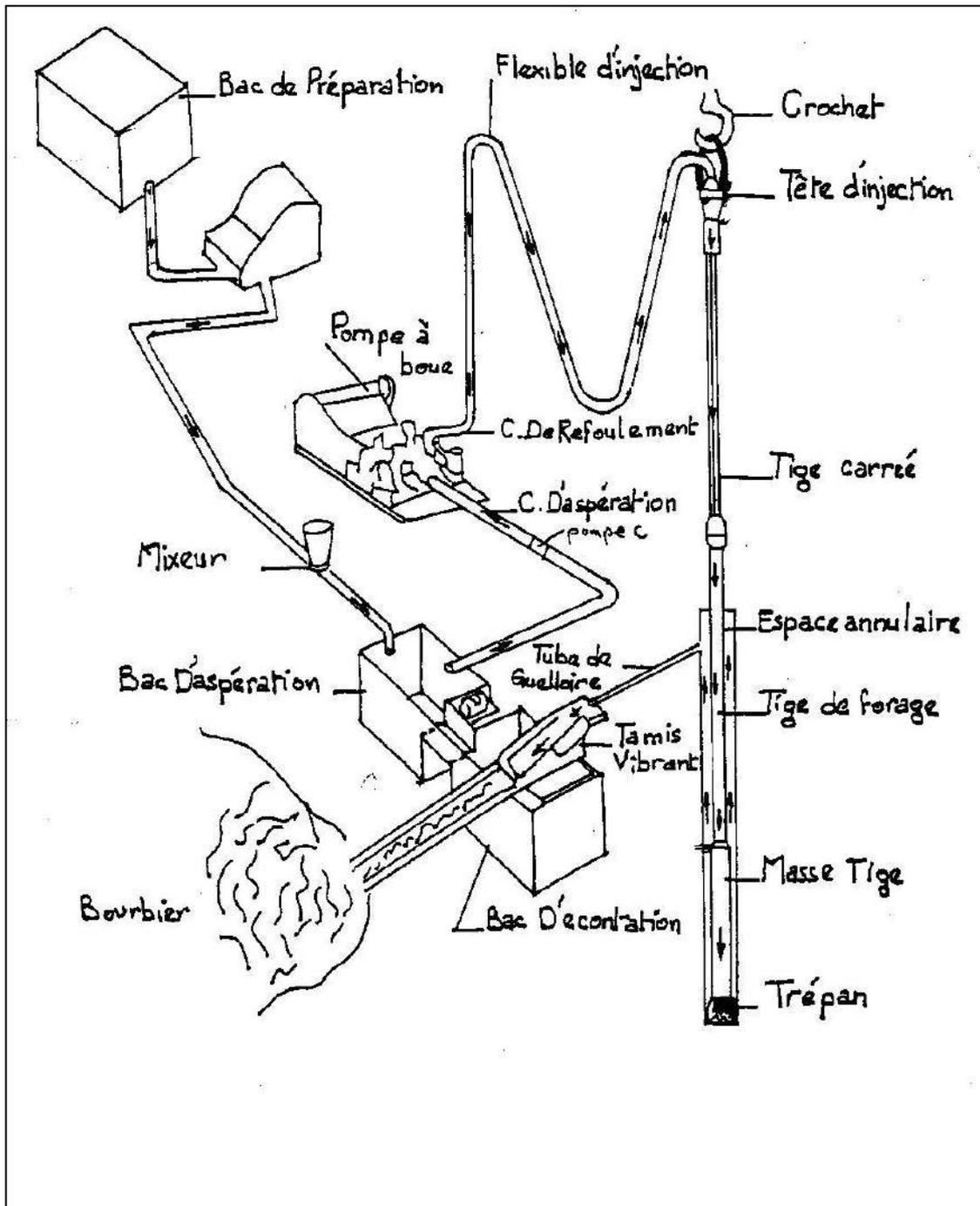


Fig.2 Système de circulation de la boue

**I.9- Circuit a basse pression : [ 4]**

Commence de la gueule de puits jusqu'à la conduite d'aspiration des pompes de forage.

- Les goulottes,
- Dispositifs de dessalage de la boue,
- Tamis vibrant,
- Tamis convoyeur,
- Hydro cyclones,
- Séparateur,
- Dégazeur,
- Les centrifugeuses,
- Les mixers (mélangeurs hydrauliques),
- Les agitateurs à hélices,
- Les bacs de circulations,
- Les bacs de réserve,
- Les bacs de décantation,
- Les bacs de traitement.

**I.10- Circuit de haute pression :**

Ce circuit commence de la conduit de refoulement des pompes de forage jusqu'au raccorde fileté de la tige d'entraînement.

Ce circuit comprend le matériel suivant :

- Amortisseur de pulsation,
- Soupape de décharge,
- La ligne de refoulement,
- Les flexibles,
- Les vannes,
- La colonne montante,
- Tête d'injection.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu de la réalisation de travaux dans les puits ainsi que une description des appareils de forage avec ses trois parties, la partie de levage, la partie de pompage et la partie tournante.

CHAPITRE II :  
ETUDE DE LA POMPE A  
BOUE OIL-WELL 12P160

## **II. Introduction :**

Parmi tous les membres de l'appareil de forage, la pompe est le composant essentiel du système de circulation des boues de forage

Pour compléter un puits que ce soit dans le domaine hydraulique ou pétrolier. cet objet

Il consomme environ soixante-dix (70) à quatre-vingt (80) % d'énergie

Le présent travail vise à étudier le système de pompe à boue de forage qui, comme nous l'avons indiqué, est

C'est l'un des équipements dont dépend en grande partie le succès du forage d'un puits

### **II.1. Destination et exigences générales :**

Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage. A l'heure actuelle, le forage d'un puits profond s'effectue à une pression de 25 à 30 MN/m<sup>2</sup> développée à la sortie des pompes de forage et au débit des pompes au début du forage de 50 à 80 l/mn. Pour le forage réalisé dans des constructions pareilles, on utilise les pompes dont la puissance est égale à 500-800 kW. Il y a des pompes dont les puissances atteignent 1000 à 1500 KW, elles peuvent créer une pression de 35 MN/m<sup>2</sup>.

Le poids de toute l'installation de forage est déterminé à un fort degré par le poids du groupe de pompage. Le rendement et les qualités économiques d'une installation de forage dépendent considérablement de la construction de son groupe de pompage.

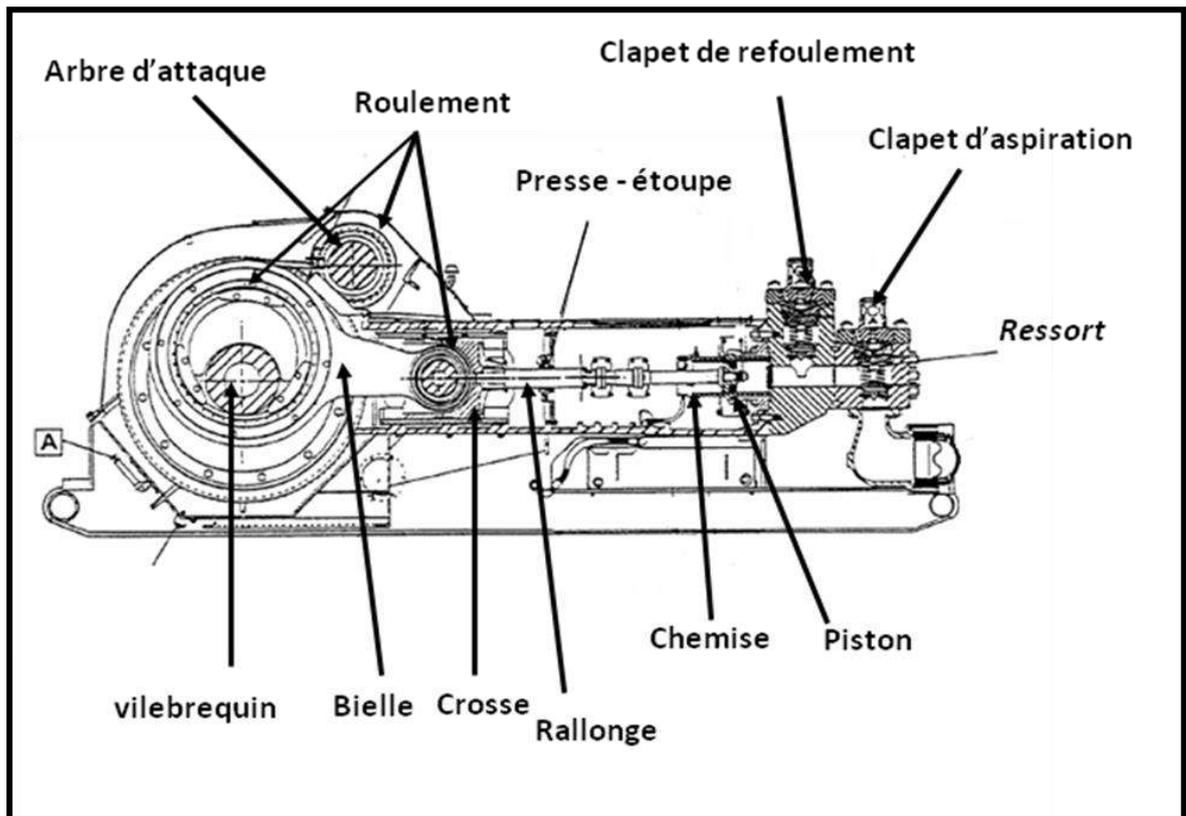
Les pompes de forage fonctionnent dans des conditions défavorables. La boue de forage contient des particules de terrain qui ont une dureté proche de celle des pièces en acier trempée de la pompe. Ces particules provoquent une usure par abrasion des pièces frottées. Cette usure intense à de grandes vitesses de passage de la boue, qui se crée dans les dispositifs d'étanchéité.

La boue de forage contient de différents réactifs (chaux, soude caustique, acide) et le pétrole, qui attaquent fortement les pièces, surtout les pièces en caoutchouc. L'action augmente grâce à une température élevée.

Jusqu'à présent, les pompes à piston répondent le mieux à toutes les exigences exposées au par avant. Les pompes à palettes, centrifuge et axiale sont faciles en poids et assurent une amenée régulière de liquide de forage, mais leurs caractéristiques, résistance à l'usure, etc. sont inférieure à ceux des pompes à piston.

## II.2. Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil- Well 12P160 » dans l'appareil de forage TP194:

C'est une pompe volumétrique alternative à piston a 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 refoulement). Elle se compose de deux parties principales montées sur un châssis ski qui sont la partie mécanique et la partie hydraulique.



**Fig.3 Pompe à boue en coupe**

### II.2.1. Construction de la pompe à boue triplex à simple effet :

Comme toutes les pompes à piston triplex à simple effet, la pompe OIL-WELL 12P160 est construite de :

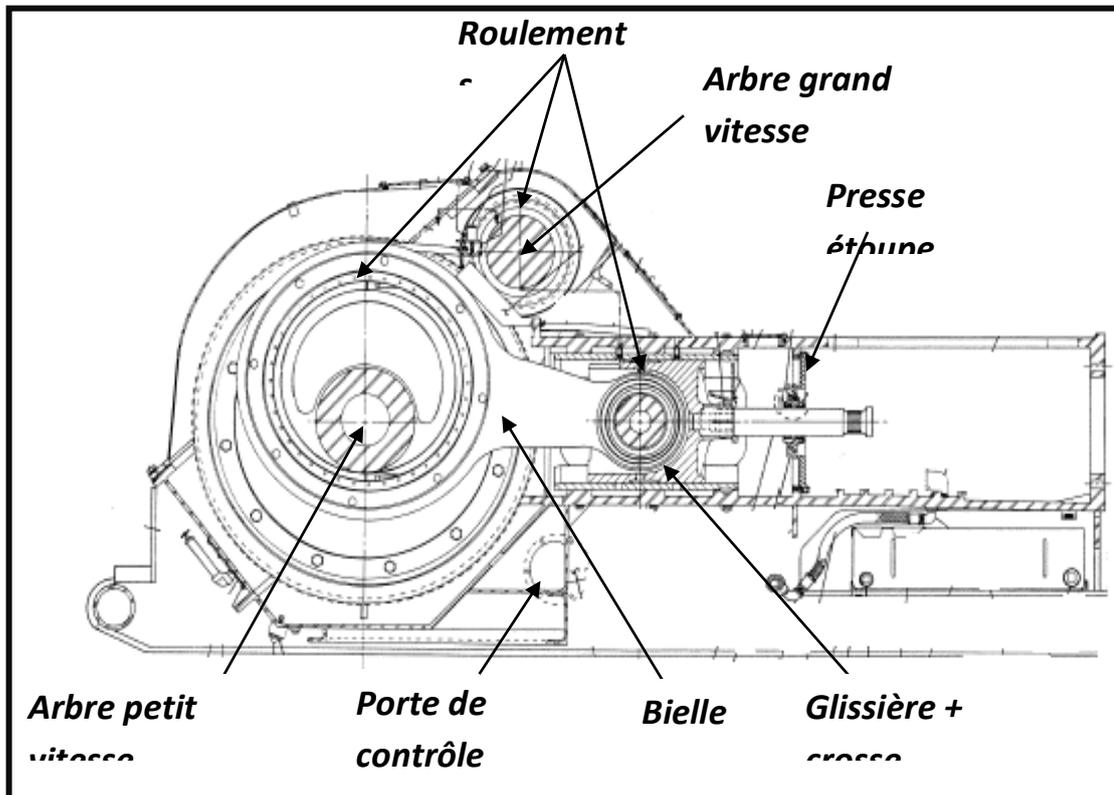
- ↪ La partie mécanique qui sert à transformer le mouvement de rotation au mouvement de translation alternatif communiqué au piston,
- ↪ La partie hydraulique est l'ensemble de tous les éléments qui permettent la circulation du fluide de forage.

### A. La partie mécanique :

Le côté 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.

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

- L'arbre grand vitesse,
- L'arbre petite vitesse ou vilebrequin,
- Du système bielle- manivelle,
- La crosse et la rallonge de crosse,
- Le bâti/carter de lubrification,
- Le système d'entraînement (chaîne + pignon + roue dentée),
- Roulements,
- Pompe à huile.

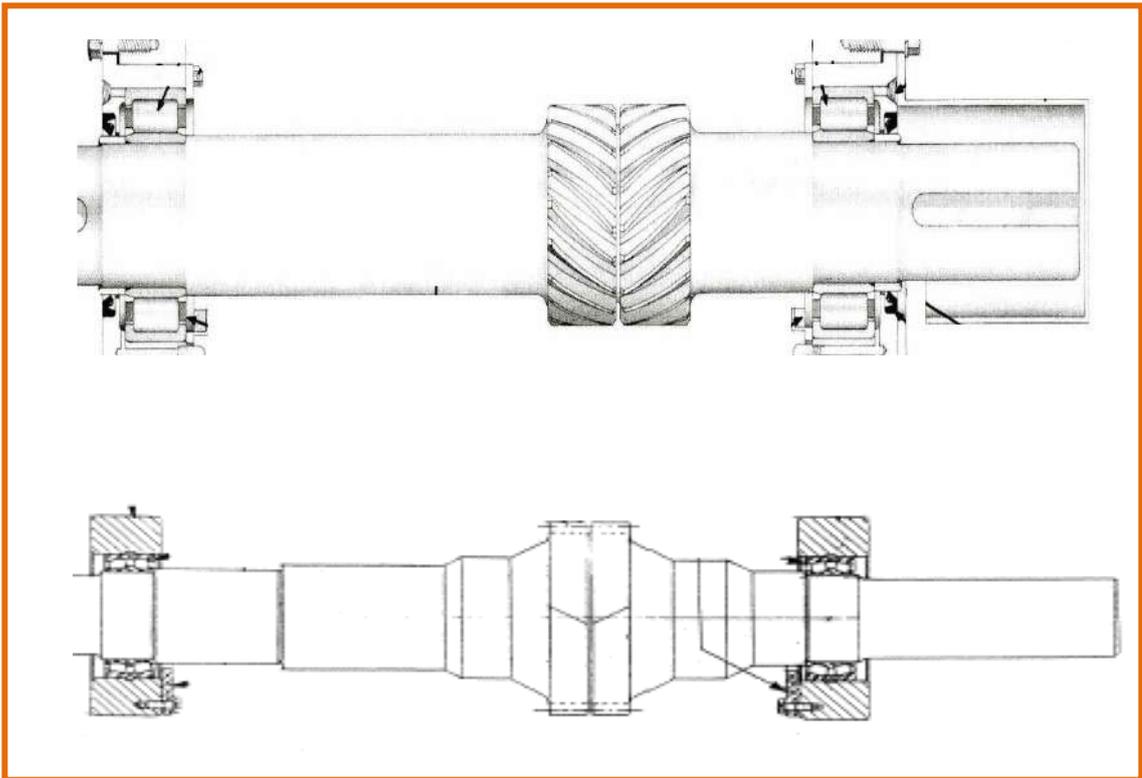


**Fig. 4 : Partie mécanique**

**a. L'arbre grand vitesse :**

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

Cet arbre est 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.

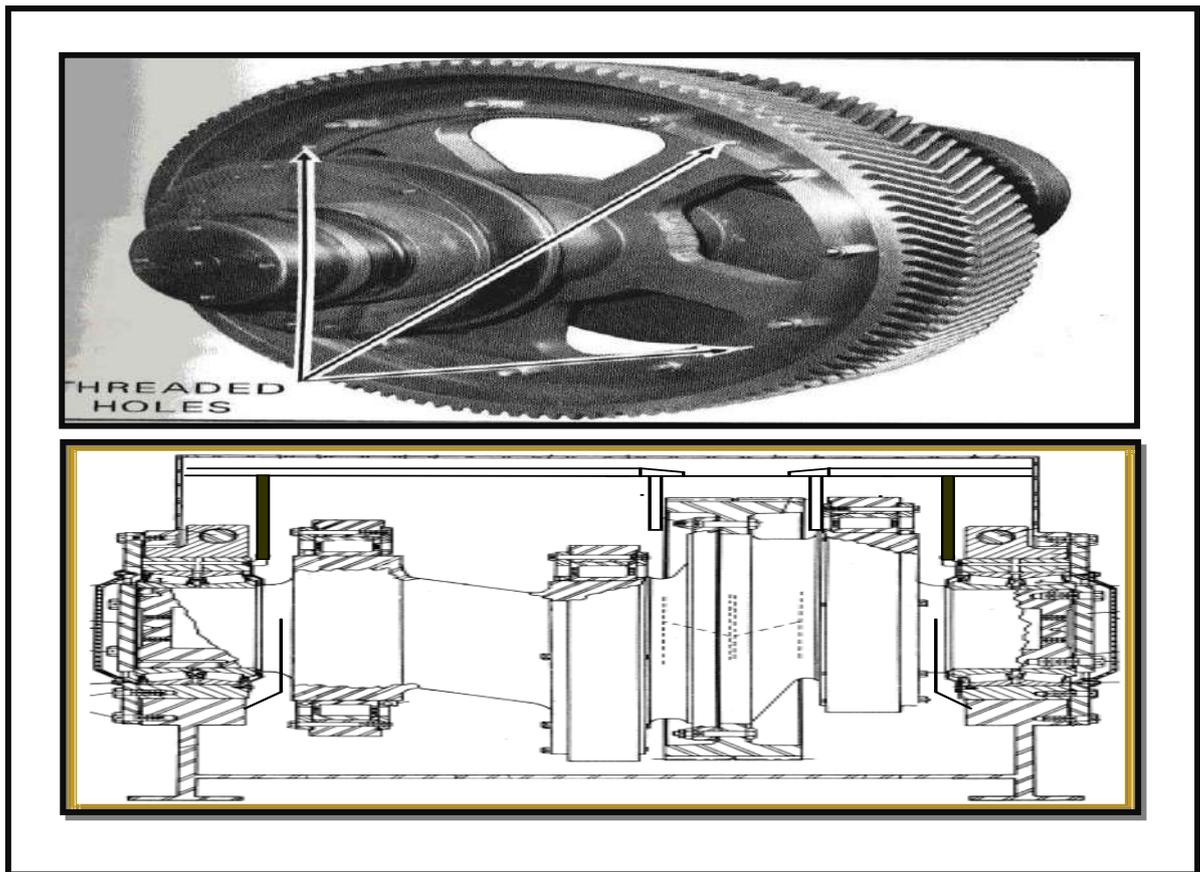


**Fig. 5 : L'arbre grande vitesse**

**b. L'arbre petite vitesse ou vilebrequin :**

Cet arbre à une forme coudée (excentrique) pour permettre le décalage des courses du piston dans les chemises (ce décalage est de  $120^\circ$  pour les triplex).

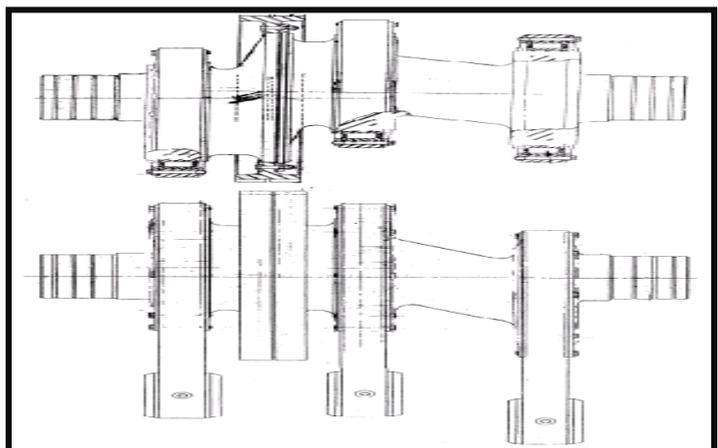
Il existe un rapport entre les petites vitesses et les grandes vitesses. Ce rapport (3 et 5) dépend du type de pompe et de sa marque et il est donné par le constructeur. Un rapport de 3.44 par exemple pour une pompe National 12P160 signifie que pour 96 coups/mn au piston l'arbre grande vitesse et le pignon d'entraînement tournent à  $96 \times 3.44 = 330$  tours/minute.



**Fig. 6 : L'arbre petite vitesse**

**c. Système bielle- manivelle :**

Sur le vilebrequin sont montées 02 ou 03 bielles selon le type de pompe (duplex ou 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 roulements.



**Fig. 7 Système bielle- manivelle**

**d. La crosse et la rallonge de crosse :**

Les crosses montées sur les pieds des bielles par l'intermédiaire de roulements sont guidées par des tuiles. Sur les crosses viennent se visser les rallonges des crosses qui permettront la liaison avec les tiges de pistons.

Cette liaison est réalisée par l'intermédiaire de clamps (colliers de serrage) pour les pompes triplex.

**e. Le bâti et le carter :**

Il est en acier moulé ou en tôle d'acier assemblé par mécano- soudure. Dans ce dernier cas le ski et le bâti son généralement intégrés. Le bâti sert de carter pour l'huile de graissage, il doit donc être étanche et permettre un contrôle rapide du niveau et une vidange facile de l'huile.

La lubrification est en général réalisée par barbotage. Deux augets de réserve d'huile permettent pendant la mise en service d'une pompe, le graissage immédiat des pignons et de tuiles.

L'étanchéité, côté rallonge de crosse, est assurée par un boîtier de presse-étoupe et son joint.

Un couvercle supérieur et des portes de visite latérales permettent d'effectuer rapidement et facilement l'inspection ou les réglages nécessaires, afin de prévenir des troubles futurs.

**f. Les Roulements :****1. Les roulements des bielles :**

Sont des roulements à rouleaux cylindriques jointifs, ils supportent des charges radiales et axiales élevées et importantes.

- ❖ Fiabilité des fonctions accrue,
- ❖ Durée de service prolongée.



**Fig. 8 : Roulement de Bielle**

### **II.2. 2. Les roulements des crosses :**

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,
- Ils sont peu encombrants radialement,
- Ils supportent uniquement de la charge radiale.

### **2. Les roulements de l'arbre grand vitesse :**

Roulement à rotule sur rouleaux ils ont les avantages suivants :

- Fonctionnement à faible température et à vitesse relativement élevée,
- Supporter des charges relativement importantes,
- Grande longévité.

### **3. Les roulements de l'arbre petite vitesse (vilebrequin) :**

Roulement à rouleaux coniques, ils ont les avantages suivants :

- Frottement largement réduit,
- Capacité de charge accrue.

### **g. Le système d'entraînement :**

Il en existe deux types :

- ❖ Soit par moteurs électriques,
- ❖ Soit par poulies et courroies (ou chaînes).

#### **1. Entraînement par moteurs électriques :**

Deux moteurs sont montés sur le ski de la pompe et entraînent par l'intermédiaire de pignons et de chaînes, l'arbre grand vitesse de la pompe.

Les pignons et leurs chaînes sont enfermés dans des carters étanches, un système de lubrification par pompe entraînée par moteur électrique assure le graissage par arrosage de l'ensemble.

## 2. Entraînement par poulies et courroies :

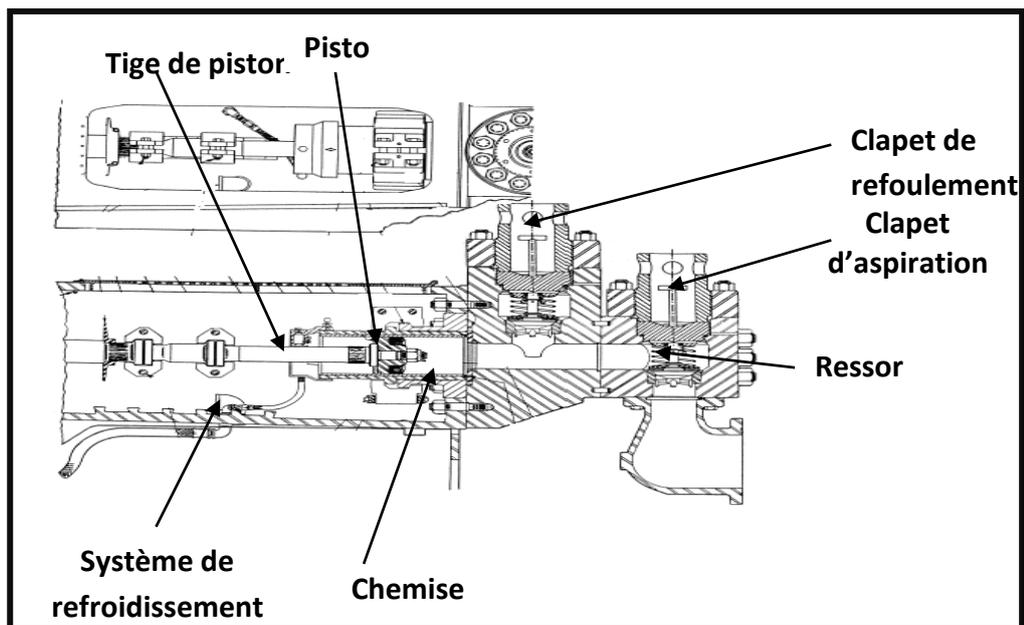
Sur l'arbre grande vitesse, une poulie à gorge pour courroie trapézoïdale est clavetée, elle est entraînée par une poulie de même type, plus petite pour respecter un rapport de vitesse donné, située sur la compound. C'est le système d'entraînement utilisé sur les appareils mécaniques ou sur les unités de pompage indépendantes.

### B. La partie hydraulique de la pompe 12P160 :

#### a. Le corps hydraulique :

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

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 est lié 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 de remontage.



**Fig. 9 : partie hydraulique**

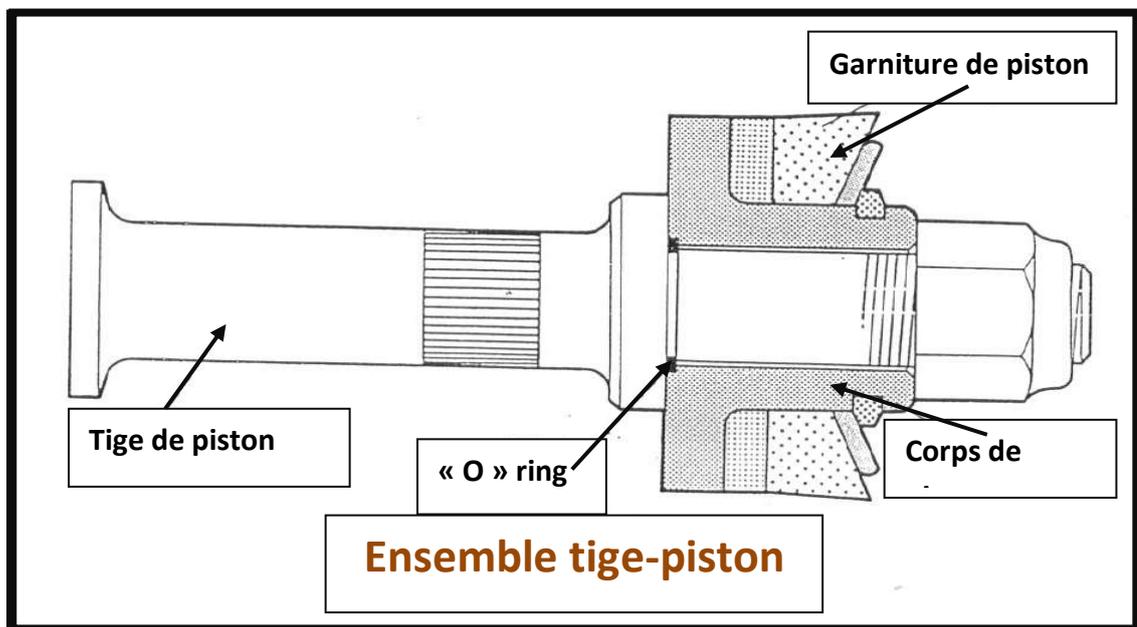
#### b. Le piston et la tige de piston :

Dans les pompes triplex ; le piston est monté avec une seule garniture (cycle simple effet), une coupelle et un clip en assure 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).

La tige de piston classique est éliminée pour être remplacée 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 côté rallonge de crosse remplacé par un talon et un clamp de montage et démontage aisé,
- Le poids et les dimensions faibles,
- Une durée de vie très longue (absence de presse-étoupe),
- Un remplacement très aisé de l'ensemble piston et tige de piston.



**Fig. 10 : Le piston et la tige de piston**

### c. Les chemises :

Les chemises des pompes sont des pièces usinées avec grande précision.

La paroi intérieure est traitée pour lui donner une grande dureté superficielle et la

résistance à l'usure désirée.

Ces chemises sont enfilées dans le



**Fig. 11 : La chemise**

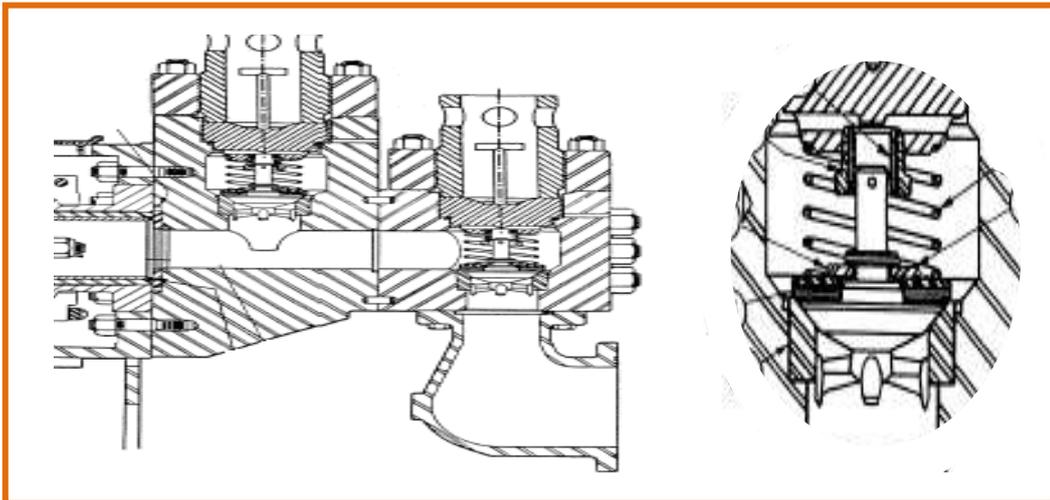
corps de la pompe et maintenues en place par des dispositifs qui diffèrent légèrement suivant les constructeurs

#### d. Les sièges et les clapets :

Chaque clapet est constitué d'un corps, d'une garniture, et d'un système de fixation de la garniture.

Leur principe avantage est d'être le diamètre le plus faible donc :

- Plus résistant pour des pressions identiques,
- Moins lourds donc moins sujets au choc,
- Plus aisés à extraire,
- Moins coûteux à l'achat.

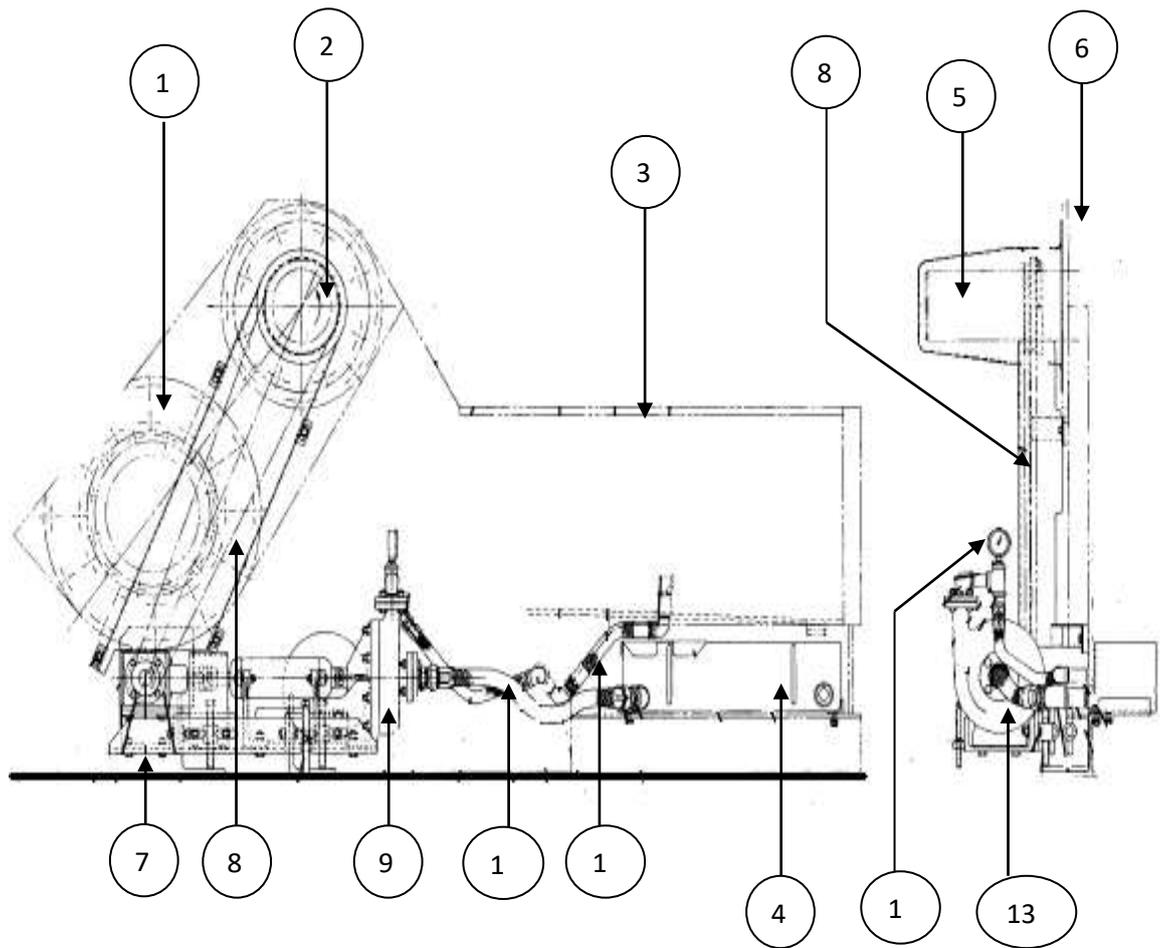


**Fig. 12 : Sièges et clapets**

### II.2.3. Refroidissement de la pompe à boue 12P160 :

La partie hydraulique (les couples chemise-piston) nécessite un refroidissement intense suite au frottement et à la chaleur dissipée, pour cela la pompe à boue est muni d'une pompe centrifuge à eau, cette pompe aspire l'eau à partir des bacs d'eau et la refoule sous forme des jets contenus de la partie hydraulique.

L'entraînement de la pompe centrifuge se fait à l'aide d'un moteur électrique d'entraînement asynchrone.



- 1 - l'excentrique de la pompe. 2- L'arbre d'attaque. 3- Le corps de la pompe. 4 - Bac d'eau.  
 5 - L'extrémité de l'arbre d'attaque. 6- Le palier. 7- Support de la pompe d'arrosage. 8- Les chaînes de transmission. 9- La pompe centrifuge d'arrosage. 10 - Les tuyaux de refroidissement.  
 11 - Flexible d'arrosage. 12 -Manomètre de pression. 13 - Arbre de la roue.

**Fig.13** :Système refroidissement de la partie mécanique

### II.3. Annexes de la pompe à boue :

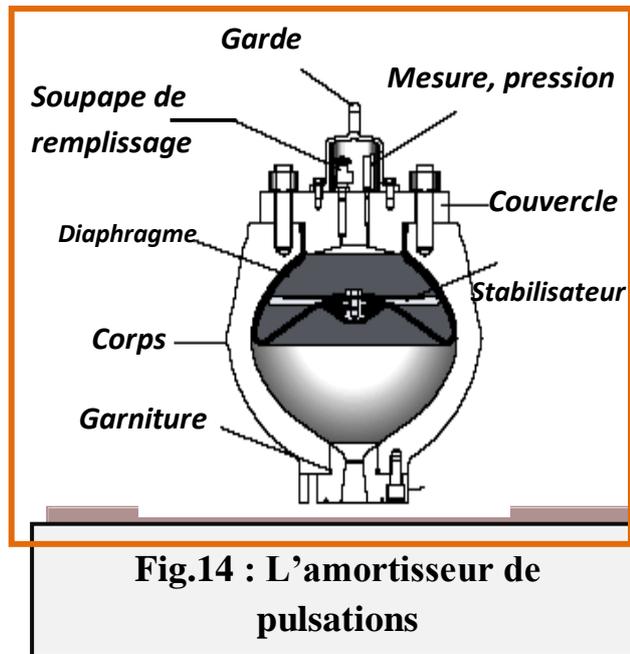
Les pompes de forage comportent les équipements auxiliaires suivants :

- ❖ A l'aspiration, un amortisseur de pulsation et un autre amortisseur de pulsation au refoulement,
- ❖ Une soupape de sécurité pour protéger le circuit contre les fluctuations et les augmentations brusques de pression.

#### II.3.1. Amortisseur de pulsations type "HYDRIL" :

##### A. Principe de fonctionnement :

Lorsque la pompe est en marche, la boue pénètre dans la chambre, sous le diaphragme et comprime le volume de chambre d'azote diminue lorsque la pression de boue diminue, régularisant ainsi le débit et, par suite, les fluctuations de pression.



**Fig.14 : L'amortisseur de pulsations**

#### II.3.2 Soupape de décharge ou de sécurité :

Afin d'éviter les surcharges de pression de la pompe, la pompe doit être équipée d'une soupape de décharge, tarée selon le chemisage de la pompe.

### II.4. Principe de fonctionnement et débit instantané :

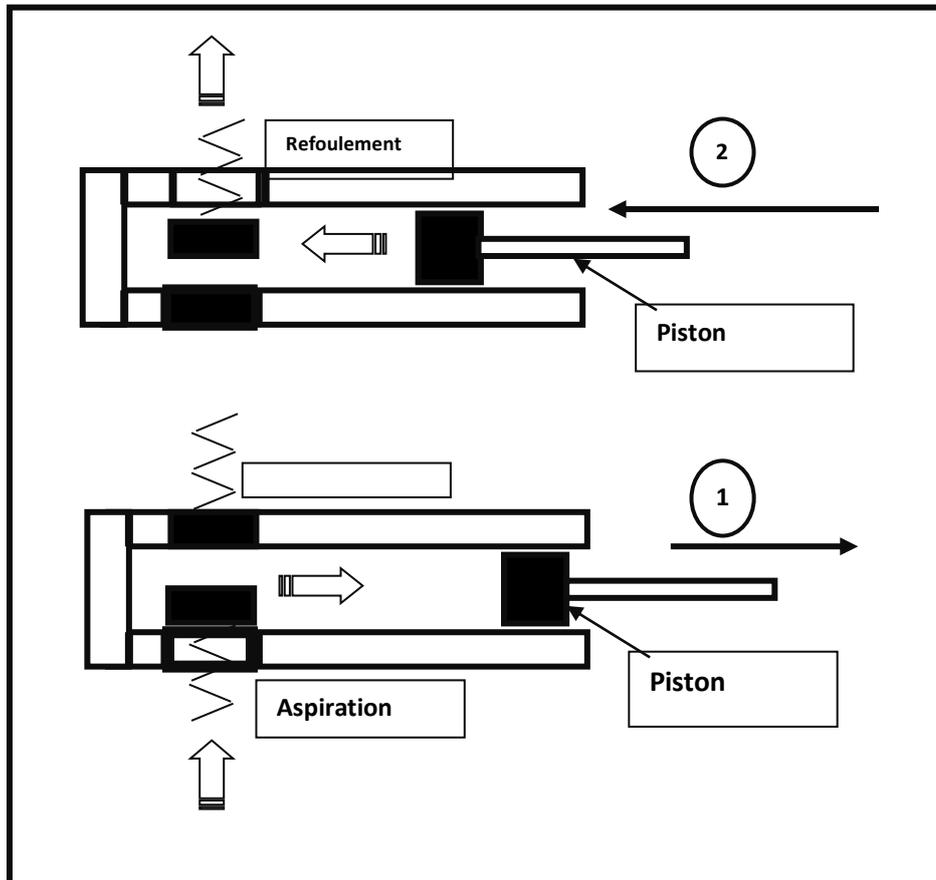
#### II.4.1 Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement de chaque cylindre pour un aller retour du piston est le suivant :

- Lorsque le piston se déplace vers la droite, le clapet d'aspiration est ouvert, le clapet de refoulement est fermé, le cylindre se remplit.

- Lorsque le piston arrive en bout de course et revient vers la gauche, le clapet d'aspiration se ferme, le clapet de refoulement s'ouvre, la pompe refoule.

Ce fonctionnement de principe **beaucoup plus simple que celui des pompes duplex, donne un avantage certain aux pompes triplex** (diminution d'encombrement, facilité d'entretien et de surveillance).



**Fig.15 : Principe de fonctionnement des pompes triplex**

#### II.4.2 Débit instantané :

##### A. Débit instantané par cylindre :

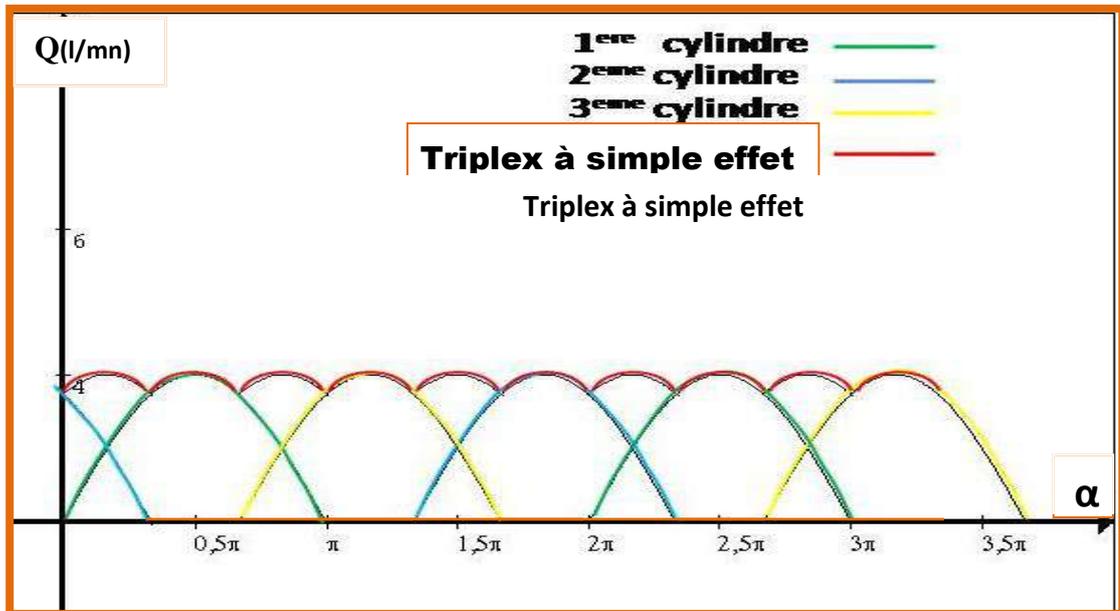
La vitesse instantanée du piston suit une évolution qui a été étudiée pour les pompes triplex. Les pompes triplex sont des pompes à simple effet, donc le débit instantané par cylindre évolue comme la vitesse sur le trajet aller du piston, il est nul au retour.

##### B. Débit instantané de la pompe :

Le débit instantané d'une pompe triplex est la somme des débits instantanés de chacun des cylindres, il dépend du mode de calage du piston les uns par rapport aux autres.

Sur les pompes triplex, les pistons sont calés à  $120^\circ$ , c'est -à-dire  $2/3$  de course sépare chaque piston l'un de l'autre (lorsque le piston n°1 arrive en fin de course, le piston n°2 est au  $1/3$  de sa course et le piston n°3 n'a pas encore terminé sa course retour, il on est en  $2/3$ ).

Le principe simple effet et le calage régulier des pistons (3 fois  $120^\circ$ ) entraînent des fluctuations de débit relativement régulier. L'amplitude de ces variations est par ailleurs faible. Elle impose malgré tout l'utilisation d'amortisseur de pulsation sur le refoulement.



**Fig.16 : Débit instantané de la pompe triplex à simple effet**

### II.5.Particularités :

Pour éviter les inconvénients on utilise de plus en plus à l'heure actuelle, la suralimentation des pompes à boue ; Les pompes ne sont pas alimentées par aspiration directe dans les bacs, mais par l'intermédiaire d'une autre pompe (centrifuge à basse pression). Dans ces conditions on obtient un remplissage presque parfait des cylindres et on supprime les cognements hydrauliques, le rendement se rapproche du rendement théorique, le débit obtenu est plus grand.

#### II.5.1-Les pompes de suralimentation :

Actuellement, toutes les pompes triplex sont systématiquement équipées de pompes centrifuges de suralimentation.

La suralimentation des pompes à boue est obligatoire afin d'assurer un fonctionnement mécanique plus doux et parfait des pompes à boue, comme elle permet également d'obtenir la pleine utilisation des puissances hydrauliques.

## II.6. Caractéristiques des pompes à boue :

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.6.1 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

Le cylindrée d'un piston est égale à :

Où :

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

$C$  : la course du piston.

$d$  : diamètre intérieur de la chemise.

### II.6.2 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.6.3 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.

#### A. 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.

$$Q_{th} = 0,0386 \times n \times l \times D^2$$

Où :

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

$n$  : nombre de coups par minute (cps/mn).

$L$  : Course du piston (pouce).

$D$  : Diamètre de la chemise (pouce).

### II.6.4 Rendements :

Par suite de remplissages parfois incomplets des cylindres, des fuites se produisant aux pistons, aux clapets, aux presse-étoupes, le débit réel ou débit pratique d'une pompe à boue est toujours inférieur au débit calculé ou débit théorique.

#### A. Rendement volumétrique :

On appelle rendement volumétrique le rapport entre le débit réel et le débit théorique d'une pompe.

$$\eta_v = \frac{Q_p}{Q_{th}}$$

Où :

$Q_p$  : débit réel.

$Q_{th}$  : débit théorique

Le rendement volumétrique est de 95 à 97 % pour les pompes triplex (avec suralimentation). Il peut être mesuré en faisant refouler la pompe sur un bac est en mesurant l'élévation du niveau pendant un temps déterminé. Le débit réel ainsi obtenu permet en le divisant par le débit théorique calculé de déterminer le rendement volumétrique de la pompe.

#### B. Rendement mécanique :

Le rendement mécanique est dû à la perte de puissance due aux frottements dans la partie mécanique de la pompe (engrenages, roulements, glissements des crosses dans les coulisseaux). Ce rendement est de l'ordre de 0.85 dans les pompes triplex à simple effet.

### II.6.5.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 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.6.6.La puissance :

#### A. 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 :

Où :  $P_h$  : la puissance hydraulique.

$$P_h = P_r \times Q_r$$

$P_r$  : la pression de refoulement.

$Q_r$  : le débit réel.

#### B. Puissance mécanique :

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

## II.7 Les avantages et les inconvénients de la pompe triplex simple effet :

### II.7.1 Les avantages :

- Facilité d'entretien et de surveillance. Les chemises sont apparentes, toute fuite aux pistons est vite décelée.
- Souplesse dans l'utilisation qui permet :
  - ↳ des débits importants à des pressions non négligeables.
  - ↳ des débits faibles ou moyens à des pressions élevées.

### II.7.2 Les inconvénients :

- Suralimentation nécessaire a cause de par le mauvais remplissage. Il est donc indispensable d'avoir une bonne pompe centrifuge de suralimentation.
- Refroidissement et lubrification de la chemise et de l'arrière des pistons, indispensable pour toutes les pompes simples effet.

## Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la pompe à boue de forage, ses pièces (mécaniques et hydrauliques) et leurs caractéristiques.

# **CHAPITRE III :**

## **Calcul de la pompe**

### III .1. Calcul hydraulique :

#### III .1.1. Introduction :

Connaître les lois d'écoulement des fluides de forage d'une part et d'autre part les débits nécessaires pour élever les opérations de coupe permet de créer un calcul des efforts hydrauliques d'un puits et de déterminer la puissance mécanique qui sera installée sur la pompe de puits et la puissance requise pour les moteurs électriques entraînant la pompe.

Pour cela, nous déterminons les pertes de charge dans le puits de 1857m.

Calcul des pertes de charge.

#### A. pertes de charge :

Dans un tube, tout fluide en mouvement perd progressivement une partie de son énergie par les forces de frottement :

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

Cette partie de l'énergie s'appelle la perte de charge et s'exprime comme la différence de pression de fluide entre deux points du tube. Par exemple, la boue de forage en circulation contient initialement de l'énergie représentée par la pression à la sortie de la pompe. Cette énergie est entièrement perdue dans le circuit des boues, où la pression des boues est nulle au retour vers les bassins de boues de forage. La pression en sortie de pompe exprime dans ce cas la diminution de la somme des pressions dans le circuit.

Ces pertes de charge se produisent :

- ❖ A l'intérieur des dusses de l'outil,
- ❖ 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.

On prend en considération la perte de charge à l'intérieur de tool-joint des tiges de forage, tel que la somme des longueurs des tool-joint correspond 5% la somme des longueurs des tiges, ainsi que le diamètre intérieur du tool-joint égale à (4,267").

On néglige la différence du diamètre entre les tool-joint et les tiges de forage dans le cas du calcul des pertes à l'intérieur de l'espace annulaire, c'est à dire ont le même diamètre extérieur.

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 :

### B. Les équations de perte de charge utilisées en forage :

#### a .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],

$\mu$  : Viscosité en [cp].

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

#### b .Les pertes de charge dans les orifices de trépan :

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

Avec :

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

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

$C$  : coefficient d'orifice :

#### c .Les pertes de charge à l

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

Avec :

$L$  : longueur en [m] ;

$D$  : diamètre intérieur garniture [in] ;

## d .Les pertes de charge dans l'espace annulaire :

Avec :

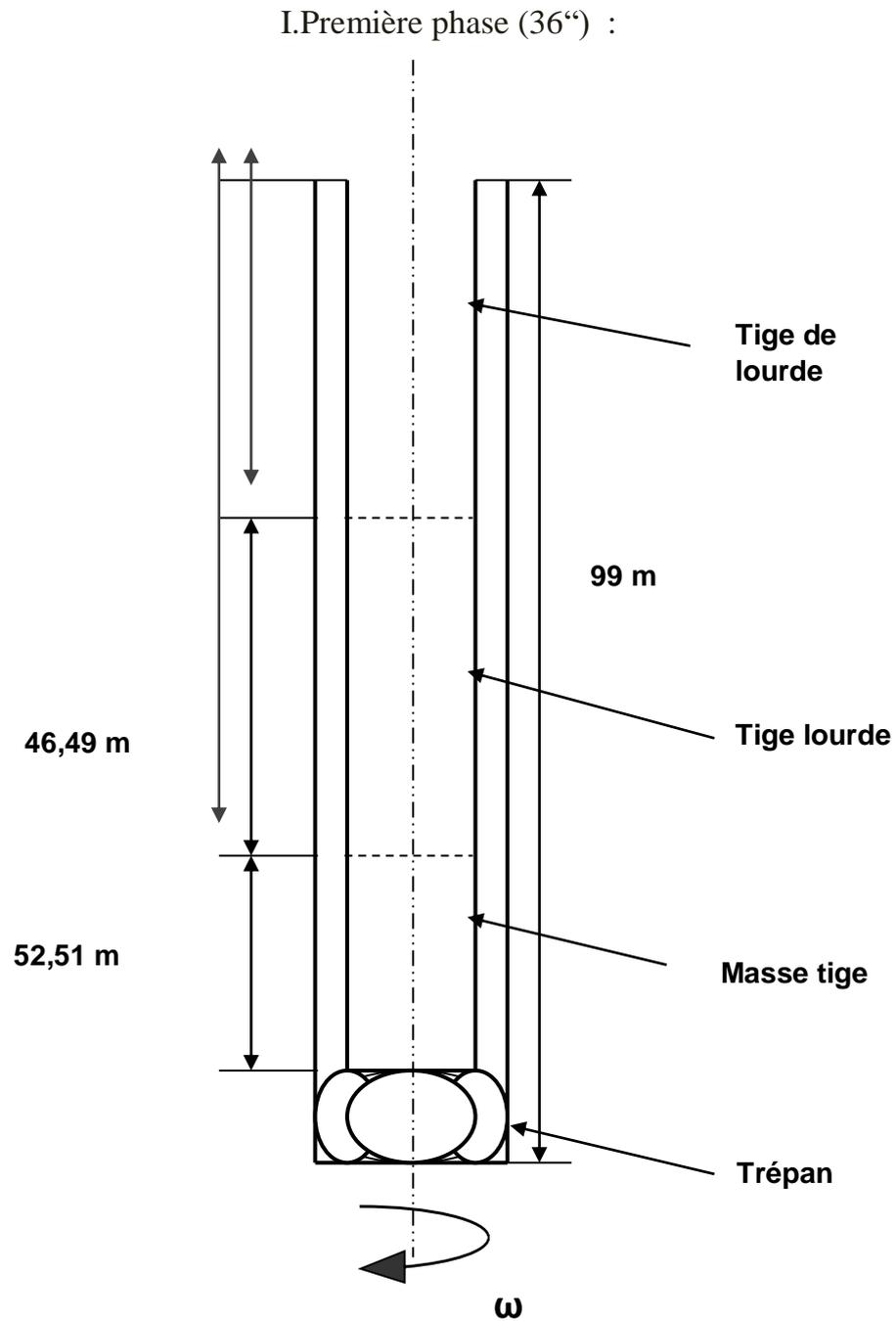
 $D_o$  : diamètre extérieur annulaire [in] ; $D_i$  : diamètre intérieur annulaire  
(extérieur garniture) [in] ;

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

✓ Données de départ :

Trou foré	Diamètre (in)	Phase 36 "	phase 26 "	Phase 17½ "	phase 12 ¼ "
	Profondeur forée (m)	99	303	1464	1857
Tubage	Diamètre extérieur (in)	28	18 5/8	13 3/8	9 5/8
	Poids linéaire (lb/ft)	139,5	89,5	68	47
	Diamètre inter (in)	27	17,755	12,415	8,681
	Longueur du tubage (m)	96	300	1461	1854
Paramètre hydraulique de forage	Débit (l/min)	85	1200	1800	2000
	Masse volumique (kg/l)	1,05	1,15	1,18	1,25
	Viscosité (cp)	35	45	55	60
Tige de forage	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	4,276	4,276	4,276	4,276
	Longueur (m)	0	131	1098	1746
Tige lourde	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	3	3	3	3
	Longueur (m)	46,49	46,49	46,49	46,49
Masse tige	Diamètre extérieur (in)	8	8	8	8
	Diamètre intérieur (in)	2,81	2,81	2,81	2,81
	Longueur (m)	52,51	124	320	67
Trépan	TFA (in <sup>2</sup> )	1,052	1,052	0,994	1,037

## C. Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage :

Fig. 17 : Phase 1<sup>ère</sup> de forage

**a .Intérieur de la garniture :****1. Tool-joint :**

$$P_{TJ} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{TJ} \cdot B}{901,63 \cdot D_{TJ}^{4,8}}$$

La longueur totale de tous les tool-joint égale à 5% de la longueur totale des tiges de forage pour chaque phase :

$$L_{TJ}=0,05 \times 0 = 0m \text{ et } D_{TJ}=3'' \frac{1}{4} = 3,25''$$

$$P_{TJ} = \frac{0 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 0kPa$$

**2.Tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4,8}}$$

$$P_{DP} = \frac{0 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 0kPa$$

**3.Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4,8}}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 1,6629 kPa$$

**4. Masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4,8}}$$

$$P_{DC} = \frac{52,51 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}} \quad P_{DC} = 2,5712 \text{ kPa}$$

**b . Espace annulaire :****1. Trou / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{0 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{706,96 \times (36 + 5)^{1,8} \times (36 - 5)^3} \quad P_{DP} = 0 \text{ kPa}$$

**2. Trou / tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{706,96 \times (36 + 5)^{1,8} \times (36 - 5)^3} \quad P_{HW} = 0,01736 \text{ Pa}$$

**3. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{52,51 \times 1,05^{0,8} \times 85^{1,8} \times 35^{0,2}}{706,96 \times (36 + 8)^{1,8} \times (36 - 8)^3} \quad P_{DC} = 0,0234 \text{ Pa}$$

**c. Trépan :**

$$P_t = \frac{d \cdot Q^2}{2959,41 \cdot C^2 \cdot A^2}$$

$$P_t = \frac{1,05 \times 85^2}{2959,41 (0,95)^2 (1,052)^2} \quad P_t = 2,566 \text{ kPa}$$

**d. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_I=378$  (cas n°04) est déduite en fonction des équipements de surface dans le chantier qui correspond au cas n°04 d'après le formulaire du foreur.

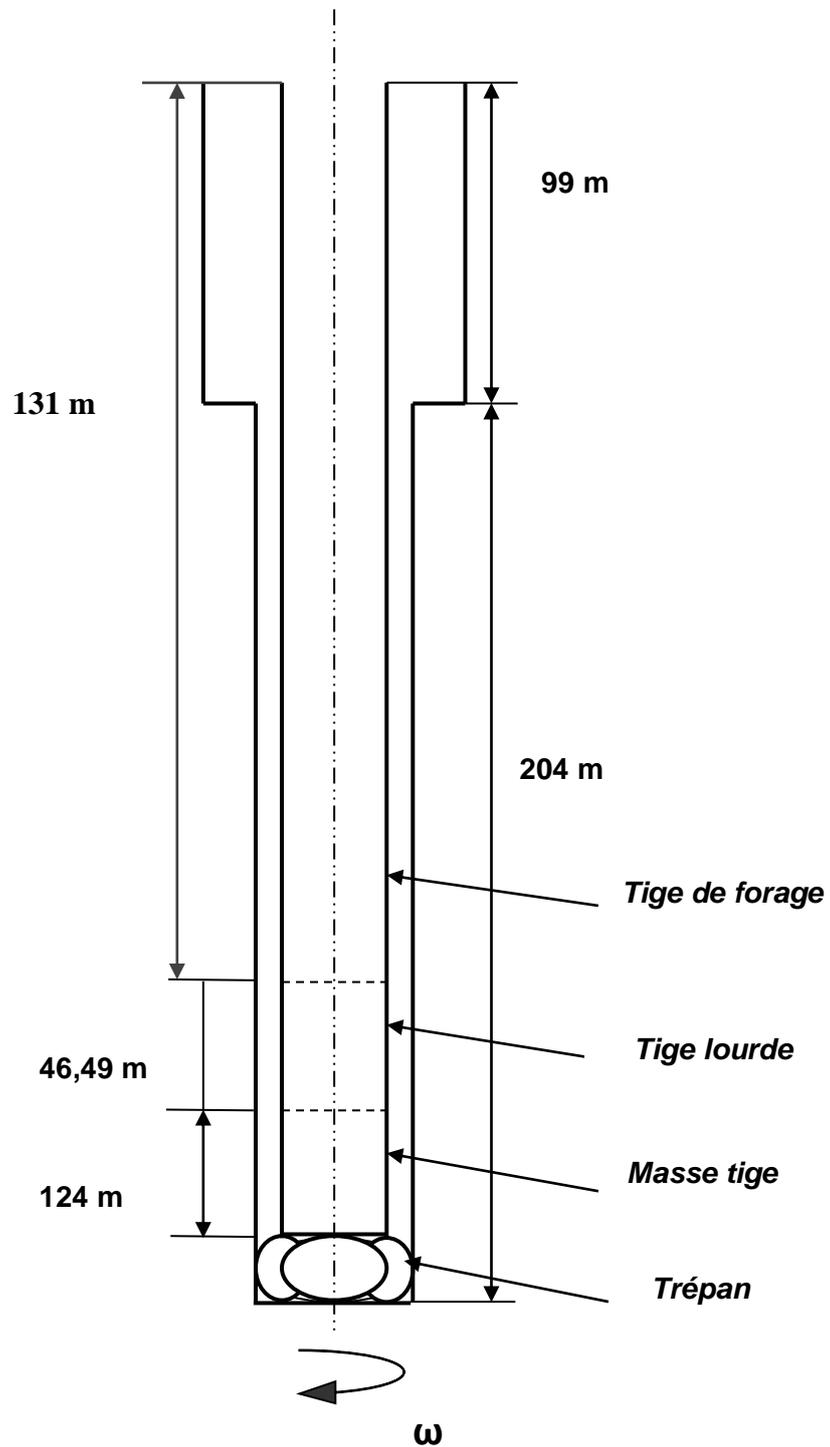
$$P_s = 78 \times 1,05^{0,8} \times 35^{0,2} \quad P_s = 2,117 \text{ kPa}$$

↪ *La perte de charge totale :*

$$P_{\text{tot}} = 0 + 0 + 1,662 + 2,5712 \\ + 0 + 0,000017 + 0,000023 + 2,566 + 2,117$$

$$P_{\text{tot}} = 8,91624 \text{ kPa}$$

## II. Deuxième phase (26"):

Fig. 18 : Phase 2<sup>ème</sup> de forage

**a. Intérieur de la garniture :****1. Tool-joint :**

$$P_{TJ} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{TJ} \cdot B}{901,63 \cdot D_{TJ}^{4,8}}$$

$$L_{TJ} = 0,05 \times 131 = 6,55m \text{ et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{TJ} = \frac{6,55 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 21,1787 \text{ kPa}$$

**2. Tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4,8}}$$

$$P_{DP} = \frac{131 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 113,4982 \text{ kPa}$$

**3. Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4,8}}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 220,7375 \text{ kPa}$$

**4. Masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4,8}}$$

$$P_{DC} = \frac{124 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 805,99 \text{ kPa}$$

**b. Espace annulaire :****1. Tubage / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{tub1} \cdot B}{706,96 \cdot (D_{tub1} + D_i)^{1,8} \cdot (D_{tub1} - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{99 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{706,96 (28 + 5)^{1,8} (28 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 0,0177 \text{ kPa}$$

**2. Trou / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

×

$$P_{DP} = \frac{32 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{706,96 (26 + 5)^{1,8} (26 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 8,4405 \text{ kPa}$$

**3. Trou / tige lourde:**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{706,96(26 + 5)^{1,8} (26 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 0,0122 \text{ kPa}$$

**4. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{124 \times 1,15^{0,8} \times 1200^{1,8} \times 45^{0,2}}{706,96(26 + 8)^{1,8} (26 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 0,04398 \text{ kPa}$$

**c. Trépan :**

$$P_t = \frac{d \cdot Q^2}{2959,41 \cdot C^2 \cdot A^2}$$

$$P_t = \frac{1,15 \times 1200^2}{2959,41(0,95)^2 (1,052)^2}$$

$$P_t = 560,243 \text{ kPa}$$

**d. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_I=259$  (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 259 \times 1,15^{0,8} \times 45^{0,2}$$

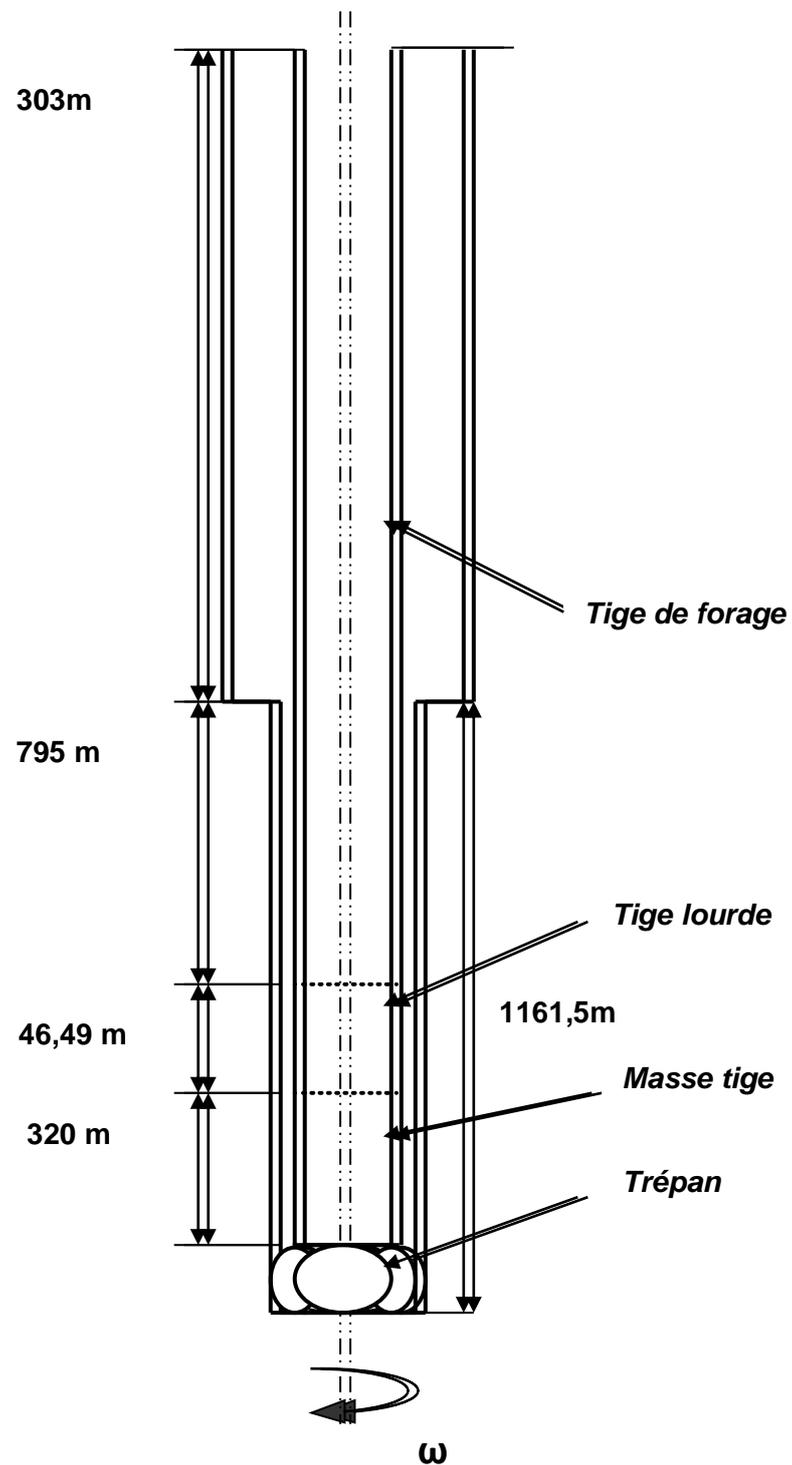
$$P_s = 620,1554 \text{ kPa}$$

↪ **La perte de charge totale :**

$$P_{\text{tot}} = 21,1787 + 113,498 + 220,7375 + 805,99 + 0,0177 \\ + 8,4405 + 0,0122 + 0,04398 + 560,243 + 620,1554$$

$$P_{\text{tot}} = 2350,31698 \text{ kPa}$$

## III. Troisième phase (17¼") :

Fig. 19 : Phase 3<sup>ème</sup> de forage

**a. Intérieur de la garniture :****1. Tool-joint :**

$$P_{TJ} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{TJ} \cdot B}{901,63 \cdot D_{TJ}^{4,8}}$$

$$L_{TJ} = 0,05 \times 1098 = 54,9m \text{ et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{TJ} = \frac{54,9 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 391,3564 \text{ kPa}$$

**2. Tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4,8}}$$

$$P_{DP} = \frac{1098 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 2097,3055 \text{ kPa}$$

**3. Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4,8}}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 486,6512 \text{ kPa}$$

**4. Masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4,8}}$$

$$P_{DC} = \frac{320 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 4585,6398 \text{ kPa}$$

**b. Espace annulaire :****1. Tubage / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{tub2} \cdot B}{706,96 \cdot (D_{tub2} + D_i)^{1,8} \cdot (D_{tub2} - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{303 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{706,96 (18,625 + 5)^{1,8} (18,625 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 1,052 \text{ kPa}$$

**2. Trou / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{795 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{706,96 (17,5 + 5)^{1,8} (17,5 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 3,9028 \text{ kPa}$$

**3. Trou / tige lourde:**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{706,96(17,5 + 5)^{1,8}(17,5 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 0,2272 \text{ kPa}$$

**4. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{320 \times 1,18^{0,8} \times 1800^{1,8} \times 55^{0,2}}{706,96(17,5 + 8)^{1,8}(17,5 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 2,8568 \text{ kPa}$$

**c. Trépan :**

$$P_t = \frac{d \cdot Q^2}{2959,41 \cdot C^2 \cdot A^2}$$

$$P_t = \frac{1,18 \times 1800^2}{2959,41(0,95)^2(0,994)^2}$$

$$P_t = 1448,778 \text{ kPa}$$

**e. Equipement de surface :**

$N_I = 161$  (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = N_1 \times B$$

$$P_s = 161 \times 1,18^{0,8} \times 55^{0,2}$$

$$P_s = 409,6415 \text{ kPa}$$

↳ Les pertes de charge totale :

$$P_{\text{tot}} = 391,3564 + 2097,3055 + 486,651 + 4585,6398 + 1,052 \\ + 3,9028 + 0,2272 + 2,8568 + 1448,778 + 409,6415$$

$$P_{\text{tot}} = 9427,411 \text{ kPa}$$

IV. Quatrième phase (12¼") :

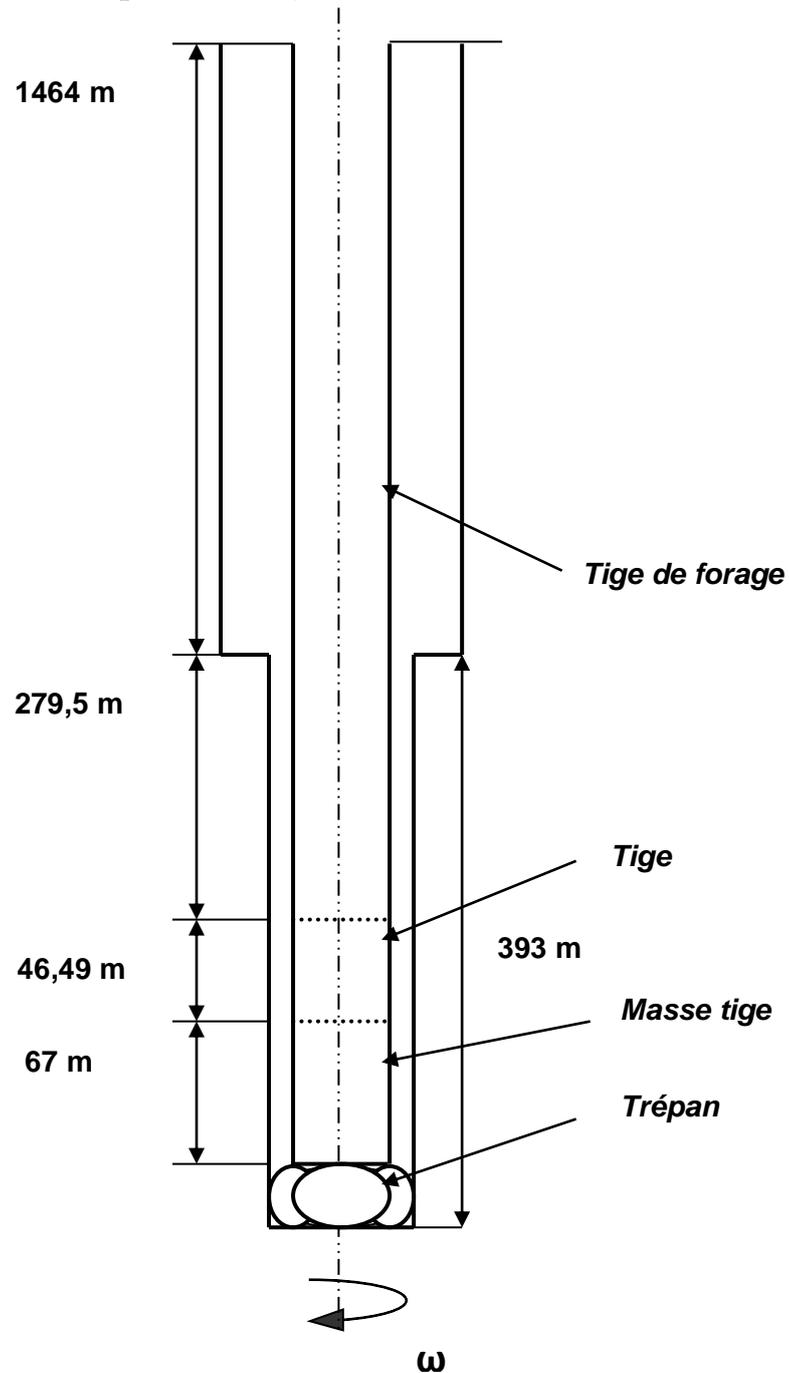


Fig. 20 : Phase 4<sup>ème</sup> de forage

## a. Intérieur de la garniture :

## 1. Tool-joint :

$$P_{TJ} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{TJ} \cdot B}{901,63 \cdot D_{TJ}^{4,8}}$$

$$L_{TJ} = 0,05 \times 1746 = 87,3m \text{ et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{TJ} = \frac{87,3 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 801,6005 \text{ kPa}$$

## 2. Tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4,8}}$$

$$P_{DP} = \frac{1746 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 4295,831 \text{ kPa}$$

## 3. Tige lourde :

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4,8}}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 626,8468 \text{ kPa}$$

## 4. Masse tige :

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4,8}}$$

$$P_{DC} = \frac{67 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 1236.7114 \text{ kPa}$$

## b. Espace annulaire :

## 1. Tubage / tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{tub2} \cdot B}{706,96 \cdot (D_{tub2} + D_i)^{1,8} \cdot (D_{tub2} - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{1464 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{706,96(13,375 + 5)^{1,8} (13,375 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 44,3194 \text{ kPa}$$

## 2. Trou / tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{279,5 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{706,96(12,25 + 5)^{1,8} (12,25 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 14,6138 \text{ kPa}$$

**3. Trou / tige lourde:**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{706,96(12,25 + 5)^{1,8}(12,25 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 2,4307 \text{ kPa}$$

**4. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{67 \times 1,25^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 60^{0,2}}{706,96(12,25 + 8)^{1,8}(12,25 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 13,0304 \text{ kPa}$$

**c. Trépan :**

$$P_t = \frac{d \cdot Q^2}{2959,41 \cdot C^2 \cdot A^2}$$

$$P_t = \frac{1,25 \times 2000^2}{2959,41(0,95)^2(1,037)^2}$$

$$P_t = 1740,8451 \text{ kPa}$$

## d. Equipement de surface :

$N_I =$  161 (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = N_1 \times B$$

$$P_s = 161 \times 1,25^{0,8} \times 60^{0,2}$$

$$P_s = 436,4998 \text{ kPa}$$

↳ Les pertes de charge totale :

$$P_{\text{tot}} = 801,6005 + 4295,831 + 626,8468 + 1236,7114 + 44,3194 \\ + 14,6138 + 2,4307 + 13,0304 + 1740,8451 + 436,4998$$

$$P_{\text{tot}} = 9212,7289 \text{ kPa}$$

Nous citons les pertes de charge dans chaque phase de forage :

↳ 1<sup>ère</sup> phase:  $P_{\text{tot}} = 8,91624 \text{ kPa}$ ;

↳ 2<sup>ème</sup> phase:  $P_{\text{tot}} = 2350,31698 \text{ kPa}$ ;

↳ 3<sup>ème</sup> phase :  $P_{\text{tot}} = 9427,411 \text{ kPa}$ .

↳ 4<sup>ème</sup> phase :  $P_{\text{tot}} = 9212,7298 \text{ kPa}$

Ce qui nous faut apparaître que la perte de charge augmente à chaque phase même que le débit réel diminue, à cause de certains facteurs traités après.

D'après ces résultats nous calculons la puissance mécanique pour chaque phase en adoptant le rendement interne et le rendement de la transmission (des chaînes) respectivement égale à 0,9 et 0,95.

## III .1.2. Calcul de la puissance mécanique :

## A. Première phase :

$$P_{m1} = \frac{P_{ref1} \cdot Q_{r1}}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750}$$

$$P_{m1} = \frac{8,91624 \times 85}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m1} = 0,0198 \text{ HP}$$

**HP** : Hors Power (puissance en chevaux) ;

1HP=1.013 chevaux vapeurs.

## B. Deuxième phase :

$$P_{m2} = \frac{P_{ref2} \cdot Q_{r2}}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750}$$

$$P_{m2} = \frac{2350,31698 \times 1200}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m2} = 73,7137 \text{ HP}$$

## C. Troisième phase :

$$P_{m3} = \frac{9427,411 \times 1800}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

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

$$P_{m3} = 443,5124 \text{ HP}$$

D. Quatrième phase :

$$P_{m4} = \frac{9212,7298 \times 2000}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_4 = \frac{P_{ref3} \cdot Q_3}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750}$$

$$P_{m4} = 481,5697 \text{ HP}$$

III.1.3. Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase :

$$P_{hr} = \frac{P_{ref} \cdot Q_r}{44750} = P_m \cdot \eta_m \cdot \eta_t$$

E. Première phase :

$$P_{hr1} = 0,0169 \text{ HP}$$

F. Deuxième phase :

$$P_{hr2} = 63,025 \text{ HP}$$

G. Troisième phase :

$$P_{hr3} = 379,203 \text{ HP}$$

H. Quatrième phase :

$$P_{hr4} = 411,743 \text{ HP}$$

Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

Phase	Débit	Puissance hydraulique	Puissance mécanique	Pression
	[l/min]	[HP]	[HP]	[kPa]
36"	85	0,0169	0,0198	8,91624
26"	1200	63,025	73,7137	2350,31698
17" <sup>1/2</sup>	1800	379,203	443,5124	9427,411
12" <sup>1/4</sup>	2000	411,743	481,5697	9212,7298

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 à simple effet .Avec l'utilisation d'un groupe de pompes, on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

#### III.1.4.Nombre de pompe dans chaque phase :

##### A. Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase :

Dans le chantier, 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.

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

**a. Première phase :**

$$1 \text{ coup} \longrightarrow 16,68 \text{ l (volume/course)}$$

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{85}{16,68}$$

$$N_1 \approx 5,095 \text{ coup/mn}$$

**b. Deuxième phase :**

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{1200}{16,68}$$

$$N_2 \approx 71,94 \text{ coup/mn}$$

**c. Troisième phase :**

$$N_3 = \frac{Q_3}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{1800}{16,68}$$

$$N_3 \approx 107,91 \text{ coup/mn}$$

**d. Quatrième phase :**

$$N_4 = \frac{Q_4}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{2000}{16,68}$$

$$N_4 \approx 119,904 \text{ coup/mn}$$

**B. Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase :**

Phase	36"	26"	17" <sup>1/2</sup>	12" <sup>1/4</sup>
(Coups/mn)	5,095	71,94	107,91	119,904

Mais la 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.1.5. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase :**

$$D_i = \sqrt{\frac{K \times Q_i}{\alpha \times c \times N}}$$

Avec :

$D_i$  : Diamètre intérieur de la chemise [m] ;

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

$Q_i$  : Débit de la boue de chaque phase ( $m^3/s$ ),

$N$ : Nombre de coups par minute,  $n=120 \text{ coups/mn}$ . (Nombre des coups Maximal de la pompe),

$C$ : Course de piston  $c = 0,3048 \text{ m}$ ,

$\alpha$  : Coefficient du débit de la pompe = 0,90

#### A. Première phase :

$$Q_1 = \frac{85}{2} = 42,5 \ell / mn \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{25,4 \times 42,5 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,023m$$

$$D_1 = 23mm$$

#### B. Deuxième phase :

$$Q_2 = \frac{1200}{2} = 600 \ell / \text{min} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{25,4 \times 600 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,0878m$$

$$D_2 = 87,8mm$$

#### C. Troisième phase :

$$Q_3 = \frac{1800}{2} = 900 \ell / \text{min} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_3 = \sqrt{\frac{25,4 \times 900 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,1075m$$

$$D_3 = 107,5mm$$

#### D. Quatrième phase :

$$Q_4 = \frac{2000}{2} = 1000 \ell / \text{min} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_4 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1000 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,1134m$$

$$D_4 = 113,4mm$$

D'après la plage des diamètres normalisés, on choisit les chemises suivantes :

$$D_1 = 23\text{mm} \quad \longrightarrow \quad D_1 = 4''$$

$$D_2 = 87,8 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad D_1 = 4''$$

$$D_3 = 107,5\text{mm} \quad \longrightarrow \quad D_3 = 4''$$

$$D_4 = 113,4\text{mm} \quad \longrightarrow \quad D_3 = 4''$$

### III .1.6. Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase :

<b>P-tôt</b> <b>Les Phases</b>	<b>Les pertes de charge totale théorique (KPA)</b>	<b>Les pertes de charge totale réel (KPA)</b>
<b>Phase 36''</b>	8,91624	8,024
<b>Phase 26''</b>	2350,31698	2115,2852
<b>Phase 17'',<sup>1/2</sup></b>	9427,411	8484,669
<b>Phase 12'',<sup>1/4</sup></b>	9212,7298	8199,3295

### III .3. Conclusion :

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 haute 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 qu'il y a une différence de 9 à 10 % à cause de la différence entre le diamètre calculé et le diamètre normalisé de la chemise et le rendement de la pompe <1

**Conclusion générale :**

## **Conclusion générale :**

L'étude présentée nous permet d'approfondir nos connaissances dans les domaines de l'équipement de forage en générale et la pompe à boue est une pièce essentielle lors de l'opération du forage, la circulation du fluide est essentielle, d'autant plus que la profondeur de forage augmente. Il provoque des boues contenant des particules de sol et les pièces s'usent, ce qui oblige à faire fonctionner les tamis à chaque fois que le lisier monte.

Les pompes de forage sont les principales consommatrices de l'énergie consommée par la plateforme, elles travaillent dans des conditions difficiles.

Outre les paramètres opératoires (pression et débit) liés aux étapes de forage, la pompe à lisier doit être souple, robuste, facile d'entretien et durable.

Le calcul des pertes énergétiques réalisées, en fonction du forage du puits indiqué dans la sélection dotée d'une pompe simple effet triple effet satisfaisante, elle s'adapte bien aux conditions de ce puits.

## **Résumé :**

Ce travail présente une étude théorique et pratique de la sélection et de la vérification des paramètres de fonctionnement d'une pompe à boue de type triplex à simple effet.

Le calcul des pertes de charge (débit, puissance et pression) liées aux étapes de forage. Les résultats de la vérification des performances de la pompe par calcul hydraulique et montrant les pièces mécaniques de la pompe à sélectionner.

Assurer la longévité pendant le processus de forage, car il est érodé en raison de la présence de miettes de roche et d'additifs de boue de forage

Mots clés : forage rotatif, boue de forage, débit, pompe à boue, puissance, piston.

## **ملخص:**

يقدم هذا العمل دراسة نظرية وعملية لاختيار و التحقق من معلمات التشغيل لمضخة طين من النوع الثلاثي. حساب خسائر الرأس (التدفق و القوة والضغط) المتعلقة بمراحل الحفر. ونتائج فحص أداء المضخة عن طريق الحساب الهيدروليكي وبيان الأجزاء الميكانيكية للمضخة المراد اختيارها لضمان طول العمر أثناء عملية الحفر حيث أنه يتآكل بسبب وجود فتات الصخور وإضافات طين الحفر. الكلمات المفتاحية : الحفر الدوراني ، طين الحفر، معدل التدفق ، مضخة الطين ، الطاقة ، المكبس .

## **Abstract :**

This work presents a theoretical and practical study of the selection and verification of the operating parameters of a triplex.

Calculation of head losses (flow, power and pressure) related to the drilling stages. The results of checking the performance of the pump by hydraulic calculation and showing the mechanical parts of the pump to be selected.

Ensuring longevity during the drilling process as it is eroded due to the presence of rock crumbs and drilling mud additives.

Keywords: rotary drilling, drilling mud, flow rate, mud pump, power, piston.

## Références bibliographiques :

1. A. ILSKI, V. KASSIANOV, V. POROCHINE, école supérieur Moscou ,  
« Machines, mécanismes et installation de forage » .
2. CHAIB Rachid, édition université MENTOURI de Constantine, 2003/2004, « la  
maintenance industrielle » .
3. Gilles GABOLDE, Jean-Paul NGUYEN, publications de l'institut français du  
pétrole, édition 1989, « formulaire du foreur » .
4. Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974, « Le forage rotary;  
planches ».
5. Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974, « Le forage rotary; textes » .
6. P. TOUMANIAN, institut national des hydrocarbures et de la chimie ; Boumerdes,  
1979, « sécurité technique dans l'industrie pétrolière » .
7. P.MOTARD, éditions technip, 1971, « Forage rotary; la sécurité sur la sonde » .
8. P.MOTARD, éditions technip, juin 1974 , « Forage rotary; les circuits hydraulique ».
9. Publications de l'institut français du pétrole, édition 1970 , « Le forage de jour  
d'aujourd'hui ; 2eme partie » .
10. Dr. Yassin Salih Karim, Livre des techniques de forage de puits, Université de Tikrit,  
Collège des sciences Département des sciences appliquées de la Terre
11. Dr. djabari hacene, cours de traitement de boue de forage, Université Kasdi Merbah,  
Ouargla
12. Publications de l'institut français du pétrole, édition 1970, « Le forage de jour d'aujourd'hui ; 2eme  
partie » .
13. [fr.scribd.com/document/Presentation-de-La-Pompe-a-Boue-Oil-Well-a1400Pt](https://fr.scribd.com/document/Presentation-de-La-Pompe-a-Boue-Oil-Well-a1400Pt)

# **ANNEXES**



**IMG :structure de la pompe de forage**

# Pompe a boue 12p160



IMG : L'arbre petite vitesse



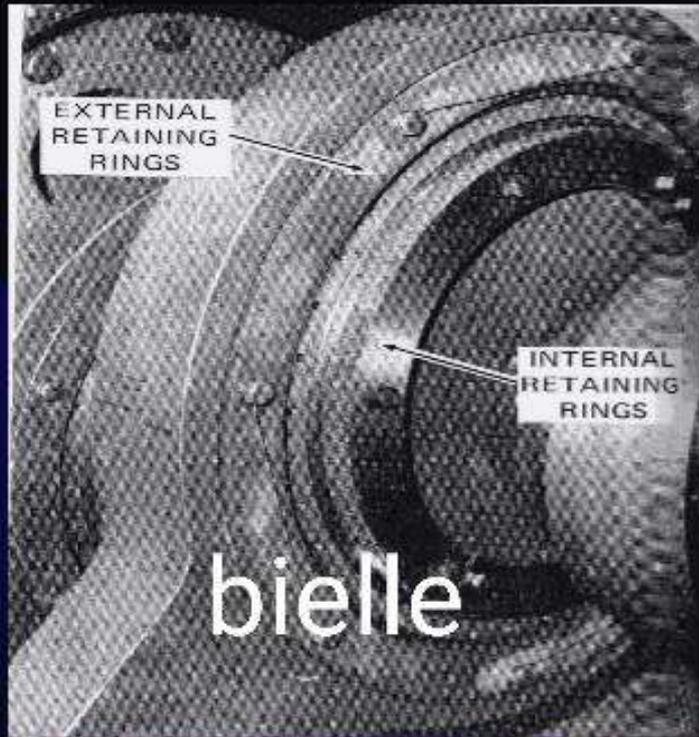
**IMG : partie mécanique**

# *Pompe a boue 12p160*



IMG :La crosse

# *Pompe a boue 12p160*

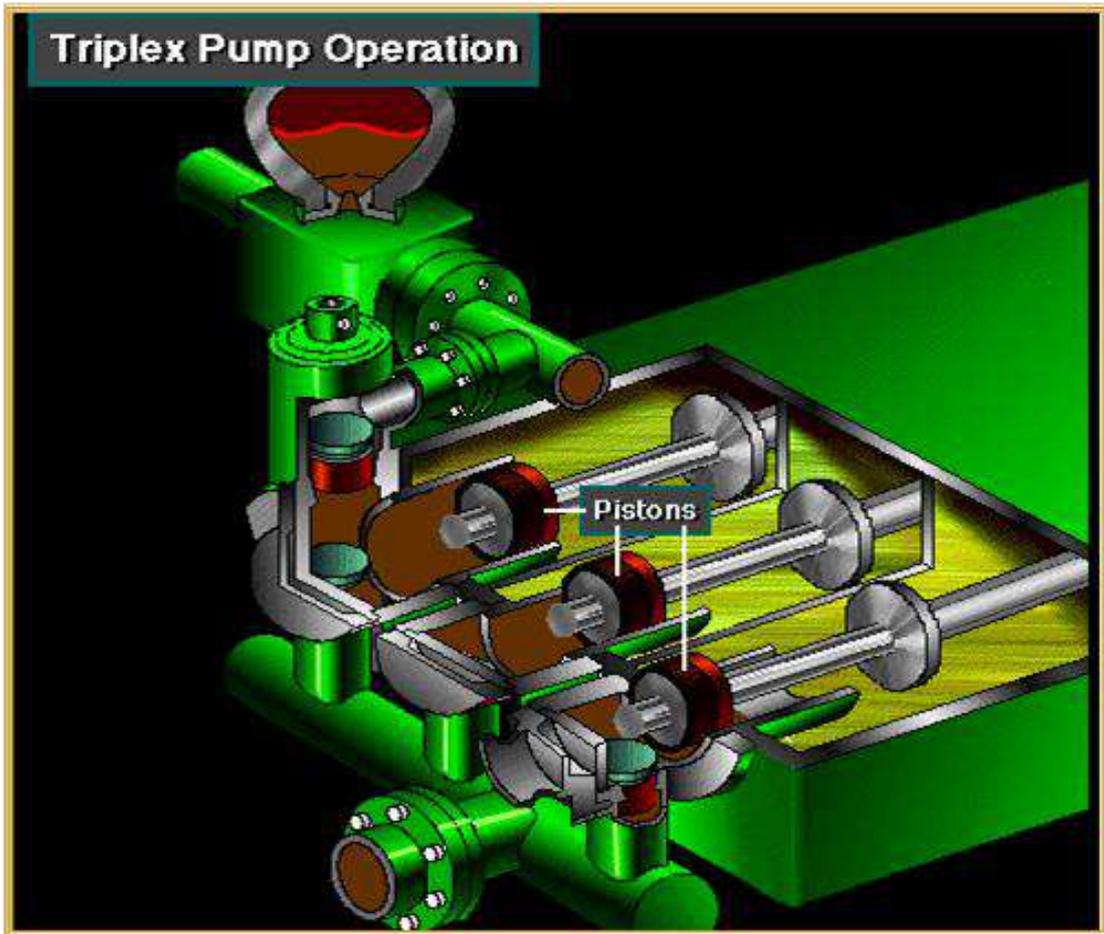


**IMG: Bielle**

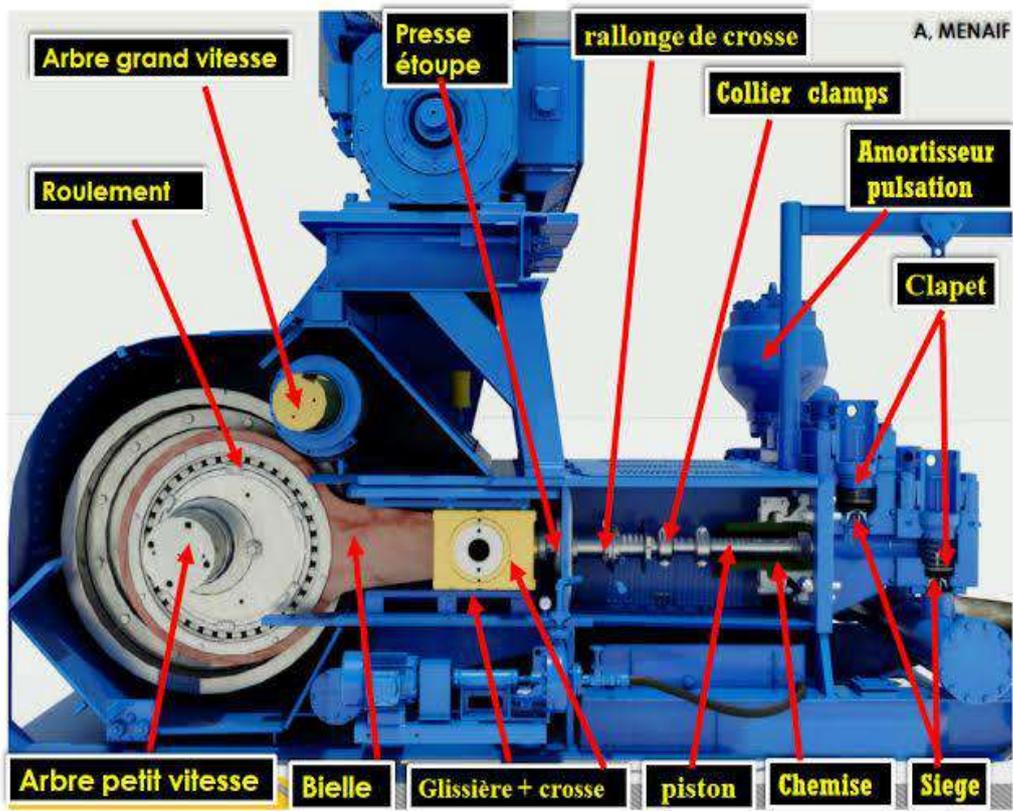
# *Pompe a boue 12p160*



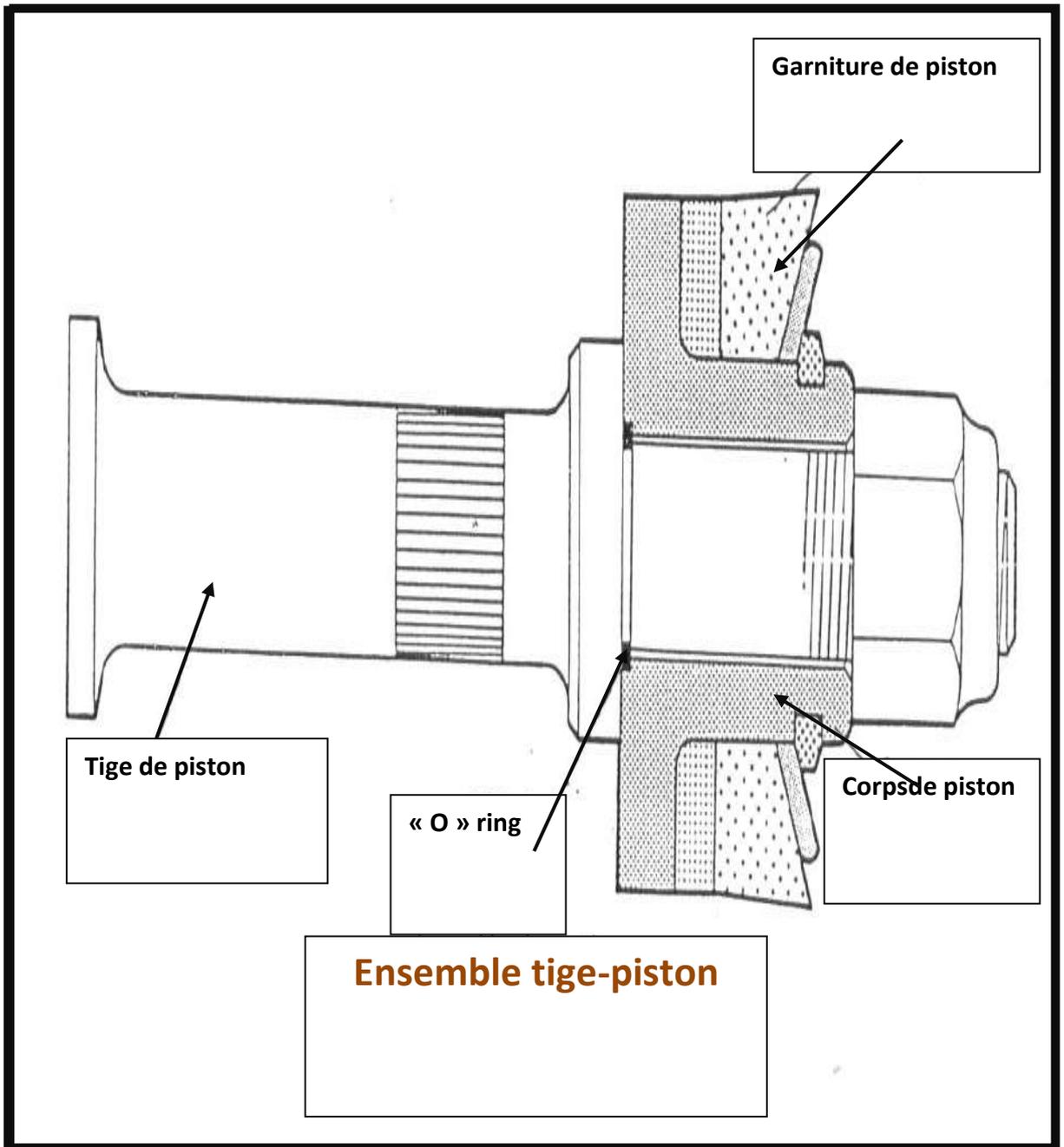
**IMG : L'arbre grande vitesse**



IMG : partie hydraulique



**IMG : Pompe à boue en coupe**



**IMG: la piston et la tige de piston**