

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed khider – Biskra

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie civil et Hydraulique

Référence :...../ 2019



جامعة محمد خيضر - بسكرة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم الهندسة المدنية و الري

المرجع: ..... / 2019

## Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

Etude et dimensionnement d'une  
pompe à boue

Nom et Prénom de l'étudiant :

•TEMACINI Djaber

Encadreur :

•BOUZIANE M Tewfik

Promotion : Juillet 2019

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes parents en témoignage de tout mon amour.*

*A toute ma famille.*

*A tous mes collègues et amis.*

# REMERCIEMENTS

*Je remercie tout d'abord **ALLAH** qui nous a donné la volonté et le courage de faire ce travail, en espérant qu'il sera utile de porter quelque chose à la science.*

*Je remercie mon encadreur Monsieur BOUZIANNE Toufik, Prof à l'université Mohamed Khider- Biskra, pour m'avoir suivi durant mon travail dans le cadre de ce mémoire, pour ses conseils précieux, et la compétence de son encadrement.*

*Je tiens à remercier tous les enseignants d'option hydraulique urbaine qui étaient pour nous, un guide tout au long de notre vie universitaire (2018-2019)*

*Je tiens à remercier les membres de jury*

*Je tiens à remercier tous ceux qui ont participé de ce travail de près ou de loin.*

# Résumé

## Résumé :

Le but de ce travail est d'étudier et de vérifier les paramètres de fonctionnement de la pompe à boue à trois pistons à piston unique (national oil well 12p160) en calculant le débit, la capacité et la perte de charge pour chaque étape du forage.

Mots clé : Boue de forage, débit, pompe à boue, puissance, chemise et piston.

---

## Abstract:

The purpose of this work is to study and verify the operating parameters of the single-piston (national oil well 12p160) three-piston mud pump by calculating flow, capacity and pressure drop for each stage of drilling.

Key words: Mud, flow, mud pump, power, jacket and piston.

---

## ملخص :

الغرض من هذا العمل هو دراسة والتحقق من معلمات التشغيل لمضخة الوحل المكونة من ثلاثة مكابس ( national oil well 12p160) من خلال حساب التدفق والسعة وانخفاض الضغط لكل خطوة من خطوات الحفر.

الكلمات المفتاحية: طين الحفر ، التدفق ، مضخة الطين ، الطاقة ، الخطوط الملاحية المنتظمة والمكبس.

# **SOMMAIRE**

**Liste de figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des symboles**

**Résumé**

**Introduction générale**

## **Chapitre I**

**Partie 01 : Présentation de l'entreprise.**

**I-1- Introduction .....Page 02**

**I-2- Historique de l'entreprise .....Page 02**

**I-3- Mission de l'entreprise.....Page 03**

**I-4- Infrastructure..... Page 03**

**I-5- Parc des appareils de forage..... Page 04**

**I-6- Transports..... Page 05**

**I-7- Moyens humains et organisationnels..... Page 05**

**I-8- Système de gestion de l'entreprise .....Page 06**

**I-9- Les directions de l'entreprise..... Page 06**

**Partie 2 : Description de l'appareil de forage.**

**I-10-Classification..... Page 07**

**I-11-Description..... Page 07**

**I-11-1-Le matériel de surface..... Page 07**

**I-11-1-1-Les équipements de levage..... Page 07**

**I-11-1-2- Les équipements de rotation..... Page 08**

**I-11-1-3- Les équipements de pompage et de circulation..... Page 08**

**I-11-1-4- Les équipements de sécurité..... Page 09**

**I-11-1-5- Les équipements mécaniques..... Page 09**

**I-11-2-Le matériel de fond..... Page 09**

**I-12-Principe de fonctionnement de l'appareil de forage.....Page 09**

I-13-L'appareil de forage national oil well.....	Page 10
I-13-1-La structure de la tour de forage.....	Page 10
I-13-2-Le treuil de forage (draw works).....	Page 13
I-13-3-Le mouflage.....	Page 13
I-13-3-1-Le moufle fixe.....	Page 14
I-13-3-2-Le moufle mobile.....	Page 14
I-13-4-Les pompes de forage.....	Page 14
I-13-5-La tête d'injection.....	Page 15
I-13-6-La table de rotation.....	Page 16
I-13-7-Le trépan.....	Page 16
I-14- Système de circulation dans une installation de forage.....	Page 17
I-14-1- Circuit a basse pression.....	Page 18
I-14-2- Circuit de haute pression.....	Page 19
I-15-conclusion.....	Page 19

## Chapitre II

II-1- Introduction.....	Page 20
II-2- Définitions sur les pompes.....	Page 20
II-3- Rôle de la pompe.....	Page 20
II-4- Classification des pompes.....	Page 21
II-4-1- Principe de fonctionnement des turbopompes.....	Page 21
II-4-2- Utilisation.....	Page 22
II-4-3- Les pompes volumétriques.....	Page 23
II-4-4- Principe de fonctionnement.....	Page 23
II-4-4-1- Pompes volumétriques rotatives.....	Page 24
II-4-4-2- Pompes à engrenages extérieurs.....	Page 24
II-4-4-3- Pompes volumétriques alternatives.....	Page 25
II-5- type de pompe pour différents liquides.....	Page 26
II-5-1- Pompes pour liquide chaud.....	Page 26
II-5-2- Pompes pour les liquides abrasifs.....	Page 26
II-6- Les Avantages et inconvénients.....	Page 27

II-6-1- les pompes centrifuges.....	Page27
II-6-2- Les pompes volumétriques rotatives.....	Page27
II-6-3- Les pompes volumétriques alternatives.....	Page27
II-7-Principe de fonctionnement des pompes à boue.....	Page28
II-7-1- Pompes duplex à double effet.....	Page28
II-7-1-1- Avantages et inconvénients de pompe.....	Page29
II-7-2- Pompe triplex à simple effet.....	Page29
II-7-2-1- Avantages et inconvénients de pompe.....	Page31
II-8- Description de la pompe triplex simple effet 12P160.....	Page 31
II-8-1- Construction de la pompe à boue triplex simple effet 12P160.....	Page 32
II-8-1-1- La partie mécanique.....	Page 32
II-8-1-2-La partie hydraulique de la pompe 12P160.....	Page 38
II-8-2- Refroidissement de la pompe à boue 12P160.....	Page 41
II-9-Annexes de la pompe à boue.....	Page 41
II-9-1-L'amortisseur de pulsations type "HYDRIL".....	Page 42
II-9-2-Soupape de décharge ou de sécurité.....	Page 42
II-10-Principe de fonctionnement et débit instantané.....	Page 42
II-10-1- Principe de fonctionnement.....	Page 42
II-10-2-Débit instantané.....	Page 43
II-10-2-1-Débit instantané par cylindre.....	Page 43
II-10-2-2- Débit instantané de la pompe.....	Page 43
II-11-Particularités.....	Page 44
II-11-1- Les pompes de suralimentation.....	Page 44
II-12-Caractéristiques des pompes à boue.....	Page 44
II-12-1-Les caractéristiques principales sont.....	Page 44
II-12-2-Elles sont définies par.....	Page 45
II-12-3-La cylindrée.....	Page 45
II-12-4-La vitesse.....	Page 45
II-12-5-Le débit.....	Page 45
II-12-5-1-Le débit théorique.....	Page 45

II-12-6-Le rendements.....	Page 46
II-12-6-1-Le rendement volumétrique.....	Page 46
II-12-6-2- Le rendement mécanique.....	Page 46
II-12-7-La pression.....	Page 47
II-12-8-La puissance.....	Page 47
II-12-8-1- La puissance hydraulique.....	Page 47
II-12-8-2- La puissance mécanique.....	Page 47
II-13-Les avantages et les inconvénients de la pompe triplex simple effet 12P160.....	Page 47
II-13-1-Les avantage.....	Page 47
II-13-2-Les inconvénients.....	Page 47
I-14-conclusion.....	Page 48

## Chapitre III

III-1- Introduction.....	Page 49
III-2- Signification des pertes de charges.....	Page 49
III-3- Les équations de perte de charge utilisées en forage.....	Page 50
III-3-1- Les pertes de charge aux installations de surface.....	Page 50
III-3-2- Les pertes de charge dans les orifices du trépan.....	Page 50
III-3-3- Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture.....	Page 50
III-3-4- Les pertes de charge dans l'espace annulaire.....	Page 50
III-4- Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage.....	Page 52
III-4-1- Première phase (26“).....	Page 52
III-4-2- Deuxième phase (16“).....	Page 55
III-4-3- Troisième phase (12¼“).....	Page 58
III-4-4- Quatrième phase (8½“).....	Page 61
III-5- Calcul de la puissance mécanique.....	Page 64
III-5-1- Première phase.....	Page 64
III-5-2- Deuxième phase.....	Page 64

III-5-3- Troisième phase.....	Page 64
III-5-4- Quatrième phase.....	Page 65
III-6- Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase.....	Page 65
III-7- Nombre de pompe dans chaque phase.....	Page 66
III-7-1- Détermination du nombre de coups par minute pour chaque phase.....	Page 66
III-7-1-1 Première phase.....	Page 67
III-7-1-2- Deuxième phase.....	Page 67
III-7-1-3- Troisième phase.....	Page 67
III-7-1-4- Quatrième phase.....	Page 67
III-7-2- Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase.....	Page 67
III-8- Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase.....	Page 67
III-8-1- Première phase.....	Page 68
III-8-2- Deuxième phase.....	Page 68
III-8-3- Troisième phase.....	Page 68
III-8-4- Quatrième phase.....	Page 69
III-9- Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase.....	Page 69
III-10- Conclusion.....	Page 70

# LISTES DES FIGURES

## Chapitre I

Figure I. 1: structure de la tour de forage.....	Page 12
Figure I.2 : le treuil de forage .....	Page 13
Figure I.3 : le moufle mobile .....	Page 14
Figure I.4 : pompe à boue.....	Page 15
Figure I.5 : tête d'injection .....	Page 15
Figure I.6: la table de rotation .....	Page 16
Figure I.7 : outil de forage .....	Page 17
Figure I.8 : Système de circulation de la boue. ....	Page 18

## Chapitre II

Figure II.9: schéma d'une pompe centrifuge. ....	Page 23
Figure II.10: Pompe a engrenage extérieur. ....	Page 24
Figure II.11: Principe de fonctionnement de la pompe à membranes. ....	Page 25
Figure II.12: pompe duplex double effet. ....	Page 28
Figure II.13 : principe de fonctionnement de pompe duplex à double effet. ....	Page 29
Figure II.14 : pompe à boue triplex simple effet. ....	Page 30
Figure II.15 : principe de fonctionnement d'une pompe à boue simple effet. ....	Page 31
Figure II. 16: Pompe à boue. ....	Page 32
Figure II. 17 : Partie mécanique d'une pompe à boue. ....	Page 33
Figure II. 18 : L'arbre grande vitesse. ....	Page 34
Figure II.19: L'arbre petite vitesse. ....	Page 34
Figure II. 20 : Système bielle- manivelle. ....	Page 35
Figure II. 21 : Schéma d'un roulement de bielle. ....	Page 37
Figure II. 22: Partie hydraulique. ....	Page 39
Figure II. 23 : Le piston et la tige de piston d'une pompe à boue.....	Page 40
Figure II. 24 : Schéma d'une chemise. ....	Page 40
Figure II. 25 : Sièges et clapets. ....	Page 41
Figure II.26: L'amortisseur de pulsations. ....	Page 42

**Figure II.27** : Principe de fonctionnement des pompes triplex.....Page 43

**Figure II.28** : Débit instantané de la pompe triplex simple effet. ....Page 44

## **Chapitre III**

**Figure III.29** : Première Phase de forage. ....Page 52

**Figure III.30** : Deuxième Phase de forage. ....Page 55

**F Figure III.32** : Quatrième phase de forage. ....Page 58

**Figure III.31** : Troisième Phase de forage.....Page 61

# **LISTE DES TABLEAUX**

## **Chapitre I**

**Tableau I.1** : Bases de l'ENTP .....Page 03

**Tableau I.2** : Site occupé par l'ENTP.....Page 04

**Tableau I.3** : appareils de l'ENTP.....Page 04

**Tableau I.4** : Matériel de transport de l'entreprise.....Page 05

# Liste des symboles

<i>dimension</i>	<i>unité</i>	<i>signification</i>
$A$	$in^2$	Surface totale des duses d'outil.
$d$	$kg/l$	Masse volumique du fluide.
$D$	$In$	Diamètre intérieur garniture.
$D_0$	$in$	Diamètre extérieur annulaire.
$D_i$	$in$	Diamètre intérieur annulaire (extérieur garniture).
$L$	$m$	Longueur.
$P$	$kPa$	Pertes de charges, pression.
$Q$	$l/mn$	Débit de fluide.
$\mu$	$c_P$	Viscosité de fluide.
$B$		Coefficient correspond à la boue en circulation.
$N_I$		Coefficient des pertes de charge.
$P_{TJ}$	$KPA$	Les pertes de charge à l'intérieur de Tool- joint.
$L_{TJ}$	$m$	La longueur de Tool-joint.
$D_{TJ}$	$in$	Diamètre intérieur de Tool-joint.
$P_{DP}$	$KPA$	Les pertes de charge à l'intérieur des tiges.
$L_{DP}$	$m$	La longueur des tiges.
$D_{DP}$	$in$	Le diamètre intérieur des tiges.
$P_{HW}$	$KPA$	Les pertes de charge a l'intérieur des tiges lourdes.
$L_{HW}$	$m$	La longueur des tiges lourdes.
$D_{HW}$	$in$	Diamètre intérieur des tiges lourdes.

$P_{DC}$	<i>KPA</i>	Les pertes de charges à l'intérieur des masses tiges.
$L_{DC}$	<i>m</i>	La longueur des masses tiges.
$D_{DC}$	<i>in</i>	Diamètre intérieur des masses tiges.
$P_t$	<i>KPA</i>	Les pertes de charge dans le trépan.
$P_s$	<i>KPA</i>	Les pertes de charge aux équipements de surface.
$P_{tot}$	<i>KPA</i>	Les pertes de charge totale.
$P_m$	<i>HP</i>	La puissance mécanique.
$P_{hr}$	<i>HP</i>	La puissance hydraulique.
$N$	<i>coup mn</i>	Nombre de coups.
$P_{ref}$	<i>KPA</i>	La pression de refoulement.
$Q_{unitaire}$	<i>Coup/min</i>	Le débit unitaire.
$\eta_m$		Rendement mécanique.
$\eta_t$		Rendement de transmission.

# **Introduction générale**

# Introduction générale

Le pétrole et le gaz jouent un rôle clé dans l'économie nationale, qui constitue la source d'énergie la plus précieuse.

Pour exploiter ces ressources souterraines, nous passons au forage, procédé très sensible et plus coûteux que l'exploitation de cette énergie.

Un appareil de forage est un ensemble d'équipements, y compris des machines et des mécanismes connexes, qui remplit une fonction bien définie: forage de puits, reconnaissance, exploration ou production.

La technique de forage pétrolier et gazier nécessite l'utilisation de matériaux de surface et de fond complexes, d'outils modernes, ainsi que de grandes quantités de matériaux. Dans la plate-forme de forage, nous trouvons le système gyroscopique du liquide de boue de différents types pour absorber la chaleur émise lors du frottement de l'outil de forage avec les roches et amener les blocs de roche vers la surface par circulation lors du recyclage. Ce commerce nécessite l'utilisation de l'équipement qui est la pompe à déplacement positif appelée pompe à boues qui assure un débit élevé et une pression élevée.

Ce travail vise à étudier le système de circulation du fluide de forage, le matériel de pompage, y compris la pompe à boue qui, comme mentionné ci-dessus, est considéré comme l'un des équipements largement responsable du succès du forage, bien sûr, de la sécurité et des conditions économiques requises.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés au type de pompe, pour connaître les avantages que vous apportez, lorsqu'ils sont utilisés, avec une petite comparaison avec une pompe double, puis terminer avec le compte courant.

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

## **Partie 01 : Présentation de l'entreprise**

### **I-1- Introduction :**

Dans l'industrie pétrolière les travaux de forage des puits de pétrole et de gaz exigent 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. On présentera l'entreprise nationale des travaux aux puits selon la démarche suivante :

- ✓ Identifier l'emplacement de la base industrielle.
- ✓ ENTP signifie entreprise nationale des travaux aux puits, créée en 1981 suite à la restructuration de la SH en DTP (direction des travaux pétroliers).
- ✓ Sigle : Carte de l'Algérie avec en son centre un appareil de forage constituée par les premières lettres en arabe de l'ENTP, de couleurs orange et noire.
- ✓ Slogan : ENTP, un partenaire de choix à la hauteur de vos exigences.
- ✓ Vision : Demeurer leader régional en matière de forage et de « work over ».
- ✓ Raison ou mission : forer des puits d'hydrocarbures et des nappes d'eau et opérer aux travaux de « work over ».

### **I-2- Historique de l'entreprise:**

Le forage algérien est un produit de SONATRACH depuis l'année 1968. Kaskassal, étant le premier puits foré, et sa structure opérationnelle s'appelait « direction des services pétroliers (DSP) » et disposait d'un parc de quatre appareils de forage.

- ✓ **En Juillet 1972** : DSP prend le nom de « direction des travaux pétroliers (DTP) »
- ✓ **1er Aout 1981** : la restructuration de SONATRACH au début des années 80, fait émerger ENTP (ENTREPRISE NATIONAL DES TRAVAUX AUX LES PUIITS) héritière de la DTP pour les activités de forage et de « work over » (maintenance des puits), crée par décret n° 81-171. L'ENTP est devenue opérationnelle le 1er janvier 1983.
- ✓ **Juin 1989** : la transformation du statut juridique de l'ENTP en société par actions.
- ✓ **30 Mars 1998** : L'ENTP fait partie du groupe services hydrocarbures (GSH).
- ✓ Ses actionnaires sont : Sonatrach (Holding SPP 51% et la société de gestion des participations des travaux énergétiques TRAVEN 49%).

- ✓ **04 Avril 2003** : L'ENTP a obtenue avec brio la certification ISO 9001-2000, pour l'ensemble de ses activités.
- ✓ **01 Janvier 2005** : le transfert des actions détenue par la société de gestion des participations « TRAVEN » dissoute, vers la société de gestion des participations dénommée « INDJAB ».
- ✓ **28 Décembre 2005** : la cession a titre gratuit des actions détenue par la « SGP INDJAB » AVEC (49%) en faveur du holding Sonatrach «SPP Spa ». l'ENTP devient alors 100 % Sonatrach.

Le siège social est situé à HASSI MESSAOUD, wilaya d'Ourgla, au sud –Est d'Alger.

### **I-3- Mission de l'entreprise :**

Sa mission concerne les travaux aux puits, qui sont l'exécution des forages de recherche et développement sur les gisements d'hydrocarbures liquides ou gazeux, c'est aussi l'entretien des puits producteurs d'huile et de gaz (work over) et accessoirement la réalisation des forages hydraulique profonds.

Quelque soit le rang hiérarchique, le personnel de l'ENTP grâce à sa qualité professionnelles et à sa motivation, a grandement contribué aux performances et aux succès de cette entreprise. C'est pour cette raison que l'ENTP est actuellement le premier « contacteurs » de forage en Algérie. L'ENTP est devenue membre de L'IADC (International Association of Drilling contractors) depuis 1993.

### **I-4- Infrastructure :**

L'ENTP dispose de plusieurs bases et ateliers à HASSI MESSAOUD et, de bases régionales à Hassi R'Mel à In A menas et à Tin Foyé Tabankort.

<b>BASE</b>	<b>SUPERFICIES</b>	<b>FONCTIONS</b>
20/08/55	594 930 m <sup>2</sup>	Siège Social et dépendantes administratives et Ateliers parc matériel de logistique
11/12/60	349 520 m <sup>2</sup>	Hébergement capacité principale
T 32	37 000 m <sup>2</sup>	Hébergement capacité complémentaire
17/02/60	148 957 m <sup>2</sup>	Parcs matériels

Unité Tubulaire	2170 m <sup>2</sup>	Réparation stockages matériels tubulaires
Centre FP	1 2000 m <sup>2</sup>	Bloc pédagogique de 17 classes (150 places) Laboratoire de langues Salle de conférence (50 places)

**Tableau I.1 : Bases de l'ENTP.**

SITES	ATELIERS	FONCTIONS
Base 20/8/55	9(12 530 1 m <sup>2</sup> )	Maintenance du parc véhicule et engin
	14 (9 750 m <sup>2</sup> )	Maintenance des équipements de forage
	49 800 m <sup>2</sup>	Zone de stockage à l'air libre
Base 18/2/60	14 957 m <sup>2</sup>	Logistique work over
Unité Tubulaire	2170 m <sup>2</sup>	Traitement des équipements tubulaires

**Tableau I.2 : Site occupé par l'ENTP.**

**I-5- Parc des appareils de forage :**

L'ENTP dispose d'un parc de (60) appareils. Certains de ces appareils sont dotés des équipements modernes comme : « SCR, Top drive, Wireless Net Work communication ». LE tableau suivant présente les différents type d'appareilles disponible :

MARQUE ET TYPE	PUISSANCE	QUANTITE
Oil Well E, national 1320 UE,Wirth 2000	2000 HP	11
Wirth 1200 E, Dreco 1200 E , Cabot 1200	1200 HP	11
Oil Well 840 E	1500 HP	12
National 80 UE	1000 HP	2
National 110 UE	1500 HP	4
Cabot 750	750 HP	5

Cabot 500	500 HP	3
National / Deco 1250 E	1250 HP	2
National Oil Well Varco Ideal Ril	1500 HP	10

**Tableau I.3:** appareils de l'ENTP.**I-6- Transports :**

La division transport est assignée selon les points suivants :

- ✓ Déménagement des appareils et camps de forage.
- ✓ Livraison des équipements et consommables aux appareils de forage.
- ✓ Maintenances des véhicules et engins de l'entreprise.

L'entreprise dispose d'un matériel de transport classé selon le tableau suivant :

Véhicule et engin	Capacité	Nombre	Activité
Tracteur Kenworth 953	40T	54	DTM
Tracteur Mercedes 3863	20à30T	60	DTM et livraison
SR Elder+ Lddel	30T	48	DTM
Porte engin	40T	09	DTM
Chariots élévateurs	14T	82	Chantiers de forage
Chariots élévateurs	≤14 T	24	Chantiers de forage
Grues	20 à 30 T	08	DTM
Grues	35 à 40T	12	DTM et MAO chantier
Grues	50 à 55 T	34	DTM
Mercedes frigo	10 T	11	---
Renault ME 160	---	25	---
chargeur	30T	05	Chantiers de forage

**TABLEAU I.4 :** Matériel de transport de l'entreprise.**I-7- Moyens humains et organisationnels :**

L'effectif global de l'ENTP en 2014 compte plus de 6700 agents dont 3774 sont des permanents. La gestion des ressources humaines enregistre un dynamisme définit par :

- ✓ le redéploiement d'une partie des effectifs.
- ✓ les sélectivités objectives et qualitatives de recrutement du personnel.
- ✓ le rajeunissement de l'effectif par le recrutement de (80) ingénieurs par année depuis 2002.

Dans le domaine de la formation, les besoins sont identifiés analysés pour concevoir une formation adaptée aux besoins exigés, parmi les grands axes de la formation élaborée pour l'exercice 2003, figurent des programmes spécifiques pour la « QHSE » (Qualité, Hygiène, Sécurité, et Environnement), la GMAO (Gestion de la maintenance Assistée par Ordinateur) et le PDI (plan de développement Informatique).

### **I-8- Système de gestion de l'entreprise :**

Le conseil d'administration est formé du président directeur général de l'ENTP et quatre directeurs généraux adjoints (opérateurs, logistique, développement et gestion), qui contribuent à la gestion de l'entreprise.

### **I-9- Les directions de l'entreprise :**

- ✓ Direction forage.
- ✓ Direction de work over.
- ✓ Direction de transport.
- ✓ Direction d'hôtellerie.
- ✓ Direction maintenance.
- ✓ Direction achat et gestion de stock.
- ✓ Direction contrôle gestion.
- ✓ Direction HSE.
- ✓ Direction sécurité industrielle.
- ✓ Direction finance et comptabilité.
- ✓ Direction planification et contrôle de gestion.
- ✓ Direction marketing et contrat.

**Partie 2 : Description 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-10-Classification :**

Il existe toute une gamme d'appareils : légers, moyens et lourds ; appropriés aux forages, peu, moyennement et très profonds.

Deux caractéristiques relativement liées interviennent dans la classification des appareils de forage :

- ✓ La capacité ou profondeur de forage maximale.
- ✓ La puissance au treuil.

La règle du pouce anglo-saxonne suivante donne d'une manière pragmatique : pour 110 pieds de forage, il faut 10 HP de puissance au treuil.

D'où :

➤ Appareil léger	4921' à 6 561'	(1 500 à 2 000 m)	650 HP
➤ Appareil moyen	11 482'	(3 500 m)	1 300 HP
➤ Appareil lourd	19 685'	(6 000 m)	2 000 HP
➤ Appareil super lourd	26 685' à 32 805'	(8 000 à 10 000 m)	3000HP

**I-11-Description**

Le chantier de forage peut être décrit sous forme de deux catégories de matériel.

**I-11-1-Le matériel de surface :**

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

**I-11-1-1-Les équipements de levage :**

Ils permettent :

- ✓ le contrôle du poids sur l'outil (WOB).
- ✓ les changements d'outils (manoeuvre de garnitures).
- ✓ la descente des colonnes de casing (tubage).
- ✓ les levées et les descentes du mât (DTM).

Ils sont principalement composés de :

- ✓ la structure de la tour de levage (mât et ossature).
- ✓ les moufles fixe et mobile.
- ✓ le treuil de forage.
- ✓ le crochet de levage.
- ✓ le câble de forage.
- ✓ le poste de commande et de contrôle.

**I-11-1-2- Les équipements de rotation :**

Ils sont principalement composés de :

- ✓ la table de rotation.
- ✓ les fourrures.
- ✓ le carré d'entraînement.
- ✓ la tige d'entraînement.
- ✓ raccord d'usure de la tige d'entraînement.
- ✓ la tête d'injection.

**I-11-1-3- Les équipements de pompage et de circulation :**

Ils sont principalement composés de :

- ✓ bacs à boue plus équipements.
- ✓ mixeurs.
- ✓ agitateur (hélico mélangeurs).
- ✓ mitrailleuses de fond et de surface (agitateurs hydrauliques).
- ✓ tamis vibrants (shak shakers).
- ✓ dessableurs.
- ✓ mud cleaner.
- ✓ centrifugeuses.
- ✓ dégazeur.
- ✓ les clay-jecteurs.
- ✓ les goulottes.
- ✓ les pompes à boues plus accessoires.

- ✓ soupapes de décharges (ou de sécurité).
- ✓ Les conduites d'aspiration et vannes.
- ✓ Le flexible d'injection.

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

**I-11-1-4- Les équipements de sécurité :**

Les équipements de sécurité sont constitués de :

- ✓ La tête du puits.
- ✓ L'accumulateur de pression.
- ✓ Le manifold de duses.

Ils assurent la sécurité du puits en cas de venue de gaz.

**I-11-1-5- Les équipements mécaniques :**

On distingue :

- ✓ Les moteurs de sonde ou groupe de force.
- ✓ Les groupes électrogènes.
- ✓ Les compresseurs.

Ils fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de la sonde de forage.

**I-11-2-Le matériel de fond :**

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

- ✓ outil de forage RB.
- ✓ masse tige DC.
- ✓ tige de forage DP.
- ✓ équipements auxiliaires.
- ✓ raccords divers.

**I-12-Principe de fonctionnement de l'appareil de forage :**

L'outil de forage (trépan) est entraîné dans son mouvement de rotation au fond du trou par une colonne de tiges creuses vissées les unes aux autres.

A l'extrémité supérieure de ce train de tiges et à hauteur du plancher de la tour de sondage se trouve la tige d'entraînement qui est creuse également, mais de section extérieure carré ou hexagonale, et qui passe à travers la table de rotation par laquelle elle est entraînée. La table de rotation est entraînée par les moteurs par l'intermédiaire d'un ensemble de transmission par chaîne et roues dentées.

L'ensemble du train de sonde est suspendu 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 tiges, elle comprend une partie mobile solidaire du train de sonde et une partie fixe solidaire du crochet.

Ce crochet de levage peut être manoeuvré du haut en bas de la tour métallique grâce à un système de mouflage composé d'un moufle mobile auquel est suspendu le crochet et d'un moufle fixe, fixe en haut du mât de sondage.

Le brin du câble va s'enrouler sur le tambour du treuil de forage lequel est entraîné par les moteurs 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 de forage.

Des pompes à boue aspire la boue des bacs et la refoule par l'intermédiaire de la colonne montante, du flexible et de la tête d'injection dans l'intérieur du train de sonde, la boue, descend ainsi jusqu'au fond du trou, sort par les événements du 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 des déblais de forage.

Ainsi dès son arrivée à la surface, elle passe aux tamis vibrants qui la sépare des déblais; de là, elle retourne dans les bacs d'aspiration. La boue effectue donc un circuit fermé, durant le forage.

Aux deux tiers (2/3) environ du mât de forage se trouve la passerelle d'accrochage, qui sert au gerbage des tiges dans le mât lors des manoeuvres de remontée ou descente. Le train de tige est donc remonté puis redescendu par éléments de deux ou trois tiges grâce au système de levage qui constituent le treuil, le câble, les moufles et le crochet. Le mât de forage repose sur une substructure de 3m de hauteur, ce qui élève d'autant le plancher de travail et permet l'installation sur la tête du puits d'un ou plusieurs obturateurs de sécurité.

### **I-13-L'appareil de forage national oil well :**

#### **I-13-1-La structure de la tour de forage :**

Il existe trois grandes catégories de structures :

Le derrick, le mât, le mât haubané monté sur remorque.

La tour de forage permet :

- ✓ la manoeuvre de remontée et de descente du train de sonde.
- ✓ le stockage du train de sonde après sa remontée.
- ✓ la descente des colonnes de casing.



**I-13-2-Le treuil de forage (draw works) :**

C'est le coeur de l'appareil de forage, donc c'est la capacité du treuil qui caractérise un appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer.

Le treuil de forage (Figure II-2) regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions :

- ✓ Les manoeuvres de remontée et de descente (levage) du train de sonde à des vitesses rapides et en toute sécurité, ce qui constitue sa principale utilisation.
- ✓ L'entraînement de la table de rotation, quand celle-ci n'est entraînée par un moteur indépendant.
- ✓ Le vissage et dévissage du train de sonde ainsi que les opérations de curage.



**Figure I.2 :** le treuil de forage.

**I-13-3-Le mouflage :**

Le mouflage (Figure I-3) est l'ensemble des différentes boucles de câble de forage intercalées entre le treuil et le point fixe et reliant les moufles fixe et mobile.

Faire le mouflage est le travail qui consiste à installer ce câble dans le mât de façon à pouvoir déplacer le moufle mobile à l'aide de treuil.

Les mouflages des installations de forage sont destinés à la réalisation des opérations de montée et de descente et à la suspension, au cours du forage, des colonnes de forage et de tubage.

Le but du mouflage est :

- ✓ Démultiplier la charge.
- ✓ Démultiplier la vitesse.

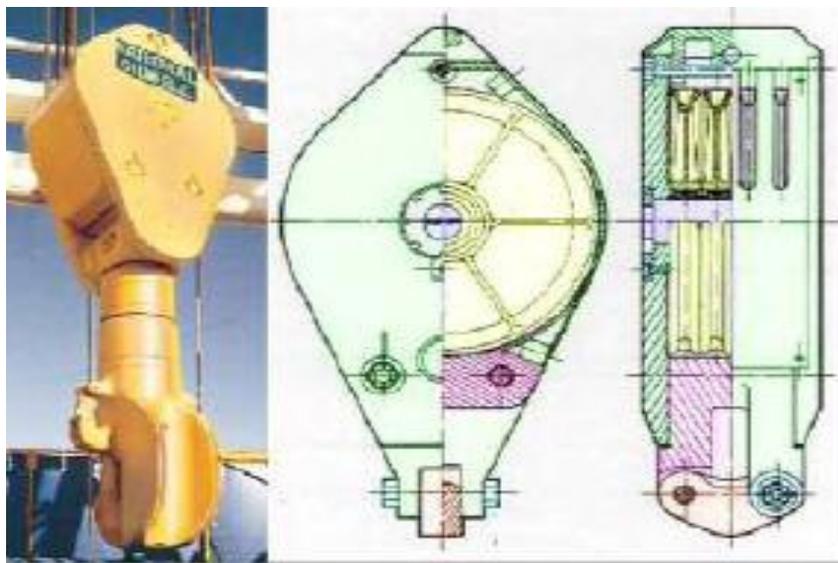
Il existe deux types de mouflage.

#### **I-13-3-1-Le moufle fixe :**

C'est l'ensemble des poulies sur lequel passe le câble. Il est supporté par la plate-forme supérieure de la tour de forage.

#### **I-13-3-2-Le moufle mobile :**

Ensemble de poulies à grand diamètre enfilées côte à côte sur un arbre en acier et tournant librement grâce à des roulements à rouleaux



**Figure I.3 :** le moufle mobile.

#### **I-13-4-Les pompes de forage :**

La pompe triplex (Figure I-4) est l'élément principal du circuit de pompage et circulation de la boue de forage.



Figure I.4 : pompe à boue.

**I-13-5-La tête d'injection :**

Elle constitue la liaison entre la garniture de forage qui tourne et le reste de l'installation est fixe (Figure I-5) .Elle permet l'injection des boues de forage dans le train de tige et supporte le poids de l'ensemble de la garniture.

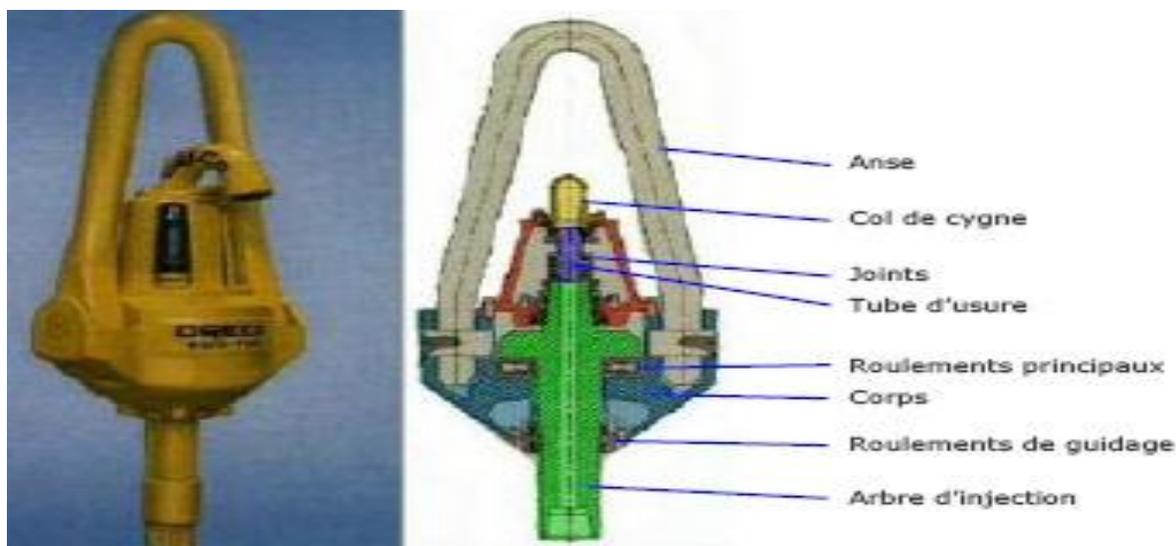
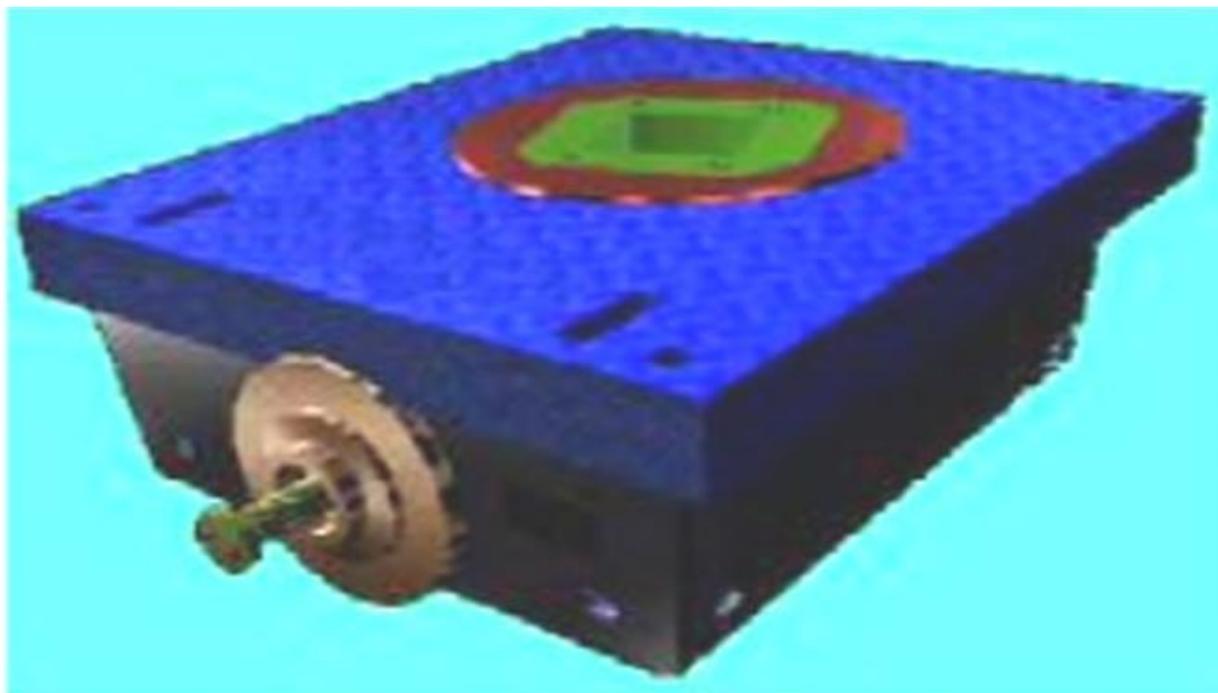


Figure I.5 : tête d'injection.

**I-13-6-La table de rotation :**

Les tables de rotation (Figure I-6) sont destinées à l'entraînement d'une colonne de forage suspendue verticalement ou bien à la réception du couple moteur à réaction de la colonne, créée par l'arbre d'attaque.



**Figure I.6 :** la table de rotation.

**I-13-7-Le trépan :**

Le trépan (Figure I- 7) est entraîné dans son mouvement de rotation au fond du trou par une colonne de tiges creuses vissées les unes aux autres.



**Figure I.7 :** outil de forage.

**I-14- Système de circulation dans une installation de forage :**

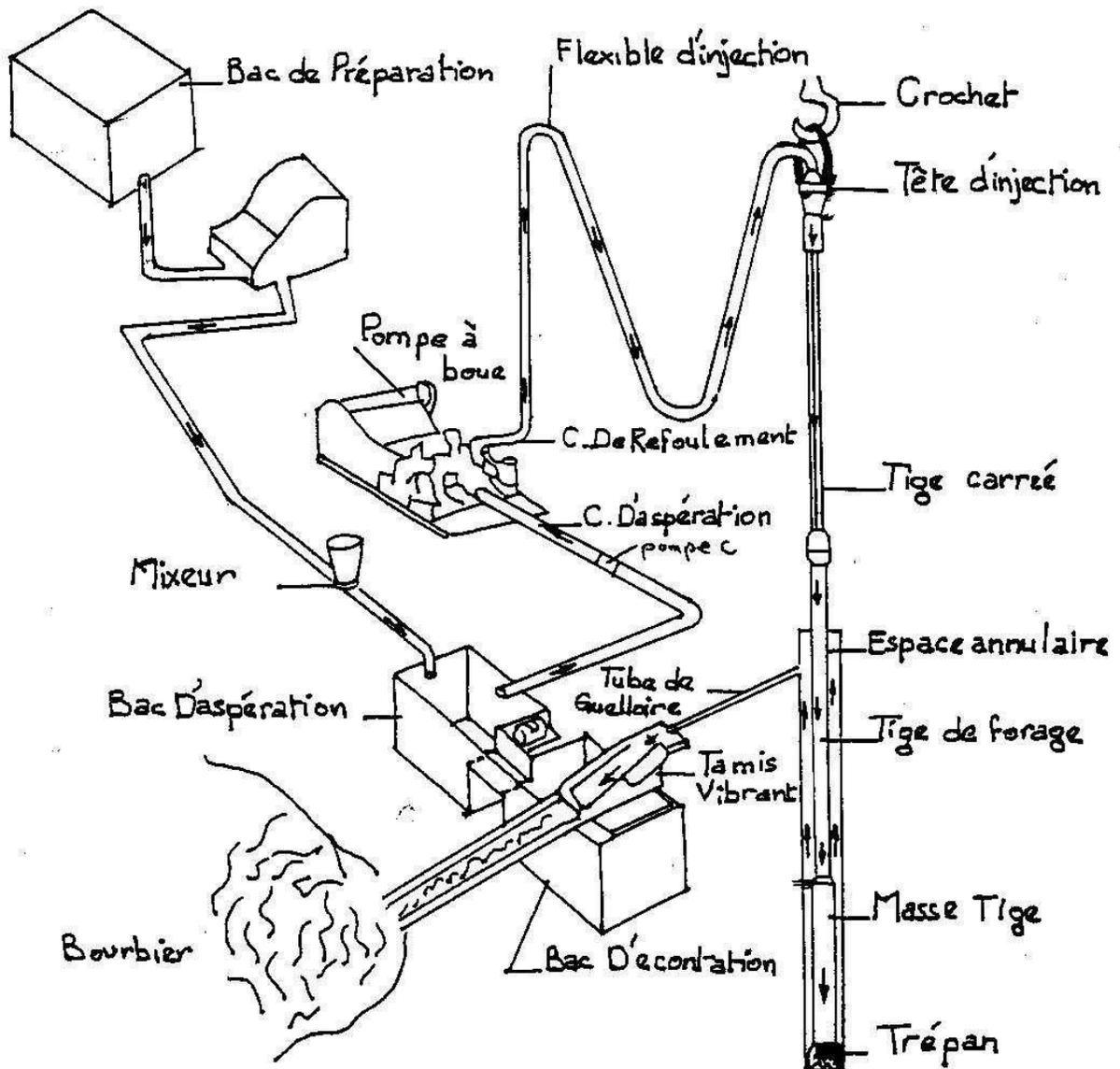


Figure I.8 : Système de circulation de la boue.

**I-14-1- Circuit a basse pression :**

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 helices.
- ✓ Les bacs de circulations.
- ✓ Les bacs de reserve.
- ✓ Les bacs de decantation.
- ✓ Les bacs de traitement.

**I-14-2- 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 flexible.
- ✓ Les vanes.
- ✓ La colonne montante.
- ✓ Tête d'injection.

**I-15-conclusion**

Nous avons donné dans ce chapitre un aperçue sur l'entreprise des travaux aux puits, ainsi qu'une description des appareils de forage au niveau de la station TP 127.

***Chapitre II :***  
***Etude de la pompe à boue Oil-***  
***Well 12P160***

**II-1- Introduction :**

Les pompes à boue sont les principaux consommateurs de puissance produite sur une installation de forage. D'ordinaire, la réalisation d'un ouvrage (profond) nécessite une pression, de 25 à 30 MN/m<sup>2</sup>, développée à la sortie des pompes et un débit de pompage de l'ordre de 50 à 80 l/mn. Donc pour l'exécution d'un ouvrage dans de telles conjonctures, il est préférable voire impératif de choisir des pompes qui doivent répondre aux exigences imposées par les conditions de travail, notamment en matière de performance, puissance et rendement. Sachant pertinemment que la puissance demandée peut aller de 500 à 800 kw, l'équipement choisi doit être puissant, atteignant de 1 000 à 1 500 kw, et pouvant créer une pression de 35 MN/m<sup>2</sup>, pour pouvoir travailler en sécurité et atteindre des objectifs satisfaisant.

**II-2- Définitions sur les pompes:**

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.

C'est donc un appareil qui génère une différence de pression  $\Delta p$  entre l'entrée et la sortie de la machine. L'énergie requise pour faire fonctionner une pompe dépend :

- ✓ des propriétés du fluide : la masse volumique, la viscosité dynamique.
- ✓ des caractéristiques de l'écoulement : la pression, la vitesse, le débit Volume, la hauteur.
- ✓ des caractéristiques de l'installation : la longueur des conduites, le diamètre et la rugosité absolue.

**II-3- Rôle de la pompe:**

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:

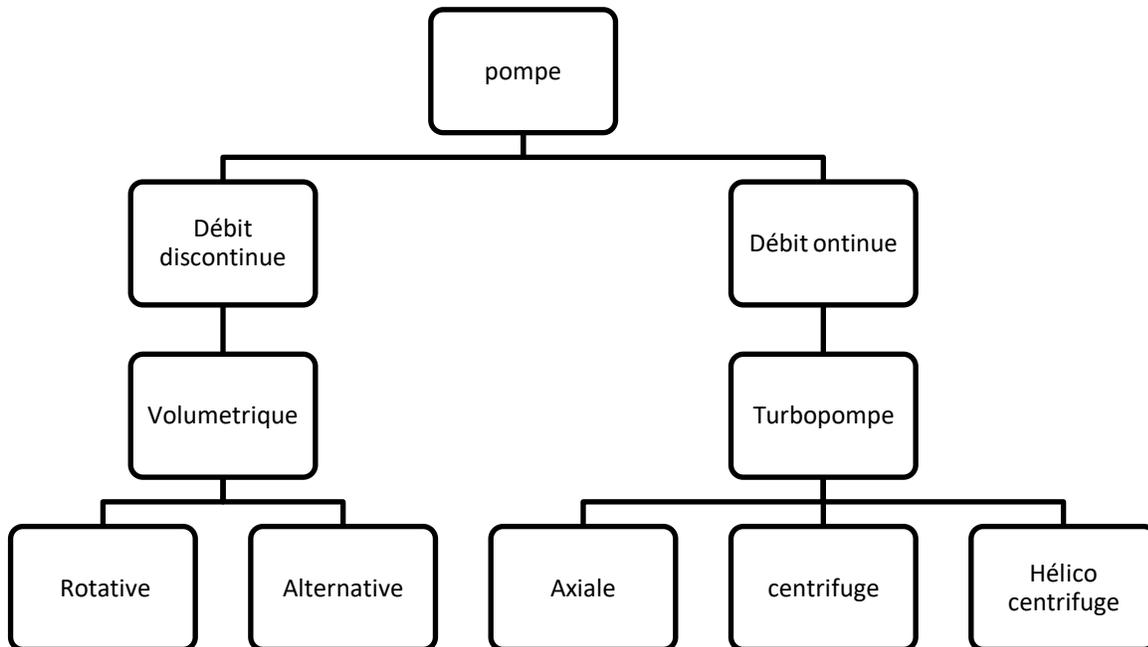
- ✓ Transférer le liquide d'un réservoir situé à un certain niveau vers un réservoir situé à un niveau plus élevé.

- ✓ 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».

#### II-4-Classification des pompes:

Les pompes se subdivisent en deux catégories principales, et chacune d'entre elles se subdivisent en d'autres types ou catégories secondaires. Selon le schéma suivant:



##### II-4-1- Principe de fonctionnement des turbopompes:

Les turbopompes sont actuellement parmi les plus employées des pompes. Les Principales raisons de ce choix sont les suivantes :

Ces appareils étant rotatifs et ne comportant aucune liaison articulée, leur Entraînement par un moteur électrique ou à combustion interne, ne présente Aucune difficulté.

L'encombrement de la turbopompe est environ huit fois moindre que celui des Pompes volumétriques, et peut être encore réduit en adoptant une disposition à axe vertical.

Ce moindre encombrement et un poids plus faible permettent de réaliser d'appréciables économies sur les bâtiments abritant les installations.

De plus, les frais d'entretien d'une turbopompe sont peu élevés.

Suivant le type de rotor et son mode d'action, on distingue dans la catégorie des Turbopompes, les trois principaux types sont :

- ✓ Les pompes centrifuges.
- ✓ Les pompes hélices ou radiales.
- ✓ Les pompes hélico-centrifuges ou semi-axiales.

Les pompes centrifuges sont constituées fondamentalement de :

- ✓ Un distributeur.
- ✓ Un rotor ou une roue.

Pratiquement, leur fonctionnement se résumé en trois étapes :

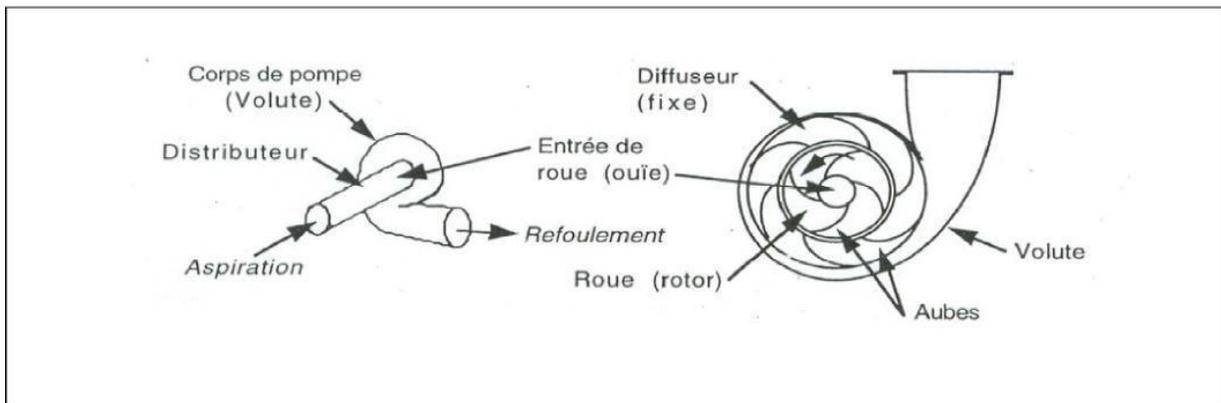
- ✓ L'aspiration : assurée et facilitée par le distributeur ; la vitesse du fluide entrant augmente alors que la pression diminue.
- ✓ L'accélération : assurée par le rotor ; la rotation de la roue augmente la vitesse du liquide et les forces centrifuges augmentent la pression.
- ✓ Le refoulement : assurée par le diffuseur ; la vitesse diminue et la pression augmente, l'énergie cinétique est donc convertie en énergie de pression.

#### **II-4-2- Utilisation:**

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

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

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



**Figure II.9:** schéma d'une pompe centrifuge.

#### II-4-3- Les pompes volumétriques :

Ce sont des pompes à l'intérieur desquelles une transformation d'énergie mécanique en énergie de pression est assurée par un refoulement périodique du liquide. L'énergie de pression est assurée par un refoulement périodique du liquide de la chambre d'aspiration à celle du refoulement à l'aide d'un piston, vis, engrenage et palette.

On distingue deux catégories de pompes volumétriques :

- ✓ Les pompes rotatives.
- ✓ Les pompes alternatives.

#### II-4-4-Principe de fonctionnement:

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos, à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur l'exécution d'un mouvement cyclique, et pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre, l'orifice d'aspiration, et l'orifice de refoulement. On peut distinguer deux grandes classes correspondant à deux principes de fonctionnement : les pompes volumétriques rotatives ou alternatives.

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont, qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire, néanmoins d'examiner la notice du fabricant. Les pompes volumétriques permettent d'obtenir des hauteurs manométriques totales beaucoup plus élevées que les pompes centrifuges.

La pression au refoulement est, ainsi plus importante. Le débit est par contre généralement plus faible, mais il ne dépend pratiquement pas des caractéristiques du réseau. Le rendement est souvent voisin de 90%.

#### II-4-4-1- 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 sont les suivants : à palettes, engrenages, lobes, vis, etc.

#### II-4-4-2- Pompes à engrenages extérieurs :

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 à chevrons. Cette dernière solution présente l'avantage de rendre le mouvement plus uniforme. Ces pompes peuvent tourner vite (2 000 à 3 000 tr/min), elles sont relativement silencieuses et permettent d'atteindre des pressions moyennes au refoulement de l'ordre de 20 à 50 bar. Par contre, elles nécessitent d'avoir quatre coussinets, et deux ou quatre boîtiers d'étanchéité suivant le principe d'entraînement des engrenages. Enfin, elles n'admettent pas le passage de particules solides sous peine de destruction totale.

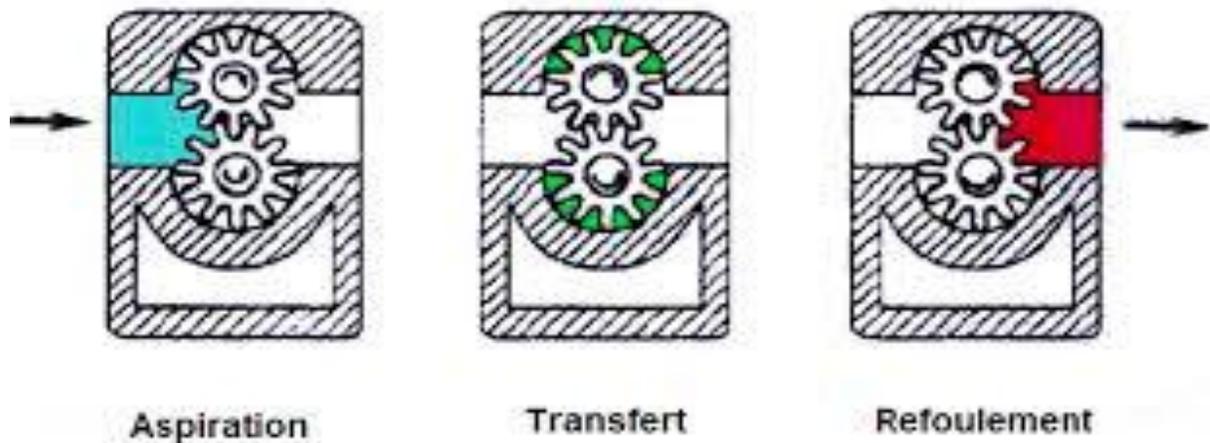


Figure II.10: Pompe à engrenage extérieur.

### II-4-4-3- Pompes volumétriques alternatives:

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 :

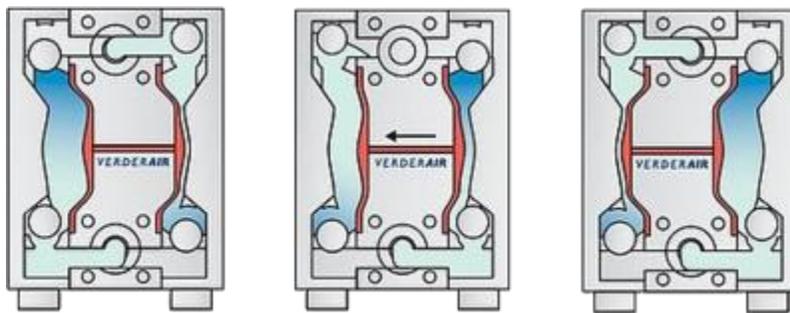
Elles peuvent être à simple effet et, dans ce cas, le piston n'a qu'une seule phase active (premier temps : aspiration, deuxième temps : refoulement) sur les deux que comporte le cycle.

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 près de deux fois plus important et une régularité plus grande dans le refoulement.

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.

#### Pompe à membrane :

Une pompe à doubles membrane est une pompe à déplacement positif qui utilise deux membranes flexibles se déplaçant en va-et-vient, créant ainsi une chambre temporaire qui aspire et expulse le fluide à travers la pompe. Les membranes fonctionnent comme une paroi de séparation entre l'air et le liquide.



**Figure II.11:** Principe de fonctionnement de la pompe à membranes.

Le premier coup :

Les deux membranes sont reliées par un arbre dans la partie centrale où se trouve le distributeur pneumatique. Ce dernier sert à diriger l'air comprimé à l'arrière de la membrane numéro 1, l'éloignant de la partie centrale. La membrane provoque une poussée déplaçant le liquide hors de la pompe. En parallèle, la membrane 2 effectue une course d'aspiration. L'air

derrière la membrane 2 est expulsé vers l'échappement, provoquant la pression d'air qui pousse le liquide vers l'orifice de refoulement. La bille d'aspiration est écartée de son siège, permettant au fluide de remplir la chambre côté liquide.

Le second coup :

Lorsque la membrane 1, sous pression, a atteint la fin de sa course, le mouvement de l'air passe de la membrane 1 à l'arrière de la membrane 2 par le distributeur pneumatique. L'air comprimé expulse la membrane 2 de la partie centrale, entraînant le déplacement de la membrane 1 vers la partie centrale. Dans la seconde chambre de pompage, la bille de clapet est poussée hors de son siège, tandis que le processus inverse se produit dans la première chambre. À la fin de la course, le distributeur pneumatique ramène l'air à l'arrière de la membrane 1 et redémarre le cycle.

## **II-5- type de pompe pour différents liquides:**

### **II-5-1-Pompes pour liquide chauds:**

Ce type de pompes est caractérisé par le fait que les clapets sont éloignés par rapport au cylindre. Le liquide chaud est aspiré et refoulé ici par les colonnes du même liquide qui est refroidi dans les conduites .le liquide chaud ne peut pas pénétrer dans le cylindre. Généralement, on utilise des clapets à billes dans ces pompes, elle est appelée aussi pompes à piston fluide.

### **II-5-2-Pompes pour les liquides abrasifs :**

Dans ce cas, on tache aussi d'isoler les parties du liquide abrasif qui a les Inconvénients suivants

- Usure rapide des parties mobiles du contacte avec les joints.
- Forces des frottements élevées qui occasionnent les pertes mécaniques non négligeables.
- Les constructions de ces pompes sont les suivantes:
  - ✓ Pompe à boue.
  - ✓ Pompe à diaphragme isolant.
  - ✓ Pompe à debit dosable.
  - ✓ Pompes noyées.

**II-6- Les Avantages et inconvénients****II-6-1- les pompes centrifuges**

Les avantages :

- ✓ Machine de construction simple nécessite peu d'entretien.
- ✓ Prix d'achat modéré, coût de maintenance faible.
- ✓ Bon rendement (70% à 80%).
- ✓ Adaptées à toute sorte de liquide.
- ✓ Vitesse de rotation allant de 750 à 3000 tours/min, donc facilement entraîné par un moteur électrique.

Les inconvénients :

- ✓ Impossible de pomper des liquides trop visqueux (les roues tournent sans entraînés le fluide).
- ✓ Production d'une pression différentielle faible (0,5 à 10 bars).
- ✓ La pompe ne s'amorce pas d'elle-même.

**II-6-2- Les pompes volumétriques rotatives :**

Les avantages :

- ✓ Débit régulier.
- ✓ Possibilité d'adjoindre un by-pass.
- ✓ Pompe réversible. Un seul boîtier d'étanchéité. Etanchéité par tresse ou garniture mécanique. Possibilité d'une enveloppe de réchauffage. Seulement deux pièces en mouvement.

Les inconvénients :

- ✓ Porte-à-faux du rotor sur l'arbre.
- ✓ Surtout pas de particules solides.
- ✓ Vitesse et durée de vie fortement diminuées avec les produits abrasifs.
- ✓ Maintenance assez difficile.

**II-6-3- Les pompes volumétriques alternatives:**

Les avantages :

- ✓ Pas de pièces en rotation.
- ✓ D'où simplification de l'étanchéité.
- ✓ Fonctionnement sec sans dommage.

- ✓ Bon rendement ( $\geq 90\%$ ).

Les inconvénients

- ✓ Débit saccadé à fortes pulsations.
- ✓ Vitesses assez faibles.
- ✓ Accepte des viscosités assez faibles.

## **II-7-Principe de fonctionnement des pompes à boue :**

### **II-7-1- Pompes duplex à double effet :**

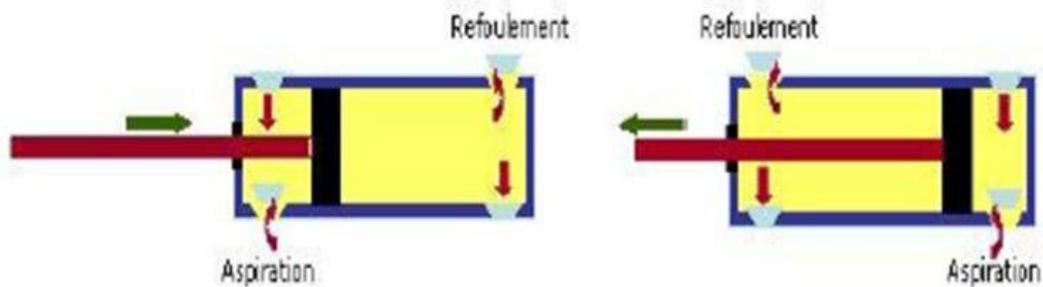


**Figure II.12:** pompe duplex double effet.

Ce sont des pompes qui comportent deux pistons à double effet, c'est-à-dire que chaque piston aspire et refoule des deux cotés, deux clapets (un pour l'aspiration et un autre pour le refoulement) sont placés à l'arrière de chaque cylindre, et deux autres à l'avant. Initialement, le piston est placé au début de sa course, à l'arrière de la chemise, elle-même remplie de boue. Lorsque le piston avance, il aspire la boue par le clapet d'aspiration arrière, ce remplit la chemise derrière lui, tout en poussant la boue initialement dans la chemise, qui est refoulé par le clapet de refoulement avant, et sort vers la conduite de refoulement. Le clapet de refoulement arrière et celui d'aspiration avant sont maintenus fermés par la pression créée par le déplacement du piston.

En reculant, le piston refoule la boue par le clapet de refoulement arrière et l'aspire par celui d'aspiration avant. Les autres clapets sont maintenus fermés par la pression créée par le

déplacement du piston. Ainsi, pendant un aller et retour du piston, c'est-à-dire un tour complet de l'arbre petite vitesse, un piston refoule deux fois le volume de la chemise correspondant à sa course, le même cycle se produit par l'autre piston avec un décalage de  $\frac{1}{4}$  de tour.



**Figure II.13** : principe de fonctionnement de pompe duplex à double effet.

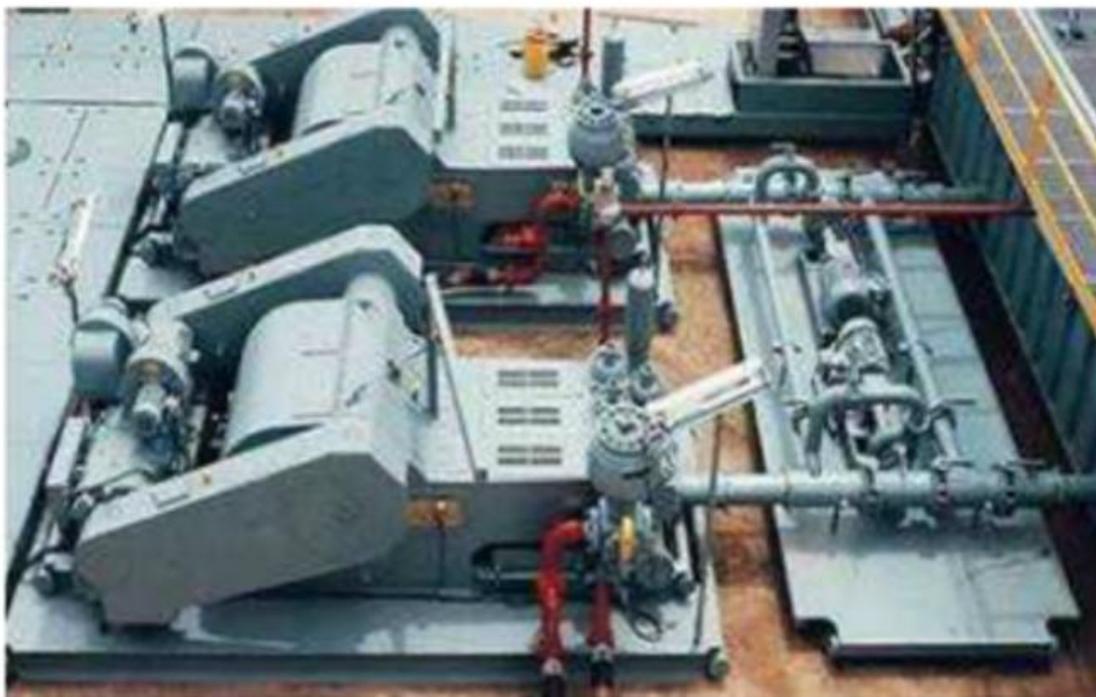
#### II-7-1-1- Avantages et inconvénients de pompe :

Les pompes duplex, malgré qu'elles soient simples et robustes, sont lourdes et leur entretien difficile.

Leur domaine d'utilisation est limité puisque le chemisage minimale est limité (déséquilibre du au cycle double effet) et la vitesse inférieure doit être suffisante pour assurer un graissage

- ✓ le presse- étoupe est un organe délicat et cher.
- ✓ les pompes duplex puissante ne peuvent donc être utilisées ni en carottage ni pour les Phases de forage a faibles diamètres, opération pour lesquelles le débit requis est limité

#### II-7-2- Pompe triplex à simple effet :

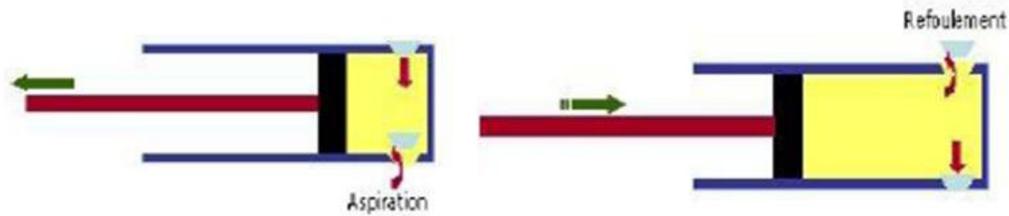


**Figure II.14** : pompe à boue triplex simple effet.

Ce sont des pompes qui comportent trois cylindres dans lesquels coulissent trois pistons à simple effet, c'est-à-dire que chaque piston aspire et refoule d'un seul côté. 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.

Ainsi pendant un aller et retour du piston, c'est à dire un tour complet de l'arbre petite vitesse, un piston refoule une seule fois le volume de la chemise correspondant à sa course. Le même cycle se produit par les autres pistons avec un décalage de  $1/3$  de tour.



**Figure II.15** : principe de fonctionnement d'une pompe à boue simple effet.

### II-7-2-1- Avantages et inconvénients de pompe :

Les avantages :

- Facilités d'entretien et de surveillance. Les chemises apparentes, toute fuite aux pistons est vite décelée. Les interventions sur la pompe sont faciles et rapide du fait du faible poids des pièces d'usure, de l'absence de presse étoupe et de la simplicité du joint de chemise.
- Souplesse dans l'utilisation qui permet :
  - ✓ des débits importants à des pressions non négligeables.
  - ✓ des débits faibles ou moyens à des pressions élevées.
- Faible poids et encombrement.

Les inconvénients :

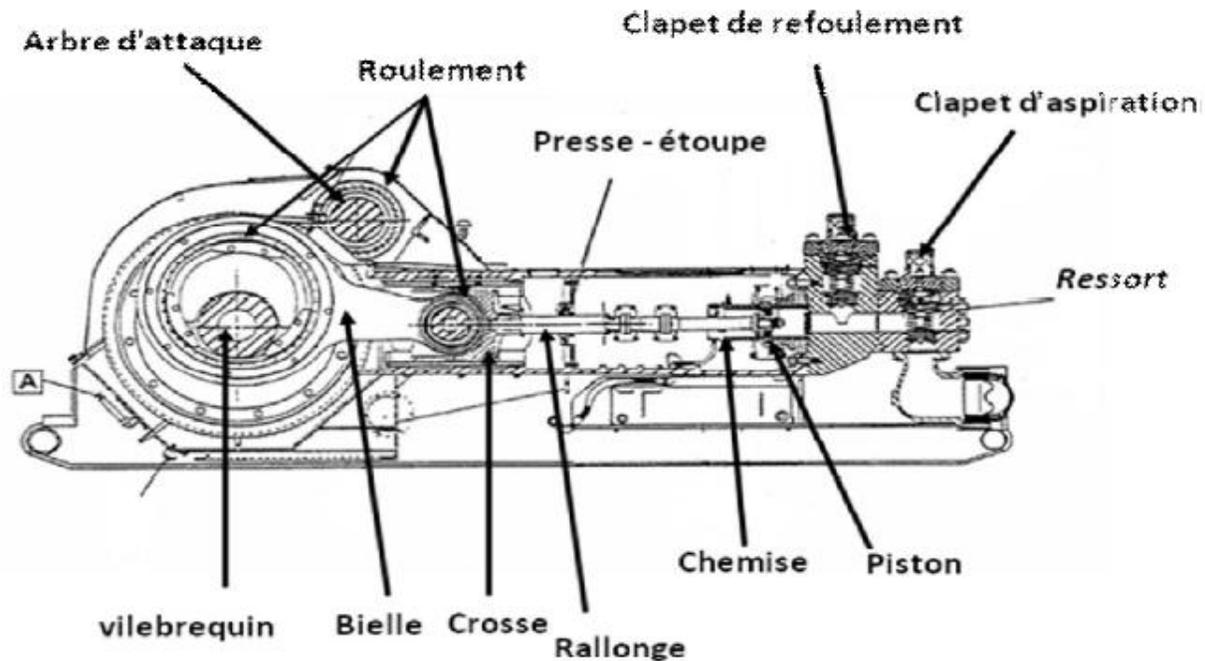
- Suralimentation nécessitée par le mauvais remplissage (siège et clapets très petites et battements très rapides). Il est indispensable d'avoir une pompe centrifuge de suralimentation.
- Nécessité de refroidissement et lubrification de chemise et de l'arrière des pistons.

### II-8- Description de la pompe triplex simple effet 12P160 :

L'équipement, objet de cette étude, utilisée sur le chantier et montée sur l'appareil WDI, RIG 801, de la compagnie Wetherford, en association avec Sonatrach, est du type National Oil – Well, 12P160. Il s'agit d'une pompe volumétrique alternative, à piston, avec mécanisme bielle – manivelle, de type triplex simple effet.

Pour ce type de machine, les manivelles sont décalés à  $120^\circ$  et le nombre de clapet est de six (06), c à d trois (03) à l'aspiration et trois (03) au refoulement.

Elle se compose de deux parties principales, une mécanique et l'autre hydraulique, qui sont montées sur un châssis ski.



**Figure II.16 :** Pompe à boue.

### II-8-1- Construction de la pompe à boue triplex simple effet 12P160 :

Comme toutes les pompes à piston, triplex simple effet, celle du type Oil – Well 12P160 se compose, comme avancé plus haut de :

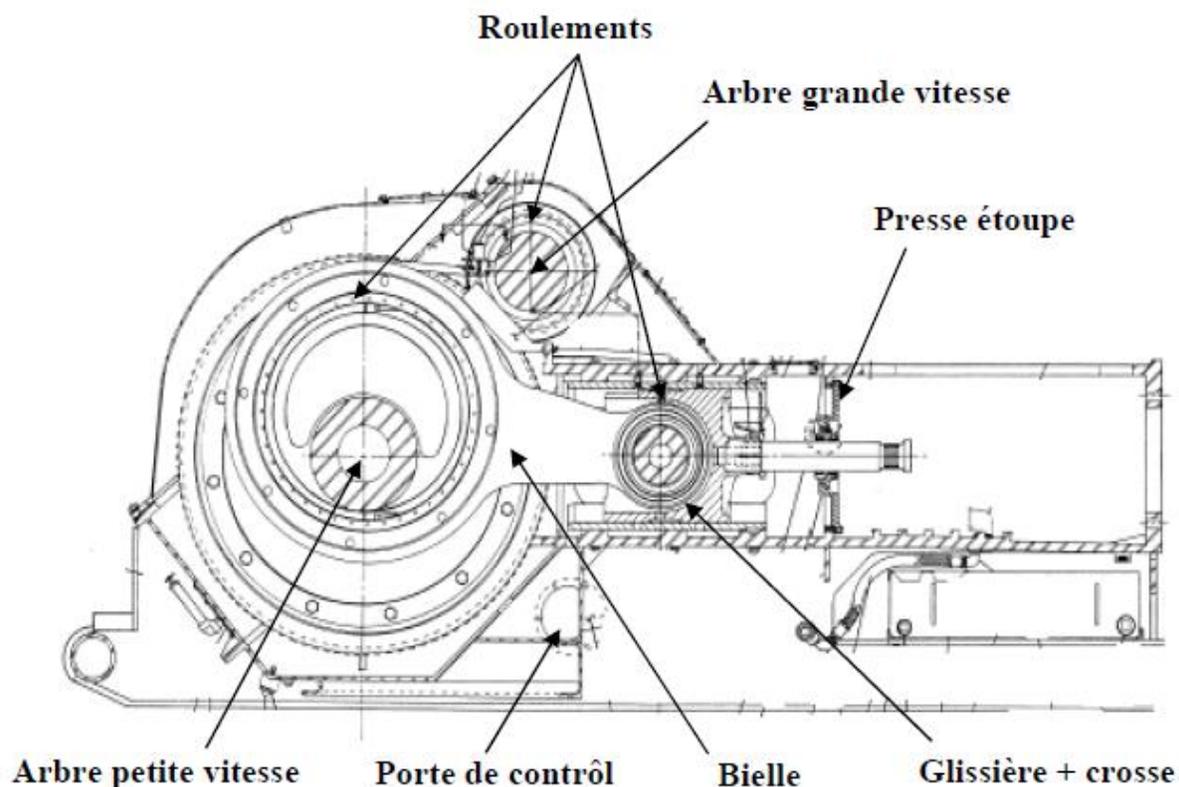
- ✓ Une partie mécanique : qui sert à transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation alternatif, communiqué au piston.
- ✓ Une partie hydraulique : qui est l'ensemble de tous les éléments qui permettent la circulation du fluide de forage.

#### II-8-1-1- La partie mécanique :

La partie mécanique d'une pompe à boue est l'un des facteurs déterminant, notamment en ce qui concerne la valeur d'achat. Elle doit être d'une robustesse permettant une longévité de la machine (longue période de service), sans entretiens importants, en dehors de la lubrification.

Elle se compose des sous ensembles suivants :

- ✓ L'arbre grande vitesse.
- ✓ L'arbre petite vitesse ou vilebrequin.
- ✓ Le système bielle- manivelle.
- ✓ La crosse et la rallonge de crosse.
- ✓ Le bâti/carter de lubrification.
- ✓ Le système d'entraînement (chaîne + pignon + roue dentée).
- ✓ Les roulements.
- ✓ Les pompes à huile.



**Figure II.17** : Partie mécanique d'une pompe à boue.

#### **A- L'arbre grande vitesse :**

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

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

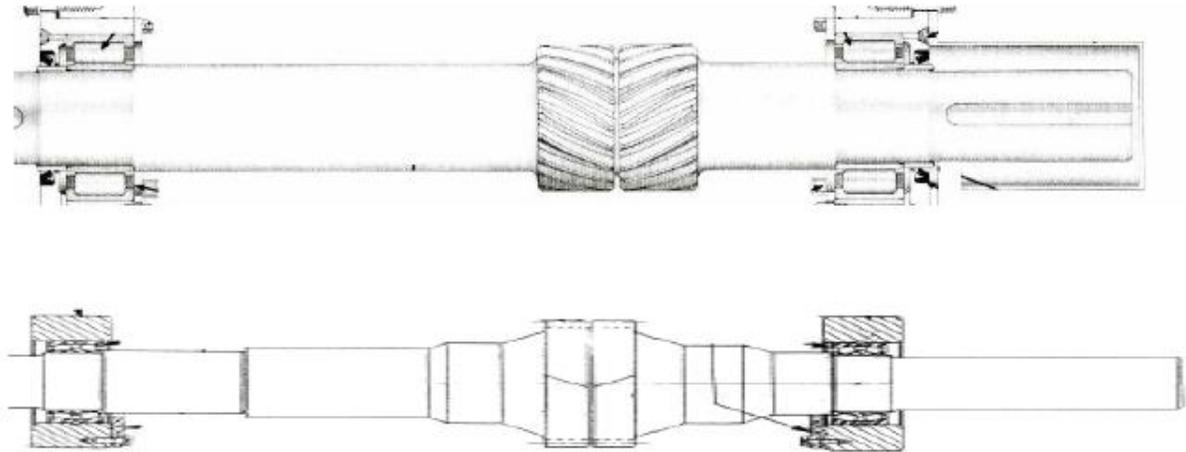


Figure II.18 : L'arbre grande vitesse.

**B- L'arbre petite vitesse ou vilebrequin :**

C'est un organe ayant une forme coudée (excentrique), pour permettre le décalage des courses du piston, dans les chemises (ce décalage est de  $120^\circ$  pour les pompes triplex).

Il existe un rapport entre les petites vitesses et les grandes vitesses, qui est de (3 et 5) et dépend du type de pompe et de sa marque, et est, d'ailleurs, donné par le constructeur.

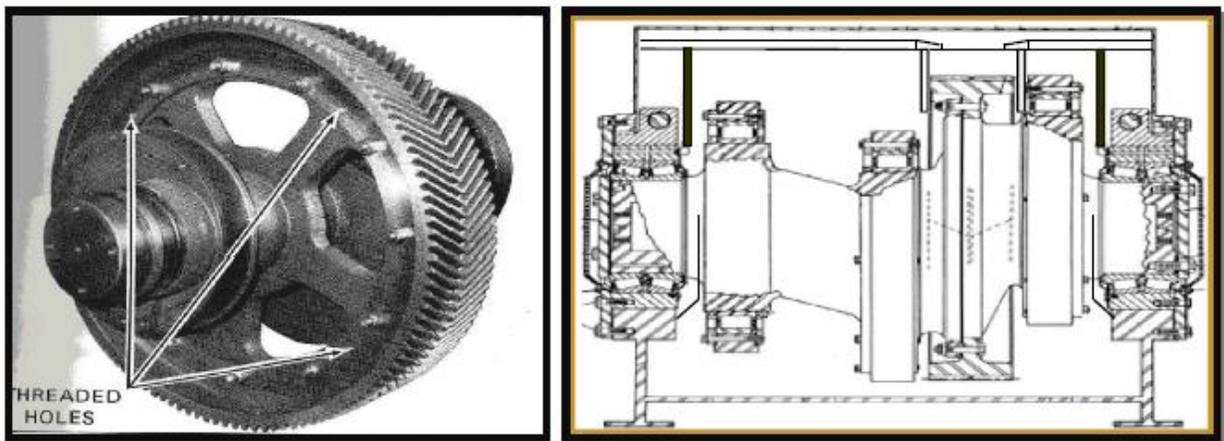


Figure II.19 : L'arbre petite vitesse.

Un rapport de 3.44 par exemple, pour une pompe National 12P160, signifie que pour quatre vingt seize (96) coups/mn au piston, l'arbre grande vitesse et le pignon d'entraînement tournent à  $96 \times 3.44$ . Autrement dit trois cent trente (330) tours/minute.

### C – Système bielle- manivelle :

Sur le vilebrequin sont montées deux (02) ou trois (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.

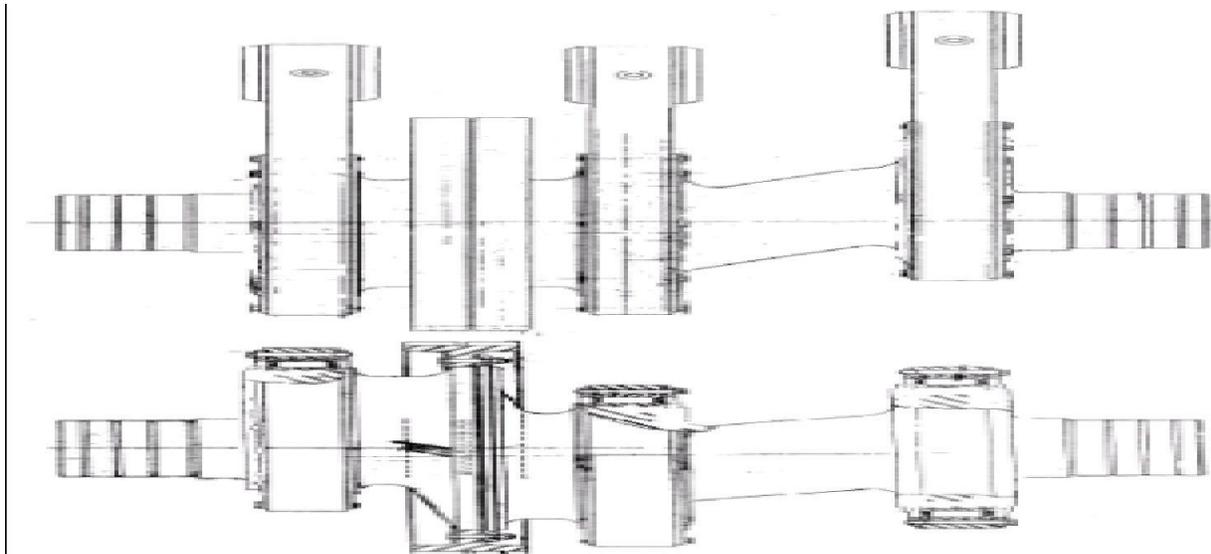


Figure II.20 : Système bielle- manivelle.

### D – La crosse et la rallonge de crosse :

Montées sur les pieds des bielles par l'intermédiaire de roulements, les crosses 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 fabriqué 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, et 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 d'éventuels troubles.

### **F – Les Roulements :**

#### **F- 1 – Les roulements des bielles :**

Ils sont désignés et destinés à supporter des charges radiales et axiales élevées et importantes. Il s'agit ici de roulements à rouleaux cylindriques jointifs, caractérisés par :

- ✓ Leur longévité (durée de service prolongée).
- ✓ La fiabilité des fonctions accrue.

#### **F- 2 –Les roulements des crosses :**

Ce sont des roulements du type à aiguilles, qui présentent les avantages suivants :

- ✓ Une très faible section, dotée d'une capacité de charge relativement élevée.
- ✓ Utilisable sans emploi de 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.

#### **F- 3 –Les roulements de l'arbre grand vitesse :**

On parle ici de roulements à rotule sur rouleaux, qui se caractérisent par les avantages suivants :

- ✓ Peuvent fonctionner à de faible température et à des vitesses relativement importantes.
- ✓ Leur aptitude à supporter des charges relativement considérables.
- ✓ Leur grande longévité et temps de service.



**Figure II.21** : Schéma d'un roulement de bielle.

#### **F- 4 –Les roulements de l'arbre petite vitesse (vilebrequin) :**

Les roulements employés dans ce type d'équipement sont à rouleaux coniques. Ils offrent les avantages suivants :

- ✓ Une large réduction des frottements.
- ✓ Une capacité de charge accrue.

##### **F-4-1 - Le système d'entraînement :**

En pratique, il en existe deux types, qui peuvent être effectués soit :

- ✓ Par moteurs électriques.
- ✓ Par poulies et courroies voire même avec des chaînes.

##### **F-4-2- 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 grande 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.

**F-4-3- 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.

**II-8-1-2-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 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.

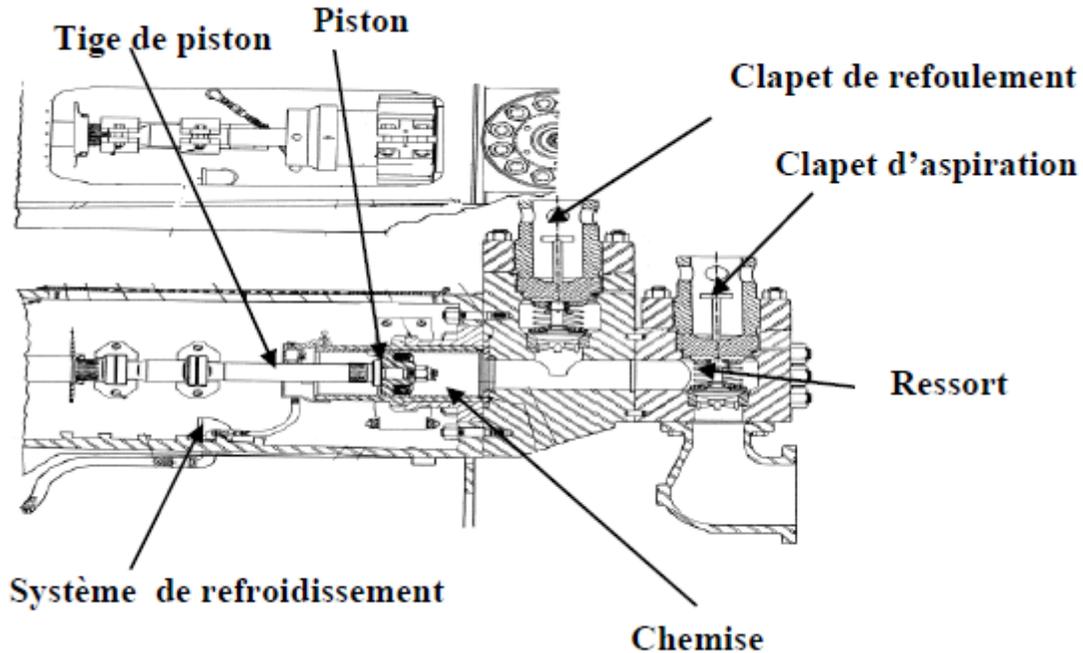


Figure II.22 : Partie hydraulique.

### 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 circlips 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.

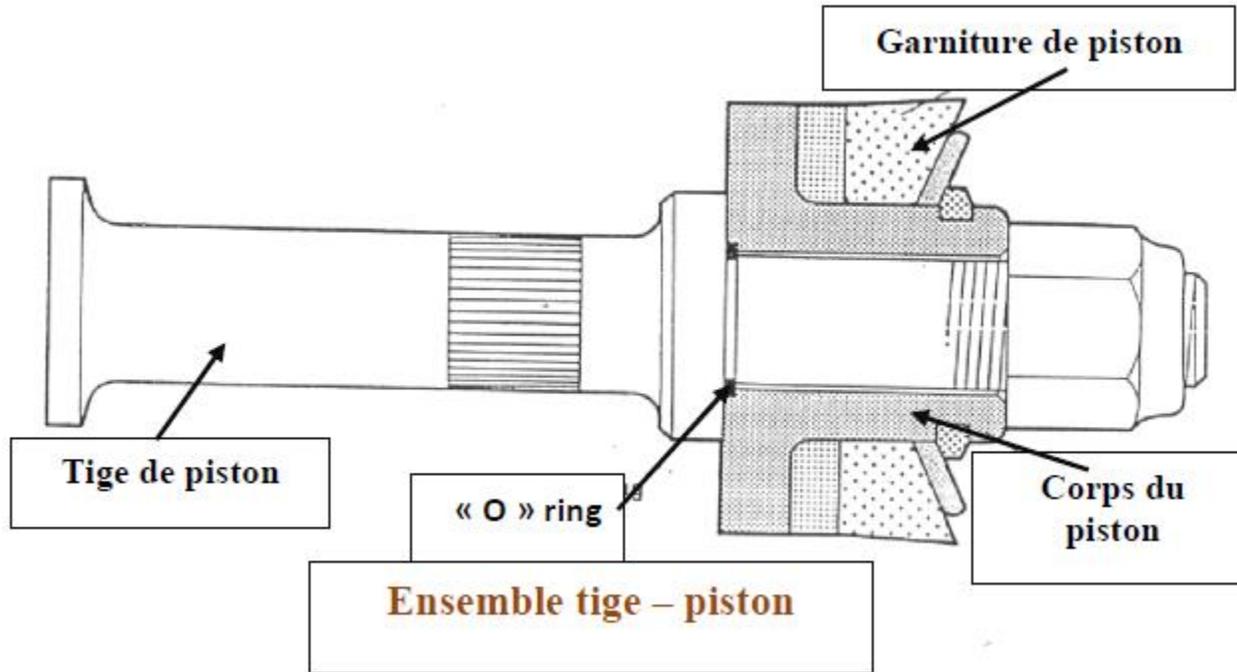


Figure II.23 : Le piston et la tige de piston d'une pompe à boue.

### C - Les chemises :

Les chemises des pompes sont des pièces usinées avec une 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 corps de la pompe et maintenues en place par des dispositifs qui diffèrent légèrement suivant les constructeurs.

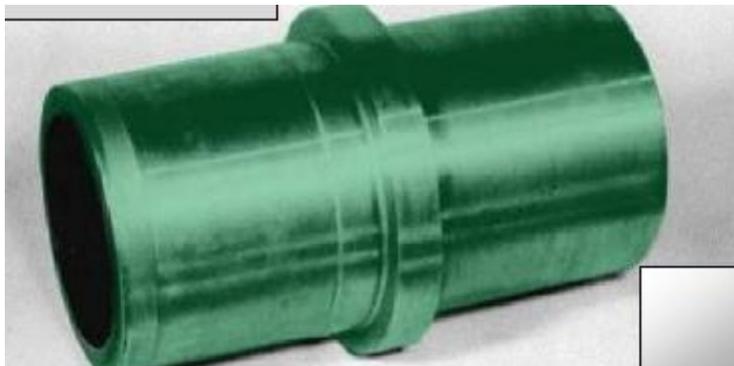


Figure II.24 : Schéma d'une chemise.

**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 principal avantage c'est qu'ils ont le diamètre 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.



**Figure II.25 :** Sièges et clapets.

**II-8-2- 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, celle – ci aspire l'eau à partir des bacs d'eau et la refoule sous forme de jets continus dans la partie hydraulique.

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

**II-9-Annexes de la pompe à boue :**

Les pompes de forage comportent les équipements auxiliaires suivants :

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

### II-9-1-L'amortisseur de pulsations type "HYDRIL" :

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.

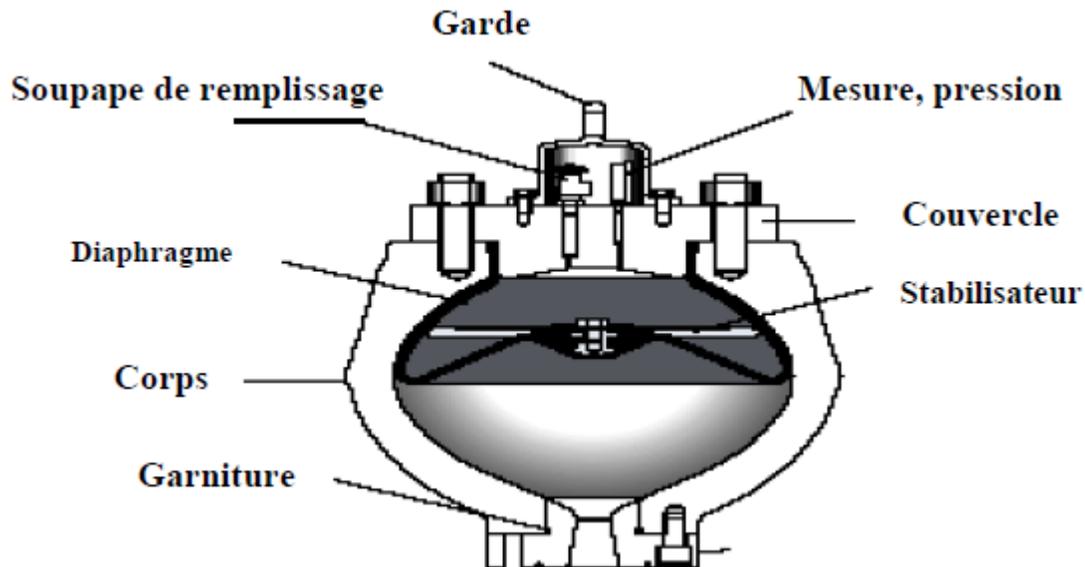


Figure II.26 : L'amortisseur de pulsations.

### II-9-2-Soupape de décharge ou de sécurité :

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

## II-10-Principe de fonctionnement et débit instantané :

### II-10-1- 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).

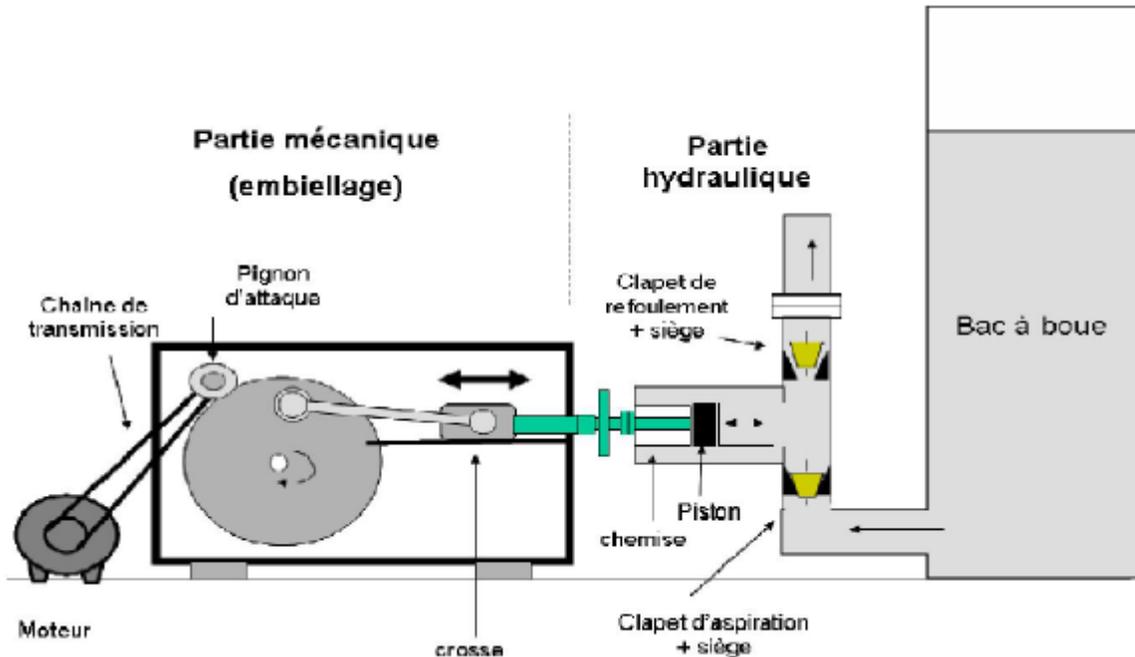


Figure II.27 : Principe de fonctionnement des pompes triplex.

## II-10-2-Débit instantané :

### II-10-2-1-Débit instantané par cylindre :

La vitesse instantanée du piston suit une évolution qui a été étudiée pour les pompes triplex, qui 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.

### II-10-2-2- 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 en est en  $2/3$ ).

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

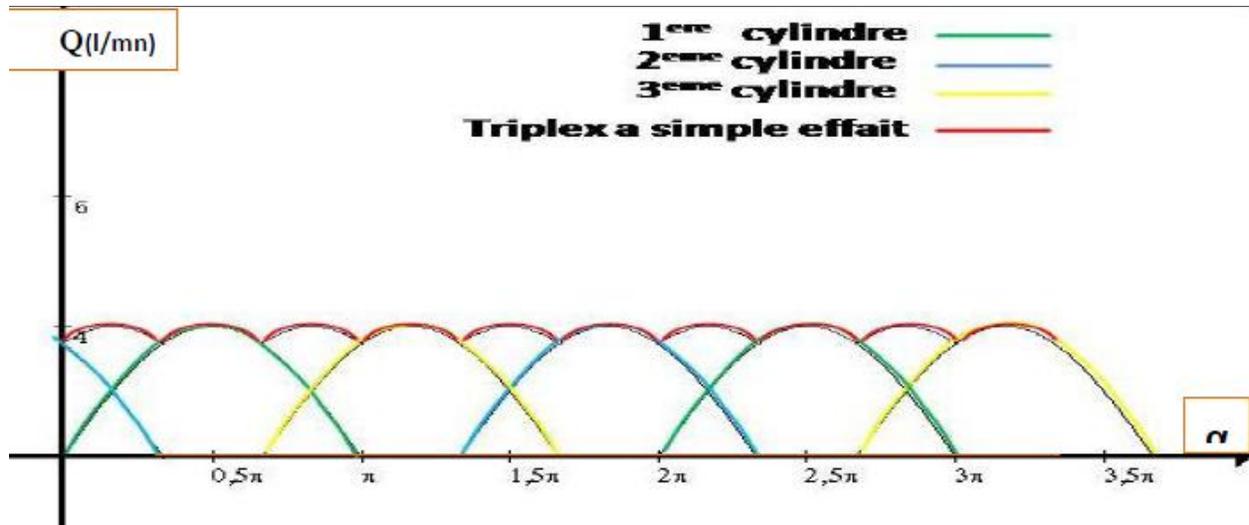


Figure II.28 : Débit instantané de la pompe triplex simple effet.

### II-11-Particularités :

Pour éviter les inconvénients, on utilise de plus en plus à l'heure actuelle, la suralimentation des pompes à boue. Elles 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 et le débit obtenu est plus grand.

#### II-11-1- 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 de leur assurer un fonctionnement mécanique plus doux et parfait, comme elle permet également d'obtenir la pleine utilisation des puissances hydrauliques.

### II-12-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, comme elles sont aussi caractérisées par :

#### II-12-1-Les caractéristiques principales sont :

- ✓ La puissance mécanique ou nominale.
- ✓ La vitesse.
- ✓ La course.

- ✓ Le diamètre des chemises.

**II-12-2-Elles sont définies par :**

- ✓ Le couple maximal sur l'arbre d'attaque.
- ✓ Les débits.
- ✓ Les pressions maximales.
- ✓ La puissance hydraulique.

**II-12-3-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 est donnée par :

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

Où :

C : la course du piston.

d : diamètre intérieur de la chemise.

**II-12-4-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-12-5-Le débit :**

Les débits requis en forage varient en fonction de diamètre foré. Il est important, pendant les premières phases (26", 16"), plus petit en fin de forage (8"<sup>1/2</sup>, 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.

**II-12-5-1-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.

Il peut être estimé par la relation suivante :

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

Où :

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

C : Course de piston (mm) ;

D : Diamètre de la chemise (mm).

### II-12-6-Le rendements :

Par suite de remplissages, parfois incomplets des cylindres, des fuites se produisent 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.

#### II-12-6-1-Le rendement volumétrique :

On appelle rendement volumétrique, le rapport entre les débits, réel et 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 et 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.

#### II-12-6-2- Le 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 simple effet.

**II-12-7-La 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-12-8-La puissance :****II-12-8-1- La 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 de la pression de refoulement. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$p_h = p_r \times Q_r$$

Où :

$P_h$  : la puissance hydraulique.

$P_r$  : la pression de refoulement.

$Q_r$  : le débit réel.

**II-12-8-2- La puissance mécanique :**

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

**II-13-Les avantages et les inconvénients de la pompe triplex simple effet 12P160 :****II-13-1-Les avantage :**

La pompe triplex, simple effet, présente quelques avantages, qu'il est utile de citer :

- ✓ Une facilite d'entretien et de surveillance. Les chemises sont apparentes, toute fuite aux pistons est vite décelée.
- ✓ Une souplesse dans l'utilisation qui permet d'obtenir.
- ✓ Des débits importants à des pressions non négligeables.
- ✓ Des débits faibles ou moyens à des pressions élevées.

**II-13-2-Les inconvénients :**

Quelque soit les avantage qu'offrent cette pompe (triplex simple effet) cela n'empêche qu'elle présente des inconvénients aussi tel que :

- ✓ Elle nécessite une suralimentation, de par le mauvais remplissage. Pour ce faire, il est indispensable d'avoir, à disposition une bonne pompe centrifuge de suralimentation.
- ✓ Pour toutes les pompes simples effet, un refroidissement et une lubrification de la chemise et de l'arrière des pistons, sont indispensable.

**I-14-conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons fourni un aperçu des pompes et de leur classification.

***Chapitre III :***  
***Calcul de la pompe Oil-Well***  
***12P160***

**III-1- Introduction :**

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

Le but de ce calcul est de déterminer la puissance mécanique à installer sur les pompes de forage et la puissance nécessaire des moteurs électriques d'entraînement de la pompe.

Pour cela on détermine les pertes de charge pour un puits de 3 600 m. Calcul des pertes de charge.

**III-2- Signification des pertes de charges :**

Tout fluide en mouvement notamment, dans une conduite, perd une partie de son énergie par dissipation en forces de frottement, on parle de :

- ✓ Frottements internes au fluide, dus à sa viscosité.
- ✓ Frottements externes 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 de 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 :

- ✓ À l'intérieur des duses de l'outil.
- ✓ Dans le circuit de surface.
- ✓ À l'intérieur de la garniture :
  - À l'intérieur des tiges de forage.
  - À l'intérieur de masse-tige.
  - À l'intérieur de tige lourde.
- ✓ À 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 – joints correspond à 5% de la somme des longueurs des tiges, ainsi que le diamètre intérieur du tool – joint égale à (3" ¼).

On néglige la différence de diamètre entre les tool – joints et les tiges de forage, dans le cas du calcul des pertes à l'intérieur de l'espace annulaire, c.-à-d. 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 :

### III-3- Les équations de perte de charge utilisées en forage :

#### III-3-1- Les pertes de charge aux installations de surface :

$$P = N_1 \times B$$

$B$  : Coefficient correspondant à la boue en circulation.

$N_1$  : Coefficient des pertes de charge.

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

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

$\mu$  : Viscosité en [cp].

#### III-3-2- Les pertes de charge dans les orifices du trépan :

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

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

$A$  : aire totale des duses en [in<sup>2</sup>].

$C$  : coefficient d'orifice.

#### III-3-3- Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture :

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

$L$  : longueur en [m].

$D$  : diamètre intérieur de la garniture.

#### III-3-4- Les pertes de charge dans l'espace annulaire :

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

$D_0$  : diamètre extérieur annulaire [in].

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

Trou foré	Diamètre (in)	Phase 26 "	phase 16 "	Phase 12 <sup>1/4</sup> "	phase 8 <sup>1/2</sup> "
	Profondeur forée (m)	468	1009	2695	3600
Tubage	Diamètre extérieur (in)	18 <sup>5/8</sup>	13 <sup>3/8</sup>	9 <sup>5/8</sup>	7
	Poids linière (lb/ft)	89,5	68,00	47,00	35,00
	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)	3,5	3,5	3,5	3,5
	Longueur (m)	100	100	100	100
Masse tige	Diamètre extérieur (in)	9	9	9	6 <sup>1/2</sup>
	Diamètre intérieur (in)	4,75	4,75	4,75	2 <sup>13/16</sup>
	Longueur (m)	133	152	133	253
Trépan	TFA (in <sup>2</sup> )	1,096	0,994	1,037	0,907

III-4- Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage :

III-4-1- Première phase (26") :

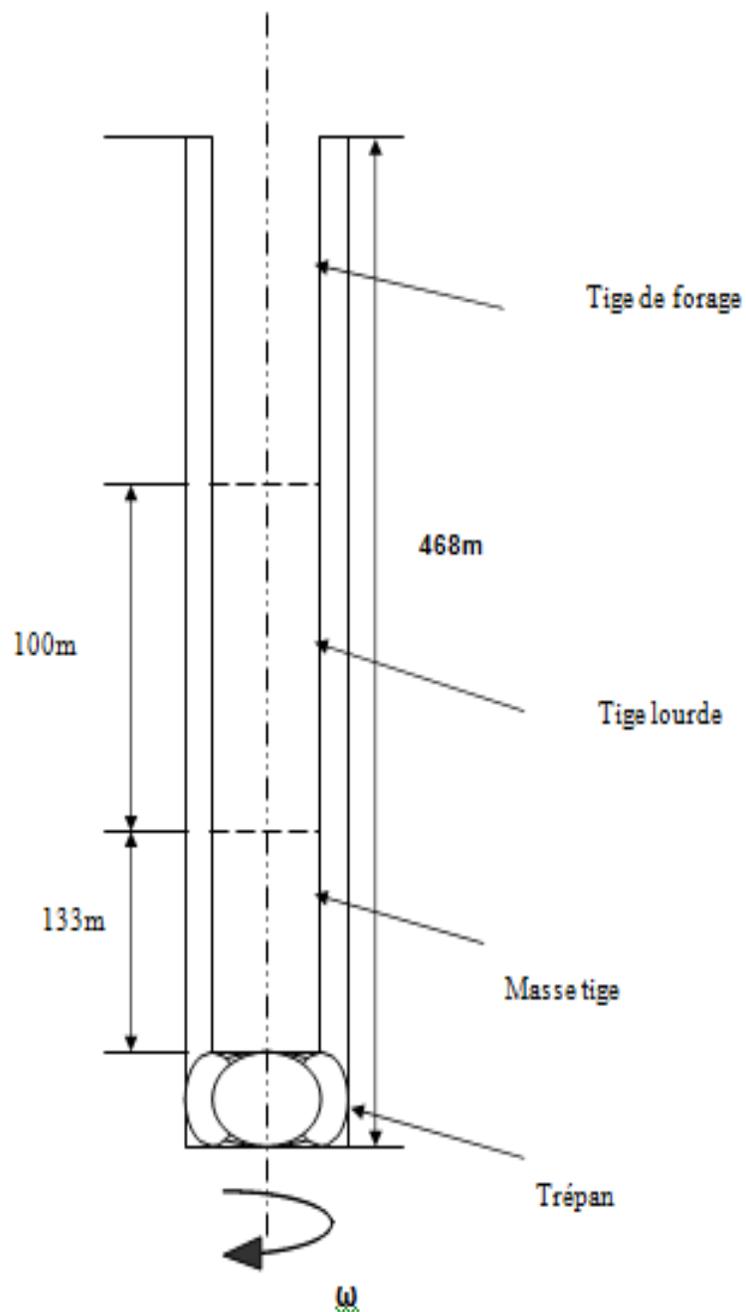


Figure III.29 : Première Phase de forage.

À l'intérieur de la garniture :

**1. Tool – joint :**

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

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

$$LTJ = 0,05 \cdot 75 = 3,75 \text{ m et } DTJ = 3 \frac{1}{4} = 3,25 \text{''}$$

$$P = \frac{3,75 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 95,32 \text{ Kpa}$$

**2. Tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{75 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} \quad P_{DP} = 510,82 \text{ Kpa}$$

**3. Tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{901,63 \times 3,5^{4,8}} \quad P_{HW} = 1780,15 \text{ Kpa}$$

**4. Masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{133 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{901,63 \times 4,75^{4,8}} \quad P_{DC} = 546,64 \text{ Kpa}$$

**b. Espace annulaire :**

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

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

$$P_{DP} = \frac{75 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{706,96 \times (26 + 5)^{1,8} \times (26 - 5)^3} \quad P_{DP} = 0,16 \text{ Kpa}$$

**2. Trou / tige lourde :**

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

$$P_{DP} = \frac{100 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{706,96 \times (26 + 5)^{1,8} \times (26 - 5)^3} \quad P_{DP} = 0,19 \text{ Kpa}$$

**3. Trou / masse tige :**

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

$$P_{DP} = \frac{133 \times 1,05^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{706,96 \times (26 + 9)^{1,8} \times (26 - 9)^3} \quad P_{DC} = 0,29 \text{ Kpa}$$

**c. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{1,06 \times 3700^2}{2959,41 \times 0,95^2 \times 1,096^2} \quad P_t = 4523,09 \text{ Kpa}$$

**d. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \times B$$

$NI=378$  (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.

$$P_s = 378 \times 1,05^{0,8} \times 77^{0,2} \quad P_s = 937,44 \text{ Kpa}$$

La perte de charge totale :

$$P_{tot} = 95,32 + 510,82 + 1780,15 + 546,64 + 0,16 + 0,19 + 0,29 + 4523,09 + 937,44$$

$$P_{tot} = 15394,1 \text{ Kpa}$$

III-4-2- Deuxième phase (16"):

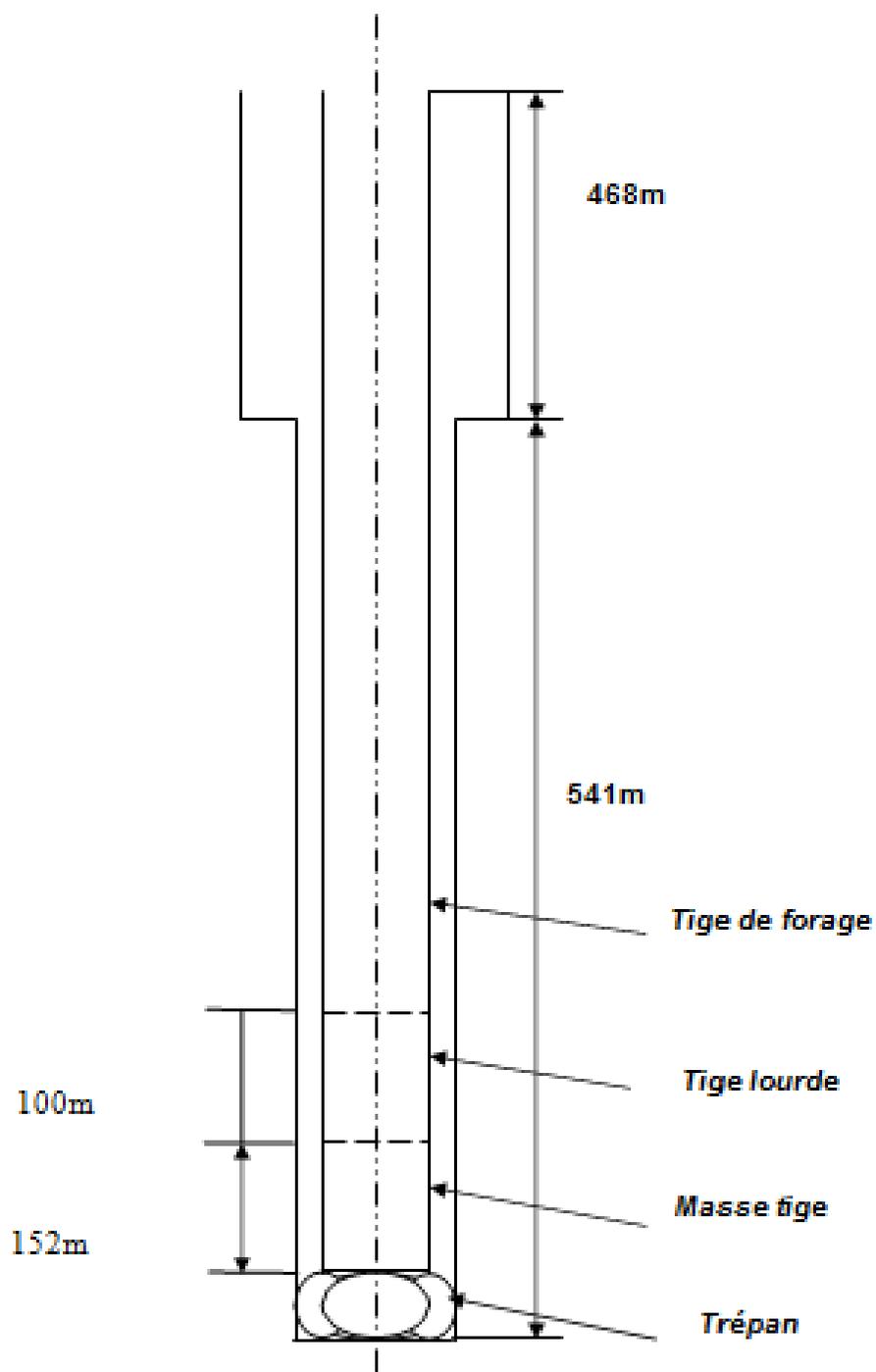


Figure III.30 : Deuxième Phase de forage.

À l'intérieur de la garniture :

**1. Tool – joint :**

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

$L_{TJ} = 0,05 \cdot 603 = 30 \text{ m}$  et  $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4} = 3,25 \text{''}$

$$P = \frac{30 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 683,19 \text{ Kpa}$$

**2. Tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{603 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} \quad P_{DP} = 3710,34 \text{ Kpa}$$

**3. Tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3,5^{4,8}} \quad P_{HW} = 1595,07 \text{ Kpa}$$

**4. Masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{152 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 4,75^{4,8}} \quad P_{DC} = 559,78 \text{ Kpa}$$

**b. Espace annulaire :**

**1. Tubage / tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{313 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96 \times (18,625 + 5)^{1,8} \times (18,625 - 5)^3} \quad P_{DP} = 3,47 \text{ Kpa}$$

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

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

$$P_{DP} = \frac{291 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96 \times (16 + 5)^{1,8} \times (16 - 5)^3} \quad P_{DP} = 7,58 \text{ Kpa}$$

**3. Trou / tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96 \times (16 + 5)^{1,8} \times (16 - 5)^3} \quad P_{HW} = 2,43 \text{ Kpa}$$

**4. Trou / masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{152 \times 1,3^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 77^{0,2}}{706,96 \times (16 + 9)^{1,8} \times (16 - 9)^3} \quad P_{DC} = 7,18 \text{ Kpa}$$

**c. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{1,3 \times 3300^2}{2959,41 \times 0,95^2 \times 0,994^2} \quad P_t = 5364,70 \text{ Kpa}$$

**d. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \times B$$

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

$$P_s = 259 \times 1,3^{0,8} \times 53^{0,2} \quad P_s = 706,82 \text{ Kpa}$$

La perte de charge totale :

$$P_{tot} = 683,19 + 3710,34 + 1595,07 + 559,78 + 3,47 + 7,58 + 2,43 + 7,18 + 5364,70 \\ + 706,82$$

$$P_{tot} = 19640,56 \text{ Kpa}$$

III-4-3- Troisième phase (12<sup>1/4</sup>" :

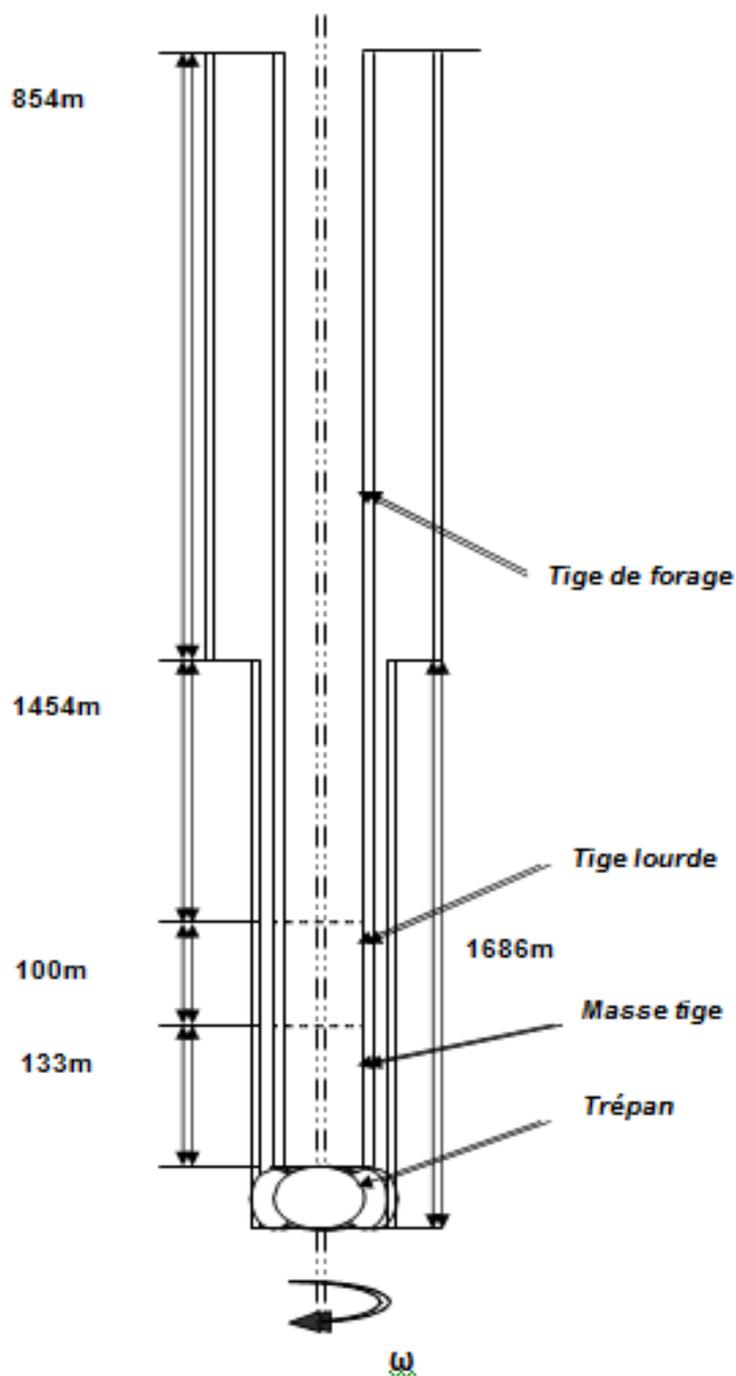


Figure III.31 : Troisième Phase de forage.

À l'intérieur de la garniture :

**1. Tool – joint :**

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

$L_{TJ} = 0,05.2308 = 115 \text{ m}$  et  $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$ .

$$P = \frac{115 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 2374,51 \text{ Kpa}$$

**2. Tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{603 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} \quad P_{DP} = 12297,91 \text{ Kpa}$$

**3. Tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{901,63 \times 3,5^{4,8}} \quad P_{HW} = 1446,73 \text{ Kpa}$$

**4. Masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{133 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{901,63 \times 4,75^{4,8}} \quad P_{DC} = 444,26 \text{ Kpa}$$

**b. Espace annulaire :**

**1. Tubage / tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{1009 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96 \times (13,375 + 5)^{1,8} \times (13,375 - 5)^3} \quad P_{DP} = 55,67 \text{ Kpa}$$

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

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

$$P_{DP} = \frac{1454 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96 \times (12,25 + 5)^{1,8} \times (12,25 - 5)^3} \quad P_{DP} = 164,64 \text{ Kpa}$$

**3. Trou / tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96 \times (12,25 + 5)^{1,8} \times (12,25 - 5)^3} \quad P_{HW} = 44,31 \text{ Kpa}$$

**4. Trou / masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{133 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96 \times (12,25 + 6,5)^{1,8} \times (12,25 - 6,5)^3} \quad P_{DC} = 24,11 \text{ Kpa}$$

**c. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{1,3 \times 3061^2}{2959,41 \times 0,95^2 \times 1,037^2} \quad P_t = 4061,76 \text{ Kpa}$$

**d. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \times B$$

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

$$P_s = 161 \times 1,3^{0,8} \times 64^{0,2} \quad P_s = 455,63 \text{ Kpa}$$

La perte de charge totale :

$$P_{tot} = 2374,51 + 12297,91 + 1446,73 + 444,26 + 55,67 + 164,64 + 44,31 + 24,11 \\ + 4061,76 + 455,63$$

$$P_{tot} = 27369,53 \text{ Kpa}$$

III-4-4- Quatrième phase (8½") :

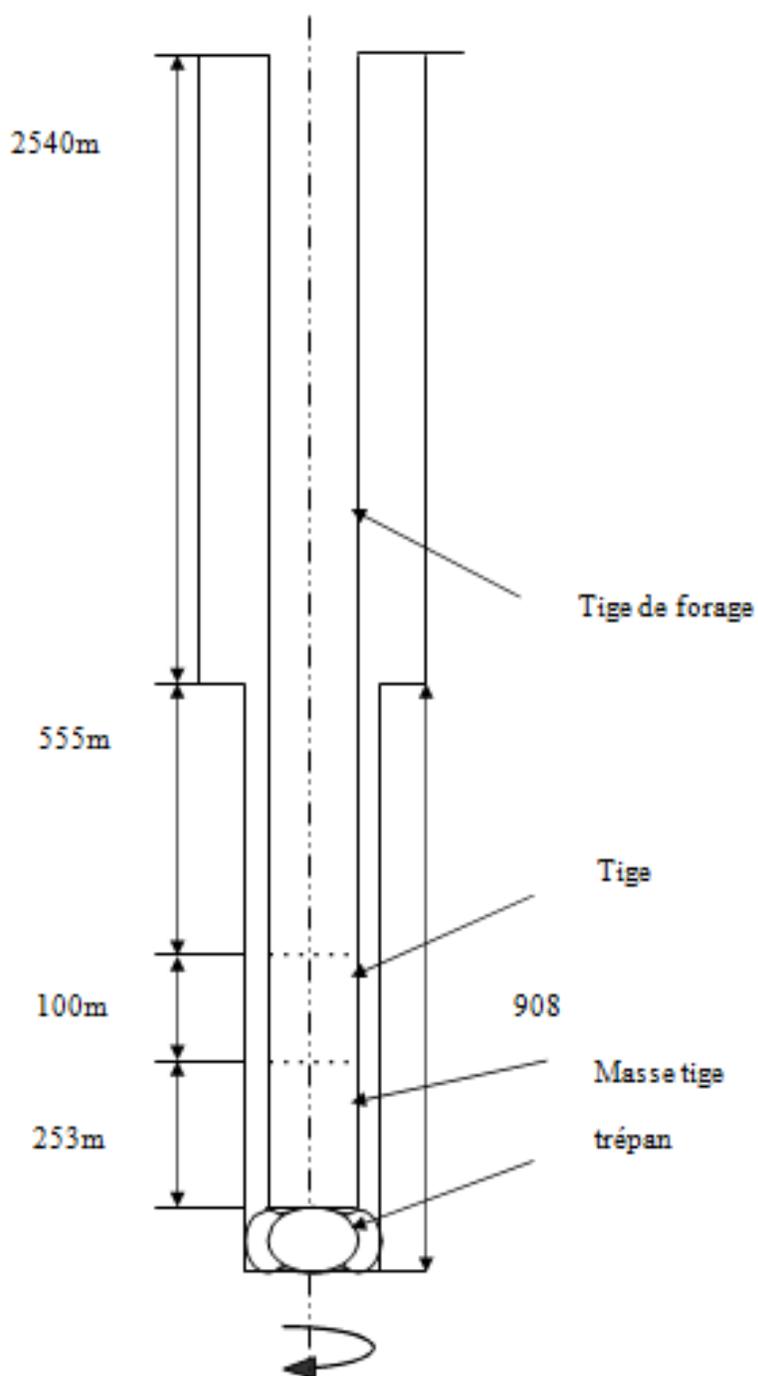


Figure III.32 : Quatrième phase de forage.

À l'intérieur de la garniture :

**1. Tool – joint :**

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

$L_{TJ} = 0,05.3903 = 195 \text{ m}$  et  $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$ .

$$P = \frac{195 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 3409,22 \text{ Kpa}$$

**2. Tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{3903 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} \quad P_{DP} = 18284,27 \text{ Kpa}$$

**3. Tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 3,5^{4,8}} \quad P_{HW} = 2715,33 \text{ Kpa}$$

**4. Masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{244 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}} \quad P_{DC} = 8575,5 \text{ Kpa}$$

**b. Espace annulaire :**

**1. Tubage / tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{2695 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96 \times (7 + 5)^{1,8} \times (7 - 5)^3} \quad P_{DP} = 23096,55 \text{ Kpa}$$

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

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

$$P_{DP} = \frac{555 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96 \times (8,5 + 5)^{1,8} \times (8,5 - 5)^3} \quad P_{DP} = 763,45 \text{ Kpa}$$

**3. Trou / tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{100 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96 \times (8,5 + 5)^{1,8} \times (8,5 - 5)^3} \quad P_{HW} = 145,12 \text{ Kpa}$$

**4. Trou / masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{244 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96 \times (8,5 + 6,5)^{1,8} \times (8,5 - 6,5)^3} \quad P_{DC} = 1488,09 \text{ Kpa}$$

**c. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{2,03 \times 2270^2}{2959,41 \times 0,95^2 \times 0,907^2} \quad P_t = 4809,98 \text{ Kpa}$$

**d. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \times B$$

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

$$P_s = 161 \times 2,03^{0,8} \times 69^{0,2} \quad P_s = 661,71 \text{ Kpa}$$

La perte de charge totale :

$$P_{tot} = 3409,22 + 18284,27 + 2715,33 + 8575,5 + 23096,55 + 763,45 + 145,12 \\ + 1488,09 + 4809,98 + 661,71 \\ P_{tot} = 63949,22 \text{ Kpa}$$

Les pertes de charge dans chaque phase de forage sont énumérées comme suit :

- ✓ 1<sup>ère</sup> phase:  $P_{tot} = 15394,1 \text{ kPa}$ .
- ✓ 2<sup>ème</sup> phase:  $P_{tot} = 19640,56 \text{ kPa}$ .
- ✓ 3<sup>ème</sup> phase :  $P_{tot} = 27369,53 \text{ kPa}$ .
- ✓ 4<sup>ème</sup> phase :  $P_{tot} = 63949,22 \text{ kPa}$

Ce qui nous fait apparaître que la perte de charge augmente à chaque phase, même si 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), pris respectivement égale à 0,9 et 0,95.

### **III-5- Calcul de la puissance mécanique :**

#### **III-5-1- Première phase :**

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

$$P_{m1} = \frac{1636,45 \times 1500}{0,9 \times 0,95 \times 44750} \qquad P_{m1} = 64,15 \text{ HP}$$

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

1HP=1.013 chevaux vapeurs.

#### **III-5-2- Deuxième phase :**

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

$$P_{m2} = \frac{9766,83 \times 2805}{0,9 \times 0,95 \times 44750} \qquad P_{m2} = 716,02 \text{ HP}$$

#### **III-5-3- Troisième phase :**

$$P_{m3} = \frac{P_{ref3} \times Q_{r3}}{\eta_m \times \eta_t \times 44750}$$

$$P_{m3} = \frac{23292,82 \times 2930}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m3} = 1768,23 \text{ HP}$$

**III-5-4- Quatrième phase :**

$$P_{m4} = \frac{P_{ref4} \times Q_{r4}}{\eta_m \times \eta_t \times 44750}$$

$$P_{m4} = \frac{47530,21 \times 2000}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m4} = 2484,51 \text{ HP}$$

**III-6- Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase :**

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

A. Première phase :  $P_{hr1} = 54,84 \text{ HP}$

B. Deuxième phase :  $P_{hr1} = 612,27 \text{ HP}$

C. Troisième phase :  $P_{hr1} = 1511,84 \text{ HP}$

D. Quatrième phase :  $P_{hr1} = 2124,24 \text{ HP}$

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau :

Phase	débit	Puissance hydraulique	Puissance mécanique	Pression
	[l/mn]	[HP]	[HP]	[kPa]
26"	3700	1332,29	1558,23	15394,1
16"	3300	1520,28	1778,1	19640,56
12" <sup>1/4</sup>	3000	1840,6	2152,75	27369,53
8" <sup>1/2</sup>	2270	3247,04	3797,71	63949,22

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 NATIONAL OIL WEL 12P160 à simple effet. Avec l'utilisation d'un groupe des pompes on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

### III-7- Nombre de pompe dans chaque phase :

#### III-7-1- Détermination du nombre de coups par minute pour chaque phase :

Dans le chantier (RIG 801), la pompe travaille avec une seul chemisage (6") pour toutes les phases ; ce qui entraîne la variation de nombre de coups par minute de la pompe.

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

**III-7-1-1 Première phase :**

1coup = 16,68 l (volume/course)

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_{unitaire}} = \frac{3700}{16,68} \qquad N_1 = 222 \text{ coup/mm}$$

**III-7-1-2- Deuxième phase :**

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_{unitaire}} = \frac{3300}{16,68} \qquad N_2 = 198 \text{ coup/mm}$$

**III-7-1-3- Troisième phase :**

$$N_3 = \frac{Q_3}{Q_{unitaire}} = \frac{3061}{16,68} \qquad N_3 = 184 \text{ coup/mm}$$

**III-7-1-4- Quatrième phase :**

$$N_4 = \frac{Q_4}{Q_{unitaire}} = \frac{2270}{16,68} \qquad N_4 = 136 \text{ coup/mm}$$

**III-7-2- Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase :**

<i>Phase</i>	26"	16"	12"1/4	8"1/2
<i>(Coups/mn)</i>	222	198	184	136

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-8- Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase :**

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

Di : Diamètre intérieur de la chemise [m].

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

Qi : Débit de la boue de chaque phase (m<sup>3</sup>/s).

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

C: Course de piston c = 0,3048 m.

α: Coefficient du débit de la pompe = 0,9.

**III-8-1- Première phase :**

$$Q_1 = \frac{3700}{2} = 1850l/mn$$

(Débit de la boue pour une seule pompe).

$$D_1 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1850/60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,1542m \quad D_1 = 154,2mn$$

**III-8-2- Deuxième phase :**

$$Q_2 = \frac{3300}{2} = 1650l/mn$$

(Débit de la boue pour une seule pompe).

$$D_2 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1650/60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,1457m \quad D_2 = 145,7mn$$

**III-8-3- Troisième phase :**

$$Q_3 = \frac{3061}{2} = 1530,5l/mn$$

(Débit de la boue pour une seule pompe).

$$D_3 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1530,5 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,14029m \quad D_3 = 140,29mn$$

**III-8-4- Quatrième phase :**

$$Q_4 = \frac{2270}{2} = 1135l/mn$$

(Débit de la boue pour une seule pompe).

$$D_4 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1135 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,12081m \quad D_4 = 120,81mn$$

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

$$D_1 = 154,2 \rightarrow mm D_1 = 6''\frac{1}{4}$$

$$D_2 = 145,7 \rightarrow mm D_2 = 5''\frac{1}{2}$$

$$D_3 = 138,89 \rightarrow mm D_3 = 5''\frac{1}{2}$$

$$D_4 = 120,8 \rightarrow mm D_4 = 5''\frac{1}{2}$$

**III-9- Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase :**

<b>Les Phases</b> \ <b>P<sub>tot</sub></b>	<b>Les pertes de charge totale théorique (KPA)</b>	<b>Les pertes de charge totale réel (KPA)</b>
<b>Phase 26''</b>	15394,1	14502
<b>Phase 16''</b>	19640,56	18348
<b>Phase 12''<sup>1/4</sup></b>	27369,53	24161
<b>Phase 8''<sup>1/2</sup></b>	63949,22	57610

### III-10- 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 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%.

# **Conclusion générale**

# Conclusion générale

L'étude fournie nous permet d'approfondir nos connaissances dans les domaines des équipements de forage en général et que la pompe à boue est un élément clé dans ce domaine. Lors du forage, la circulation du fluide est nécessaire, et plus particulièrement avec une profondeur de forage accrue. La boue qui contient les particules de terre provoque la corrosion, ce qui nécessite le fonctionnement d'épurateurs à chaque remontée de boue à la surface.

Les pompes de forage sont le principal consommateur d'énergie consommée par la plateforme, elle fonctionne dans des conditions difficiles.

Outre les paramètres de fonctionnement (pression et débit) liés aux étapes de forage, la pompe à mortier doit être flexible, solide, facile à entretenir et durable.

Calculez les pertes d'énergie réalisées, en fonction du forage bien montré que le choix d'une tri-pompe à simple effet est satisfaisant, il s'adapte bien aux conditions de ce forage.

# Bibliographie

- [1] documentation de l'entreprise ENTP, titre catalogue technique, 2008.
- [2] « Machines, mécanismes et installation de forage », A. ILSKI, KASSIANOV, V. POROCHINE, école supérieur Moscou.
- [3] J.P, Bernhard, cours de forage, tome I, édition historique et principe de forage standard, A.P.I, 1955.
- [4] A. BLEND, équipement de forage, tome 01, planche, édition technip, paris, 1963.
- [5] « Forage rotary; les circuits hydrauliques », P.MOTARD, éditions technip, juin 1974.
- [6] « Le forage rotary; textes », Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974.
- [7][https://bu.univouargla.dz/master/pdf/etude\\_et\\_dimensionnement\\_d\\_une\\_pompe\\_a\\_boue.pdf?idmemoire=54928](https://bu.univouargla.dz/master/pdf/etude_et_dimensionnement_d_une_pompe_a_boue.pdf?idmemoire=54928)
- [8][https://bu.univouargla.dz/master/pdf/Etude\\_Dimensionnement\\_%20pompe\\_%20Boue\\_Trp\\_lex\\_Bmpt\\_1600-Acr-7\\_5X12](https://bu.univouargla.dz/master/pdf/Etude_Dimensionnement_%20pompe_%20Boue_Trp_lex_Bmpt_1600-Acr-7_5X12)