



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique.



Université Kasdi Merbah – Ouargla.
Faculté des Hydrocarbures et des Énergies Renouvelables et des sciences de la
Terre et d'Univers.
Département de Forage et Mécanique des Chantiers Pétroliers.

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme Master en Forage.

Option : Forage

Thème

**Etude et dimensionnement de la pompe à boue
triplex à simple effets 12P160**

Présenté par

Mr: Younes METEHRI
Mr: Houam BADIS
Mr: Haroun DAOUDI

Encadré par :

M^{me} : RZAIGHUIA.Y

Les membres jury :

Mr : KHANTOUCH .
M^{me} : CHUICHA. S

Année universitaire : 2016/2017

Remerciement

Mes remerciements vont tout premièrement à Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée pour terminer mon travail.

Un grand merci à notre encadreur Y. RZAIGUIA pour avoir suivi durant notre travail dans le cadre de ce mémoire, pour ses conseils précieux, pour sa disponibilité et la compétence de son encadrement.

Nous remercions tous les membres de jury président du jury avec notre profonde gratitude de l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail et pour avoir accepté de le juger.

Mes remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des employeurs de chantier ENTP160.

Un grand merci à l'ensemble des enseignants de département de forage et mécanique de chantier pétrolier

Un grand merci à tous les esprits ouverts qui ont contribué, de loin ou de près, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A mon cher Frère, mes Chères Sœurs. A toute ma famille.

A mes Voisins et à mes Amis (es) surtout ceux qui ont supporté mes sauts d'humeur.

A ceux qui ont cru en moi,

A ceux qui croient en moi,

Et à ceux qui croiront toujours en moi.

A vous tous un grand merci

Younes METEHRI.

Dédicace

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A mon cher Frère, mes Chères Sœurs. A toute ma famille.

A mes Voisins et à mes Amis (es) surtout ceux qui ont supporté mes sauts d'humeur.

A ceux qui ont cru en moi,

A ceux qui croient en moi,

Et à ceux qui croiront toujours en moi.

A vous tous un grand merci

Haroun DAOUDI.

Dédicace

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A mon cher Frère, mes Chères Sœurs. A toute ma famille.

A mes Voisins et à mes Amis (es) surtout ceux qui ont supporté mes sauts d'humeur.

A ceux qui ont cru en moi,

A ceux qui croient en moi,

Et à ceux qui croiront toujours en moi.

A vous tous un grand merci

Badis HOUAM.

Nomenclatures

Symbole	Désignation	Unité
A	aire totale des duses	[in ²]
B	coefficient correspond à la boue en circulation	
C	coefficient d'orifice	
C	course de piston	mm
D	diamètre intérieur garniture	[in]
D_i	diamètre intérieur de la chemise	[m]
D_o	diamètre extérieur annulaire	[in]
d	Masse volumique de la boue	[kg/ l]
d_t	Diamètre de la tige.	[m]
F_p	Force du piston	[N]
F_f	Force de frottement du piston	[N]
K	Coefficient pour les pompes triplex	K= 25,4
L_p	Longueur du piston	[m]
N	nombre des coups par minute,	n =120 [coups/min]
p_{mec}	la puissance d'entrée des pompes	[KWH]
P_{max}	Pression maximal de service	[bars]
P_{hy}	puissance hydraulique	[P]
P_{ref}	la pression de refoulement	[KPa]
Q_i	débit de la boue de chaque phase	[m ³ /s]
Q_r	le débit réel mesuré	[L/min]
R	Rayon de la manivelle.	[m]
S	Section transversal du piston :	[m ²]
V	vitesse du piston	[m/s]
φ	La vitesse angulaire de la manivelle.	[tour/min]
λ	L'élongation de la tige	
η_m	rendement mécanique interne de la pompe	

Liste des Figures :

N° Figure	Titre	N° page
Figure I.1	les différentes profondeurs des appareil de forage	4
Figure I.2	structure de mât	5
Figure I.3	Le treuil de forage (DRAW WORKS)	6
Figure I.4	Le crochet de levage (HOCK)	6
Figure I.5	Câble de forage	6
Figure I.6	La table de rotation	7
Figure I.7	La tête d'injection	7
Figure I.8	Système de sécurité (BOP)	8
Figure I.9	Système De Commande	9
Figure I.10	Système de circulation de la boue de forage	10
Figure I.11	Pression de pompes et SPM	11
Figure I.12	Pression de pompe et mud wight	12
Figure I.13	pression de pompe et viscosité	12
Figure I.14	pression de pompe et duse d'outil	12
Figure I.15	Pression de pompe et le profondeur	13
Figure I.16	Pompe de pression et (hole size)	13
Figure I.17	Perte de charge en espace annulaire	13
Figure I.18	l'effet de perte de charge annulaire	14
Figure I.19	Circulation de la boue sous contrôle	15
Figure I.20	Circulation de la boue non contrôlée	15
Figure I.21	venue de gaz	15
Figure II.1	Pompe à boue 12P160	17
Figure II.2	Représente la Construction de la pompe 12P160	18
Figure II.3	Représente la partie mécanique de la pompe 12P160	18
Figure II.4	Couple d'engrenage	19
	représente L'arbre grande vitesse de la pompe 12P160	19
Figure II.5	Représente L'arbre grande vitesse de la pompe 12P160	19
	Arbre petite vitesse	20
Figure II.7	Représente L'arbre grande vitesse de la pompe 12P160	20
Figure II.8	Crosse et sa rallonge	21
Figure II.9	les roulements des bielles	21
Figure II.10	Bielle manivelle	23
Figure II.3	Le corps hydraulique	24
Figure II.3	Représente la chemise de la pompe à boue	24
Figure II.3	Clapets et leurs sièges	25
Figure II.3	représente Le Piston Et La Tige De Piston	25
Figure II.3	Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration	26
Figure II.3	Amortisseur de pulsation sur le refoulement	27
Figure II.3	Soupapes de décharge à ressort	27
Figure II.3	Soupapes de décharge à clou	28
Figure II.3	Les soupapes de décharge à diaphragme	28
Figure II.3	Principe de fonctionnement de la pompe à boue	29
Figure II.3	Débit instantané de la pompe triplex à simple effet	30
Figure II.3	représente le principe de montage de la pompe 12P160	31
Figure III.1	Phase 1 ^{ère} de forage	37

Figure III.2	<i>Phase 2^{ème} de forage</i>	41
Figure III.3	<i>Phase 3^{ème} de forage</i>	45
Figure III.4	Figure : Phase 4^{ème} de forage	49

Liste des tableaux :

N° Tableau	Titre	N° page
Tableau III.1	Donnés de départ	36
Tableau III.2	Les résultats de puissance mécanique et hydraulique	55
Tableau III.3	Comparaison entre les pertes de charges théoriques et réel	58

Sommaire

Introduction Générale.....	1
I.1 Introduction.....	1
I.1.1 Le forage par battage	2
I.1.2 Le forage par rotation.....	2
I.2 Principe du forage rotary	3
I.3 Description d'un appareil de forage	3
I.3.1 Les équipements de fond	4
I.3.2 Les équipements de surface.....	5
I.4 Les systèmes de forages	5
I.4.1 Système de levage	5
I.4.1.1 Les équipements de levage	5
I.4.1.1.1 La structure de mât	5
I.4.1.1.2 Le treuil de forage (DRAW WORKS)	6
I.4.1.1.3 Le crochet de levage (HOCK)	6
I.4.1.1.4 Câble de forage (DRILING LINE).....	6
I.4.1.1.5 Le poste de commande et de contrôle	7
I.4.2 Système De Rotation	7
I.4.2.1 la table de rotation :	7
I.4.2.2 La tête d'injection	7
I.4.3 Systèmes De Puissance.....	7
I.4.3.1 Les sources d'énergie	8
I.4.3.2 Les systèmes de transmissions de puissance.....	8
I.4.3.2.1 Transmission mécanique	8
I.4.3.2.2 Transmission électrique	8
I.4.4 Systèmes de sécurité	8
I.4.4.1 L'obturateur de sécurité	9
I.4.5 Le Système De Commande.....	9
I.4.6 Systèmes Circulation.....	9
I.5 L'influence de la pression de pompe à boue sur l'état de puits.....	10
I.6 Connection gaz	14

Sommaire

INTRODUCTION.....	17
II.1 Description de la pompe triplex à simple effet 12P160.....	17
II.2 Construction de la pompe a boue 12P160	18
II.2.1 Partie mécanique.....	18
II.2.1.1 Couple d'engrenage.....	19
II.2.1.2 L'arbre grande vitesse.....	19
II.2.1.3 L'arbre petite vitesse ou vilebrequin.....	20
II.2.1.4 Le bâti et le carter.....	20
II.2.1.5 La crosse et la rallonge de crosse.....	21
II.2.1.6 Les Roulements	21
II.2.1.6.1 Les roulements des bielles.....	21
II.2.1.6.2 Roulements des bielles.....	22
II.2.1.6.2.a Les Roulements des crosses.....	22
II.2.1.6.2.b Les roulements de l'arbre grand vitesse.....	22
II.2.1.7 Système bielle manivelle.....	22
II.2.1.8 Le système d'entraînement.....	23
II.2.1.8.1 Entraînement par moteurs électriques.....	23
II.2.1.8.2 Entraînement par poulies et courroies.....	23
II.3 Partie hydraulique	23
II.3.1 Le corps hydraulique.....	23
II.3.2 Chemises.....	24
II.3.3 Les Sièges Et Les Clapets.....	24
II.3.4 Le Piston Et La Tige De Piston.....	25
II.4 Annexes de la pompe à boue	26
II.4.1 Les Amortisseurs De Pulsations Sur L'aspiration.....	26
II.4.2 Amortisseur de pulsation sur le refoulement.....	26
II.4.3 Les soupapes de sécurité.....	27
II.4.3.1 Soupapes de décharge à ressort	27
II.4.3.2 Soupapes de décharge à clou.....	28
II.4.3.3 Les soupapes de décharge à diaphragme.....	28
II.5 Principe de fonctionnement et débit instantané	29
II.5.1 Principe de fonctionnement.....	29
II.5.2 Débit instantané par cylindre	29

Sommaire

II.5.3	Débit instantané de la pompe	30
II.6	Les pompes de suralimentation	31
II.6.1	Principe De Montage	31
II.7	Avantages et Inconvénients de la pompe triplex a simple effet	32
II.7.1	Les avantage.....	32
II.7.2	Les inconvénients.....	32
III.1	Calcul hydraulique	33
III.2	INTRODUCTION	33
III.3	Calcul des pertes de charge.....	34
III.3.1	Les équations de perte de charge utilisées en forage	35
III.3.1.1	Les pertes de charge aux installations de surface	35
III.3.1.2	Les pertes de charge dans les orifices de trépan	35
III.3.1.3	Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture	35
III.3.1.4	Les pertes de charge dans l'espace annulaire.....	36
III.3.2	Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage.....	36
III.3.2.1	Intérieur de la garniture	38
III.3.2.1.1	Tool-joint	38
III.3.2.1.2	Tige de forage	38
III.3.2.1.3	Tige lourde	38
III.3.2.1.4	Masse tige	39
III.3.2.1.5	Espace annulaire	39
III.3.2.1.5.1	Trou / tige de forage.....	39
III.3.2.1.5.2	Trou / tige lourde	39
III.3.2.1.5.3	Trou / masse tige	39
III.3.2.1.6	Trépan	40
III.3.2.1.7	Equipement de surface.....	40
	La perte de charge totale	40
III.3.2.2	Intérieur de la garniture	42
III.3.2.2.1	Tool-joint	42
III.3.2.2.2	Tige de forage	42
III.3.2.2.3	Tige lourde	42
III.3.2.2.4	Masse tige	42
III.3.2.2.5	Espace annulaire	43

Sommaire

III.3.2.2.5.1	Trou / tige de forage.....	43
III.3.2.2.5.2	Trou / tige lourde	43
III.3.2.2.5.3	Trou / masse tige	43
III.3.2.2.6	Trépan	44
III.3.2.2.7	Equipement de surface.....	44
	La perte de charge totale	44
III.3.2.3	Intérieur de la garniture	46
III.3.2.3.1	Tool-joint	46
III.3.2.3.2	Tige de forage	46
III.3.2.3.3	Tige lourde	46
III.3.2.3.4	Masse tige	46
III.3.2.3.5	Espace annulaire	47
III.3.2.3.5.1	Tubage tige de forage.....	47
III.3.2.3.5.2	Trou / tige de forage.....	47
III.3.2.3.5.3	Trou / tige lourde	47
III.3.2.3.5.4	Trou / masse tige	47
III.3.2.3.6	Trépan	48
III.3.2.3.7	Equipement de surface.....	48
	La perte de charge totale	48
III.3.2.4	Intérieur de la garniture.....	50
III.3.2.4.1	Tool-joint	50
III.3.2.4.2	Tige de forage	50
III.3.2.4.3	Tige lourde	50
III.3.2.4.4	Masse tige	51
III.3.2.4.5	Espace annulaire	51
III.3.2.4.5.1	Tubage tige de forage.....	51
III.3.2.4.5.2	Trou / tige de forage.....	51
III.3.2.4.5.3	Trou / tige lourde	51
III.3.2.4.5.4	Trou / masse tige	52
III.3.2.4.6	Trépan	52
III.3.2.4.7	Equipement de surface.....	52
	La perte de charge totale	52

Sommaire

III.4	Calcul de la puissance mécanique	53
III.4.1	Première phase	53
III.4.2	Deuxième phase	53
III.4.3	Troisième phase	54
III.4.4	Quatrième phase.....	54
III.5	Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase	54
III.6	Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase.....	55
III.6.1	Première phase	55
III.6.2	Deuxième phase	55
III.6.3	Troisième phase	56
III.6.4	Quatrième phase	56
III.7	Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase.....	56
III.8	Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase	56
III.8.1	Première phase	57
III.8.2	Deuxième phase	57
III.8.3	Troisième phase	57
III.8.4	Quatrième phase	57
	Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase.....	58
III.9	Programme MATLAB	58

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERAL

Le pétrole et le gaz jouent un rôle fondamental dans l'économie nationale, ils constituent la source la plus importante d'énergie qui a une valeur inappréciable.

Pour exploiter ces richesses souterraines, on procède au forage qui est une opération très délicate et la plus coûteuse du processus d'exploitation de cette énergie.

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

L'objectif prioritaire des foreurs est la réalisation d'un trou, conformément au programme qui leur a été fourni, au meilleur coût possible dans les meilleures conditions techniques.

Les travaux de forage de puits de pétrole et de gaz sont le plus difficiles dans l'industrie pétrolière et exigent beaucoup de main d'œuvre, différents matériaux et nécessitent de grand investissement.

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

Le but de notre mémoire est l'étude de système de circulation de fluide de forage, les équipements de pompage, plus particulièrement l'étude de la pompe à boue avec le calcul de tous les différents paramétré liée au fonctionnement de la pompe à boue.

Notre travail est structuré en trois chapitres.

Chapitre I : présente une généralité sur l'appareil de forage.

Chapitre II : Description de la pompe à boue triplex 12P160.

Chapitre III : présente la partie calcul.

Et nous terminant notre travail par une conclusion générale.

INTRODUCTION :

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

Les travaux de forage de puits de pétrole et de gaz sont le plus difficiles dans l'industrie pétrolière et exigent beaucoup de main d'œuvre, différents matériaux et nécessitent de grand investissement.

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

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

Le forage est le seul moyen de prouver la présence ou l'absence des hydrocarbures dans une structure donnée.

L'effort de recherche coûte très cher et le forage constitue la phase finale absorbée 60% des dépenses totales dans la recherche des hydrocarbures.

I.1 Procèdes de forage : [6]

Il existe deux procédés de forage :

I.1.1 Le forage par battage :

C'est la technique la plus ancienne, utilisée par les Chinois depuis plus de 4000 ans (battage au câble), elle consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et le laisser retomber sur la roche à perforer en chute libre.

Le forage par battage ne nécessite pas de circuit d'eau ou de boue, et seul un peu d'eau au fond de forage suffit.

I.1.2 Le forage par rotation : [3]

La technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers).

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

La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé sans interruption.

I.2.2 Principe du forage rotary : [4]

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

- 1) 1-Poids sur l'outil
- 2) 2-Rotation de l'outil
- 3) 3-Injection d'un fluide.

Ce sont les masses tiges qui vissées au-dessus de l'outil, appuient sur celui-ci ; ces masse tiges prolongées jusqu'en surface par des tiges, constituent la garniture de forage. Elle est mise en rotation dans son ensemble grâce à la table de rotation et par l'intermédiaire de la tige d'entraînement.

La totalité de la garniture de forage est percée en son centre afin de canaliser le fluide de forage vers l'outil, un joint rotatif étanche "tête d'injection" doit couronner la tige d'entraînement et permettre la liaison entre la conduite de refoulement des pompes de forage et l'intérieure de la garniture.

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

L'appareil de forage est complété d'une installation nécessaire aux traitements du fluide de retour en surface, d'un stockage de tubulaires et des abris de chantier.

I.3 Description d'un appareil de forage : [11]

L'appareil de forage, ou plus globalement le chantier de forage est constitué d'un ensemble d'équipements, des techniques opératoires et un personnel très qualifié. La figure (I.1) montre les différents organes constituant un appareil de forage standard.

On classe généralement les appareils de forage rotary on quatre catégories qui sont définies par les profondeurs limites qu'ils peuvent atteindre avec des tiges 4 1/2". On distingue :

- A.** Les appareils légers : pour les profondeurs inférieures à 1200 m. ces appareils sont le plus souvent portables ou semi-portables.
- B.** Les appareils moyens : pour les profondeurs comprises entre 1200 et 2500 m.
- C.** Les appareils lourds : pour les profondeurs comprises entre 2500 et 4000 m.
- D.** Les appareils ultras- lourd : pour les profondeurs supérieures à 4000 m.

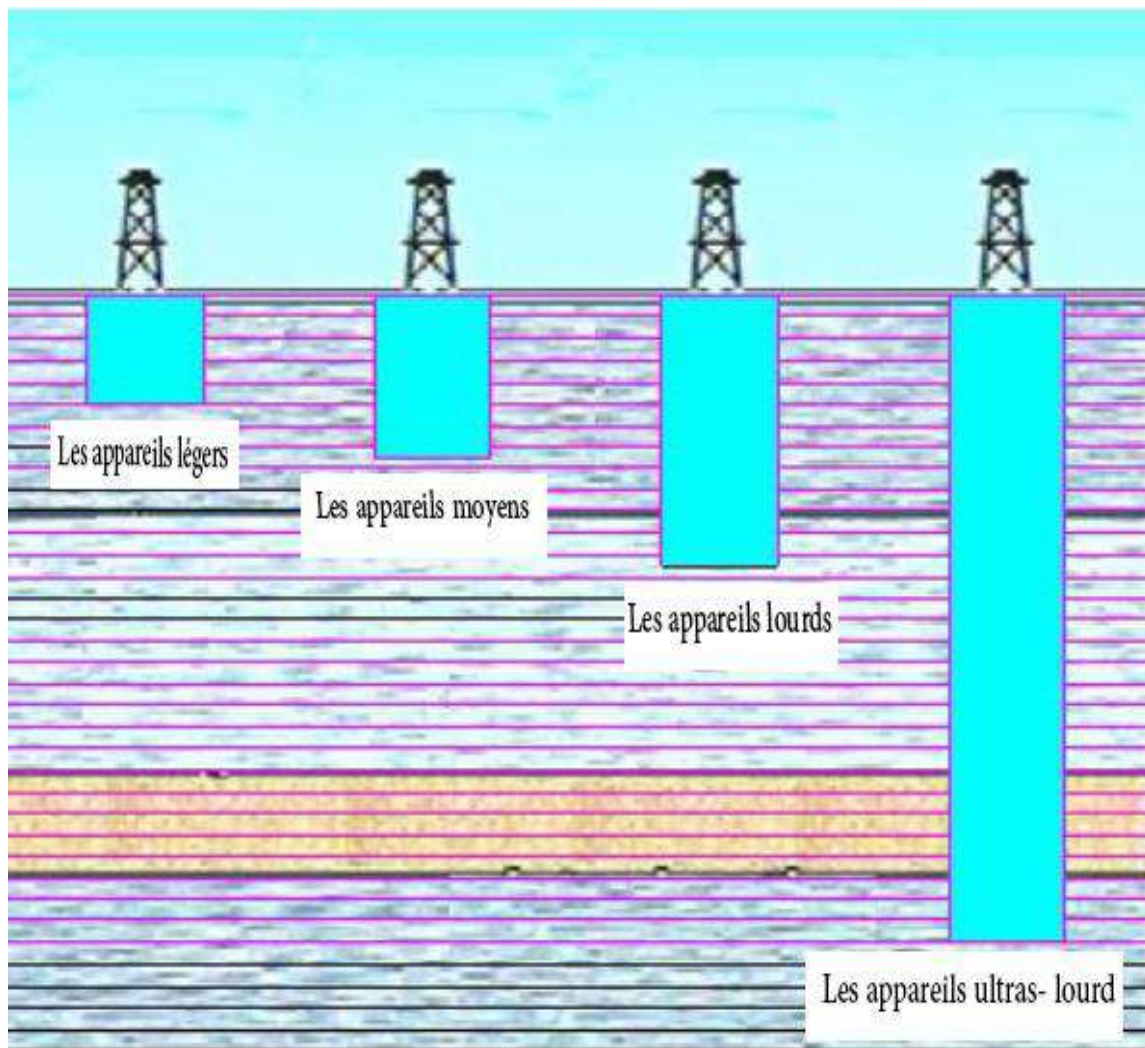


Figure I.1: les différentes profondeurs des appareils de forage.

Ces performances de profondeur se traduisent par un poids et une puissance qui caractérisent le critère de choix d'un appareil de forage.

L'installation de l'appareil de forage est formée par un ensemble des équipements complexes comprenant des mécanismes liés entre eux pour accomplir une fonction bien déterminée dite forage d'un puits. Les principaux éléments d'un appareil de forage sont :

I.3.1. Les équipements de fond :

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

1. Outil de forage (rock bit)
2. Tiges de forage (Drill. Pipe)
3. Masse tiges (Drill collars)
4. Equipements auxiliaires
5. Raccords divers

I.3.2 Les équipements de surface :

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

- Élévateur
- Moteurs (groupe de force)
- Moufle mobile
- Transmission de force (sortie des moteurs)
- Passerelle d'accrochage,
- Transmission des pompes de forage
- Câble de forage
- Pompes de forage
- Plate-forme
- Cache des du groupe de force
- Moufle fixe
- Constructions d'habitation
- Plancher de gerbage
- Bacs à boue de forage
- Table de rotation
- Plancher du groupe de force et de la table de rotation
- Treuil auxiliaire (cabestan)
- Bloc de décantation de la boue
- Treuil principal
- Tréteaux pour tiges de forage
- Boîte de vitesse
- Pont
- Pied du mat Train de sonde. [5]

I.4 Les systèmes de forages :

Ce sont les systèmes qui permettent le déroulement l'opération de forage

I.4.1 Système de levage : [9]

Le système de levage doit assurer la manœuvre de la garniture de forage jusqu'à la profondeur limite d'utilisation de la machine dans des bonnes conditions techniques et économiques.

I.4.1.1 Les équipements de levage :

Ils sont principalement composés de :

I.4.1.1.1 La structure de mât :



Figure I.2: structure de mât.

I.4.1.1.2 Le treuil de forage (DRAW WORKS)

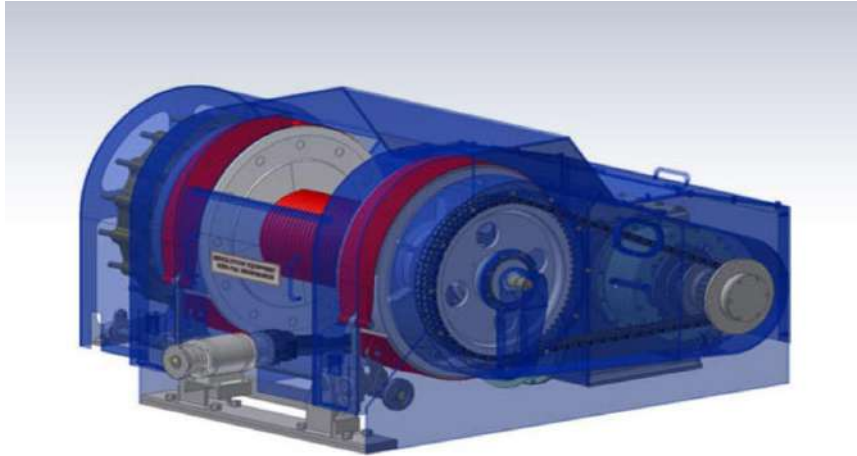


Figure I.3 : Le treuil de forage (DRAW WORKS).

I.4.1.1.3 Le crochet de levage (HOCK)



Figure I.4 : Le crochet de levage (HOCK).

I.4.1.1.4 Câble de forage (DRILING LINE)

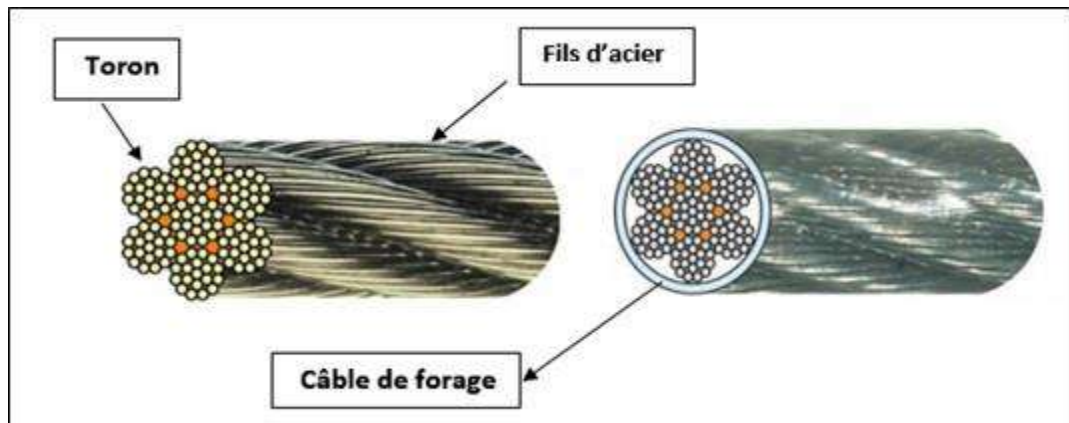


Figure I.5 : Câble de forage.

I.4.1.1.5 Le poste de commande et de contrôle. [7]

Ils permettent de :

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

I.4.2 Système De Rotation : [9]**I.4.2.1 la table de rotation :**

Les tables de rotations 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 le moteur d'attaque.

Une table de rotation se compose d'un bâti fixe supportant une partie mobile intérieur reposant sur la partie fixe par l'intermédiaire d'un roulement à billes principal.



Figure I.6 : La table de rotation.

I.4.2.2 La tête d'injection : [12]

La tête d'injection représente un mécanisme qui relie le mouflage non tournant à la partie qui tourne au cours de forage ; donc elle appartient autant à l'outillage de circulation de boue qu'à l'outillage de rotation, en effet la tête d'injection joue un double rôle :

- Permet la circulation de la boue jusqu'au trépan, animé d'un mouvement de rotation.
- Supporte le poids de la garniture pendant le forage.



Figure I.7 : La tête d'injection.

I.4.3 Systèmes De Puissance : [9]**I.4.3.1 Les sources d'énergie :**

Depuis longtemps. La machine à vapeur a été remplacée par le moteur diesel comme source initiale d'énergie, mais on peut rencontrer également sur des plates formes de production. L'utilisation de puissance fournie par des turbines à gaz et même parfois le raccordement du chantier de forage au réseau de distribution électrique ; mais même si ce système présente des avantages majeurs tels qu'une énergie peu coûteuse, silencieuse, il modifie le caractère autonome du chantier de forage ce qui dans beaucoup de cas est rédhibitoire. D'autant plus que le mode de fonctionnement procure des appels de puissance dont la répercussion sur le réseau de distribution n'est pas acceptable.

I.4.3.2 Les systèmes de transmissions de puissance : [9]**I.4.3.2.1 Transmission mécanique :**

Plusieurs moteurs diesel travaillent en parallèle grâce à leur interconnexion par un système de chaînes, d'embrayage...

I.4.3.2.2 Transmission électrique :

Les appareils de forage utilisent le système pour la consommation d'énergie électrique qui est fournie par le moteur diesel et les génératrices, l'avènement des thyristors SCR a pour rôle le développement du système AC/DC.

I.4.4 Systèmes de sécurité : [7]

Au forage des puits aux gisements où l'on suppose la présence d'une pression élevée des couches, afin d'éviter une éruption de gaz et d'huile, la tête de puits est munie de dispositifs d'étanchéité de sécurité appelés obturateurs de sécurité (B.O.P).

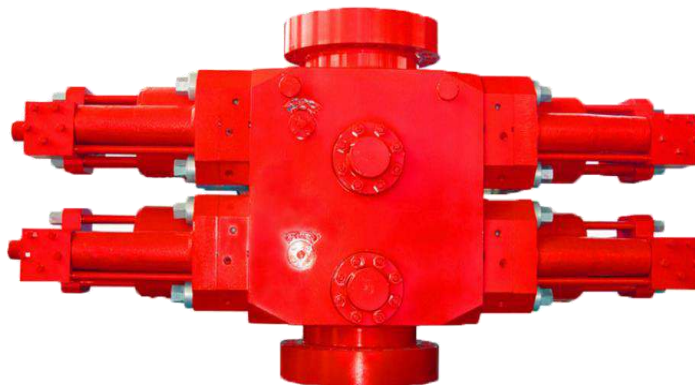


Figure I.8 : Système de sécurité (BOP).

I.4.4.1 L'obturateur de sécurité :

Est monté sur la bride d'une colonne intermédiaire descendue avant le début du forage. L'éruption de gaz et d'huile peut commencer très vite et se dérouler d'une manière bien intense, ce qui peut finir par la perte du puits et de l'équipement. A l'aide des obturateurs de sécurité on peut prévenir rapidement Le début de l'éruption et réaliser des opérations nécessaires dans le puits.

I.4.5 Le Système De Commande : [9]

L'ensemble de commande des obturateurs est équipé d'une pompe, d'un dispositif hydraulique d'entraînement qui maintient une pression constante, et d'un groupe hydraulique d'accumulation à diaphragme de haute pression.

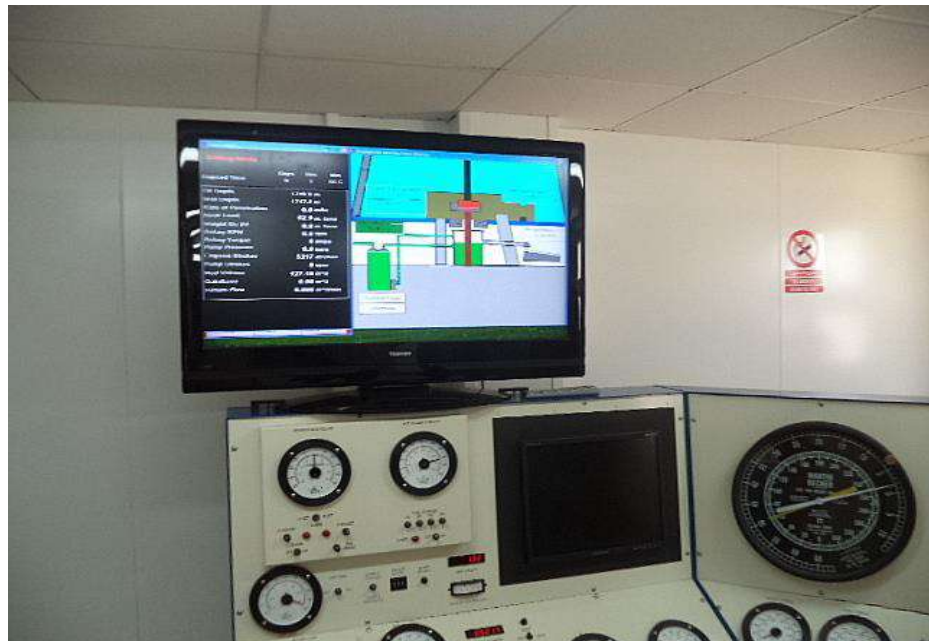


Figure I.9 : Système De Commande.

I.4.6 Systèmes Circulation : [7]

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

Dans la plupart des cas, le liquide de forage circule circuit fermé, à partir des pompes dans le puits et du puits avec les déblais de terrain vers les équipements d'épuration et de nouveau vers les pompes.

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

Pour la préparation de liquide de forage on utilise soit des matières poudre en état prêt à employer, soit des matières premières locales (argile, tourbe.... etc.) et des réactifs chimiques, soude caustique.....etc. les dispositifs pour la préparation et l'épuration (enlèvement des déblais et du sable) du liquide de forage représentent des groupes autonomes montés sur la canalisation de circulation entre la tête de puits et le réservoir de recueil de la pompe de forage.

Ils sont actionnés par le mécanisme d'entraînement de l'installation de forage, le moteur électrique autonome ou par l'énergie du courant du liquide de forage. [2]

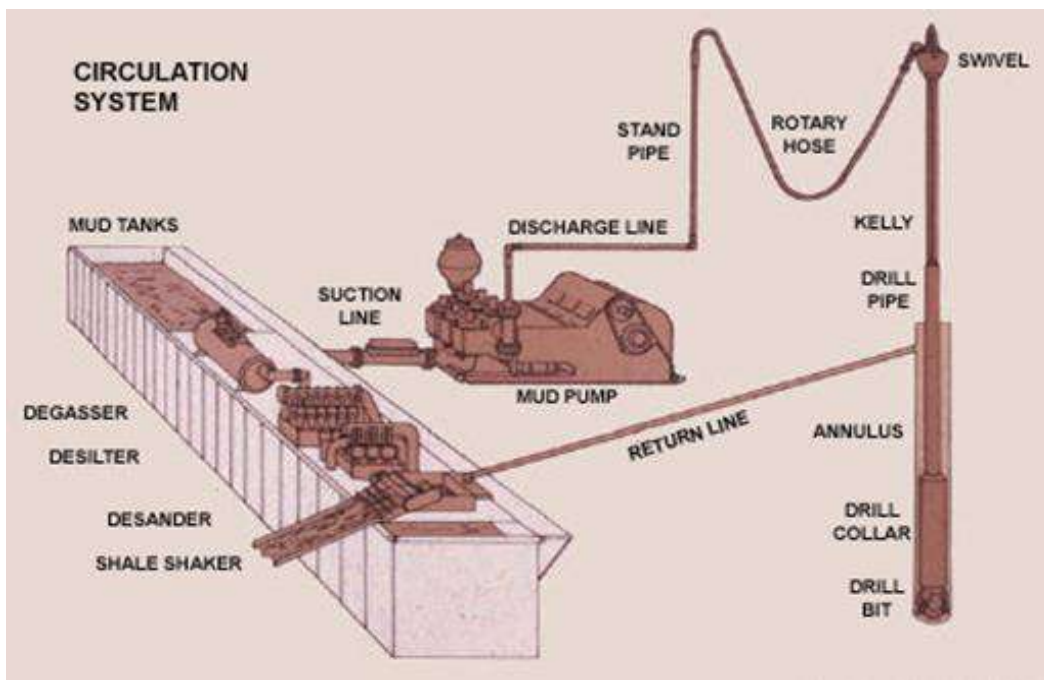
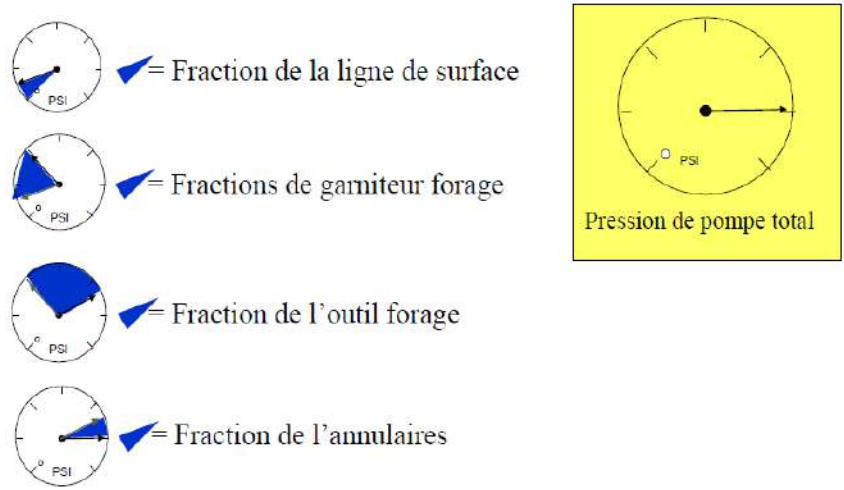


Figure I.10 : Système de circulation de la boue de forage.

I.5 L'influence de la pression de pompe à boue sur l'état de puits : [16]

La pression de la pompe, qui est également appelée perte de pression du système, Est la somme de toutes les pertes de pression provenant de l'équipement du puits de forage, de la garniture de forage, de la tige de forage, du masse tige, des pertes annulaires de frottement autour du mass tige et de tige forage. Il mesure la perte de pression du système au début du système de circulation et mesure la pression de frottement totale.

✚ D'où vient la pression de la pompe ?



✚ Ce qui affecte la pression de la pompe ?

La relation entre la pression de la pompe :

- 1-SPM. (Relation directe)
- 2-densiter de la boue. (Relation directe)
- 3-Viscosité. (Relation directe)
- 4-profondeur de puits. (Relation directe)
- 5-troue de duse. (Relation inversée)
- 6-Taille de trous. (Relation inversée)

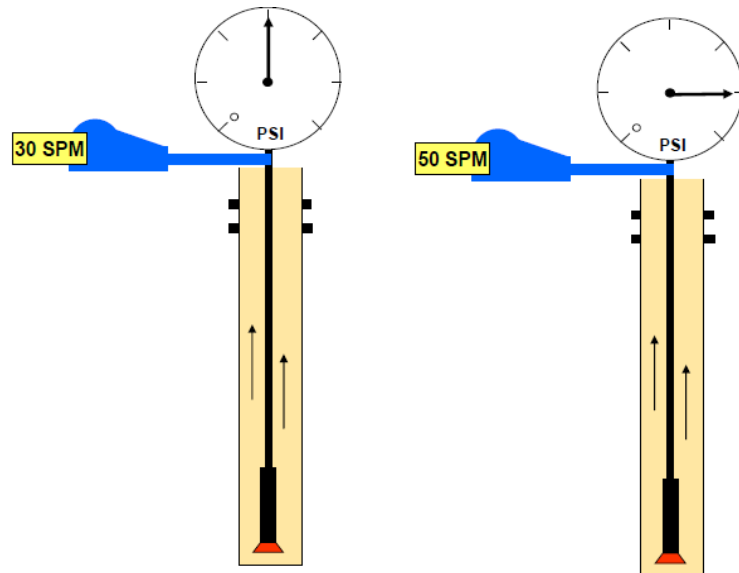


Figure I.11 : Pression de pompes et SPM.

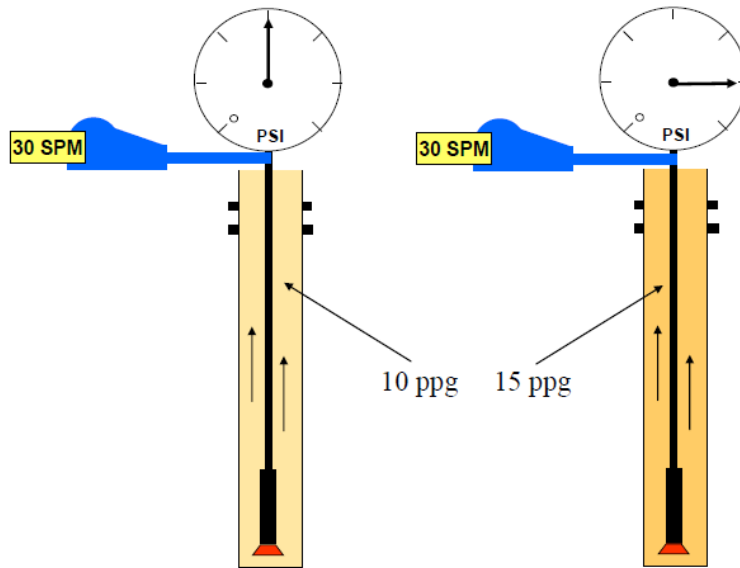


Figure I.12 : Pression de pompe et mud wight.

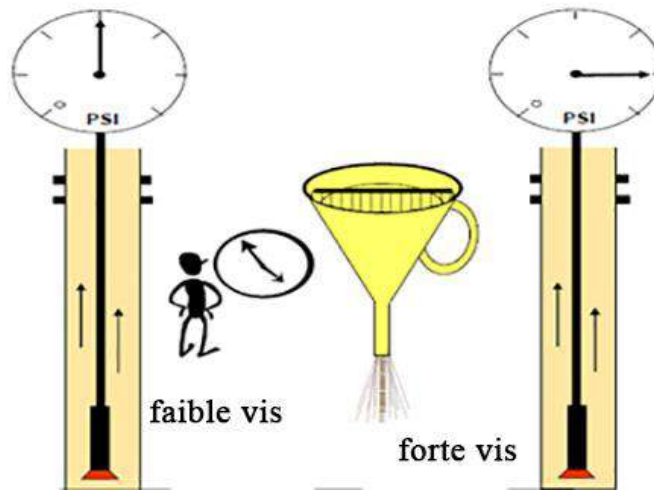


Figure I.13 : pression de pompe et viscosité.

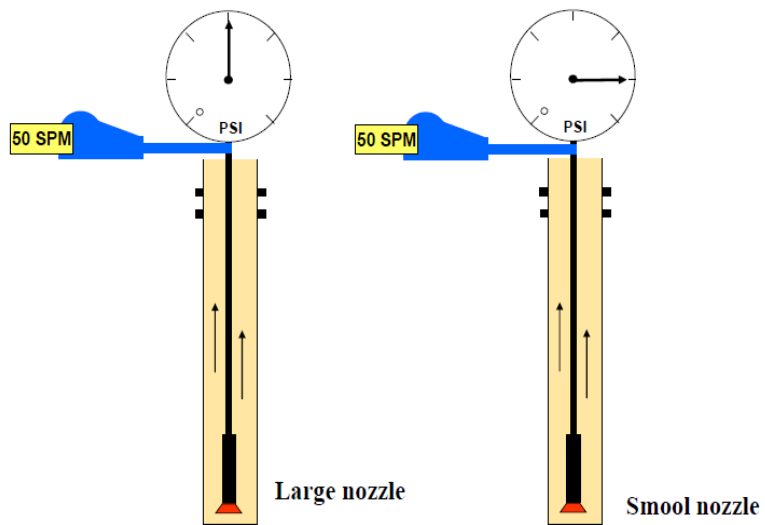


Figure I.14 : pression de pompe et duse d'outil.

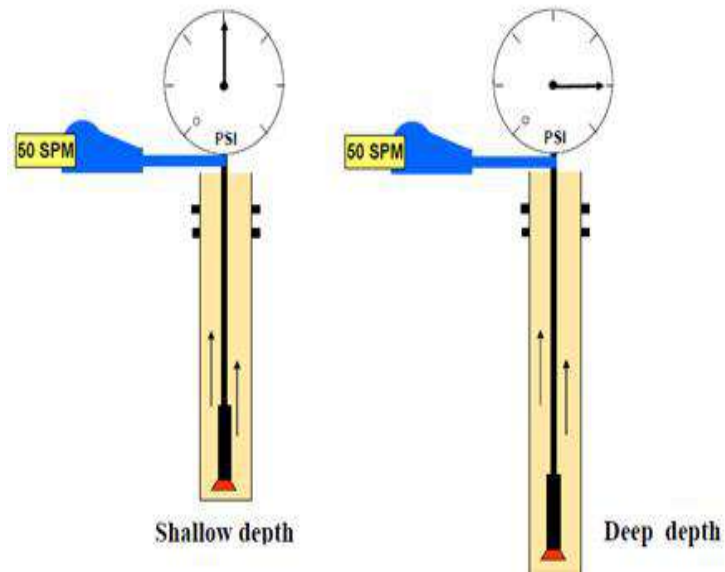


Figure I.15 : Pression de pompe et le profondeur.

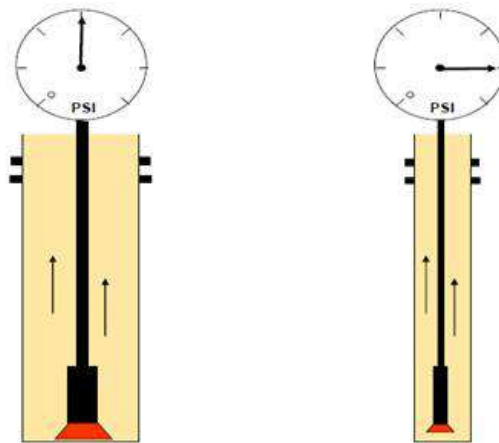


Figure I.16 : Pompe de pression et (hole size).

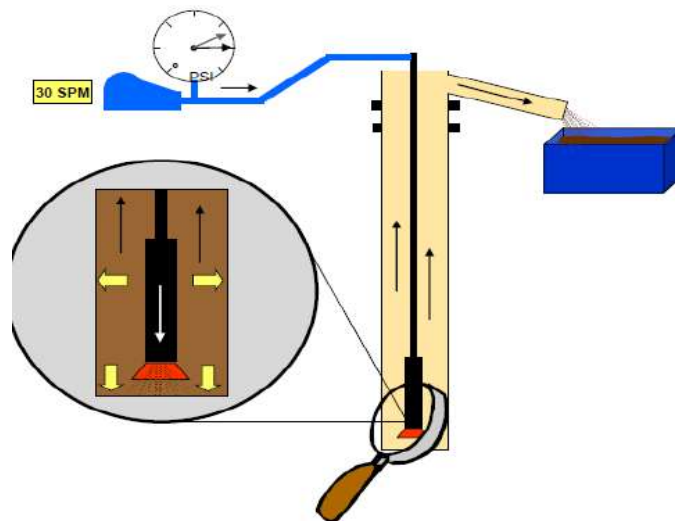
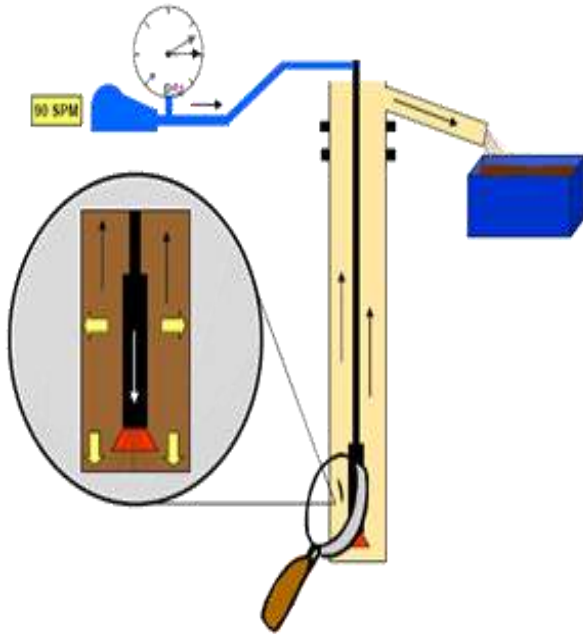


Figure I.17 : Perte de charge en espace annulaire.

- La perte de pression annulaire peut être très faible.
- 50 -300 psi
- Cette pression agit sur le mur et le fond du trou
- Augmente avec la profondeur, la vitesse de la pompe, la taille des trous et la taille de la tige.



Si la perte de charge annulaire =150 psi

La densité = 11 ppg

TVD= 8700 ft

Combien devra la pression de fond ?

$(11 * 0,052 * 8700 + 150) = 5126$ psi

Figure I.18 l'effet de perte de charge annulaire.

I.6 Connection gaz : [16]

Les gaz de connexion sont de petites quantités de gaz entrant dans le puits de forage lorsque les pompes sont éteintes. (État statique)

On le verra sur les détecteurs après bottom up.

Le gaz de connexion indique une situation très proche de l'équilibre (c'est-à-dire que le poids statique de la boue est égal à la pression de formation) (HP très proche de FP).

- Dans certaines zones du golfe de Suez, se trouve une fenêtre de boue étroite.
- Fenêtre de boue étroite : elle se réfère à la formation a une marge étroite pour la pression

Par exemple :

- La pression de formation = 2000 psi.
- La pression de fracture = 2200 psi.
- Donc vous avez seulement 200 psi comme marge de sécurité.

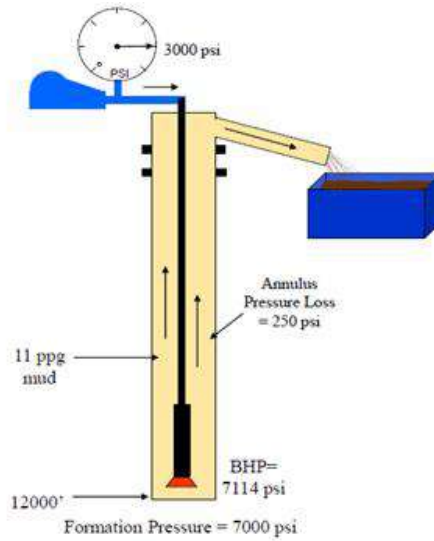


Figure I.19 : Circulation de la boue sous contrôle.

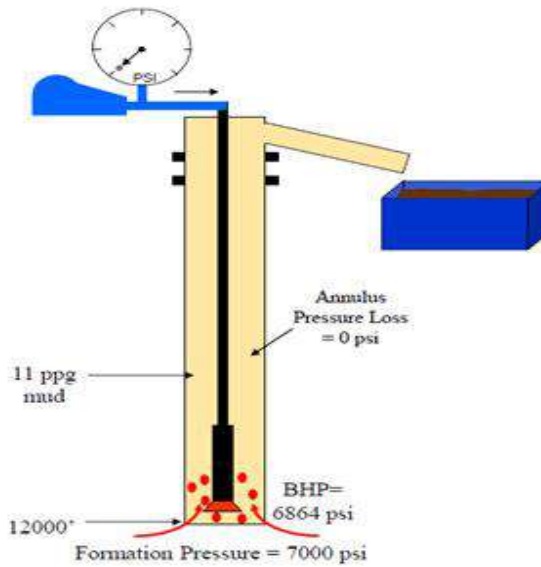


Figure I.20 : Circulation de la boue non contrôlée.

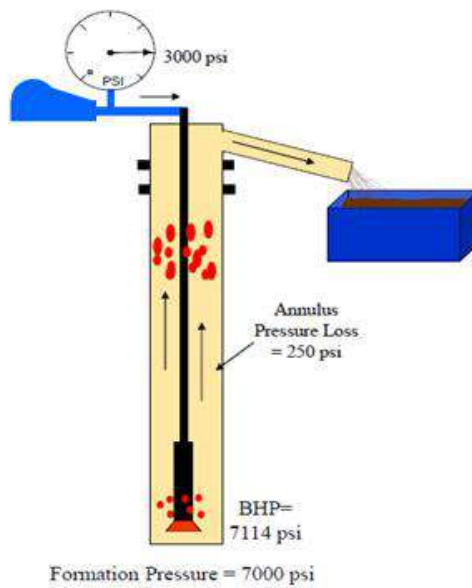


Figure I.21 : venue de gaz.

Action à prendre (forage) :

- Augmenter le poids de la boue.
- Forage de contrôle.
- Minimisez le temps de connexion.

Action à prendre (Tripping):

- Lavage (Circular BTM Up) in = out
- Slug: spot slug sur BTM pour compenser la baisse de BHP résultant de stopping circulation. [19]

INTRODUCTION :

Dans le forage, la pompe à boue est l'élément principal du système de circulation, qui a pour rôle d'assurer la circulation de la boue de forage nécessaire avec un débit et pression de refoulement pour réaliser le forage des puits.

Les pompes de forage les plus utilisées dans les chantiers sont les pompes à piston triplex à simple effet.

Dans ce chapitre nous présentons la construction et le principe de fonctionnement de la pompe triplex à simple effets **12P160** dans l'appareil de forage **TP160**. [14]

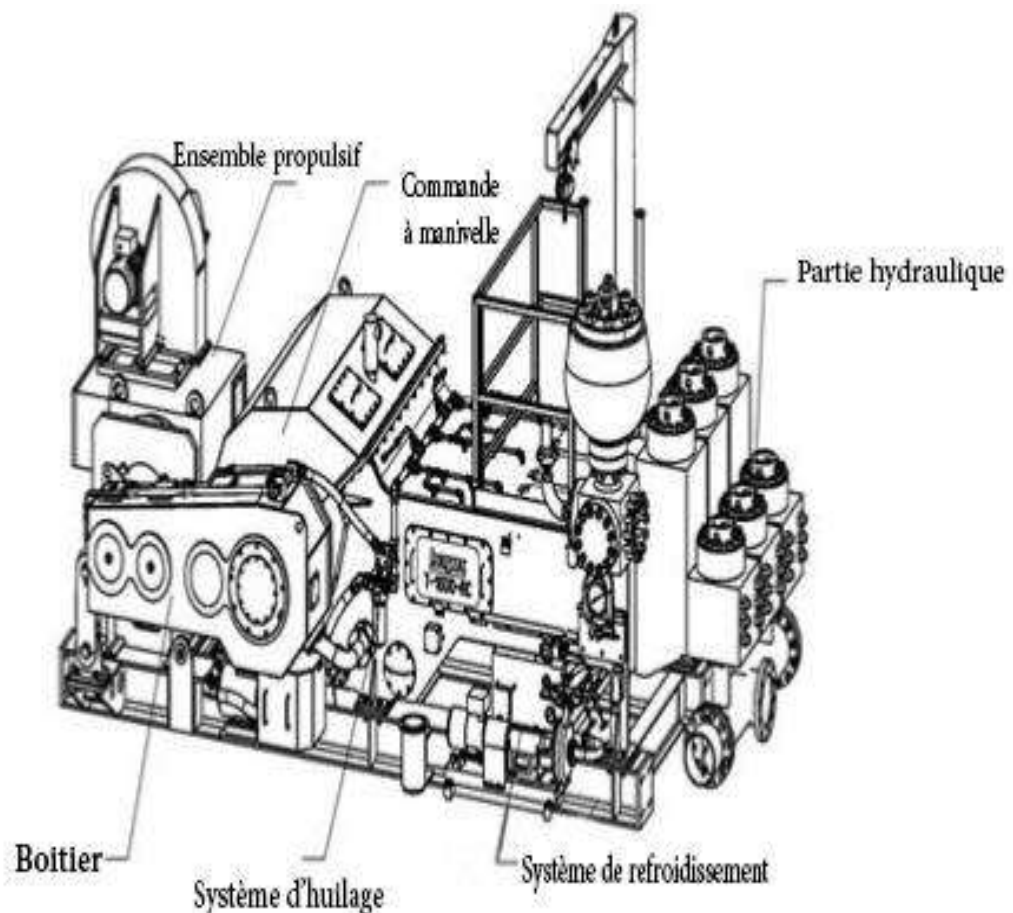


Figure II.1 : Pompe à boue 12P160.

II.1 Description de la pompe triplex à simple effet 12P160 : [10]

C'est une pompe volumétrique alternative à piston à mécanisme bielle-manivelle, de type triplex à simple effet, pour ce type les manivelles sont décalées à 120° , et le nombre de clapet est de 6 (3 à l'aspiration et 3 au le refoulement). Elle se compose de deux parties principales montées sur un châssis ski qui sont la partie mécanique et la partie hydraulique.

II.2 Construction de la pompe a boue 12P160 :

Comme toutes les pompes à piston triplex à simple effet, la **12P160** est constituée de deux parties principales :

- La partie mécanique qui sert à transformer le mouvement de rotation au mouvement de translation alternatif communiqué au piston
- La partie hydraulique est l'ensemble de tous les éléments qui permettent la circulation du fluide de forage. [14]

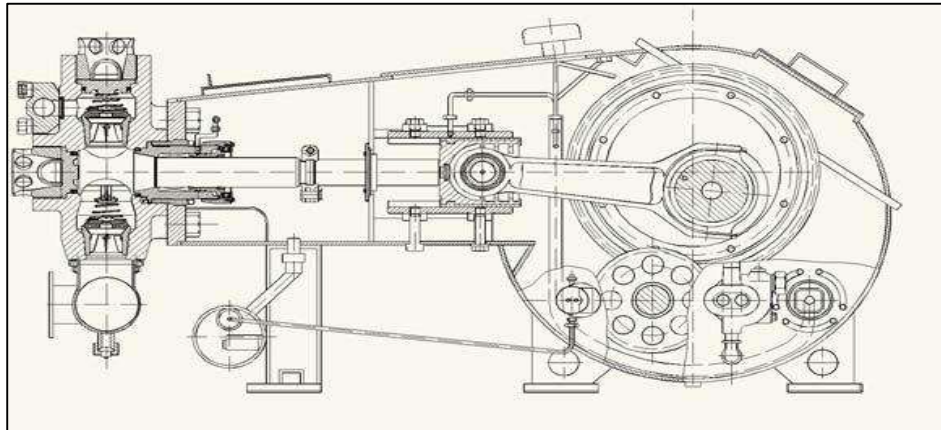


Figure II.2 : Représente la Construction de la pompe 12P160.

II.2.1 Partie mécanique :

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

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

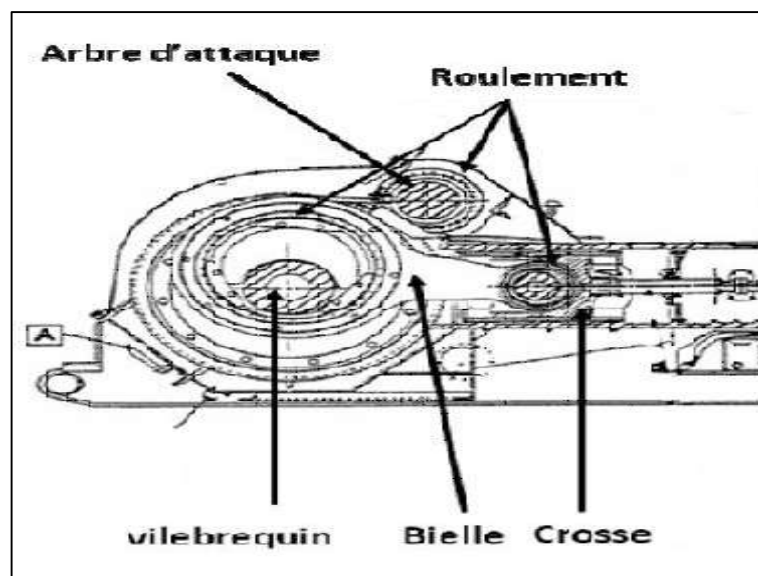


Figure II.3 : représente la partie mécanique de la pompe 12P160.

II.2.1.1 Couple d'engrenage : [18]

- Arbre grande vitesse (arbre d'attaque de la pompe).
- Arbre petite vitesse (arbre manivelle).

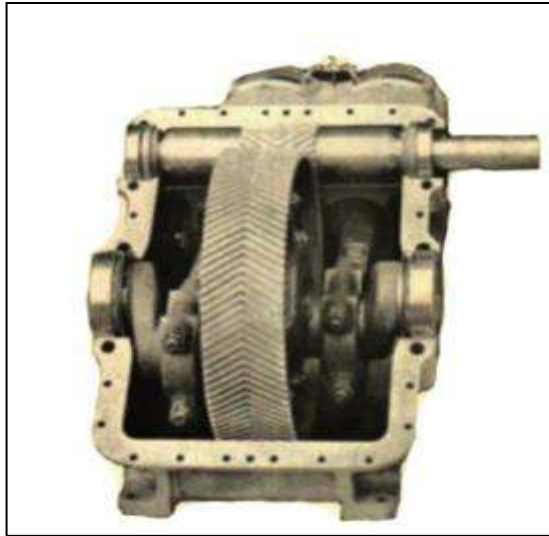


Figure II.4 : couple d'engrenage.

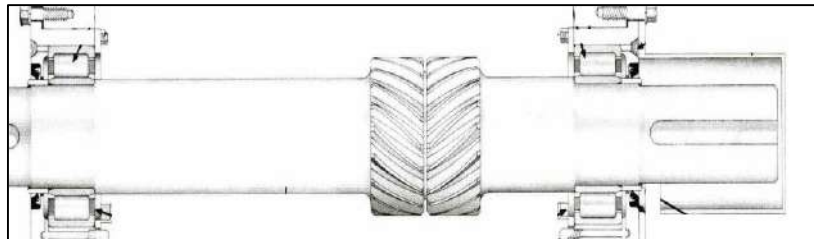
II.2.1.2 L'arbre grande vitesse : [1]

Figure II.5 : représente L'arbre grande vitesse de la pompe 12P160.

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

Cet arbre est supporté par deux paliers à roulement ; il entraîne par l'intermédiaire du pignon à denture oblique (chevron) le pignon de l'arbre vilebrequin à petite vitesse. [13]

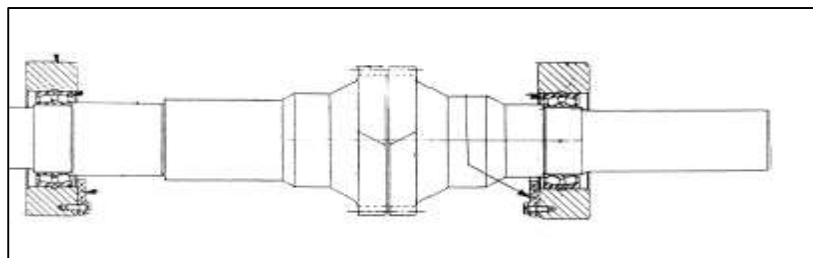


Figure II.6 : représente L'arbre grande vitesse de la pompe 12P160.

II.2.1.3 L'arbre petite vitesse ou vilebrequin : [18]

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

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

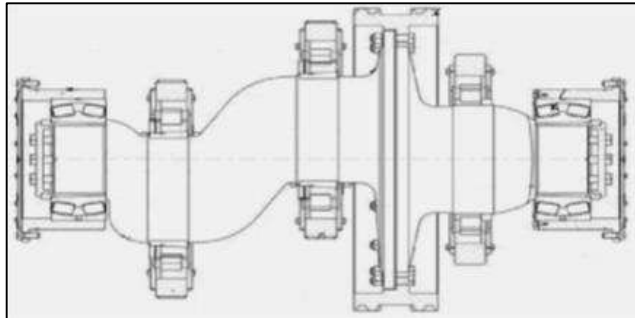


Figure II.7 : Arbre petite vitesse.

II.2.1.4 Le bâti et le carter : [13]

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

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

L'étanchéité, côté rallonge de crosse, est assurée par un boîtier de presse-étoupe et son joint. Un couvercle supérieur et des portes de visite latérales permettent d'effectuer rapidement et facilement l'inspection ou les réglages nécessaires, afin de prévenir des troubles futurs.

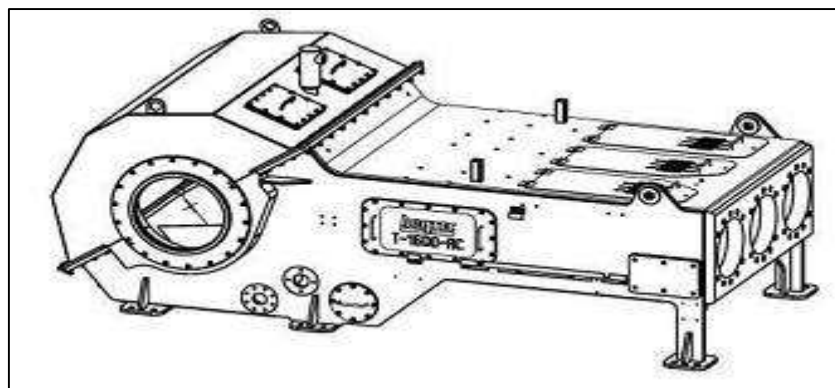


Figure II.8 : représente L'arbre grande vitesse de la pompe 12P160.

II.2.1.5 La crosse et la rallonge de crosse : [15]

La rallonge de crosse est vissée à la crosse et suit son mouvement. La rallonge de crosse a deux fonctions principales, Elle entraîne la tige de piston et forme l'étoupage de la chambre d'engrenages par rapport au bout liquide par la presse-étoupe de la rallonge de crosse qui grâce à ses joints spéciaux et canaux de retour d'huile, permet un étoupage parfait.

La rallonge de crosse est reliée à la tige de piston par un accouplement à raccord rapide formé de deux pièces.

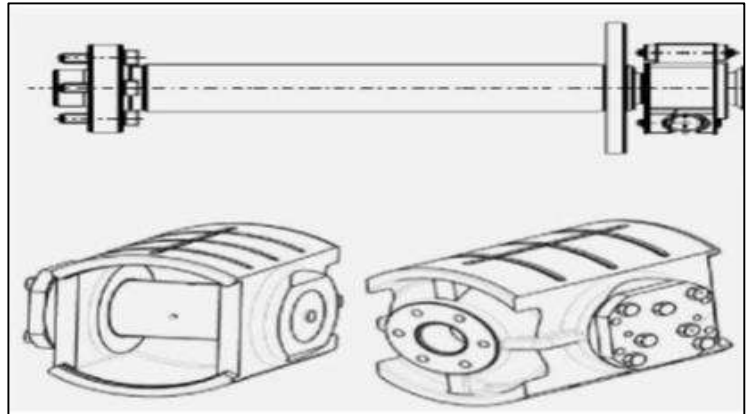


Figure II.9 : Crosse et sa rallonge.

II.2.1.6 Les Roulements : [1]

II.2.1.6.1 Les roulements des bielles :

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

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



Figure II.10 : les roulements des bielles.

II.2.1.6.2 Roulements des bielles :**a. Les Roulements des crosses :**

Sont des roulements à aiguilles, qui ont les avantages suivants :

- ✓ Roulements de très faible section dotée d'une capacité de charge relativement élevée
- ✓ Utilisation sans bagues intérieures.
- ✓ Assurent un montage optimal lorsqu'on peut tremper et rectifier les arbres.
- ✓ Ils sont peu encombrants radialement.
- ✓ Ils supportent uniquement de la charge radiale.

b. Les roulements de l'arbre grand vitesse :

Roulement à rotule sur rouleaux, ils ont les avantages suivants :

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

c. Les roulements de l'arbre petite vitesse (vilebrequin) :

Roulement à rouleaux coniques, ils ont les avantages suivants :

- ✓ Frottement largement réduit.
- ✓ Capacité de charge accrue.

II.2.1.7 Système bielle manivelle : [13]

Il comprend généralement :

Les manetons ou excentriques, calés sur :

- ✓ L'arbre manivelle à 120°
- ✓ Les bielles qui relient les manetons aux crosses, et glissent entre deux
- ✓ Coulisseaux en forme de tuile.
- ✓ Les crosses, qui sont les guides du
- ✓ Mouvement rectiligne alternatif, reçoivent les rallonges de crosse sur lesquelles on fixera les tiges des pistons de la partie hydraulique.
- ✓ La rallonge de crosse passera à travers un joint spi, qui a pour but d'éviter la sortie d'huile du carter, et l'entrée de la boue, ou d'eau à l'intérieur de ce carter.
- ✓ Les frottements internes des organes mécaniques de la pompe absorbent une partie de la puissance transmise à la pompe.

C'est pour cela que le rendement mécanique est d'environ 0,9.

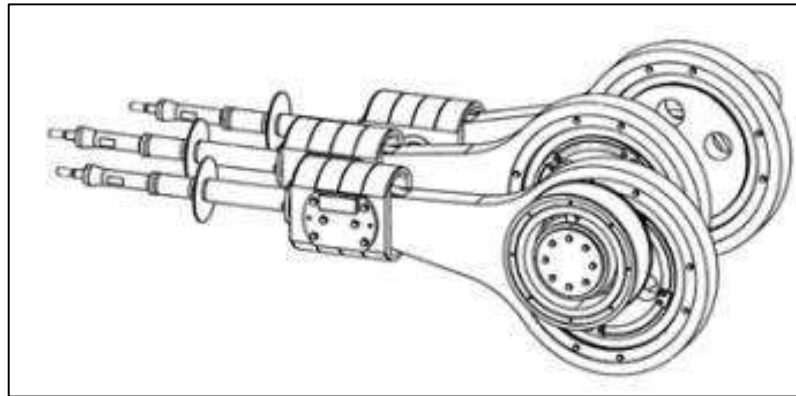


Figure II.11 : Bielle manivelle.

II.2.1.8 Le système d'entraînement : [15]

Il en existe deux types :

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

II.2.1.8.1 Entraînement par moteurs électriques :

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

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

II.2.1.8.2 Entraînement par poulies et courroies :

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

II.3 Partie hydraulique : [10]

II.3.1 Le corps hydraulique :

Il est en acier moulé, fixé sur le skid 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.

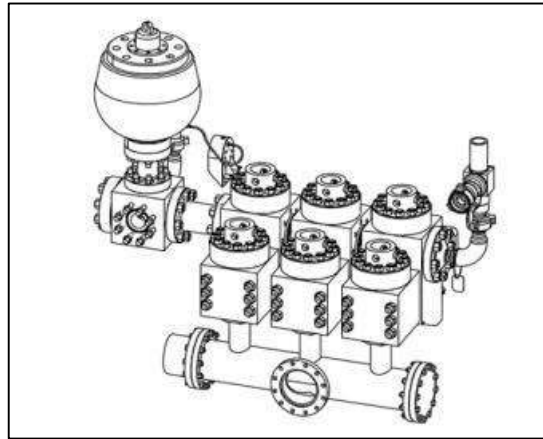


Figure II.12 : Le corps hydraulique.

II.3.2 Chemises :

Elles permettent l'utilisation d'une grande gamme de diamètres de pistons (diamètre intérieur de la chemise) afin d'obtenir les débits, et pressions exigés par le forage. La paroi intérieure de la chemise est traitée pour lui donner une grande dureté superficielle, et la résistance à l'usure désirée. Ces chemises sont enfilées dans le corps de pompe,

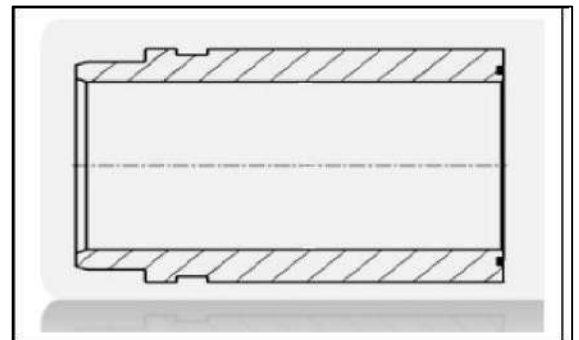
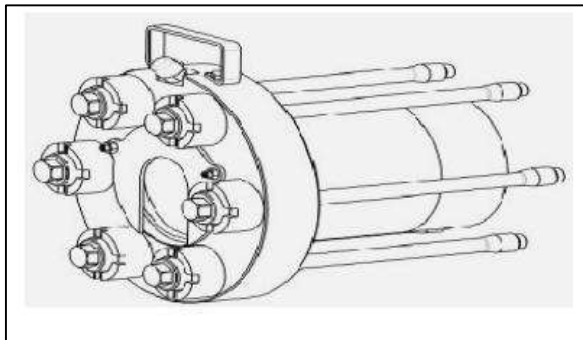


Figure II.13. Représente la chemise de la pompe à boue.

Et maintenues en place par des dispositifs, qui diffèrent légèrement suivant des constructeurs.

II.3.3 Les Sièges Et Les Clapets :

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

- ✓ Leur principe avantage est d'être le diamètre 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.

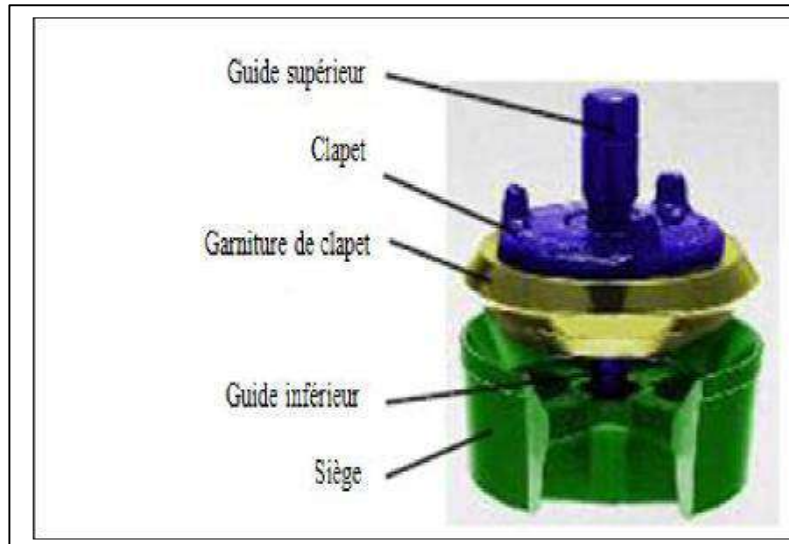


Figure II.14 : Clapets et leurs sièges.

II.3.4 Le Piston Et La Tige De Piston : [1]

Dans les pompes triplex, le piston est monté avec une seule garniture (cycle simple effet), une coupelle et un circlips en assurant 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), et un remplacement très aisé de l'ensemble piston et tige de piston.

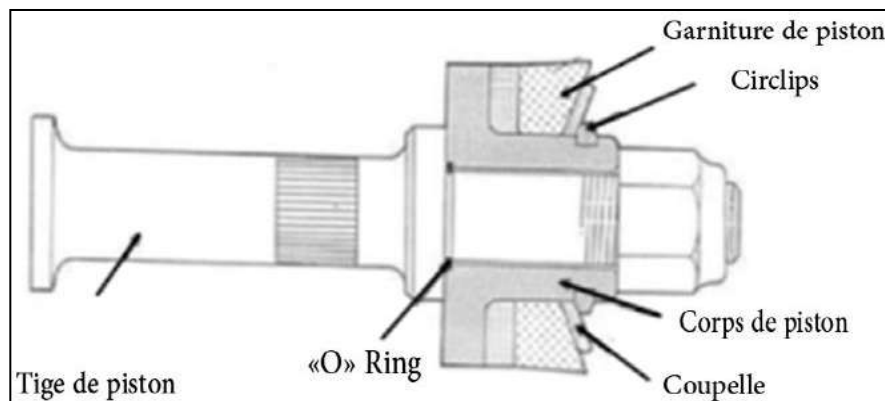


Figure II.15 : représente Le Piston Et La Tige De Piston.

II.4 Annexes de la pompe à boue : [13]

Les pompes de forage comportent les équipements auxiliaires suivants :

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

II.4.1 Les Amortisseurs De Pulsations Sur L'aspiration :

Le mouvement des clapets d'aspiration crée une variation très rapide de la pression de la boue dans la conduite d'aspiration de la pompe triplex.

On installe un amortisseur de pulsation sur l'aspiration, pour réduire ce phénomène.

Cet amortisseur comprend une membrane séparant la boue en dessous de l'air au-dessus comprimé à 40 PSI. En fonctionnant normalement, le dessus de la membrane apparaît dans l'axe du regard de contrôle.

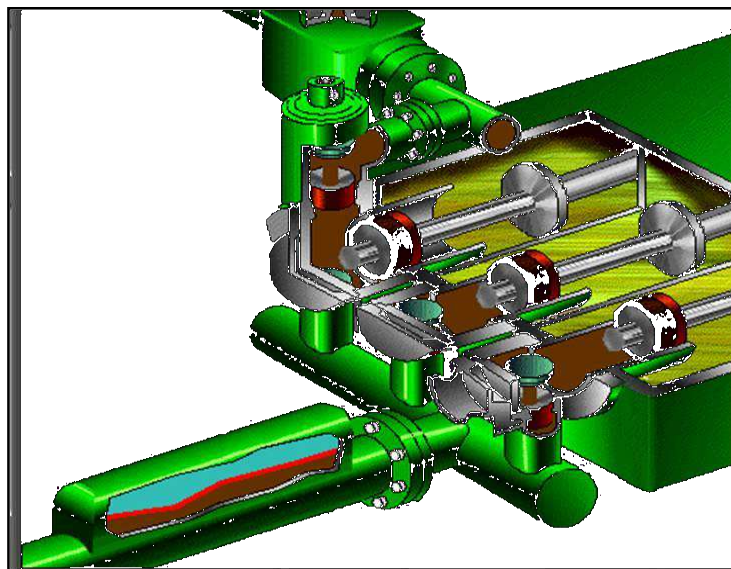


Figure II.16 : Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration.

II.4.2 Amortisseur de pulsation sur le refoulement :

Le débit instantané d'une pompe étant irrégulier, surtout pour les pompes duplex, il y a des variations de pression importantes, qui provoquent des vibrations, et des chocs néfastes sur la pompe et surtout le circuit de refoulement. Pour réduire ces effets, on équipe la pompe de forage d'un amortisseur de pulsations sur le refoulement, pré charge à l'air, ou à l'azote à 25% de la pression maximale de service de la pompe.

Lorsque la pompe travaille, la boue pénètre sous la membrane et la comprime.

Le volume de l'azote diminue si la pression de refoulement augmente et augmente si elle diminue, régularisant ainsi le débit et les fluctuations de pression. La pression de pré chargé est contrôlée à l'aide d'un manomètre situé à sa partie supérieure.

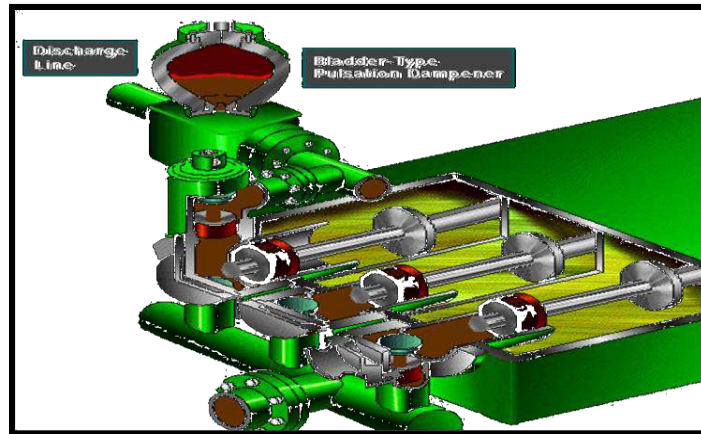


Figure II.16 : Amortisseur de pulsation sur le refoulement.

II.4.3 Les soupapes de sécurité : [1]

Placées sur la canalisation de refoulement au départ de la pompe, elles ont pour but déprotéger la pompe, et toute l'installation haute pression jusqu'au flexible d'injection, contrôles surpressions.

Il existe plusieurs types de ces soupapes, parmi lesquelles on distingue :

II.4.3.1 Soupapes de décharge à ressort :

Elle fonctionne lorsqu'on atteint la pression critique, le clapet se soulève et comprime le ressort ce qui facilite le passage du liquide vers les bacs. Le réglage du ressort se fait par serrage d'un écrou selon la pression critique de la chemise utilisée.



Figure II.17 : Soupapes de décharge à ressort.

II.4.3.2 Soupapes de décharge à clou :

Elle comprend un piston avec une tige fixée sur le corps par un clou qui passe dans la tige de piston.

A la pression critique, le piston se soulève et cisaille le clou et laisse le passage pour le liquide qui revient au bac. Le diamètre du clou est choisi en fonction de la pression critique de la chemise utilisée.



Figure II.18 : Soupapes de décharge à clou.

II.4.3.3 Les soupapes de décharge à diaphragme : [14]

Les soupapes à diaphragme fonctionnent à la pression limitée ; lorsque la pression dépasse sa limite, le diaphragme se déchire et ouvre l'orifice de vidange.

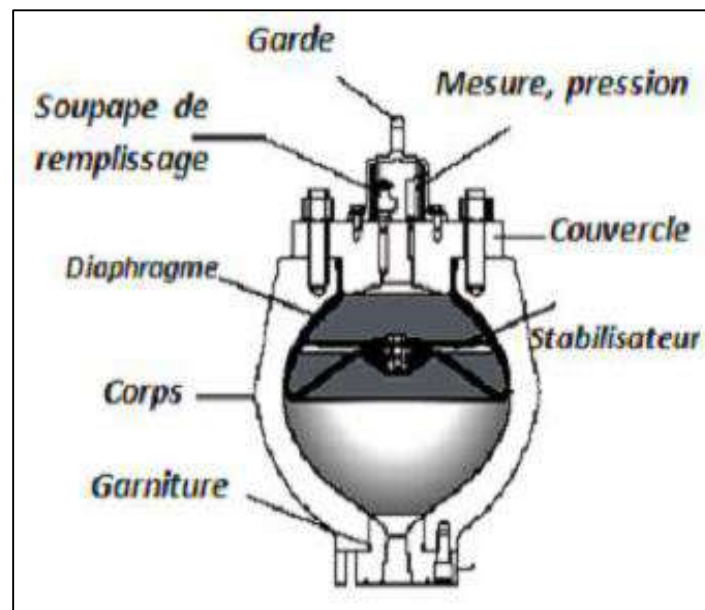


Figure II.19 : Les soupapes de décharge à diaphragme.

II.5 Principe de fonctionnement et débit instantané : [10]

II.5.1 Principe de fonctionnement :

Ce sont des pompes qui comportent trois cylindres dans lesquels coulisent trois pistons à simple effet, c'est-à-dire que chaque piston aspire et refoule d'un seul côté (figure II.20). Chaque cylindre comporte un clapet d'aspiration et un autre de refoulement à l'avant seulement.

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

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

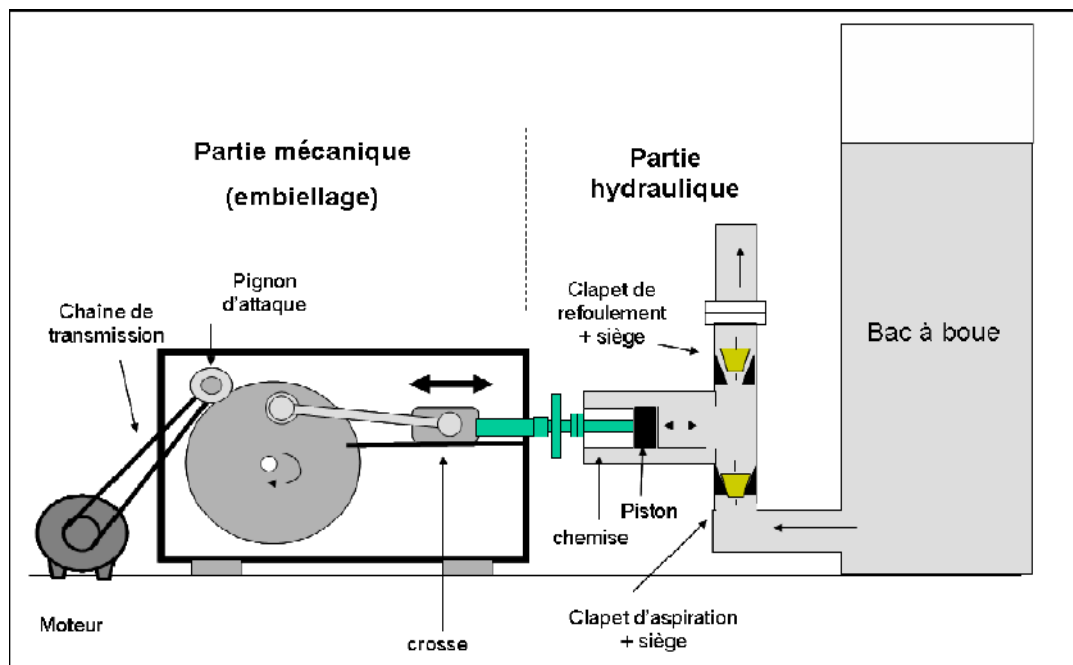


Figure II.20 : Principe de fonctionnement de la pompe à boue.

II.5.2 Débit instantané par cylindre :

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

II.5.3 Débit instantané de la pompe : [14]

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° , c'est-à-dire $2/3$ de course sépare chaque piston l'un de l'autre (lorsque le piston n°1 arrive en fin de course, le piston n°2 est au $1/3$ de sa course et le piston n°3 n'a pas encore terminé sa course retour, il on est en $2/3$).

Le principe simple effet et le calage régulier des pistons (3 fois 120°) entraînent 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

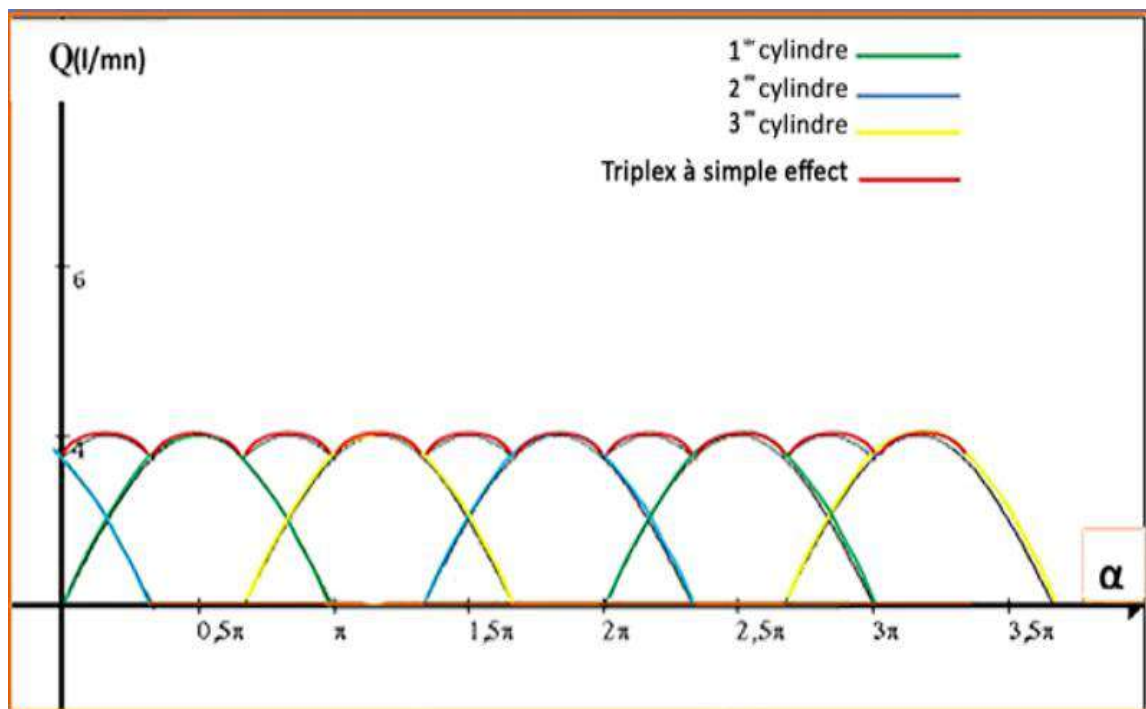


Figure II.21 : Débit instantané de la pompe triplex à simple effet.

Pour éviter les inconvénients liés aux forces d'inertie, on utilise de plus en plus à l'heure actuelle, la suralimentation des pompes à boue. Les pompes ne sont pas alimentées par aspiration directe dans les bacs, mais par l'intermédiaire d'une autre pompe (centrifuge à basse pression).

Dans ces conditions on obtient un remplissage presque parfait des cylindres et on supprime les cognements hydrauliques, le rendement se rapproche du rendement théorique, le débit obtenu est plus grand.

II.6 Les pompes de suralimentation : [13]

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

Une pompe centrifuge comprend deux parties :

- Une partie mobile ou rotor.
- Une partie fixe ou corps de pompe.

La partie mobile comporte un arbre accouplé au moteur. Sur cet arbre est clavetée une roue portant des aubes ou ailettes. Ce sont ces aubes qui, par l'intermédiaire de l'arbre transmettent au liquide le mouvement de rotation du moteur.

L'arbre se repose sur le corps de pompe par l'intermédiaire des paliers, dont le rôle est de diminuer les pertes mécaniques dues au frottement de l'arbre sur le corps de pompe.

Les presse-étoupe assurent l'étanchéité entre l'arbre et le corps de la pompe.

La partie fixe au corps de pompe comprend les orifices d'aspiration et de refoulement, et un récupérateur ou un amortisseur qui a pour but de transformer en pression une partie de la vitesse communiquée au liquide par le rotor.

II.6.1 Principe De Montage :

En pratique les pompes de suralimentation sont montées de façon à aspirer directement dans le bassin (parfois par l'intermédiaire de la conduite d'aspiration de la pompe) et à refouler dans cette même conduite.

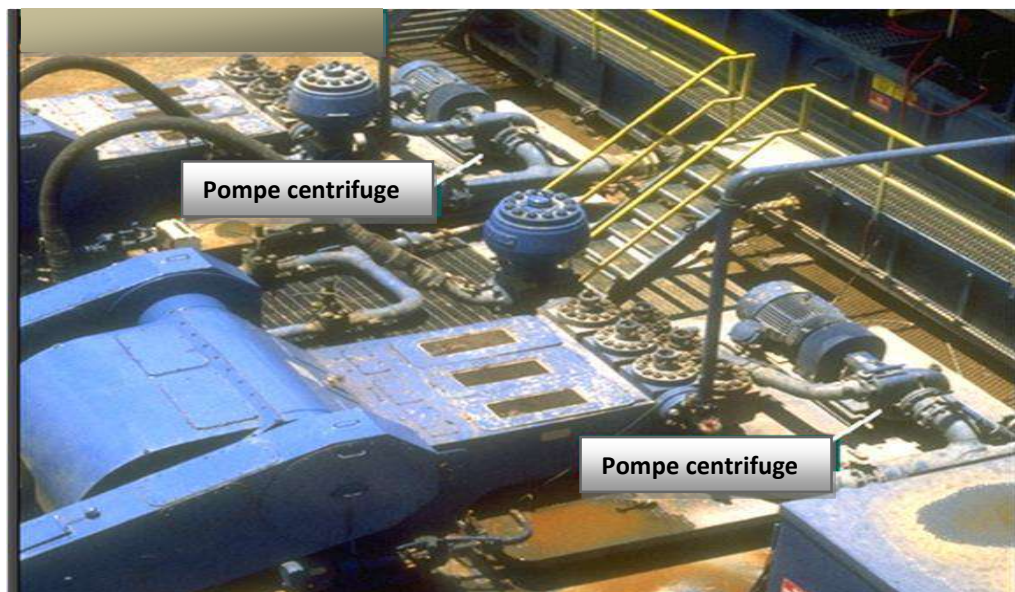


Figure II.22 : représente le principe de montage de la pompe 12P160.

Elles sont choisies pour que leur débit, la pression de refoulement et la puissance fournie soient suffisants pour répondre aux besoins de la pompe de forage à débit maximal (chemisage maximale, 120 coups/min). Ces caractéristiques (débit, pression, puissance fournie) dépendent du diamètre de la roue mobile, de sa vitesse et de puissance du moteur d'entraînement.

II.7 Avantages et Inconvénients de la pompe triplex a simple effet :

II.7.1 Les avantages :

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

II.7.2 Les inconvénients :

- × Suralimentation nécessaire à cause du mauvais remplissage. Il est donc indispensable d'avoir une bonne pompe centrifuge de suralimentation.
- × Refroidissement et lubrification de la chemise, et de l'arrière des pistons, indispensable pour toutes les pompes simple effet.
- × Du fait de l'importance de ce refroidissement, il est recommandé de doubler le circuit, c'est-à-dire de le brancher sur le circuit d'eau générale de l'appareil, pour le cas de défaillance de la pompe à eau.

Le calcul de la pompe comprend : [10]

- Calcul hydraulique.
- Calcul mécanique.

III.1 Calcul hydraulique :

III.2 INTRODUCTION :

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

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

Pour cela on détermine les pertes de charge pour un puits de 2630 m.

dimension	unité	signification
A	in²	Surface totale des duses d'outil.
d	kg/ l	Masse volumique du fluide.
D	In	Diamètre intérieur garniture.
D₀	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.
μ	cP	Viscosité de fluide.

NOMENCLATURE (Unités pratiques)

III.3 Calcul des pertes de charge :

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

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

Cette partie d'énergie est appelée perte de charge et s'exprime par la différence de pression du fluide entre deux points de la conduite. Par exemple, la boue de forage en circulation possède au départ une énergie représentée par la pression à la sortie de la pompe. Cette énergie est entièrement perdue dans le circuit boue puisque, au retour dans les bassins, la pression de la boue est nulle. La pression à la sortie de la pompe exprime, dans ce cas, la somme des pertes de charge dans le circuit.

Ces pertes de charge se produisent :

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

On prend en considération la perte de charge à l'intérieur de tool-joint des tiges de forage, tel que la somme des longueurs des tool-joint correspond 5% la somme des longueurs des tiges, ainsi que le diamètre intérieur du tool-joint égale à (3" 1/4).

On néglige la différence du diamètre entre les tool-joint et les tiges de forage dans le cas du calcul des pertes à l'intérieur de l'espace annulaire, c.-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.3.1 Les équations de perte de charge utilisées en forage :

III.3.1.1 Les pertes de charge aux installations de surface :

$$P = N_1 \cdot B \dots\dots (1)$$

Avec

P : pertes de charge

B : Coefficient correspond à la boue en circulation

N_1 : Coefficient des pertes de charge

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

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

μ : Viscosité en [cp]

III.3.1.2 Les pertes de charge dans les orifices de trépan :

$$P = \frac{d \cdot Q^2}{2959,41 \cdot C^2 \cdot A^2} \dots\dots (3)$$

Avec :

Q : le débit réel mesuré en [l /min]

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

C : coefficient d'orifice :

C=0,80 pour les outils sans jet

C=0.95 pour les outils à jet

III.3.1.3 Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture :

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

Avec :

L : longueur en [m]

D : diamètre intérieur garniture [in]

III.3.1.4 Les pertes de charge dans l'espace annulaire :

$$P = \frac{Q^{1,8} . L . B}{706,96 . (D_0 + D_i)^{1,8} . (D_0 - D_i)^3} \dots\dots (5)$$

Avec :

D_0 : diamètre extérieur annulaire [in]

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

III.3.2 Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage :

↪ **Données de départ :**

Trou foré	Diamètre (in)	Phase 26 “	phase 16 “	Phase 12“	phase 8“
	Profondeur forée (m)	202	1744	2409	2630
Tubage	Diamètre extérieur (in)	18 ^{5/8}	13 ^{3/8}	9 ^{5/8}	7
	Poids linière (lb/ft)	85,5	68,00	47,00	29,00
	Diamètre inter (in)	17,755	12,415	8,681	6,184
	Longueur du tubage (m)	201	1743	2408	2620
Paramètre hydraulique de forage	Débit (l /min)	3700	3300	3061	2270
	Masse volumique (kg/ l)	1,06	1,3	1,3	2,03
	Viscosité (cp)	65	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)	55	946	2250	2338
Tige lourde	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	3	3	3	3
	Longueur(m)	67	478	92	79
Masse tige	Diamètre extérieur (in)	8	8	8	6 ^{1/2}
	Diamètre intérieur (in)	2,81	2,81	2,81	2 13/16
	Longueur(m)	80	320	67	213
Trépan	TFA (in ²)	1,052	0,994	1,037	0,902

I. Première phase :

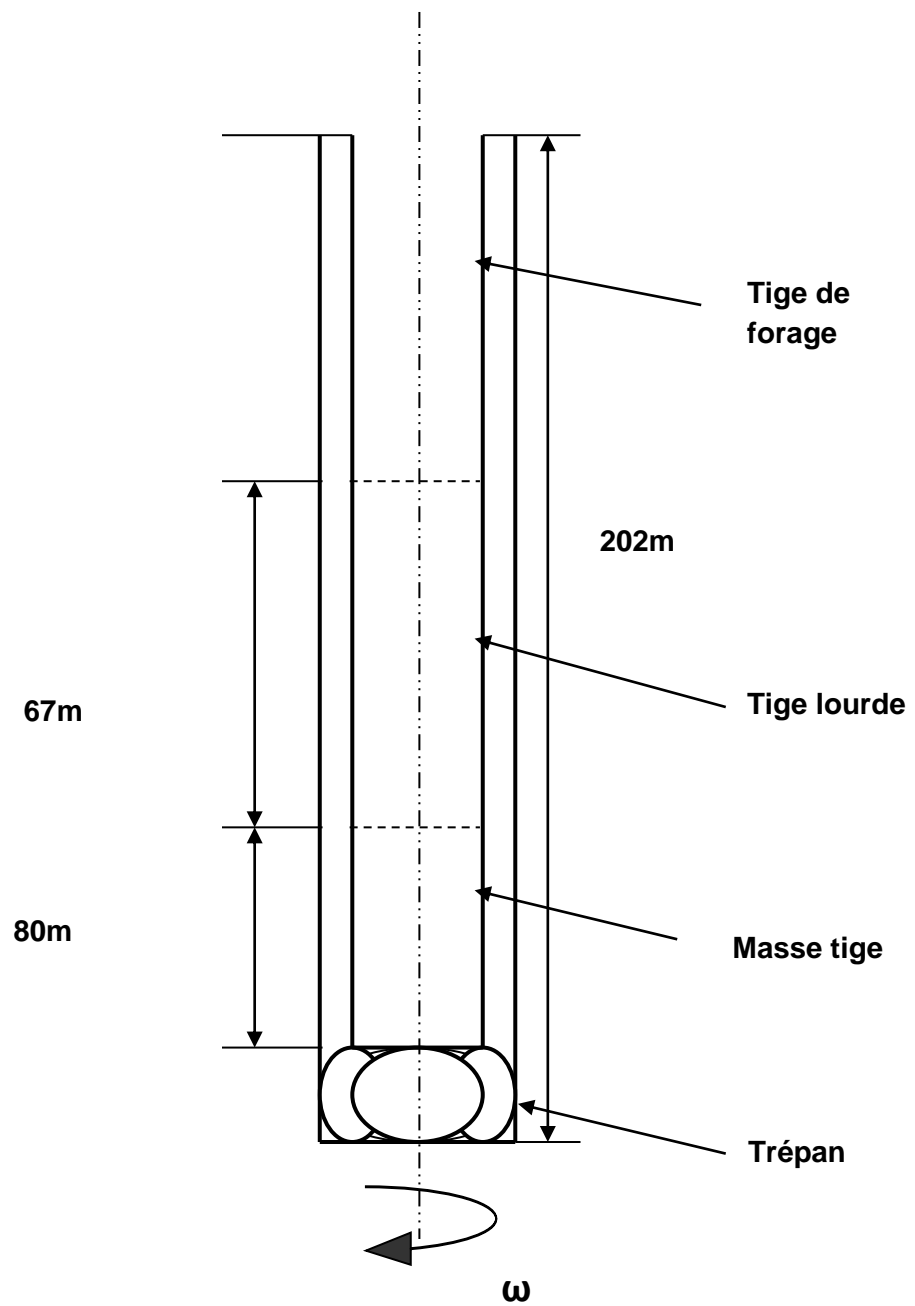


Figure III.1 : Phase 1^{ère} de forage

III.3.2.1 Intérieur de la garniture :

III.3.2.1.1 Tool-joint :

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

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

$$L_{TJ} = 0,05 \cdot 202 = 10,1 \text{ m et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4} = 3,25''$$

$$P_{TJ} = \frac{10,1 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 249,94 \text{ KPa}$$

III.3.2.1.2 Tige de forage :

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

$$L_{DP} = 202 - 10,1 = 191,9 \text{ m}$$

$$P_{DP} = \frac{191,9 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 1272,49 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.3 Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{67 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 2434,75 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.4 Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{80 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 3979,80 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.5 Espace annulaire :

III.3.2.1.5.1 Trou / tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DP} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3} \dots\dots (5)$$

$$P_{DP} = \frac{55 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{706,96 \times (26 + 5)^{1,8} \times (26 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 0,11 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.5.2 Trou / tige lourde :

$$P_{HW} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3} \dots\dots (5)$$

$$P_{HW} = \frac{67 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{706,96 \times (26 + 5)^{1,8} \times (26 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 0,135 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.5.3 Trou / masse tige :

$$P_{DC} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1,8} \cdot (D_0 - D_i)^3} \dots\dots (5)$$

$$P_{DC} = \frac{80 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{706,96 \times (26 + 8)^{1,8} \times (26 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 0,217 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.6 Trépan :

$$P_t = \frac{d.Q^2}{2959,41.C^2.A^2} \dots\dots (3)$$

$$P_t = \frac{1,3 \times 3700^2}{2959,41(0,95)^2(1,052)^2}$$

$$P_t = 6020,90 \text{ kPa}$$

III.3.2.1.7 Equipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B \dots\dots (1)$$

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

$$P_s = 378 \times 1,06^{0,8} \times 65^{0,2}$$

$$P_s = 912,68 \text{ kPa}$$



La perte de charge totale :

$$P_{\text{tot}} = 249,94 + 1272,49 + 2443,75 + 3979,8 \\ + 0,11 + 0,135 + 0,217 + 6020,90 + 912,68$$

$$P_{\text{tot}} = 14871,02 \text{ kPa}$$

II. Deuxième phase :

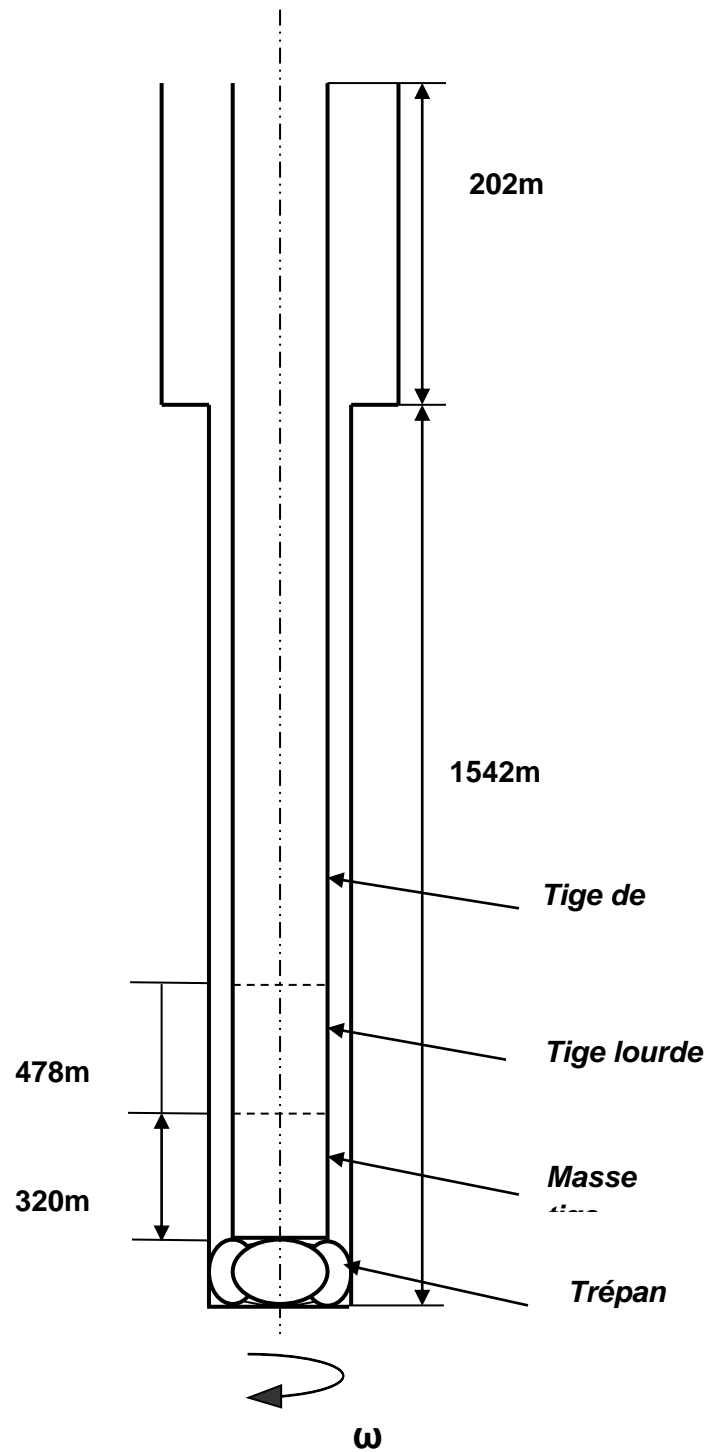


Figure III.2 : Phase 2^{ème} de forage

III.3.2.2 Intérieur de la garniture :

III.3.2.2.1 Tool-joint :

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

$L_{TJ} = 0,05 \cdot 946 = 47,3 \text{ m}$ et $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$.

$$P_{TJ} = \frac{47,3 \times 1,19^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 1076,78 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.2 Tige de forage :

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

$L_{DP} = 946 - 47,3 = 898,7 \text{ m}$.

$$P_{DP} = \frac{898,7 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 5482,01 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.3 Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{478 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 15979,1 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.4 Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{320 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 14644,21 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.5 Espace annulaire :

III.3.2.2.5.1 Tubage / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{202 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(17,755 + 5)^{1,8} (17,755 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 2,92 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.5.2 Trou / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{744 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(16 + 5)^{1,8} (16 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 19,37 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.5.3 Trou / tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{478 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(16 + 5)^{1,8} (16 - 5)^3}$$

III.3.2.2.5.4 Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{320 \times 1,3^{0,8} \times 3300^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(16 + 8)^{1,8} (16 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 17,03 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.6 Trépan :

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

$$P_t = \frac{1,3 \times 3300^2}{2959,41(0,95)^2(0,949)^2}$$

$$P_t = 5885,52 \text{ kPa}$$

III.3.2.2.7 Equipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_1=307$ (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 307 \times 1,3^{0,8} \times 53^{0,2}$$

$$P_s = 309,72 \text{ kPa}$$

↪ **La perte de charge totale :**

$$P_{tot} = 1076,72 + 5482,01 + 15979,1 + 14644,21 \\ + 2,92 + 19,37 + 12,45 + 17,02 + 5885,52 + 309,72$$

$$P_{tot} = 43429,11 \text{ kPa}$$

III. Troisième phase :

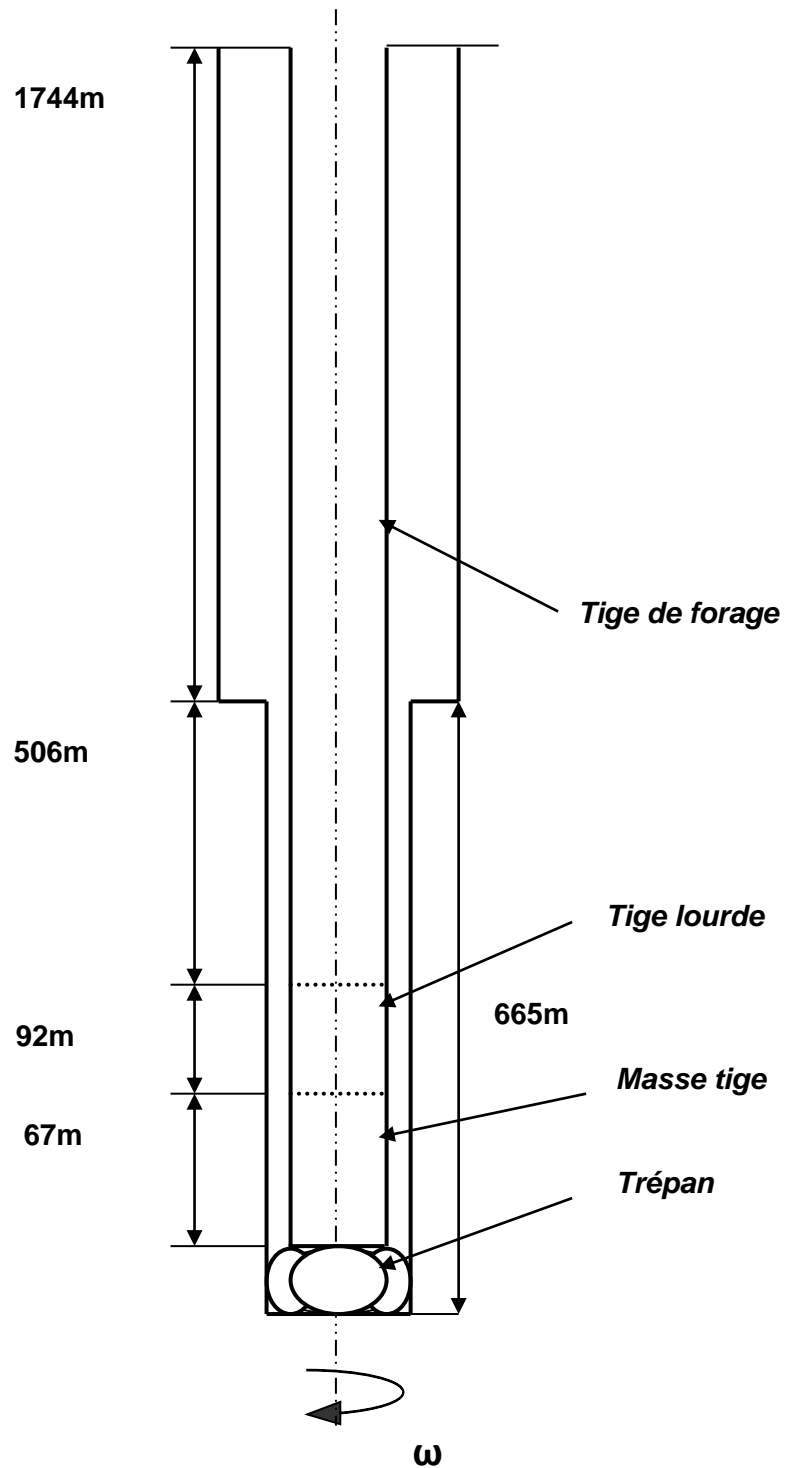


Figure III.3 : Phase 3^{ème} de forage

III.3.2.3 Intérieur de la garniture :

III.3.2.3.1 Tool-joint :

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

$L_{TJ} = 0,05 \cdot 2250 = 112,5$ m et $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$.

$$P_{TJ} = \frac{3061^{1,8} \cdot 112,5 \cdot 64^{0,2} \cdot 1,3^{0,8}}{901,63 \cdot 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 2322,89 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.2 Tige de forage :

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

$L_{DP} = 2250 - 112,5 = 2137,5$ m.

$$P_{DP} = \frac{3061 \times 1,3^{0,8} \times 2137,5^{1,8} \times 64^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 11405,61 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.3 Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{92 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 2789,47 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.4 Masse tige :

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

$$P_{TJ} = \frac{3061^{1,8} \cdot 67 \cdot 64^{0,2} \cdot 1,3^{0,8}}{901,63 \cdot 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 2780,99 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.5 Espace annulaire :**III.3.2.3.5.1 Tubage / tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{1744 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96(12,415 + 5)^{1,8} (12,415 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 188,40 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.5.2 Trou / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{506 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96(12,25 + 5)^{1,8} (12,25 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 54,49 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.5.3 Trou / tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{92 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96(12,25 + 5)^{1,8} (12,25 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 10,81 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.5.4 Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{67 \times 1,3^{0,8} \times 3061^{1,8} \times 64^{0,2}}{706,96(12,25 + 8)^{1,8} (12,25 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 29,30 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.6 Trépan :

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

$$P_t = \frac{1,3 \times 3061^2}{2959,41(0,95)^2(1,037)^2}$$

$$P_t = 4240,92 \text{ kPa}$$

III.3.2.3.7 Equipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_1 = 267$ (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 267 \times 1,3^{0,8} \times 64^{0,2}$$

$$P_s = 756,66 \text{ kPa}$$



Les pertes de charge totale :

$$P_{\text{tot}} = 2322,89 + 11405,61 + 2789,47 + 2780,99 \\ + 188,4 + 54,49 + 10,81 + 29,30 + 4240,92 + 756,66$$

$$P_{\text{tot}} = 24579,54 \text{ kPa}$$

IV. Quatrièmes Phase :

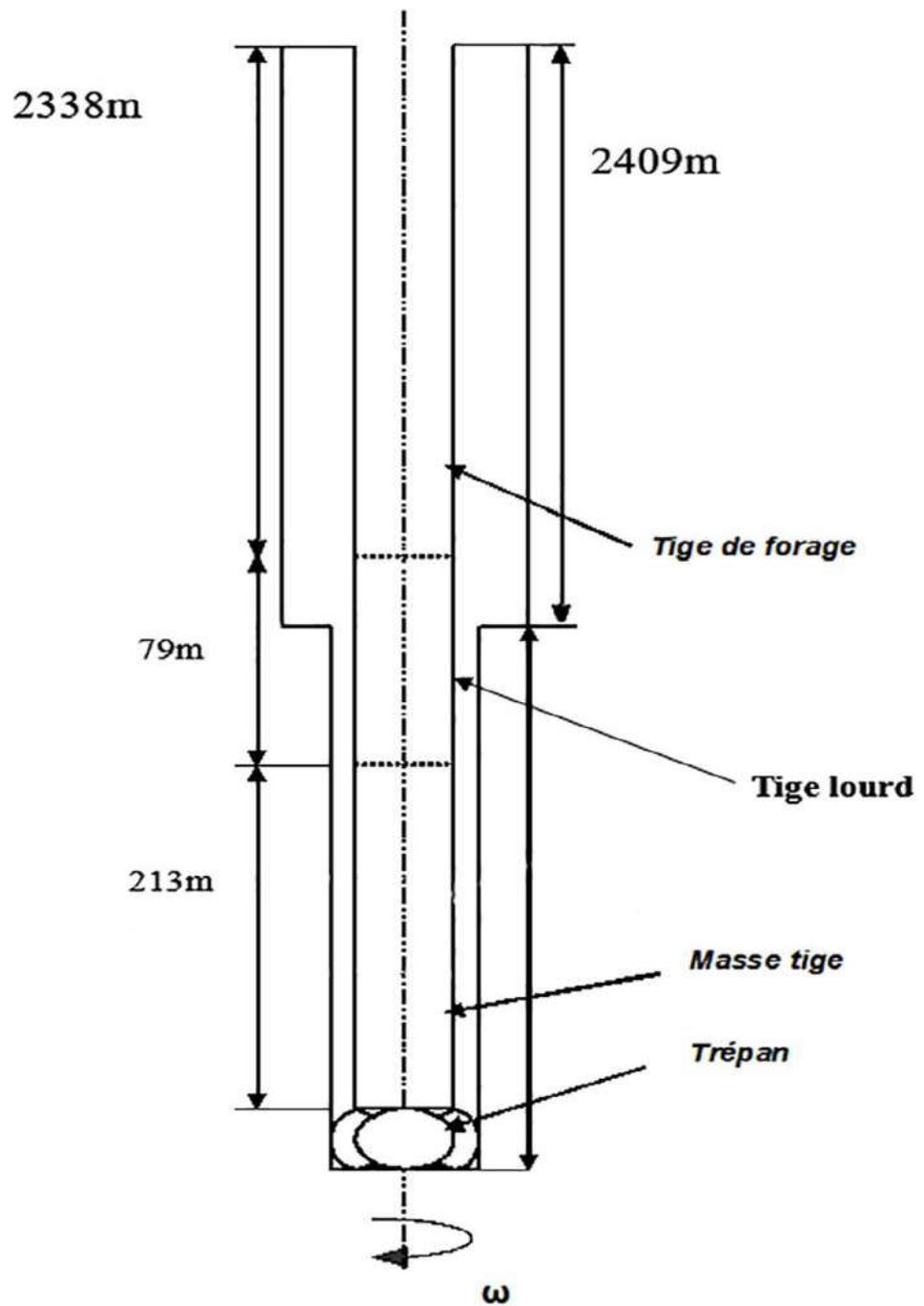


Figure III.4 : Phase 4^{ème} de forage

III.3.2.4 Intérieur de la garniture :

III.3.2.4.1 Tool-joint :

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

$L_{TJ} = 0,05 \cdot 2338 = 116,9$ m et $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$.

$$P_{TJ} = \frac{2270^{1,8} \cdot 116,9 \cdot 69^{0,2} \cdot 2,03^{0,8}}{901,63 \cdot 3,25^{4,8}} = 43,42 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.2 Tige de forage :

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

$L_{DP} = 2338 - 116,9 = 2221,1$ m.

$$P_{DP} = \frac{2221,1 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} = 10403,32 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.3 Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{79 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}} = 2027,82 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.4 Masse tige :

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

$$P_{TJ} = \frac{2270^{1,8} \cdot 213,69^{0,2} \cdot 2,03^{0,8}}{901,63 \cdot 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 7484,69 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.5 Espace annulaire :

III.3.2.4.5.1 Tubage / tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1,8} \cdot L_{tub3} \cdot B}{706,96 \cdot (D_{tub3} + D_i)^{1,8} \cdot (D_{tub3} - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{2338 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96(8,681+5)^{1,8} (8,681-5)^3}$$

$$P_{DP} = 2698,69 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.5.2 Tubage / tige lourde :

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

$$P_{DP} = \frac{71 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96(8,681+5)^{1,8} (8,681-5)^3}$$

$$P_{DP} = 81,95 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.5.3 Trou / tige lourde :

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

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

$$P_{HW} = 11,00 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.5.4 Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{213 \times 2,03^{0,8} \times 2270^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96(8,5 + 6,5)^{1,8}(8,5 - 6,5)^3}$$

$$P_{DC} = 1298,80 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.6 Trépan :

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

$$P_t = \frac{2,03 \times 2270^2}{2959,41(0,95)^2(0,902)^2}$$

$$P_t = 4813,73 \text{ kPa}$$

III.3.2.4.7 Equipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_1 = 267$ (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 154 \times 2,03^{0,8} \times 69^{0,2}$$

$$P_s = 632,83 \text{ kPa}$$

↳ **Les pertes de charge totale :**

$$P_{\text{tot}} = 2043,42 + 10403,32 + 2027,82 + 7484,69 \\ + 2698,69 + 81,95 + 11 + 1298,8 + 4813,73 + 632,83$$

$$P_{\text{tot}} = 31496,25 \text{ kPa}$$

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

$$\Rightarrow 1^{\text{er}} \text{ phase: } P_{\text{tot}} = 14871,02 \text{ kPa}$$

$$\Rightarrow 2^{\text{ème}} \text{ phase: } P_{\text{tot}} = 43429,11 \text{ KPa}$$

$$\Rightarrow 3^{\text{ème}} \text{ phase : } P_{\text{tot}} = 24579,54 \text{ kPa}$$

$$\Rightarrow 4^{\text{ème}} \text{ phase : } P_{\text{tot}} = 31496,25 \text{ kPa.}$$

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

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

III.4 Calcul de la puissance mécanique :

III.4.1 Première phase :

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

$$P_{m1} = \frac{1478102 \times 3700}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m1} = 1429,37 \text{ HP}$$

HP : Hors Power (puissance en chevaux) ;

1HP=1.013 chevaux vapeurs.

III.4.2 Deuxième phase :

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

$$P_{m2} = \frac{4342911 \times 3300}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m2} = 3745,72 \text{ HP}$$

III.4.3 Troisième phase :

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

$$P_{m3} = \frac{24579,54 \times 3061}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m3} = 1966,42 \text{ HP}$$

III.4.4 Quatrième phase :

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

$$P_{m3} = \frac{31496,25 \times 2270}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m4} = 1868,63 \text{ HP}$$

III.5 Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase :

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

1- Première phase :

$$P_{hr1} = 1106,60 \text{ HP}$$

2- Deuxième phase :

$$P_{hr2} = 2882,33 \text{ HP}$$

3- Troisième phase :

$$P_{hr3} = 1513,16 \text{ HP}$$

4- Quatrième phase :

$$P_{hr3} = 1437,91 \text{ HP}$$

On désigne le tableau des résultats de calcul :

Phase	débit	Puissance hydraulique		Puissance mécanique		Pression	
	[l/mn]	[HP]	[kw]	[HP]	[kw]	[Psi]	[bar]
26''	3700	1106,6	813.9	1429,37	1051.29	14871,02	1025.32
16''	3300	2882,33	2119.95	3745,72	2754.97	43429,11	2994.33
12'' ^{1/4}	3061	1513,16	1112.92	1966,42	1446.29	24579,54	1694.69
8'' ^{1/2}	2270	1437,91	1057.58	1868,63	1374.37	31496,25	2171.59

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.6 Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase :

Dans le chantier **TP160**, la pompe travaille avec des chemises de (6'') et (5^{1/2}'') pour toutes les phases ; ce qui entraîne la variation de nombre de coups par minute de la pompe.

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

III.6.1 Première phase :

1 coup  16,68 l (volume/course)

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_{unitaire}} = \frac{3700}{16,68}$$

$$N_1 \approx 222 \text{ coup/mn}$$

III.6.2 Deuxième phase :

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_{unitaire}} = \frac{3300}{16,68}$$

$$N_2 \approx 198 \text{ coup/mn}$$

III.6.3 Troisième phase :

$$N_3 = \frac{Q_3}{Q_{unitaire}} = \frac{3061}{16,68}$$

$$N_3 \approx 181 \text{ coup/mn}$$

III.6.4 Quatrième phase :

$$N_4 = \frac{Q_4}{Q_{unitaire}} = \frac{2270}{16,68}$$

$$N_4 \approx 137 \text{ coup/mn}$$

III.7 Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase :

Phase	26''	16''	12'' ^{1/4}	8'' ^{1/2}
(Coups/mn)	222	198	181	137

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 :

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

Où :

D_i : Diamètre intérieur de la chemise [m]

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

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

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

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

N : Nombre des coups par minute, $n=120$ coups/mn.

(Nombre des coups Maximal de la pompe)

III.8.1 Première phase :

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

(Débit de la boue pour une seule pompe)

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

$$D_1 = 154,2mm$$

III.8.2 Deuxième phase :

$$Q_2 = \frac{3300}{2} = 1650 \ell / min$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

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

$$D_2 = 145mm$$

III.8.3 Troisième phase :

$$Q_3 = \frac{2061}{2} = 1030,5 \ell / min$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

$$D_3 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1030,5 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 181}} = 0,093m$$

$$D_3 = 93mm$$

III.8.4 Quatrième phase :

$$Q_4 = \frac{2270}{2} = 1135 \ell / min$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

$$D_4 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1135 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 137}} = 0,113m$$

$$D_4 = 113mm$$

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

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

$$D_2 = 138,9 \text{ mm} \longrightarrow D_1 = 5''\frac{1}{2}$$

$$D_3 = 120,8 \text{ mm} \longrightarrow D_3 = 5''\frac{1}{2}$$

$$D_4 = 120,8 \text{ mm} \longrightarrow D_3 = 5''\frac{1}{2}$$

Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase :

Les phases \ P têt	Les pertes de charges totale théorique (KPA)	Les pertes de charges réel (KPA)
Phase 26''	14871,02	13383.9
Phase 16''	43429,11	39086.2
Phase 12'' $\frac{1}{4}$	24579,54	22121.5
Phase 8'' $\frac{1}{2}$	31496,25	28346.6

Conclusion

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

Lors du forage des puits de pétrole et du gaz, la circulation de la boue est nécessaire et plus particulièrement avec l'augmentation de la profondeur forée. La boue qui contient des particules de terrains découpées fait provoquer une usure par abrasion des pièces flottantes, ce qui exige le bon fonctionnement des dispositifs d'épuration à chaque remontée de boue à la surface.

Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage, il fonctionne dans des conditions difficiles.

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

Le calcul des pertes d'énergies massiques réalisé, conformément au programme de forage du puits donné, montre que le choix de la pompe triplex à simple effet est satisfaisant, elle s'adapte convenablement aux conditions de ce forage.

Bibliographie

- [1] M, Zinsalo Joël. Pompes et station de pompage. École polytechnique d'Abomey Calavi.1999
- [2] « Machines, mécanismes et installation de forage », A. ILSKI, V. KASSIANOV, V. POROCHINE, école supérieur Moscou.
- [3] « Le forage rotary ; planches », Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974.
- [4] « Le forage rotary ; textes », Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974.
- [5] « Forage rotary ; les circuits hydraulique », P. MOTARD, éditions technip, juin 1974.
- [6] « Forage rotary ; la sécurité sur la sonde », P. MOTARD, éditions technip, 1971.
- [7] « Le forage de jour d'aujourd'hui ; 2^{ème} partie », Publications de l'institut français du pétrole, édition 1970.
- [8] « formulaire du foreur », Gilles GABOLDE, Jean-Paul NGUYEN, publications de l'institut français du pétrole, édition 1989.
- [9] cours de management des chantiers pétroliers 2017.
- [10] Ghiti. nadjibe « Technique de pompes» Ecole Skikda IAP juillet 2009.
- [11] Hafsi. takieddine. Et somaa. ismail. « Appareil de forage » université kasdiMerbah Ouargla 2011.
- [12] P, Trambouz, Raffinage du pétrole, Matériels et Equipements, Edition technip ,1999.
- [13] IAP (Institut Algérien du Pétrole) « les fonctions levage- rotation- pompage et circulation », Cours de forage.

[14] ENTP, Document sur la pompe à boue sur chantier TP160.

[15] Bernard chargées, Pompes volumétriques pour liquide, Technique d'ingénieur, Technique d'ingénieur, B4320.

[16] influence de la pression de refoulement sur le forage PDF.

[17] GABOLDE Gilles, NGUYEN Jean-Paul, « formulaire du foreur », publications de l'institut français du pétrole, édition 1989.

[18] M, Zinsalo Joël. Pompes et station de pompage. École polytechnique d'Abomey Calavi.1999.

Résumé :

L'installation de forage est un complexe d'équipements comprenant des machines et des mécanismes liés entre eux pour accomplir une fonction bien déterminée. Parmi ces équipements on s'intéresse aux pompes à boue de type triplex à simple effet car elles jouent un rôle important dans l'installation de forage, elles permettent la circulation de la boue lors d'un forage à haute pression et débit de travail. Ce travail présente une étude théorique de choix et de vérification des paramètres de fonctionnement de la pompe 12P160 par le calcul de débit, puissance et des pertes de charge liés aux phases de forage. Les résultats de vérification de performance de la pompe par le calcul hydraulique et mécanique montrent que les pièces (chemise et tige) de la partie hydraulique résistent aux forces de compression et de phénomène de flambage. En plus l'étude de maintenance et les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide sont nécessaires pour augmenter la longévité et la fiabilité de la pompe pour assurer une longue durée de service durant l'opération de forage.

Mots clés : pompe à boue triplex, choix et vérification, calcul mécanique, calcul hydraulique, maintenance.

Abstract :

The drilling is a complex of equipment containing machines and mechanisms linked together to accomplish a clearly defined function. Among this equipment's we are interested in triplex mud pumps single acting because they play an important role in the drilling installation, they allow the flow of mud at a high pressure drilling and flow, this work presents a theoretical study of choice and verification of operating parameters of the 12P160 by the determination of flow, power and of pressure drop related to drilling phase. The performance verification results of the pump by the hydraulic and mechanical calculations show that the parts (liner and stem) of the hydraulic part resist compressive forces and buckling phenomena. In addition to the study of maintenance and visiting operations and replacement of rapid-wear parts are needed to increase the durability and reliability of the pump and to ensure a long service life during the drilling operation.