

N° Série : /2017

Université Kasdi Merbah - Ouargla -



Faculté des hydrocarbures et énergies renouvelables et sciences de la terre et de l'univers

**Département forage Et mécanique des
Chantiers pétroliers**

MEMOIRE
Pour obtenir le Diplôme de Master
Option: Mécanique Des Chantiers Pétroliers

Présenté Par :

BERROUSSI ABDELHAK-- BOUMAZA HOUARI
KHELIL FARES
-THEME -

ETUDE D'UN POMPE A BOUE OIL-WELL 12P160

Soutenule: .../.../2017

Jury :

Président :

Univ. Ouargla

Encadreur :

Univ. Ouargla

Examineur :

Univ. Ouargla

Année universitaire : 2016/2017

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail, fruit de plusieurs années d'effort, tout d'abord à mon chère père et très chère mère en guise de reconnaissance pour leur amour, leur aide, leur confiance, leur patience et leur présence dans les moments difficile.

Je tien à les remercier très affectueusement sachant d'avance que je ne pourrais jamais leur rendre la moindre parcelle pour ce qu'ils ont fait pour moi.

☞ *A tout les familles de BOUMAZA*

☞ *Ainsi mes amis de Ouargla*

BOUMAZA HOUARI

DÉDICACE

Je dédie ce présent mémoire à :

✧ *Ma mère, mon père, mes frère et mes sœurs*

✧ *famille de KHELIL*

✧ *Mes chères Amis*

✧ *A mes collègues et professeurs de l'université de
Ouargla.*

✧ *A toutes les personnes qui ont contribuées de
près ou de loin à l'élaboration de ce travail*

KHELIL FARES

DÉDICACE

Ce travail modeste est dédié :

À ma chère mère ;

À la mémoire de mon père ;

*À tous mes proches de la famille BERROUSSI, et plus
particulièrement, mes frères tout à son nom ;*

À tous mes chers amis ;

À mes collègues de l'Université d'Ouargla ;

Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire ;

BERROUSSI ABDELHAK

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Ainsi, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui participe de réaliser ce mémoire. Ainsi que l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

RESUME

Résumé

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

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

Abstract

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

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

ملخص

في الحفر هناك نظام تدفق السائل الذي يتكون عادة من أنواع مختلفة من الطين لامتصاص الحرارة المتولدة أثناء احتكاك أداة الحفر مع الصخور ورفع الصخور إلى السطح من خلال نظام تدفق متكرر.

تتطلب هذه الحركة استخدام جهاز يدعى مضخة الطين التي توفر إنتاجية عالية بالإضافة إلى ضغط عال.

و الغرض من مذكرتنا هو دراسة نظام تداول السوائل، ومعدات الضخ، وخاصة دراسة مضخة الطين والتحقق حسابيا من النتائج.

SOMMAIRE

SOMMAIRE :

Introduction :

Chapitre I : : Généralités sur l'appareil de forage

I.1.	INTRODUCTION	01
I.2.	Principe du forage rotary	01
I.3.	Description d'un appareil de forage	02
I.1.1.	Fonction Levage	04
A.	Structure de la tour de forage	04
B.	La mécanique de levage	04
I.1.1.	Fonction Rotation	08
A.	La table de rotation	08
B.	La tête d'injection	09
I.1.2.	Fonction pompage	09
A.	Les pompes de forage	09
B.	Les matériels annexes de la fonction pompage	09
I.1.1.	Fonction motrice et transmission	10
A.	Les sources d'énergie	10
B.	Les systèmes de transmissions de puissance	10
I.3.5.	Fonction de sécurité	11

SOMMAIRE

Chapitre II : Système de circulation de la boue

I.1.	La boue de forage	13
I.2.	Les pertes de circulation	13
I.3.	Les éléments composants le système de circulation	13
I.3.1.	La pompe à boue	13
I.3.2.	Equipements de la ligne de refoulement	13
I.1.1.	Equipements de système de vidange	14
A.	Equipement pour préparer le liquide de forage	14
A.	Equipement pour éliminer les déblais du liquide de forage	15
a.	La séparation forcée	15
b.	L'épuration naturelle	15

Chapitre III : La pompe à boue national Oil Well 12P160

I.1.	Destination et exigences générales	16
I.2.	Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil- Well 12P160 »	16
I.1.1.	Construction de la pompe à boue triplex à simple effet	16
A.	La partie mécanique	18
B.	La partie hydraulique de la pompe 12P160	23
I.1.	Annexes de la pompe à boue	26
I.1.1.	Les amortisseurs de pulsations	26
I.1.	Principe de fonctionnement et débit instantané	29
I.1.1.	Principe de fonctionnement	29
I.1.2.	Débit instantané	29
A.	Débit instantané par cylindre	29
I.1.1.	Les pompes de suralimentation	31
I.1.2.	Principe de montage	31

SOMMAIRE

I.1.	Caractéristiques des pompes à boue	33
I.1.1.	La cylindrée	33
I.1.1.	La vitesse	33
I.1.2.	Le débit	33
I.1.3.	Rendements	33
I.1.1.	Pression	34
I.1.2.	La puissance	34
I.1.	Les avantages et les inconvénients de la pompe triplex simple effet	35
I.1.1.	Les avantages	35
I.1.2.	Les inconvénients	35

Chapitre IV : Exploitation et maintenance de la pompe à boue

I.1.	Exploitation des pompes à boue	36
I.1.1.	Mise en série des deux pompes	36
I.1.2.	Mise en parallèle de deux pompes	36
I.2.	Conditions de fonctionnement de la pompe à boue national Oil Well 12P160	36
I.3.	Généralités sur la maintenance des machines industrielles	36
I.3.1.	Définition de la maintenance	36
I.3.2.	Objectifs et importance de la maintenance	36
I.3.3.	Types de maintenance	37
I.1.	Maintenance de la pompe « national Oil-Well 12P160 »	38
I.1.1.	Maintenance préventive	38
I.1.2.	Maintenance corrective	38
I.2.	Pannes de la pompe à boue et leurs remèdes	38
I.1.	Montage et démontage de la pompe à boue	40
I.1.1.	Démontage de la pompe à boue	40

SOMMAIRE

A.	Démontage de la partie hydraulique	41
B.	Démontage de la partie mécanique	41
I.6.2.	Remontage de la pompe à boue.....	41

Chapitre: VI: Calcul de la pompe à boue Oil-Well 12P160

I. 1.	Calcul hydraulique.....	43
I .1.1.	Introduction	43
A.	Introduction	43
A.	équations de perte de charge utilisées en forage.....	43
a.	Les pertes de charge aux installations de surface	43
b.	Les pertes de charge dans les orifices de trépan.....	43
c.	Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture :	43
a.	Les pertes de charge dans l'espace annulaire	44
C.	Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage	45
I.	Deuxième phase	
a.	Intérieur de la garniture	46
b.	Espace annulaire	47
a.	Trépan.....	48
b.	Equipement de surface	48
I.	Deuxième phase (16")	49
a.	Intérieur de la garniture	50
b.	Espace annulaire.....	51
a.	Trépan	52
b.	Equipement de surface	53
II.	Troisième phase (12¼")	54
a.	Intérieur de la garniture	55

SOMMAIRE

b.	Espace annulaire	56
a.	Trépan	57
b.	Equipement de surface	58
III.	Quatrième phase (8½“)	59
a.	Intérieur de la garniture	60
b.	Espace annulaire	61
c.	Trépan	62
a.	Equipement de surface	63
A.	Première phase	64
I.1.2.	Calcul de la puissance mécanique	64
A.	Deuxième phase	64
B.	Troisième phase	64
D.	Quatrième phase	65
I.1.3.	Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase	65
I.1.4.	Nombre de pompe dans chaque phase.....	66
A.	Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase	66
B.	Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase	67
I.1.5.	Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase	68
I.1.6.	Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge réel dans chaque phase	70
I.3.	Conclusion	70

Conclusion

Bibliographies

TABLEAU DU FIGURE

N	TITER	
Fig. I.1	Description simplifiée d'un appareil	03
Fig. I.2	Treuil de forage	05
Fig. I.3	Moufle fixe	06
Fig. I.4	Moufle mobile	06
Fig. I.5	Câble de forage	06
Fig. I.6	Le crochet de levage	07
Fig. I.7	Matériels annexe de levage	08
Fig. I.8	Table de rotation	08
Fig. I.9	Tête d'injection	09
Fig. I.10	Les pompes de forage	10
Fig. I.11	L'obturateur de sécurité B.O.P	11
Fig. II.1	Système de circulation de la boue	12
Fig II.2	Le mélangeur	14
Fig II.3	L'agitateur	14
Fig II.4	Le tamis vibrant	15
Fig II.5	L'hydro cyclone	15
Fig. III. 1	Pompe à boue en coupe	17
Fig. III. 2	Partie mécanique	18
Fig. III.3	L'arbre grande vitesse	19
Fig. III.4	L'arbre petite vitesse	20
Fig. III.5	Système bielle- manivelle	20
Fig. III.6	Roulement de Bielle	21
Fig. III.7	partie hydraulique	23
Fig. III.8	Le piston et la tige de piston	24

TABLEAU DU FIGURE

Fig. III.9	La chemise	25
Fig. III.10	Sièges et clapets	25
Fig. III.11	Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration	26
Fig. III.12	Amortisseur de pulsation Sur le refoulement	27
Fig : III.13	L'amortisseur de pulsations	28
Fig : III.14	Principe de fonctionnement des pompes triplex	29
Fig : III.15	Débit instantané de la pompe triplex à simple effet	30
Fig. III. 16	Les pompes de sur alimentation	32
Fig : V.1	Phase 1 ^{ère} de forage	45
Fig : V.2	Phase 2 ^{ème} de forage	49
Fig : V.3	Phase 3 ^{ème} de forage	54
Fig : V.4	Phase 4 ^{ème} de forage	59

TABLEAU DU FIGURE

N	TITER	
Fig. I.1	Description simplifiée d'un appareil	03
Fig. I.2	Treuil de forage	05
Fig. I.3	Moufle fixe	06
Fig. I.4	Moufle mobile	06
Fig. I.5	Câble de forage	06
Fig. I.6	Le crochet de levage	07
Fig. I.7	Matériels annexe de levage	08
Fig. I.8	Table de rotation	08
Fig. I.9	Tête d'injection	09
Fig. I.10	Les pompes de forage	10
Fig. I.11	L'obturateur de sécurité B.O.P	11
Fig. II.1	Système de circulation de la boue	12
Fig II.2	Le mélangeur	14
Fig II.3	L'agitateur	14
Fig II.4	Le tamis vibrant	15
Fig II.5	L'hydro cyclone	15
Fig. III. 1	Pompe à boue en coupe	17
Fig. III. 2	Partie mécanique	18
Fig. III.3	L'arbre grande vitesse	19
Fig. III.4	L'arbre petite vitesse	20
Fig. III.5	Système bielle- manivelle	20
Fig. III.6	Roulement de Bielle	21
Fig. III.7	partie hydraulique	23
Fig. III.8	Le piston et la tige de piston	24

TABLEAU DU FIGURE

Fig. III.9	La chemise	25
Fig. III.10	Sièges et clapets	25
Fig. III.11	Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration	26
Fig. III.12	Amortisseur de pulsation Sur le refoulement	27
Fig : III.13	L'amortisseur de pulsations	28
Fig : III.14	Principe de fonctionnement des pompes triplex	29
Fig : III.15	Débit instantané de la pompe triplex à simple effet	30
Fig. III. 16	Les pompes de sur alimentation	32
Fig : V.1	Phase 1 ^{ère} de forage	45
Fig : V.2	Phase 2 ^{ème} de forage	49
Fig : V.3	Phase 3 ^{ème} de forage	54
Fig : V.4	Phase 4 ^{ème} de forage	59

INTRODUCTION :

Dans le monde les hydrocarbures restent et peuvent être pour longtemps l'énergie la plus performante, la moins nuisible pour l'environnement. 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.

Pour récupérer les hydrocarbures le sondage est le seul moyen pour atteindre le réservoir et extraire le pétrole avec un prix de revient le plus minimal possible et dans des meilleures conditions de sécurité.

La technologie de forage des puits de pétrole et de gaz demande l'emploi d'un matériel complexe de surface et du fond et des outils modernes, ainsi que d'une grande quantité de matériaux.

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

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

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'APPREIL DE FORAGE**I.1. INTRODUCTION :**

Les techniques d'exploitation pétrolière recouvrent un ensemble de spécialités qui peuvent être regroupées dans les trois activités principales suivantes :

- ❖ Le gisement ;
- ❖ Le forage ;
- ❖ La production.

Ces activités sont interdépendantes, les études, les travaux et les opérations entraînées par l'exploitation pétrolière font appel à de nombreux spécialistes des sociétés opératrices, de services ou des fournisseurs de matériels.

Dans le matériel actuel, les installations de forage sont les appareils les plus complexes. Selon leur destination, elles se divisent en trois catégories principales :

Les installations de forage d'exploitation et les installations de forage de recherche à grande profondeur.

Les installations de forage de reconnaissance géologique et les installations de sondage de prospection.

Les installations de forage auxiliaires employées pour les essais, la complétion et la réparation capitale des puits.

Il existe deux procédés de forage ; le forage par percussion et le forage par rotation. Le procédé le plus utilisé de nos jours dans les recherches de pétrole est le forage rotary, car il permet d'obtenir les meilleures vitesses d'avancement et, surtout, d'atteindre des profondeurs élevées.

I.2. Principe du forage rotary :

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

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

- ❖ Poids sur l'outil ;
- ❖ Rotation de l'outil ;
- ❖ Injection d'un fluide.

Ce sont les 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 :

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 inférieure 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.

Ces performances de profondeur se traduisent par un poids et une puissance qui caractérise 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 :

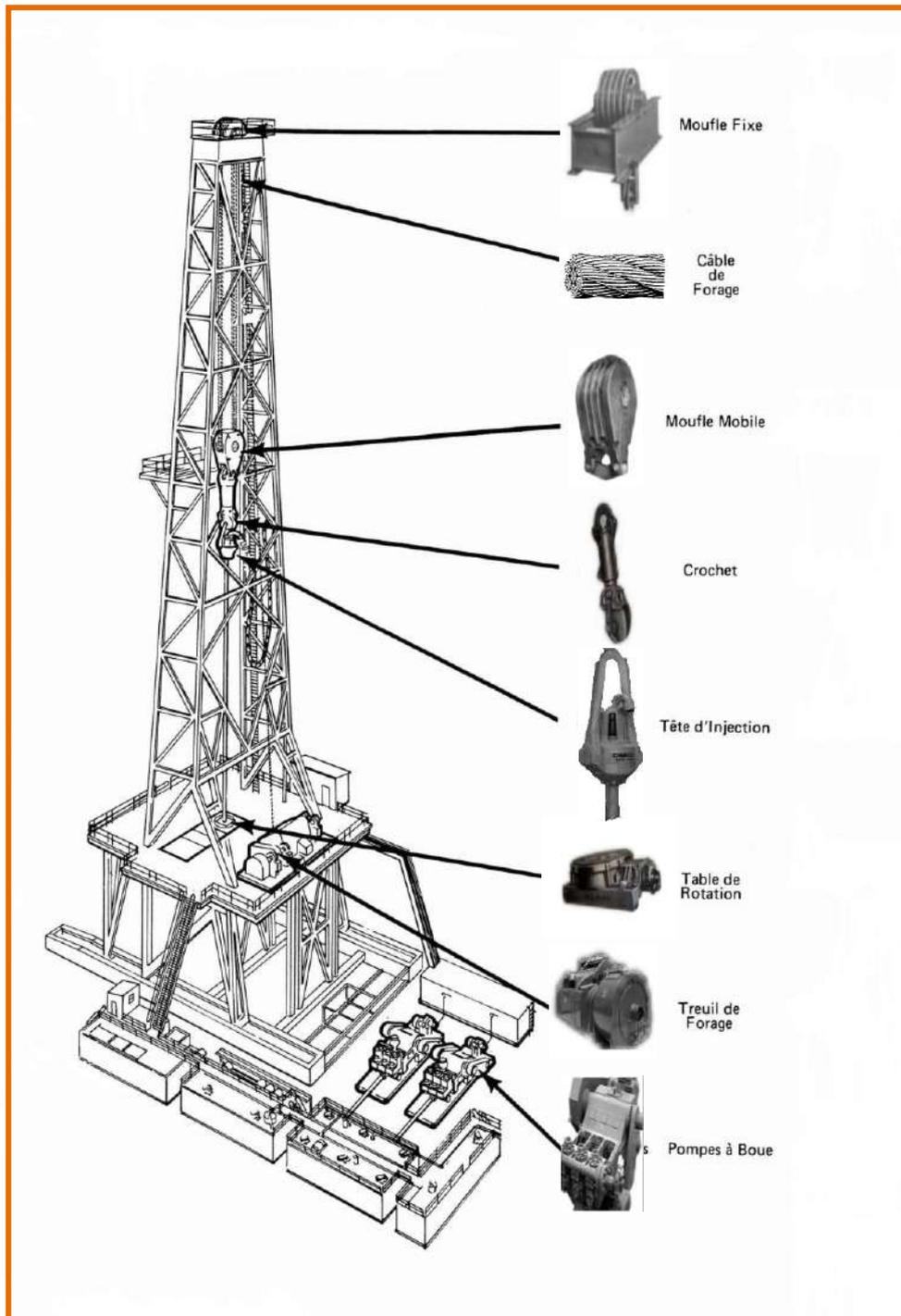


Fig. I.1 : Description simplifiée d'un appareil de forage

I.3.1. Fonction Levage :

Cette fonction sert à assurer les manœuvres de descente et de remontée. Elle est principalement composée de :

A. Structure de la tour de forage :

Il existe trois grandes catégories de structures : la tour, le mât et le mât haubané monté sur une remorque, ces structures ont des caractéristiques techniques spécifiques qui ont un rôle commun pendant le forage.

a. La tour :

C'est la plus ancienne forme qui dérive de la tour construite en bois. Elle est en forme de pyramide très pointue, dont les quatre pieds s'appuient sur les sommets d'un carré, cette surface sera le plancher de travail.

b. Le mât :

Le mât est une structure en forme de A très pointu. Il a la particularité d'être articulé à sa base ce qui lui permet d'être assemblé ou démonté horizontalement puis relevé en position verticale en utilisant le treuil de forage et un câble de relevage spécial.

c. Le mât haubané monté sur remorque :

C'est le domaine des appareils légers et des appareils spécialisés dans le work-over.

❖ Les substructures :

Ces constructions répondant du besoin de surélévation du planché de forage pour laisser la place aux empilages de tête de puits ainsi que le BOP. Elles pouvant être indépendantes du mât de levage. La substructure comprend 4 supports métalliques principaux destinés à recevoir les 4 fers d'angle du derrick et qui reposent sur le sol par des plaques métalliques. Ces 4 supports sont reliés entre eux par des fers horizontaux et des cornières entrecroisées.

B. La mécanique de levage :**a. Le treuil de forage (draw work) :**

Le treuil de forage est destiné à assurer les manœuvres de remontée et de descente des tiges.

Le treuil de forage comprend de façon générale :

❖ L'arbre-tambour portant le tambour d'enroulement du câble avec de part et d'autre les tambours de freins ;

- ❖ L'arbre des cabestans qui porte d'un coté une poupée de cabestan, de l'autre d'un cabestan automatique, et au milieu le tambour de curage ;
- ❖ Les arbres de la boîte de vitesses (arbre intermédiaire et arbre d'attaque).



Fig. I.2 : Treuil de forage

b. Le mouflage :

Le système de mouflage comprend essentiellement le moufle fixe, le moufle mobile et le câble de forage.

1. Le moufle fixe :

Il est composé d'une série de poulies montées généralement sur un même axe. Ces poulies sont montées folles, c'est-à-dire qu'elles peuvent tourner librement et indépendamment autour de cet axe.

2. Le moufle mobile :

Il est composé également d'une série de poulies montées en parallèle et folle sur un même axe. Le nombre de poulie est égale la moitié du nombre de brins.

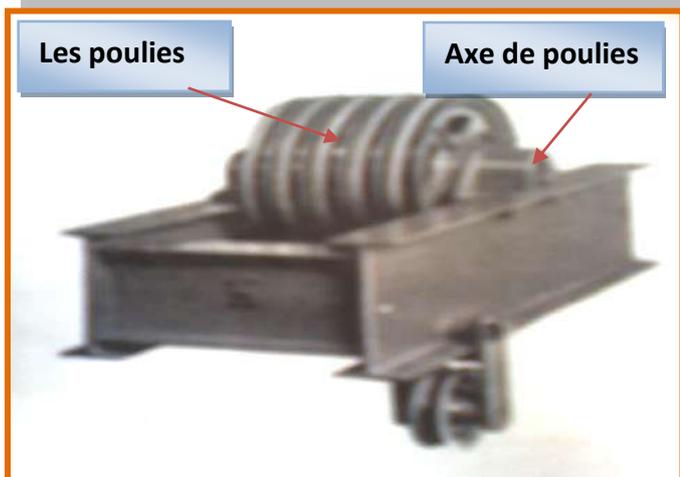


Fig. I.3 : Moufle fixe

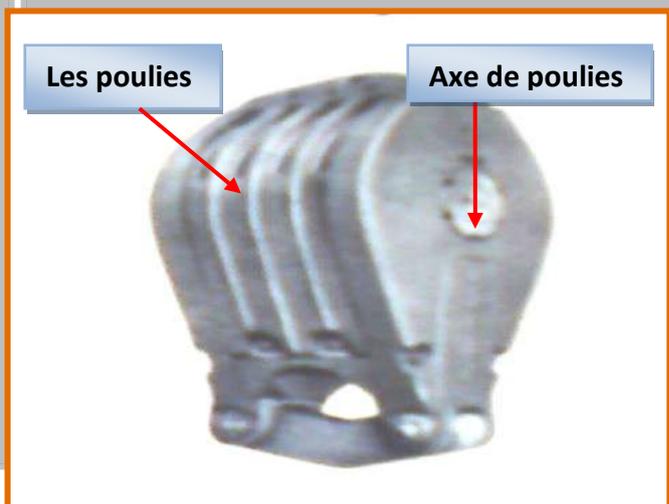


Fig. I.4 : Moufle mobile

3. Le câble de forage :

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier mais dont l'âme peut par fois être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons, chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier.

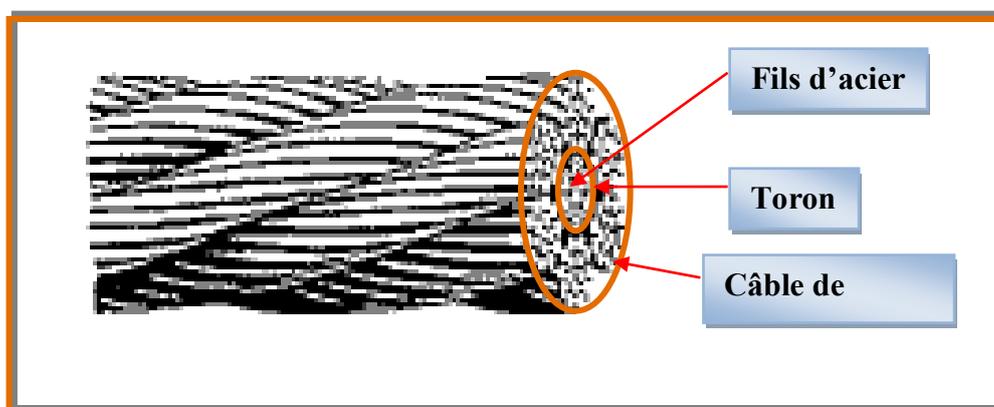


Fig. I.5 : Câble de forage

c. Le crochet de levage :

Se trouve suspendu directement au moufle mobile. Un système de roulement à billes permet la rotation du crochet autour de son axe sans entrainer celle du moufle mobile. Cette rotation est néanmoins limitée en partie par un système de verrouillage. Un ressort puissant permet à chaque opération de dévissage des éléments de train de sonde un dégagement vers le haut de la partie supérieure, ce qui évite la détérioration de filetage.

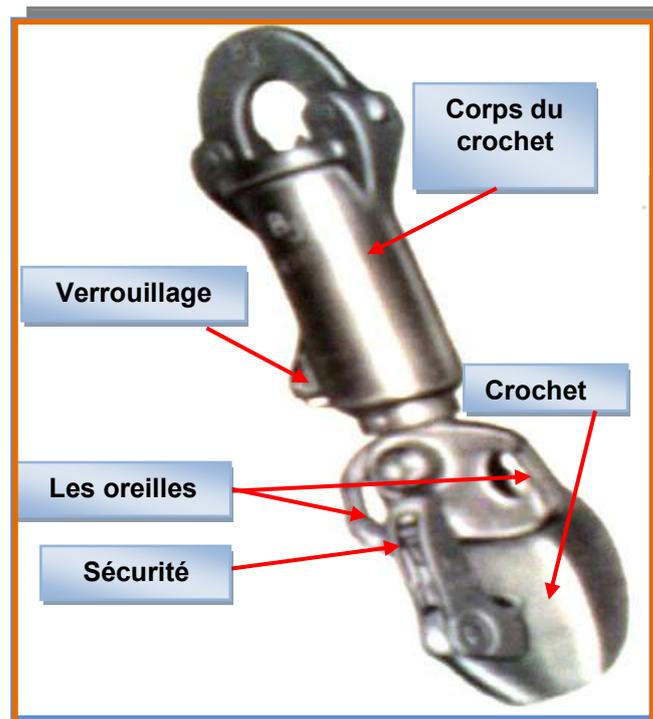


Fig. I.6 : Le crochet de levage

d. Les outils de plancher :

1. Les élévateurs :

Sont des élévateurs à butée, le tool-joint venant buter sur la partie supérieure de l'élévateur lorsque celui-ci soulève un élément de train de tige.

2. Les coins de retenue :

Sont destinés à maintenir le train de sonde suspendu à la table de rotation pendant le dévissage de chaque longueur.

3. Les clés de serrage à mâchoires :

Sont au nombre de deux. Elles sont destinées à bloquer le filetage des tool-joints après chaque vissage ou à les débloquer avant chaque dévissage.

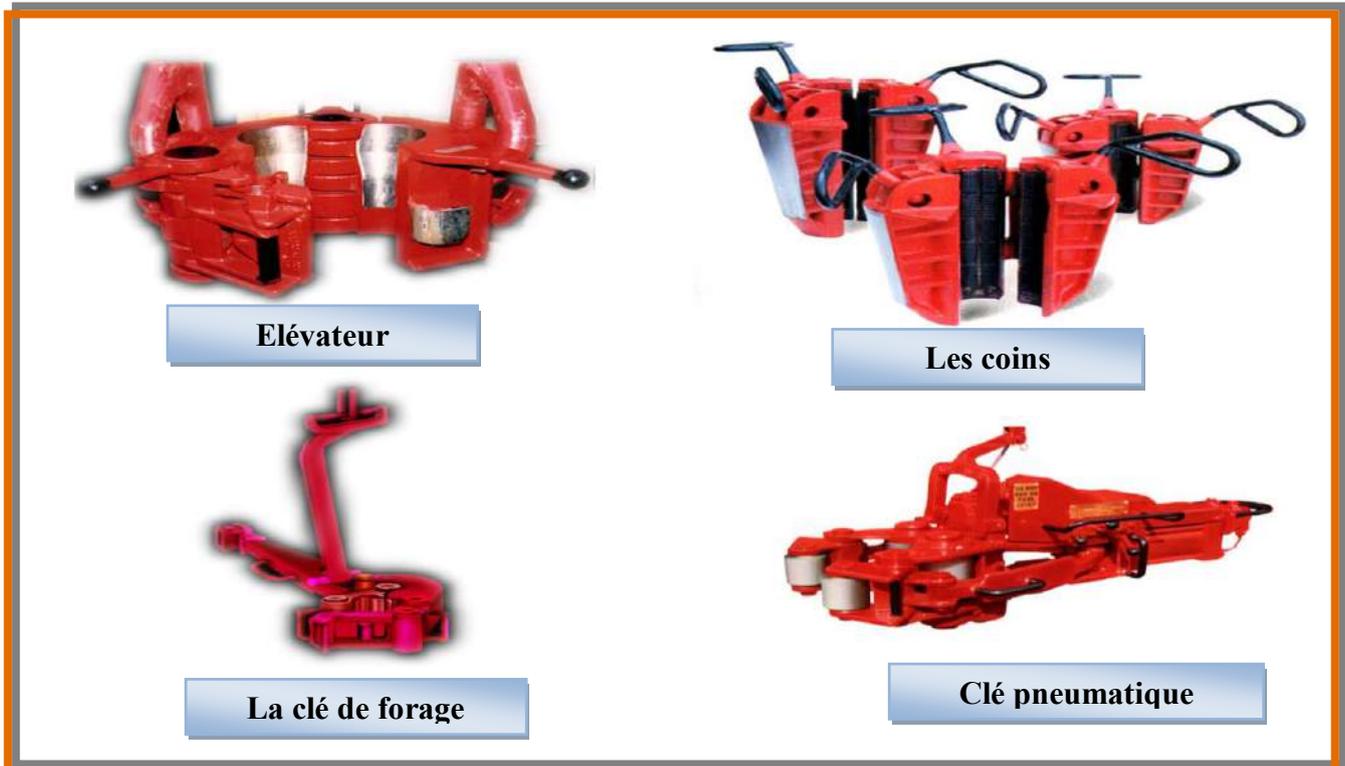


Fig. I.7 : Matériels annexe de levage

I.3.2. Fonction Rotation :

A. 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 intérieure reposant sur la partie fixe par l'intermédiaire d'un roulement à billes principal.

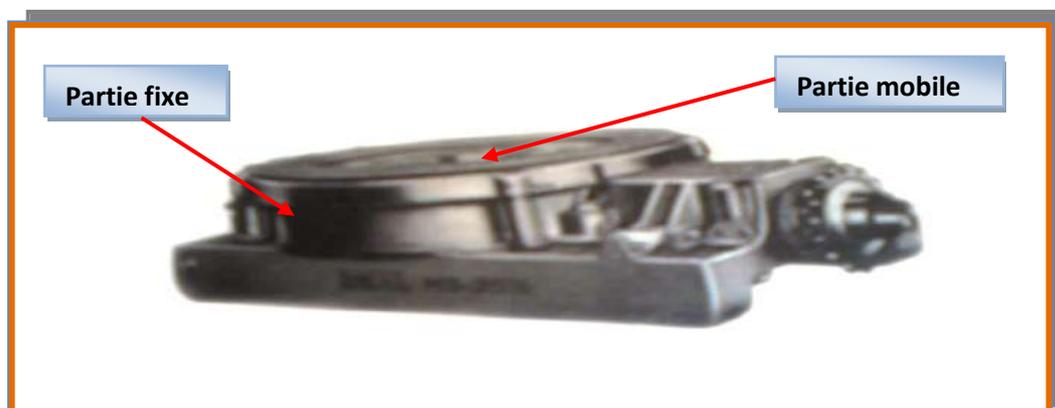


Fig. I.8 : Table de rotation

B. La tête d'injection :

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.

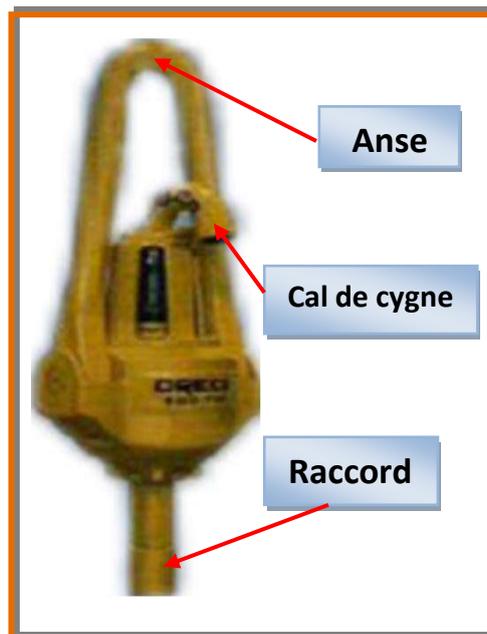


Fig. I.9 : Tête d'injection

I.3.3. Fonction pompage :**A. Les pompes de forage :**

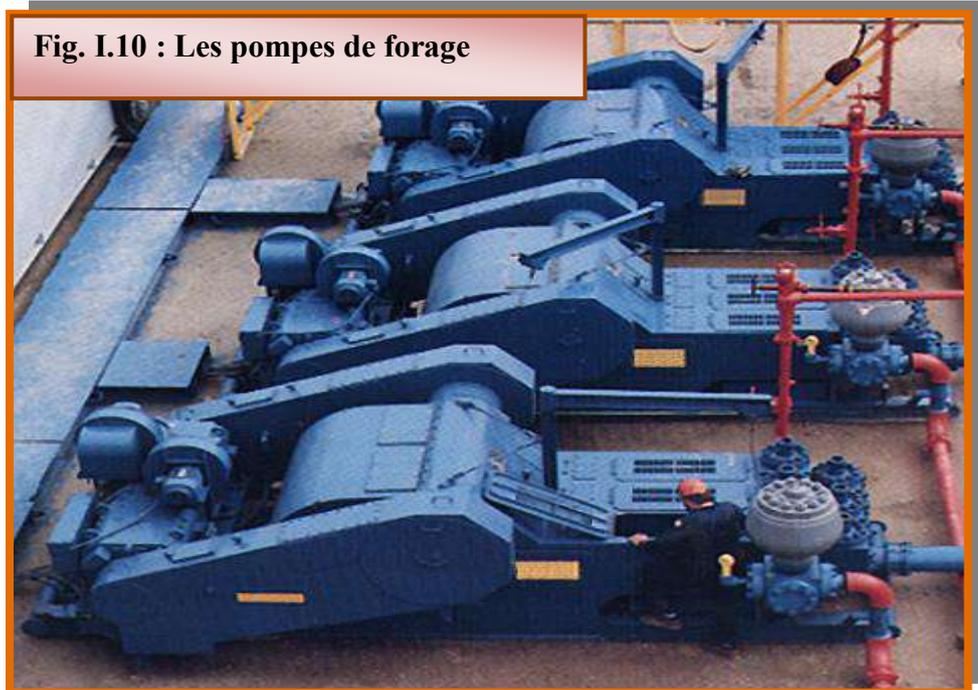
Ces sont des pompes alternatives à pistons, le mouvement alternatif des pistons étant produit par le système classique de la bielle et d'un vilebrequin. Ces pompes de principe volumétriques, qui doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.

B. Les matériels annexes de la fonction pompage :

Il existe des équipements supplémentaire, mais que l'on ne rencontre pas obligatoirement sur toutes les sondes :

- Une colonne montante dans le derrick maintenu en suspension, et en dehors de l'aire de travail de plancher ;

- Le flexible de refoulement et permet le mouvement vertical de la garniture de forage sur près de deux fois la longueur du flexible ;
- Un tube dégueuloir monté entre la tête de puits et le bassin à boue constitue un montage plus soigné qu'une goulotte ;
- Des pompes centrifuges.



I.3.4. Fonction motrice et transmission :

A. 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.

B. Les systèmes de transmissions de puissance :

a. Transmission mécanique :

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

b. 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 à pour rôle le développement du système AC/DC.

I.3.5. Fonction de sécurité :

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).

↳ L'installation de l'obturateur de sécurité :**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.

2. Le système de commande :

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.

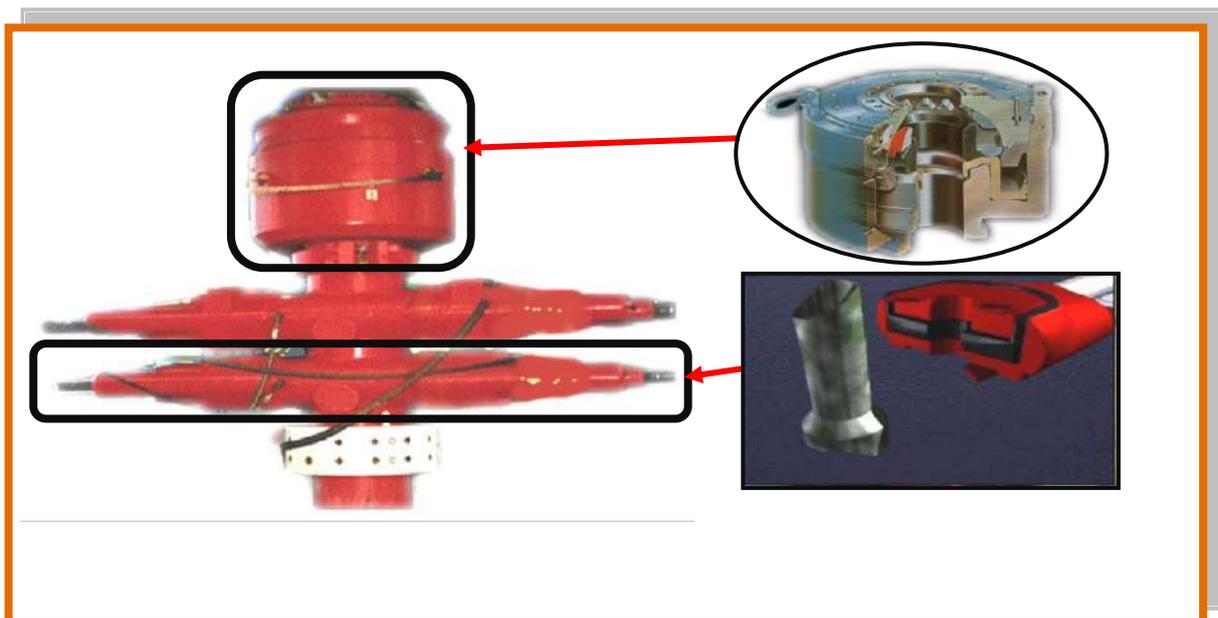


Fig. I.11 : L'obturateur de sécurité B.O.P

CHAPITRE : SYSTEME DE CIRCULATION DE LA BOUE

Généralement, le liquide de forage circule en circuit fermé, à partir des pompes dans le puits et du puits avec les déblais de terrain vers les équipements.

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 de haut en bas et vice versa, à renvoyer le liquide de tête de puits dans les réservoirs de recueil des pompes, à éliminer les déblais du liquide et à préparer un nouveau liquide de forage.

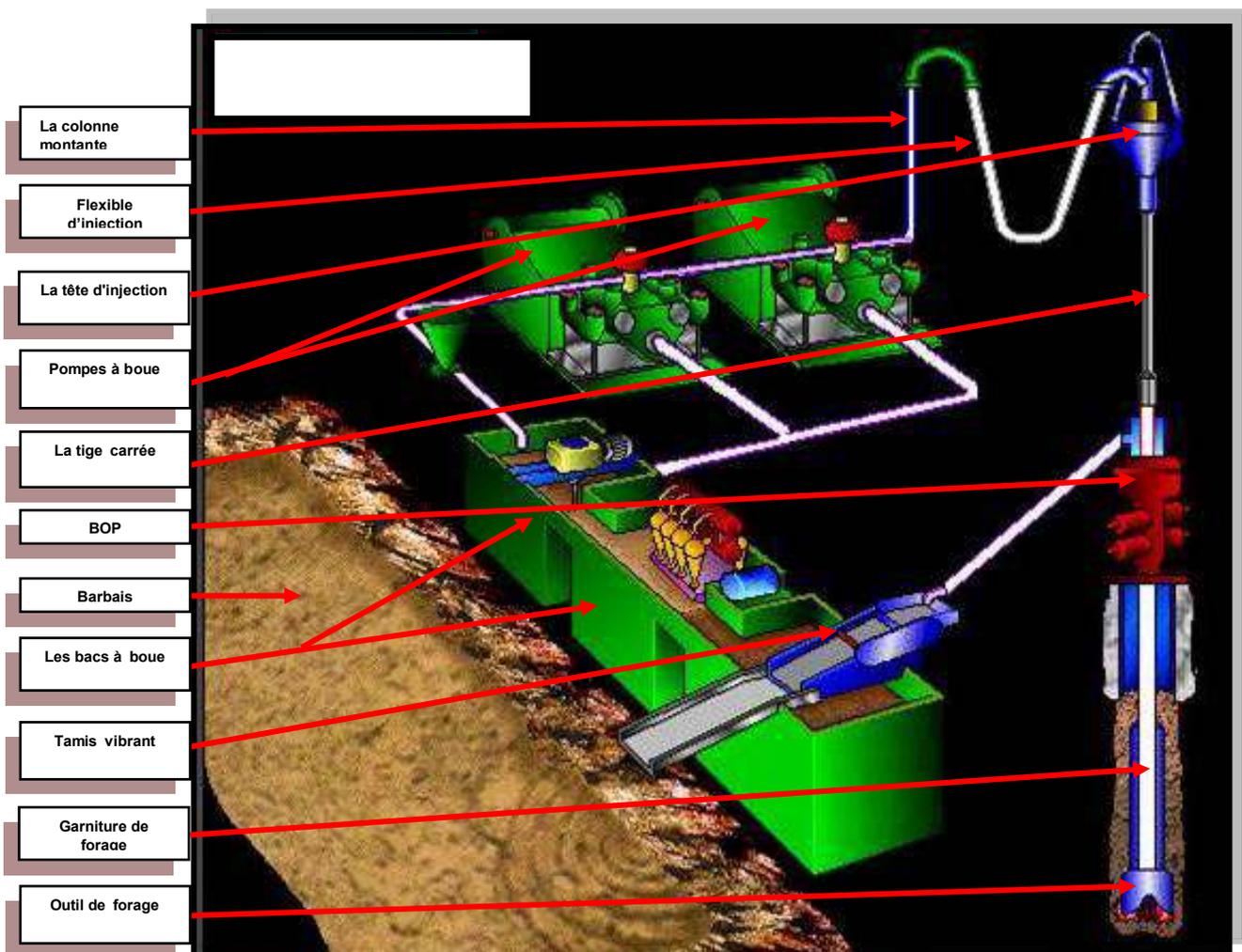


Fig. II.1 : Système de circulation de la boue

II.1. La boue de forage :

Rôle de la boue :

La circulation de la boue dans l'appareil de forage pour des buts :

1. Nettoyage du fond du trou :
2. Le refroidissement et lubrification :
3. Maintien des parois du trou :
4. Transport des déblais en surface :
5. Prévention des venues de fluide de la formation :
6. Détection de gaz d'huile ou d'eau :

II.2. Les pertes de circulation :

On distingue les pertes partielles et les pertes totales.

- ❖ Les pertes sont partielles lorsqu'une partie seulement du volume pompé dans le puits revient dans les bassins après passage dans le puits, celui-ci restant plein durant les arrêts de pompage.
- ❖ Les pertes sont totales lorsqu'il n'y a pas de retour à la goulotte, et que le puits se vide partiellement ou totalement.

II.3. Les éléments composants le système de circulation :

II.3.1. La pompe à boue :

Les pompes à boue à doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.

II.3.2. Equipements de la ligne de refoulement :

Ce circuit commence de la conduite de refoulement des pompes de forage jusqu'au raccord fileté de la tige d'entraînement, ce circuit comprend les matériels suivants :

- A. L'amortisseur de pulsations :
- B. Le conduit de refoulement :

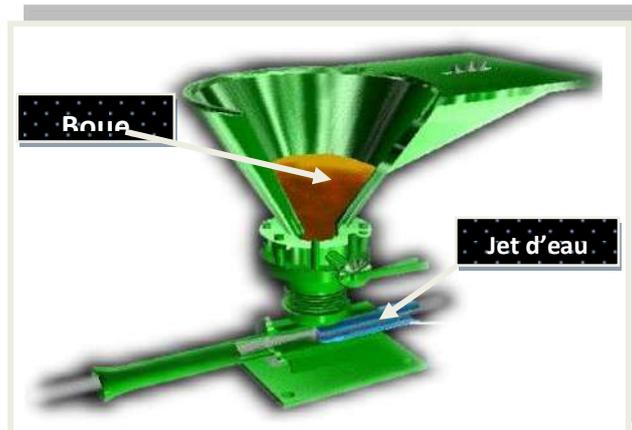
- C. Le tube d'équilibre de pression hydraulique (la colonne montante) :
- D. Soupape de décharge ou de sécurité :
- E. Les joints à démontage rapide :
- F. Les vannes de mise en marche :
- G. Les flexibles de refoulement :
- H. La tête d'injection :

II.3.3. Equipements de système de vidange :

Comprend les dispositifs pour épurer et préparer le liquide de forage, réservoirs de recueil des pompes, conduites d'aspiration, filtres, vannes et réservoirs de stockage de liquide de forage.

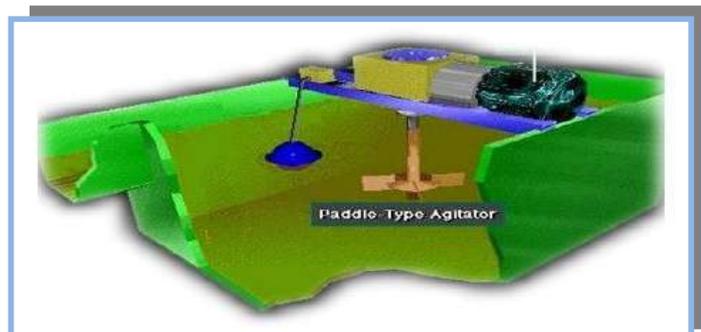
A. Equipement pour préparer le liquide de forage :

1. Le mélangeur :



FigII.2 : Le mélangeur

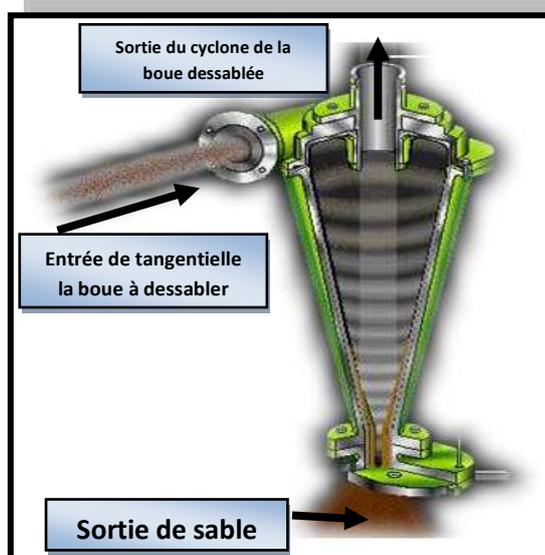
2. L'agitateur :



FigII.3 : L'agitateur

B. Equipement pour éliminer les déblais du liquide de forage :

L'élimination des déblais du liquide de forage est obtenue par deux procédés ; au prix de la chute naturelle des déblais du liquide ou bien par la séparation forcée des déblais du liquide, qui s'effectue mécaniquement ou hydrauliquement.

a. L'épuration naturelle :**1. Les bassins de décantation :****2. Les goulottes :****b. La séparation forcée :****1. Le tamis vibrant :****FigII.4 : Le tamis vibrant****2. L'hydro cyclone :****Fig II.5 : L'hydro cyclone**

CHAPITRE III : ETUDE DE LA POMPE A BOUE**III.1. Destination et exigences générales :**

Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage. A l'heure actuelle, le forage d'un puits profond s'effectue à une pression de 25 à 30 MN/m² développée à la sortie des pompes de forage et au débit des pompes au début du forage de 50 à 80 l/mn. Pour le forage réalisé dans des constructions pareilles on utilise les pompes dont la puissance est égale à 500-800 kW. Il y a des pompes dont les puissances atteignent 1000 à 1500 KW, elles peuvent créer une pression de 35 MN/m².

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

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

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

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

III.2. Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil- Well 12P160 » :

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

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

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

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

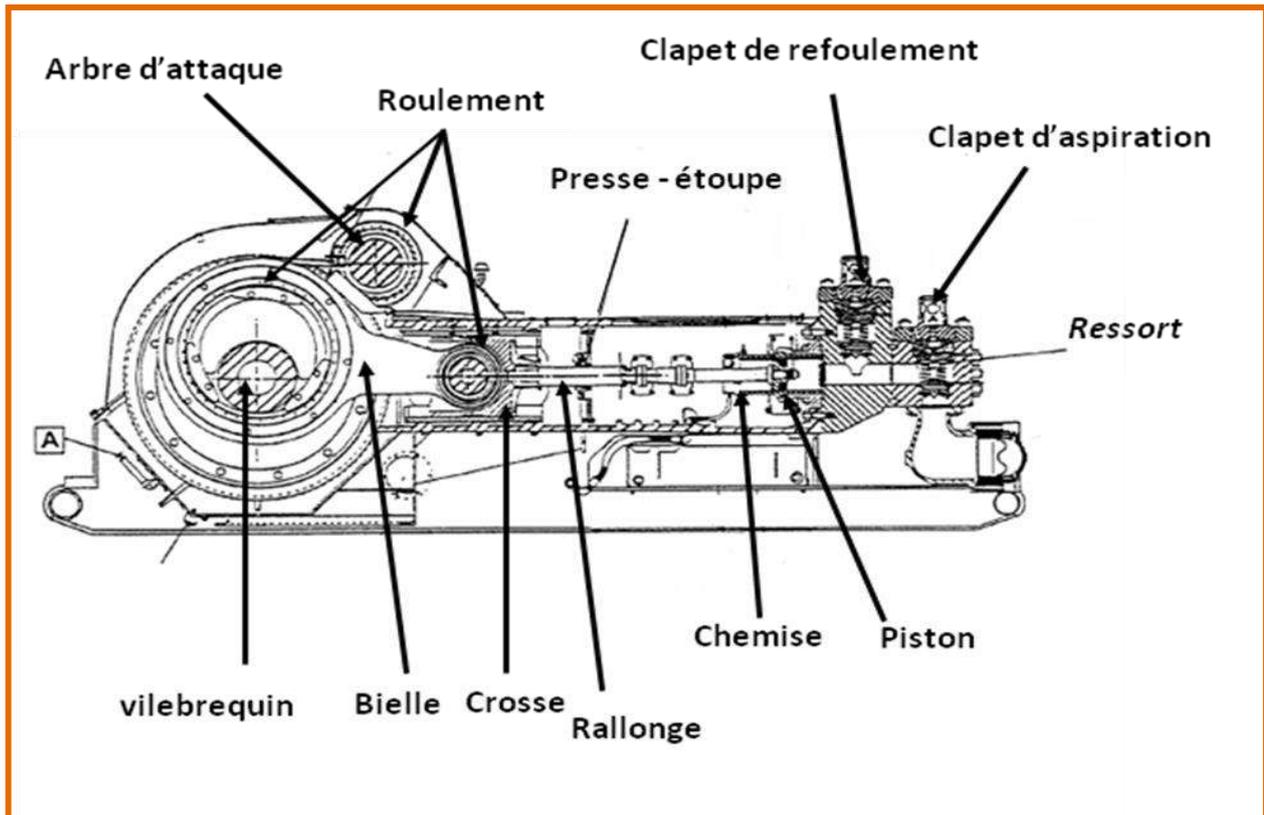


Fig. III. 1 : Pompe à boue en coupe

A. La partie mécanique :

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

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

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

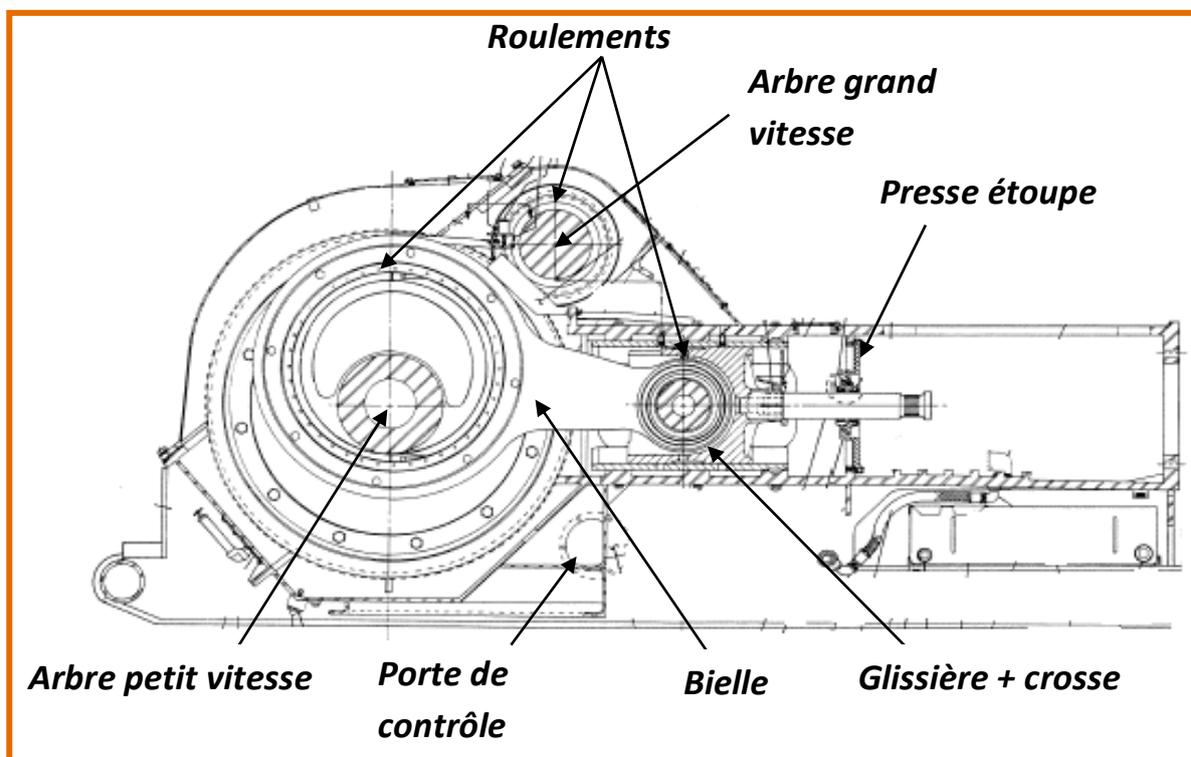


Fig. III. 2 : Partie mécanique

a. L'arbre grande vitesse :

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

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

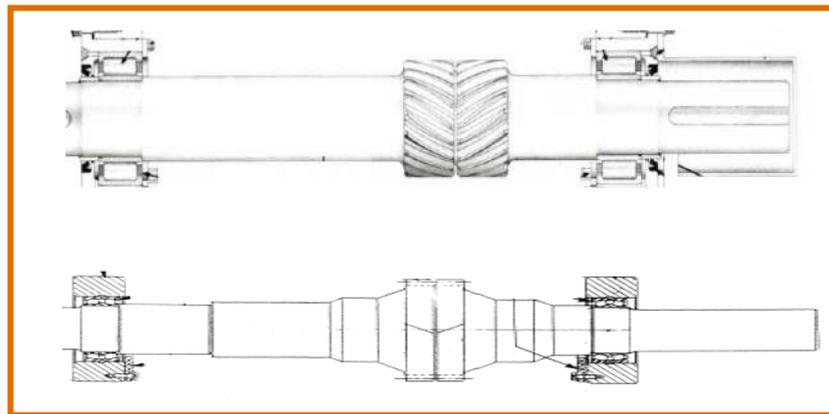


Fig. III.3 : L'arbre grande vitesse

b. L'arbre petite vitesse ou vilebrequin :

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

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

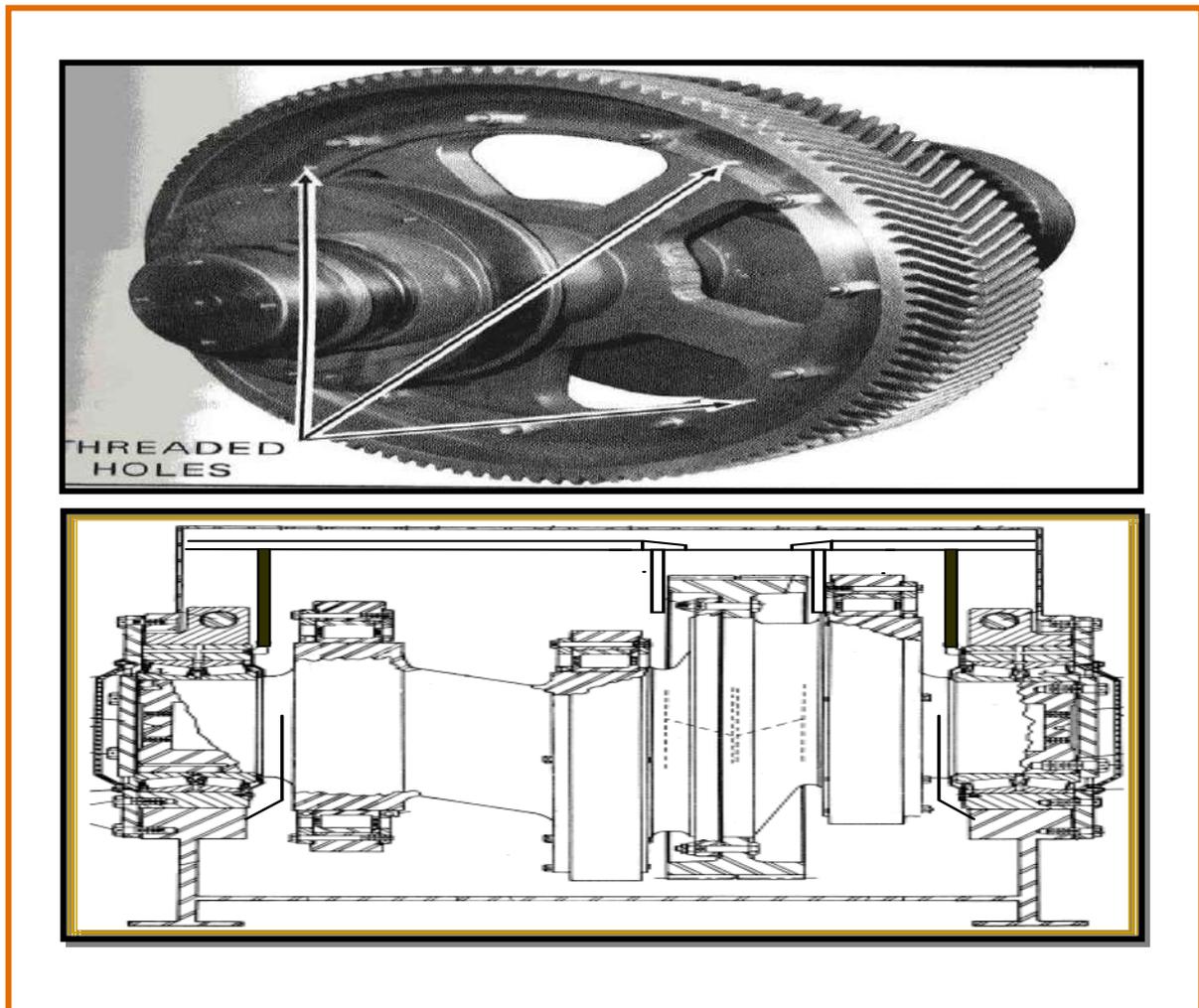


Fig. III.4 : L'arbre petite vitesse

c. Système bielle- manivelle :

Sur le vilebrequin sont montées 02 ou 03 bielles selon le type de pompe (duplex ou triplex). Les têtes des bielles sont montées sur le vilebrequin, les pieds des bielles sur les crosses. L'articulation de ces dernières sur les crosses se fait par l'intermédiaire de roulements.

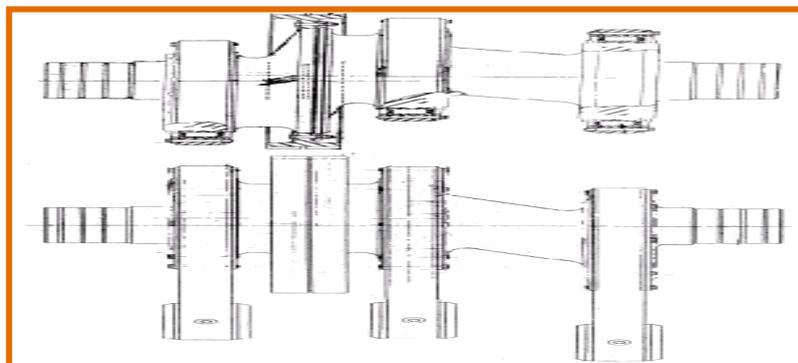


Fig. III.5 : Système bielle- manivelle

d. La crosse et la rallonge de crosse :

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

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

e. Le bâti et le carter :

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

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

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

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

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

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

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



Fig. III.6: Roulement de Bielle

2. Les roulements des crosses :

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

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

3. Les roulements de l'arbre grand vitesse :

Roulement à rotule sur rouleaux (voir figure n° III.3), ils ont les avantages suivants :

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

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

Roulement à rouleaux coniques, ils ont les avantages suivants :

- Frottement largement réduit ;
- Capacité de charge accrue.

g. Le système d'entraînement :

Il en existe deux types :

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

1. Entraînement par moteurs électriques :

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

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

2. Entraînement par poulies et courroies :

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

B. La partie hydraulique de la pompe 12P160 :

a. Le corps hydraulique :

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

Le corps est obturé par des couvercles filetés et des portes des couvercles boulonnés à la partie supérieure où l'on trouve un collecteur de refoulement qui 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.

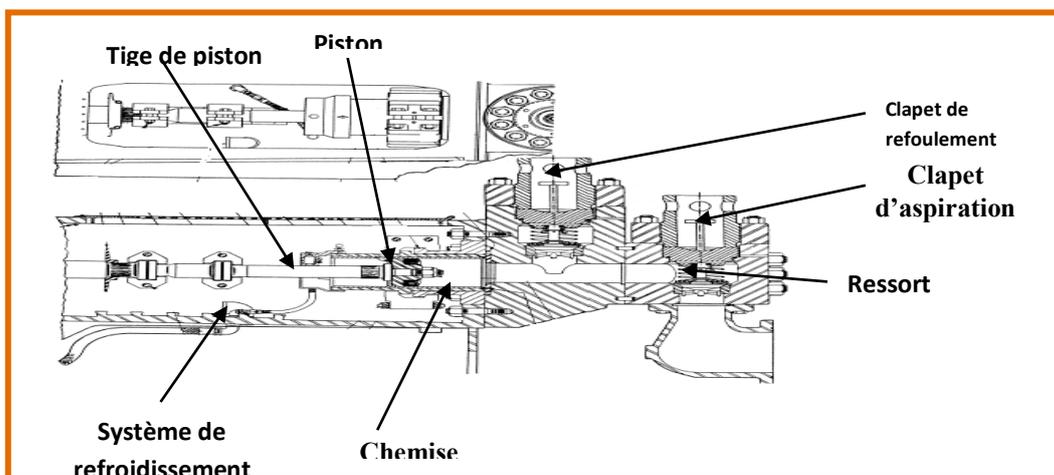


Fig. III.7 : partie hydraulique

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.

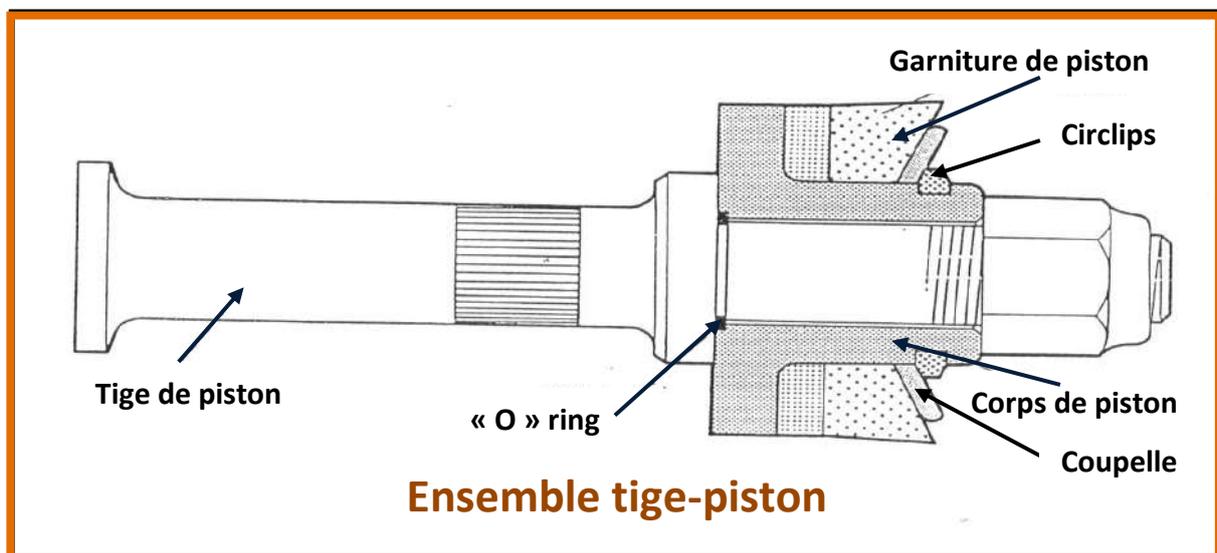


Fig. III.8 : Le piston et la tige de piston

c. Les chemises :

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

La paroi intérieure est traitée pour lui donner une grande dureté superficielle et la résistance à l'usure désirée.

Ces chemises sont enfilées dans le corps de la pompe et maintenues en place par des dispositifs qui diffèrent légèrement suivant les constructeurs



Figure.III.9 : La 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 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.

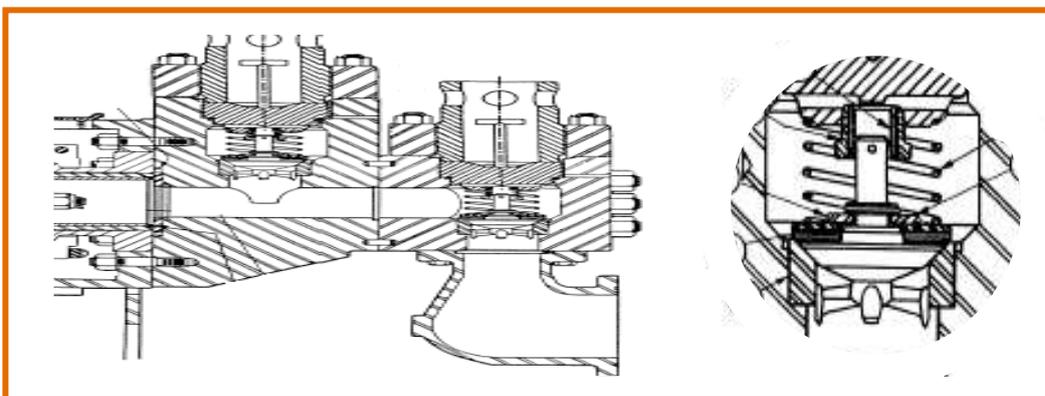


Fig. III.10 : Sièges et clapets

III.2.2. 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, cette pompe aspire l'eau à partir des bacs d'eau et la refoule sous forme des jets contenus de la partie hydraulique.

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

III.3. Annexes de la pompe à boue :

Les pompes de forage comportent les équipements auxiliaires suivants :

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

III.3.1. Les amortisseurs de pulsations :

A. Sur l'aspiration :

L'ouverture par séquence des clapets d'aspiration crée une variation très rapide de la pression de boue dans la conduite d'aspiration des pompes triplex.

Pour atténuer ce phénomène, on y installe un amortisseur de pulsation. Il est constitué d'une membrane au-dessus duquel est fermé de l'air sous environ 40 psi. Cette membrane est en contact avec la boue par sa surface inférieure. Le contrôle de la pression d'air au-dessus de la membrane se fait très facilement ; Lorsque l'ensemble fonctionne ; le dessus de la membrane doit apparaître dans l'axe du regard de contrôle.

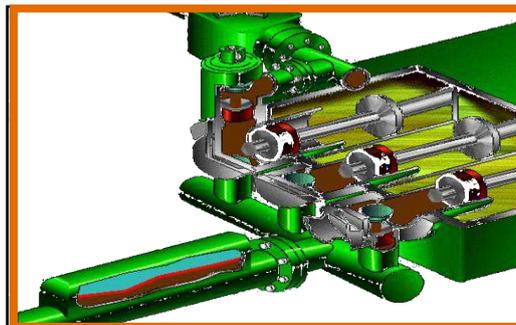


Fig. III.11 : Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration

B. Sur le refoulement :

Le débit instantané d'une pompe est très irrégulier, ceci est dû Pour les pompes triplex, suralimentées, au "battement" très rapide (110 à 130 coups/min).

Ces variations de débit amènent des variations de pression importantes qui se traduisent par des vibrations et des chocs néfastes :

- ❖ Sur la pompe elle-même ;
- ❖ Sur le manifold de refoulement ;
- ❖ Sur la colonne montante et sur le flexible d'injection.

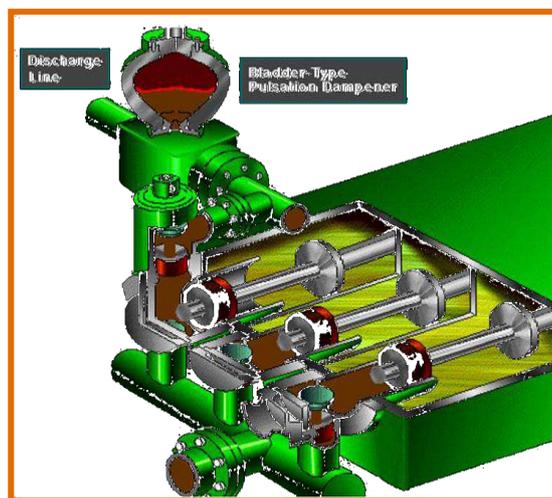


Fig. III.12 : Amortisseur de pulsation Sur le refoulement

Pour y remédier, les pompes de forage sont toutes équipées d'amortisseur de pulsations sur le refoulement.

↪ Amortisseur de pulsations type "HYDRIL" :

Ce le type le plus courant. Il est constitué :

- D'un corps en acier moulé de forme sphérique goujonné ;
- D'un couvercle boulonné à la partie supérieur, percé de 02 trous taraudés (manomètre et robinet pour le remplissage) ;
- D'une bride à la partie inférieure s'adaptant sur la pompe ;

- A l'intérieur se trouve une membrane de caoutchouc de forme demi sphérique, dont le bourrelet de l'ouverture sert de joint au couvercle ;
- Dans le fond du diaphragme est fixe un disque stabilisateur en caoutchouc.

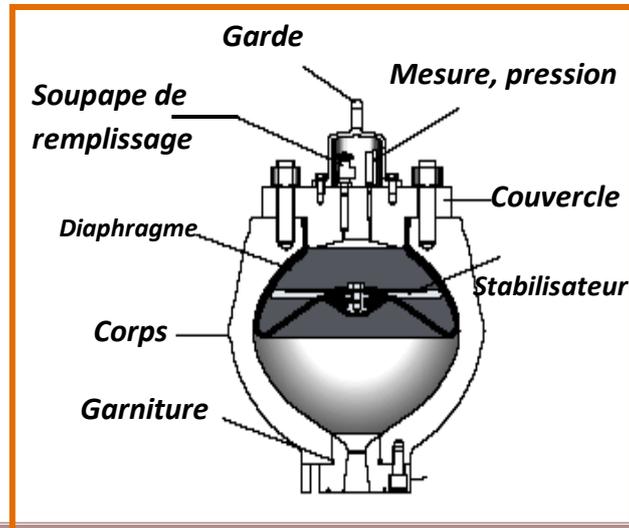


Figure-III.13 : L'amortisseur de pulsations

❖ Principe de fonctionnement :

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

III.3.2. Soupape de décharge ou de sécurité :

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

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

- ❖ Les soupapes de décharge à ressort ;
- ❖ Les soupapes de décharge à clou ;
- ❖ Les soupapes de décharge à diaphragme ou à membrane.

A. 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.

B. 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.

C. Les soupapes de décharge à diaphragme :

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.

III.4. Principe de fonctionnement et débit instantané :

III.4.1. Principe de fonctionnement :

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

- Lorsque le piston se déplace vers la droite, le clapet d'aspiration est ouvert, le clapet de refoulement est fermé, le cylindre se remplit.
- Lorsque le piston arrive en bout de course et revient vers la gauche, le clapet d'aspiration se ferme, le clapet de refoulement s'ouvre, la pompe refoule.

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

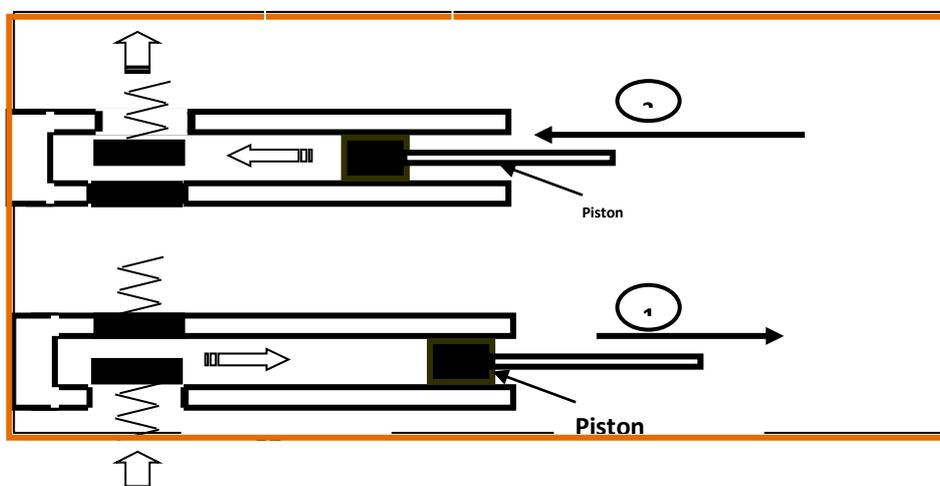


Figure-III.14 : Principe de fonctionnement des pompes triplex

III.4.2. Débit instantané :

A. Débit instantané par cylindre :

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

B. Débit instantané de la pompe :

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

Sur les pompes triplex, les pistons sont calés à 120° , 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.

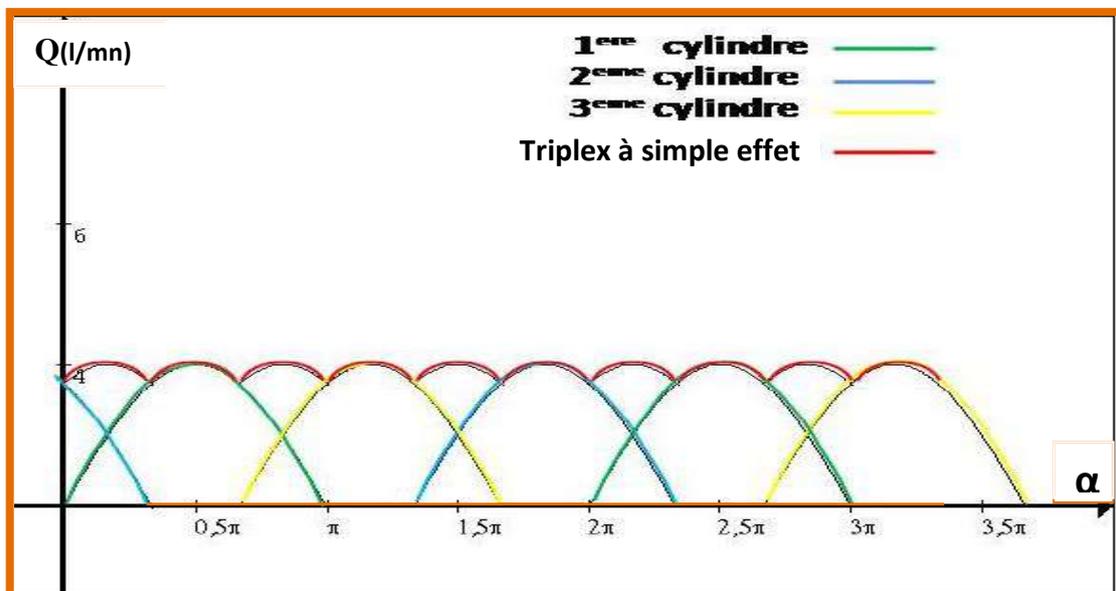


Figure-III.15 : Débit instantané de la pompe triplex à simple effet

III.5. Particularités :

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

III.5.1. Les pompes de suralimentation :

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

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

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.

III.5.2. 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.

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.

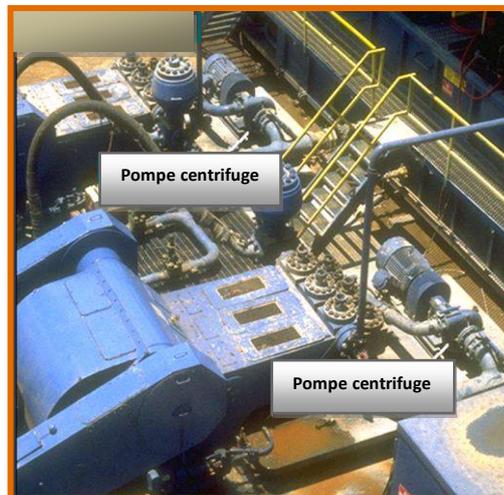


Fig. III. 16 : Les pompes de suralimentation

III.6. Caractéristiques des pompes à boue :

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

III.6.1. La cylindrée :

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

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

Le cylindrée d'un piston est égale à :

Où :

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

C : la course du piston.

d : diamètre intérieur de la chemise.

III.6.2. La vitesse :

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

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

III.6.3. Le débit :

Les débits requis en forage varient en fonction de diamètre foré. Il est pendant les premiers phases (26", 17"1/2), plus petit en fin de forage (8" 1/2, 6").

Le débit d'une pompe dépend du diamètre intérieur de la chemise (alésage), de la vitesse de la pompe exprimée nombre de coups de piston par minute et de la course du piston.

↳ Le débit théorique :

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

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

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

Où :

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

C : Course de piston (mm).

D : Diamètre de la chemise (mm).

III.6.4. Rendements :

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

A. Rendement volumétrique :

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

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

Où :

Q_p : débit réel.

Q_{th} : débit théorique

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

B. Rendement mécanique :

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

III.6.5. Pression :

Les pompes à boue sont des pompes à haute pression, les pressions de refoulement requises pouvant parfois atteindre des valeurs très élevées de l'ordre de 250 kgf/cm².

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.

III.6.6. La puissance :

A. Puissance hydraulique :

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

Où : P_h : la puissance hydraulique.

$$P_h = P_r \times Q_r$$

P_r : la pression de refoulement.

Q_r : le débit réel.

B. Puissance mécanique :

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

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

III.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.
- 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.

III.7.2. Les inconvénients :

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

CHAPITRE IV : EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA POMPE OIL-WELL 12P160

I.1. Exploitation des pompes à boue :

I.1.1. Mise en série des deux pompes :

Au début, deux pompes ne peuvent être placées en série que si elles sont identiques et parfaitement synchronisées, la mise en série de deux pompes signifie que la première pompe refoule dans l'aspiration de la seconde, le débit reste égal à celui de chacune des deux pompes, mais la pression maximale d'utilisation pour chaque débit se trouve être doublée.

I.1.2. Mise en parallèle de deux pompes :

Les pompes à boue placées en parallèle permettent d'additionner les débits, la pression maximale d'utilisation étant la plus faible des pressions maximales de chacune des deux pompes dans leurs conditions propres de service.

Dans ce cas, les pompes aspirent chacune par une conduite différente et refoulent dans la même conduite.

I.2. Conditions de fonctionnement de la pompe à boue national Oil Well 12P160 :

Les pompes de forage fonctionnent dans des conditions rudes. La boue de forage contient des particules de terrain découpées qui provoquent une usure par abrasion des pièces en contact direct avec le liquide, car la dureté des particules est proche de celle des pièces en acier trempé de la pompe.

I.3. Généralités sur la maintenance des machines industrielles :

I.3.1. Définition de la maintenance :

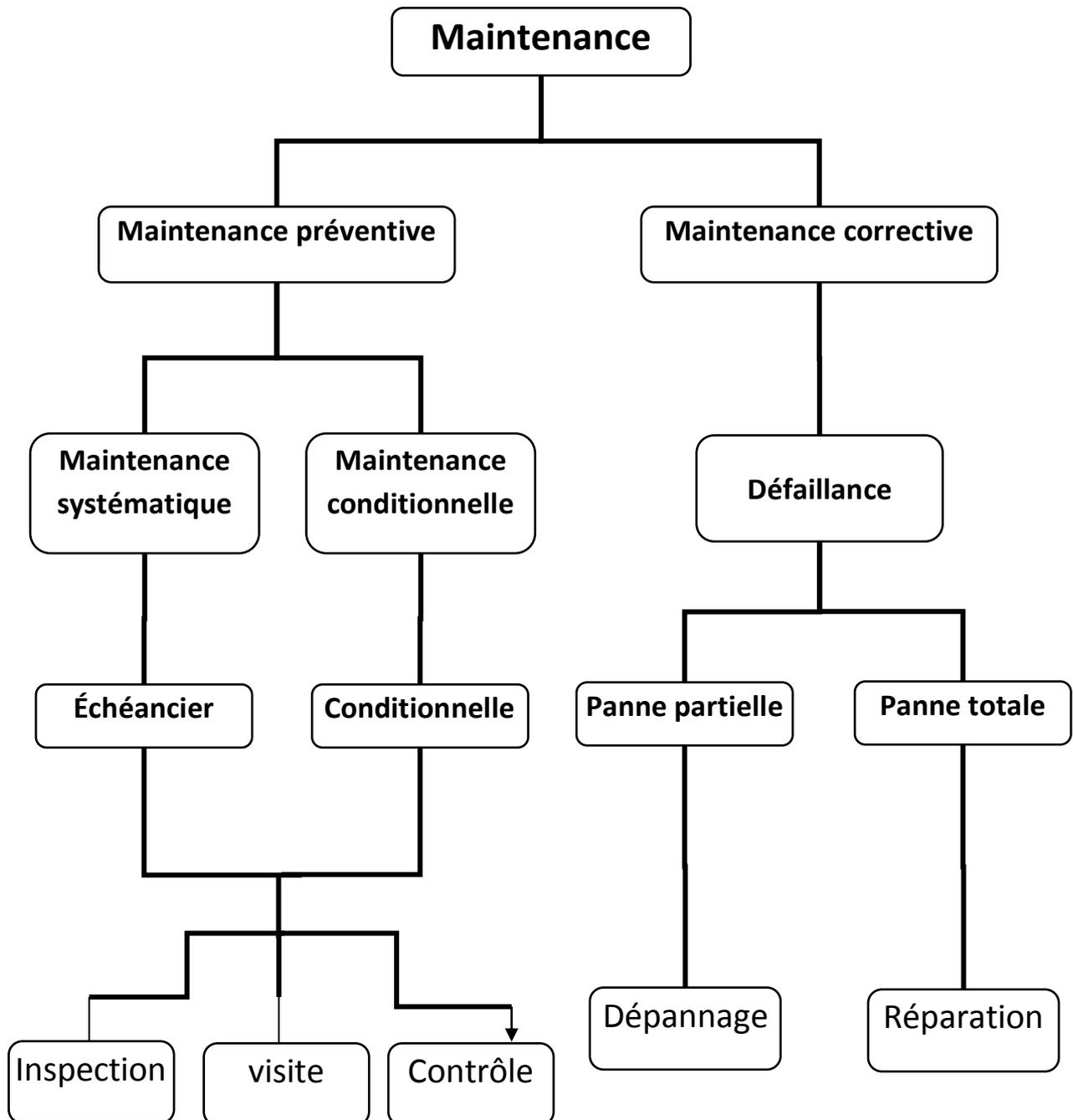
La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service rendu.

I.3.2. Objectifs et importance de la maintenance :

L'expérience a montré que toute usine, entreprise ou unité de production n'est jamais bénéficiaire si elle applique une mauvaise maintenance ou elle la néglige, ceci s'explique par la mauvaise

connaissance de la vie de matériel, par la négligence des opérations d'entretien et par la manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état. Ces facteurs sont les causes et prolonges les unités entraînant des pertes considérables et des déficits remarquables.

I.3.3. Types de maintenance :



I.4. Maintenance de la pompe « national Oil-Well 12P160 » :

I.4.1. Maintenance préventive :

Dans le chantier la maintenance préventive systématique ou conditionnelle n'est pas utilisée pendant l'exploitation de la pompe, cependant périodiquement on assure les inspections suivantes :

- Contrôle de la qualité et le niveau d'huile dans le carter et le changer lorsqu'il est nécessaire ;
- Contrôle de la température de refroidissement de l'eau ;
- Contrôle de la pression de refoulement, du débit refoulé et de la vitesse de rotation par le chef de poste ;
- Contrôle de la pression d'huile de lubrification ;
- Nettoyage de la pompe ;
- Voir les fiches de contrôle.

I.4.2. Maintenance corrective :

Elle consiste en un dépannage qui est une remise en état de fonctionnement effectuée sur site, le dépannage se fait après panne.

Le dépannage de la pompe 12P160 consiste au changement des pièces d'usure (pistons, clapets, chemises, joints, rallonge de tige, système d'étanchéité, sièges, changement de tige de piston).

I.5. Pannes de la pompe à boue et leurs remèdes :

<i>INCIDENTS</i>	<i>CAUSE</i>	<i>REMEDE</i>
a) Baisse de pression de refoulement	1) Usure de l'ensemble du clapet ; 2) Clapet totalement couvert ; 3) Mauvais remplissage ; 4) Fuite de fluide ;	✓ Remplacer celui-ci ; ✓ Eliminer le corps qui provoque l'ouverture de la conduite ; ✓ Déboucher la conduite d'aspiration ;

	5) Manomètre défectueux.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le remplacer ; ✓ Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; ✓ Diminuer la vitesse de la pompe ; ✓ Amorcer les chambres hydrauliques ; ✓ Remplacer les pistons et les chemises.
b) Baisse de pression d'aspiration	<ol style="list-style-type: none"> 1) Bas niveau d'aspiration ; 2) Capacité insuffisante de la pompe de suralimentation ; 3)) Ecoulement lent de fluide de forage ; 4) Manomètre défectueux ; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; ✓ Eliminer les anomalies éventuelles de la pompe de suralimentation ; ✓ Eliminer les restrictions dans la conduite d'aspiration ; ✓ Le remplacer.
c) Chocs hydraulique	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aspiration défectueuse ; (existence d'air dans la conduite d'aspiration) ; 2) Présence d'air ou des gaz dans la boue. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminer l'air de la conduite ; ✓ Ajuster l'amortisseur d'aspiration.
d) Vibration de la conduite de	1) Anomalie au niveau de l'amortisseur de	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réparer ou recharger ou le

refoulement	<p>pulsation ;</p> <p>2) Boulons desserrés ;</p> <p>3) Manque de support sous la conduite.</p>	<p>remplacer ;</p> <p>✓ Il faut resserrer les boulons ;</p> <p>✓ La munir d'un support.</p>
e) Cognement dans la partie mécanique	<p>1) Rotation incorrecte de la pompe à boue ;</p> <p>2) Piston-tige desserré ;</p> <p>3) Rallonge de crosse desserrée ;</p> <p>4) Roulements principaux usés ;</p> <p>5) Axe de crosse usé.</p>	<p>✓ Vérifier le fonctionnement du mécanisme ;</p> <p>✓ Vérifier et serrer ;</p> <p>✓ Il faut les resserrer ;</p> <p>✓ Changer ;</p> <p>✓ Régler les guides ou les remplacer.</p>
f) haute température d'huile	<p>1) Mauvais réglage de la crosse ;</p> <p>2) Roulement mal ajusté ;</p> <p>3) Diminution de la pression de refoulement de la pompe à l'huile.</p>	<p>✓ Vérifier et ajuster les jeux ;</p> <p>✓ Ajuster bien les bagues de roulement ;</p> <p>✓ Réparer la pompe ou la remplacer.</p>

I.6. Montage et démontage de la pompe à boue :

I.6.1. Démontage de la pompe à boue :

Le démontage de la pompe s'effectue comme suit :

A. Démontage de la partie hydraulique :

- Ouvrir les portières des clapets d'aspiration et de refoulement ;
- Enlever les sièges des clapets ;
- Démontez le système d'arrosage de l'arrière piston ;
- Démontez les portes des cylindres ;
- Extraire les chemises ;
- Démontez les pistons et les tiges des pistons ;
- Démontez l'amortisseur de pulsation.

B. Démontage de la partie mécanique :

- Vidange de l'huile du carter de la pompe ;
- Démontage du bâti supérieur de la pompe ;
- Enlever les caches des excentriques crosses et chaînes ;
- Démontez la chaîne de transmission ;
- Enlever les pieds des bielles en retirant les boulons de fixation de l'axe de crosse ;
- Démontez le pignon d'attaque ;
- Démontez le système de guidage (crosse glissière) ;
- Démontez les palières (roulements coniques) de l'excentrique sous pression de l'huile ;
- Enlever l'ensemble bielles excentrique à l'aide d'un élévateur ;
- Démontez les bielles en enlevant les boulons de fixation sur l'excentrique ;
- Démontez la roue dentée ;
- Nettoyer et faire le diagnostic de tous les organes démontés.

I.6.2. Remontage de la pompe à boue : Le remontage est une opération très difficile et il lui faut un mécanicien qualifié, il se fait dans les sens contraire du démontage, mais avec une grande précaution de façon à présenter :

- Le bon déplacement des pièces ;
- L'alignement soigné du système de guidage avec la tige et la partie hydraulique ;

Le bon serrage des boulons ;

L'ordre de montage de la pompe se fait à l'aide des documents techniques de la pompe.

Le calcul de la pompe comprend un calcul hydraulique réalisé par le logiciel MATLAB.

I. 1. Calcul hydraulique :

I.1.1. 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 3445 m..

A. Introduction :

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 :

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

a. Les pertes de charge aux installations de surface :

$$P = N_1 \cdot B$$

Avec

B : Coefficient correspond à la boue en circulation ;

N_1 : Coefficient des pertes de charge ;

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

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

μ : Viscosité en [cp] ;

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

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

Avec :

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

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

C : coefficient d'orifice ;

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

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

Avec :

L : longueur en [m] ;

D : diamètre intérieur garniture [in] ;

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

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

Avec :

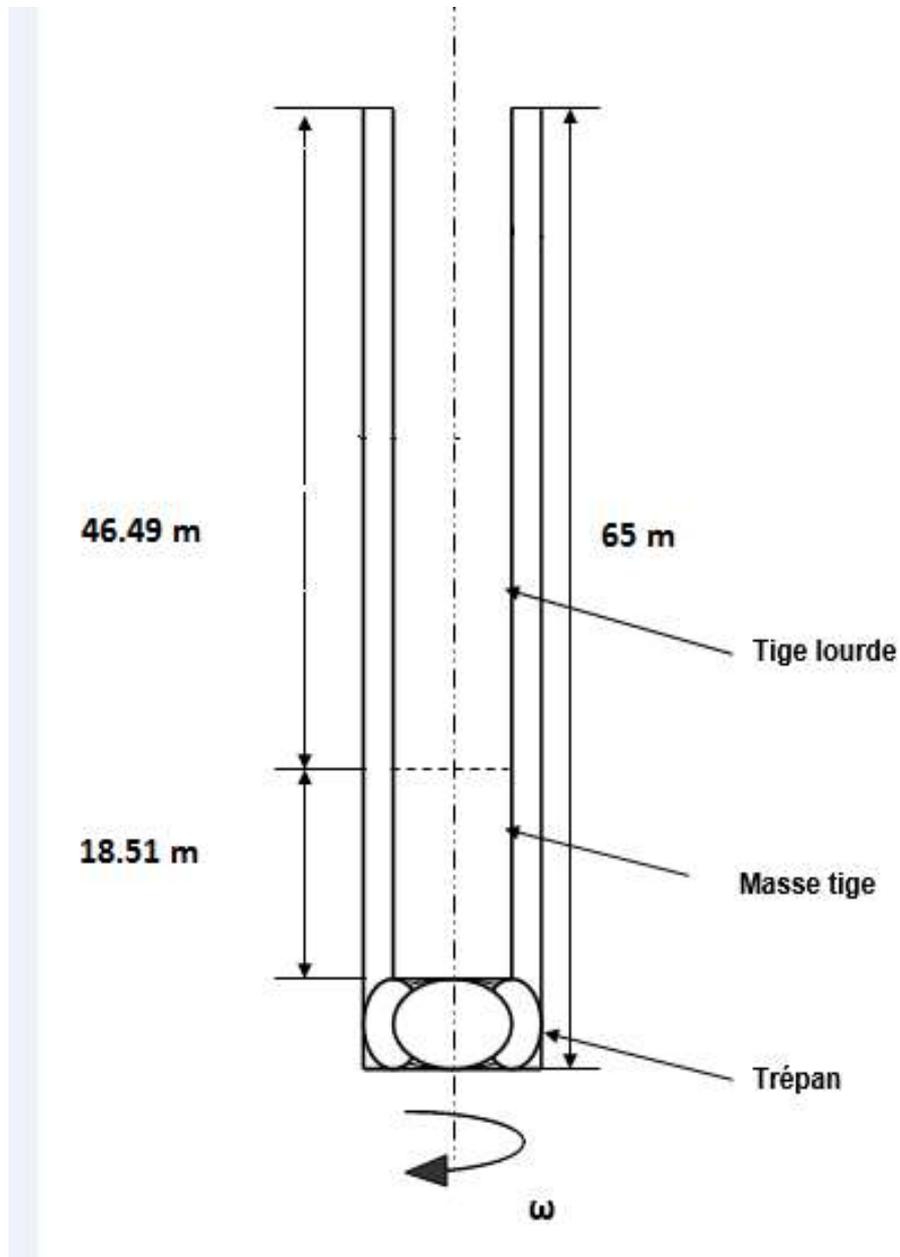
 D_0 : diamètre extérieur annulaire [in] ; D_i : diamètre intérieur annulaire
(extérieur garniture) [in] ;

✓ Données de départ :

Trou foré	Diamètre (in)	Phase 23 "	phase 16 "	Phase 12 ¼"	phase 8 ½"
	Profondeur forée (m)	65	495	2974	3355
Tubage	Diamètre extérieur (in)	18 5/8	13 3/8	9 5/8	7
	Poids linière (lb/ft)	87,5	68,00	47,00	32,00
	Diamètre inter (in)	17,755	12,415	8,681	6,094
	Longueur du tubage (m)	62	492	2968	450
Paramètre hydraulique de forage	Débit (l/min)	1500	2805	2930	2000
	Masse volumique (kg/ l)	1,05	1,08	1,25	2,02
	Viscosité (cp)	82	53	54	69
Tige de forage	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	4,276	4,276	4,276	4,276
	Longueur (m)	0	189	2733,58	3092,88
Tige lourde	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	3	3	3	3
	Longueur (m)	46,49	46,49	46,49	46,49
Masse tige	Diamètre extérieur (in)	8,25	8,25	6 ½	6 ½
	Diamètre intérieur (in)	3,25	3,25	3,812	2 13/16
	Longueur (m)	18,51	255	193,93	215,63
Trépan	TFA (in ²)	0,94	0,94	1,037	0,902
Tableau 1 : représentation des données de programme					

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

1. Première phase (23") :

Fig V.1: Phase 1^{er} de forage

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

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

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

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

$$P_{TJ} = \frac{0 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 00 \text{ kPa}$$

2. Tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{0 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 00 \text{ kPa}$$

3. Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 345,82 \text{ kPa}$$

4. Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{18,51 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{DC} = 93,75 \text{ kPa}$$

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

w

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

$$P_{DP} = \frac{0 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{706,96 \times (23 + 5)^{1,8} \times (23 - 5)^3} \quad P_{DP} = 00 \text{ kPa}$$

2. Trou / tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{706,96 \times (23 + 5)^{1,8} \times (23 - 5)^3} \quad P_{HW} = 0,036 \text{ kPa}$$

3. Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{18,51 \times 1,05^{0,8} \times 1500^{1,8} \times 82^{0,2}}{706,96 \times (23 + 8,25)^{1,8} \times (23 - 8,25)^3} \quad P_{DC} = 0,021 \text{ kPa}$$

c. Trépan :

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

$$P_t = \frac{1,05 \times 1500^2}{2959,41 (0,95)^2 (0,94)^2}$$

$$P_t = 1001,068 \text{ kPa}$$

d. Equipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_I=78$ (cas n°04) est déduite en fonction des équipements de surface dans le chantier qui correspond au cas n°04 d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 78 \times 1,05^{0,8} \times 82^{0,2}$$

$$P_s = 195,79 \text{ kPa}$$

↪ *La perte de charge totale :*

$$P_{\text{tot}} = 345,80 + 93,75 + 0,036 + 0,021 \\ + 1001,068 + 195,79$$

$$P_{\text{tot}} = 1636,45 \text{ kPa}$$

I. Deuxième phase (16") :

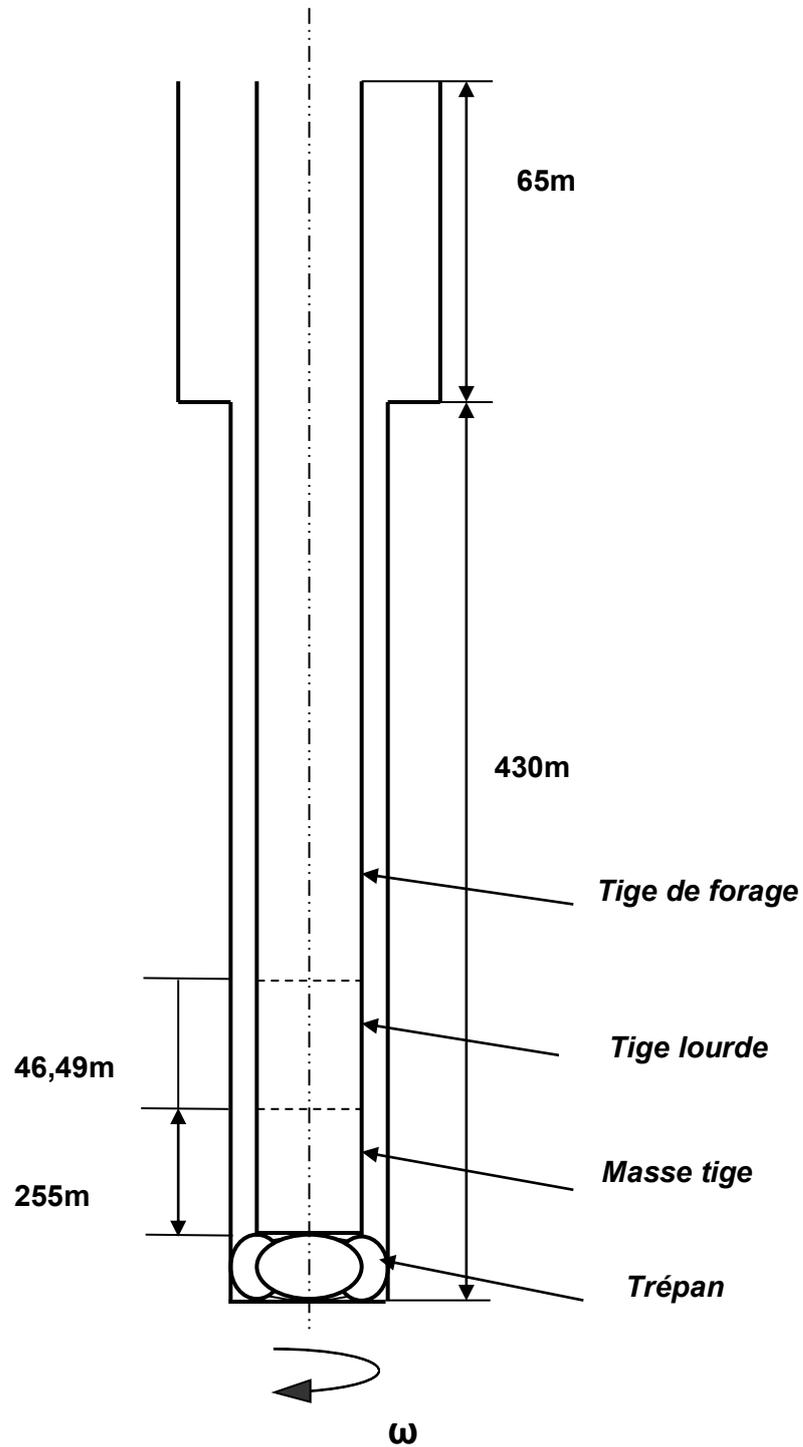


Fig : V.2 Phase 2^{ème} de forage

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

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

$$L_{TJ} = 0,05 \cdot 189 = 9,45 \text{ m} \text{ et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{TJ} = \frac{9,45 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 138,4 \text{ kPa}$$

2. Tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{189 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} \quad P_{DP} = 742 \text{ kPa}$$

3. Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}} \quad P_{HW} = 1000 \text{ kPa}$$

4. Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{255 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 3735 \text{ kPa}$$

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

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

$$P_{DP} = \frac{65 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(18,625 + 5)^{1,8}(18,625 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 0,46 \text{ kPa}$$

2. Trou / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{127 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(16 + 5)^{1,8}(16 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 2,12 \text{ kPa}$$

3. Trou / tige lourde:

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(16 + 5)^{1,8} (16 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 0,77 \text{ kPa}$$

4. Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{255 \times 1,08^{0,8} \times 2805^{1,8} \times 53^{0,2}}{706,96(16 + 8,25)^{1,8} (16 - 8,25)^3}$$

$$P_{DC} = 9,43 \text{ kPa}$$

c. Trépan :

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

$$P_t = \frac{1,08 \times 2805^2}{2959,41(0,95)^2 (0,94)^2}$$

$$P_t = 3600,65 \text{ kPa}$$

d. Equipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_I=229$ (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 229 \times 1,08^{0,8} \times 53^{0,2}$$

$$P_s = 538 \text{ kPa}$$

↪ La perte de charge totale :

$$P_{tot} = 138,4 + 742 + 1000 + 3735 + 0,46 \\ + 2,12 + 0,77 + 9,43 + 3600,65 + 538$$

$$P_{tot} = 9768,08 \text{ kPa}$$

II. Troisième phase (12¼") :

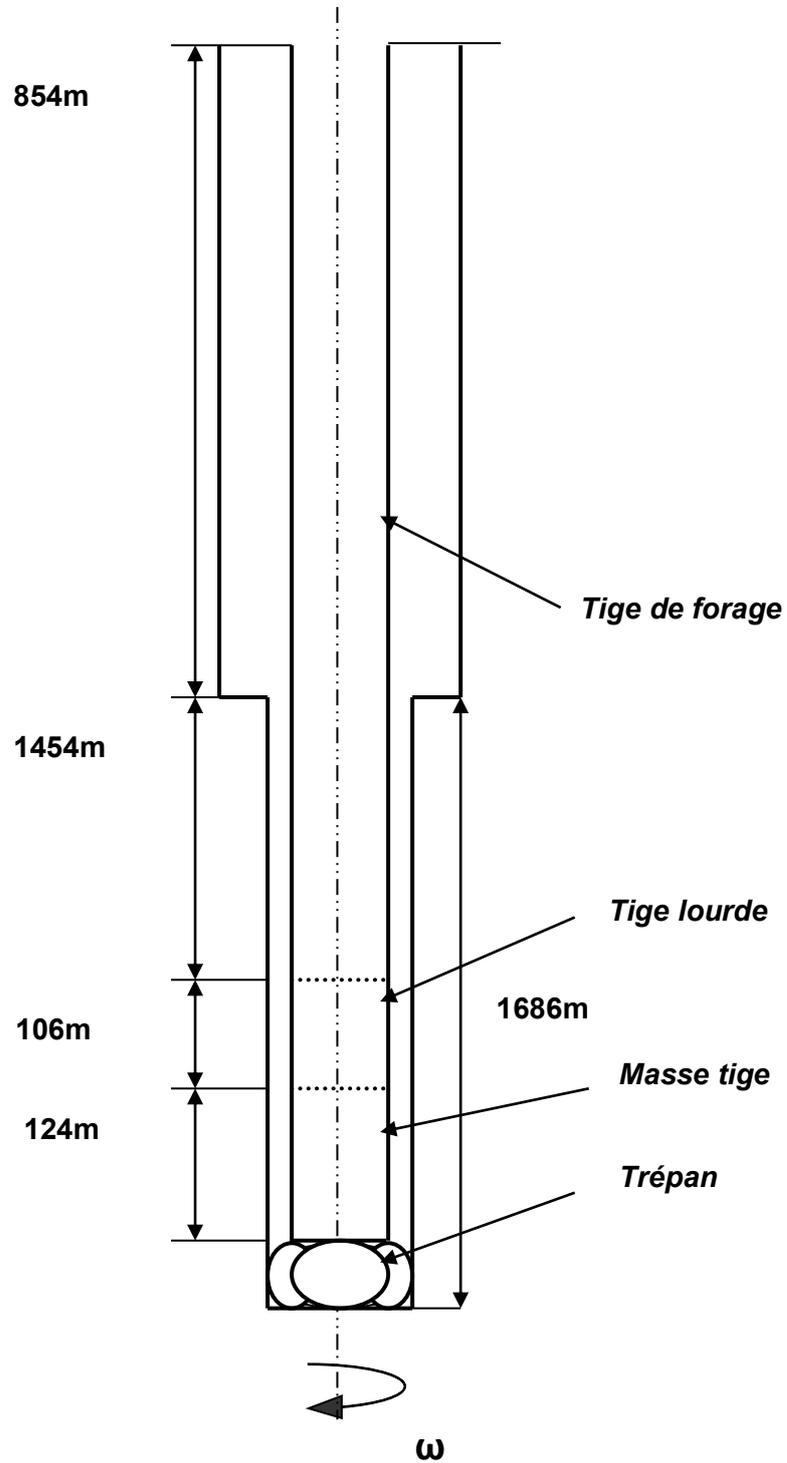


Fig : V.3: Phase 3^{ème} de forage

a. Intérieur de la garniture :

1. Tool-joint :

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

$$L_{TJ} = 0,05 \cdot 2733,58 = 136,67 \text{ m et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{TJ} = \frac{136,67 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 2443,44 \text{ kPa}$$

2. Tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{2733,58 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 13094 \text{ kPa}$$

3. Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 1220,44 \text{ kPa}$$

4. Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{193,93 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{901,63 \times 3,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 1612,32 \text{ kPa}$$

b. Espace annulaire :

1. Tubage / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{495 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{706,96 (13,375 + 5)^{1,8} (13,375 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 29,17 \text{ kPa}$$

2. Trou / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{2238,5 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{706,96 (12,25 + 5)^{1,8} (12,25 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 227,87 \text{ kPa}$$

3. Trou / tige lourde:

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{706,96(12,25 + 5)^{1,8} (12,25 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 4,73 \text{ kPa}$$

4. Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{193,93 \times 1,25^{0,8} \times 2930^{1,8} \times 54^{0,2}}{706,96(12,25 + 6,5)^{1,8} (12,25 - 6,5)^3}$$

$$P_{DC} = 34,05 \text{ kPa}$$

c. Trépan :

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

$$P_t = \frac{1,25 \times 2930^2}{2959,41(0,95)^2 (1,037)^2}$$

$$P_t = 3736,24 \text{ kPa}$$

d. Equipement de surface :

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

$$P_S = 259 \times 1,25^{0,8} \times 54^{0,2}$$

$$P_S = 687,55 \text{ kPa}$$

↪ Les pertes de charge totale :

$$P_{\text{tot}} = 2443,44 + 13094 + 1220,44 + 1616,38 + 29,175 \\ + 227,87 + 23,02 + 34,05 + 3916,9 + 687,55$$

$$P_{\text{tot}} = 23090,4 \text{ kPa}$$

III. Quatrième phase (8½") :

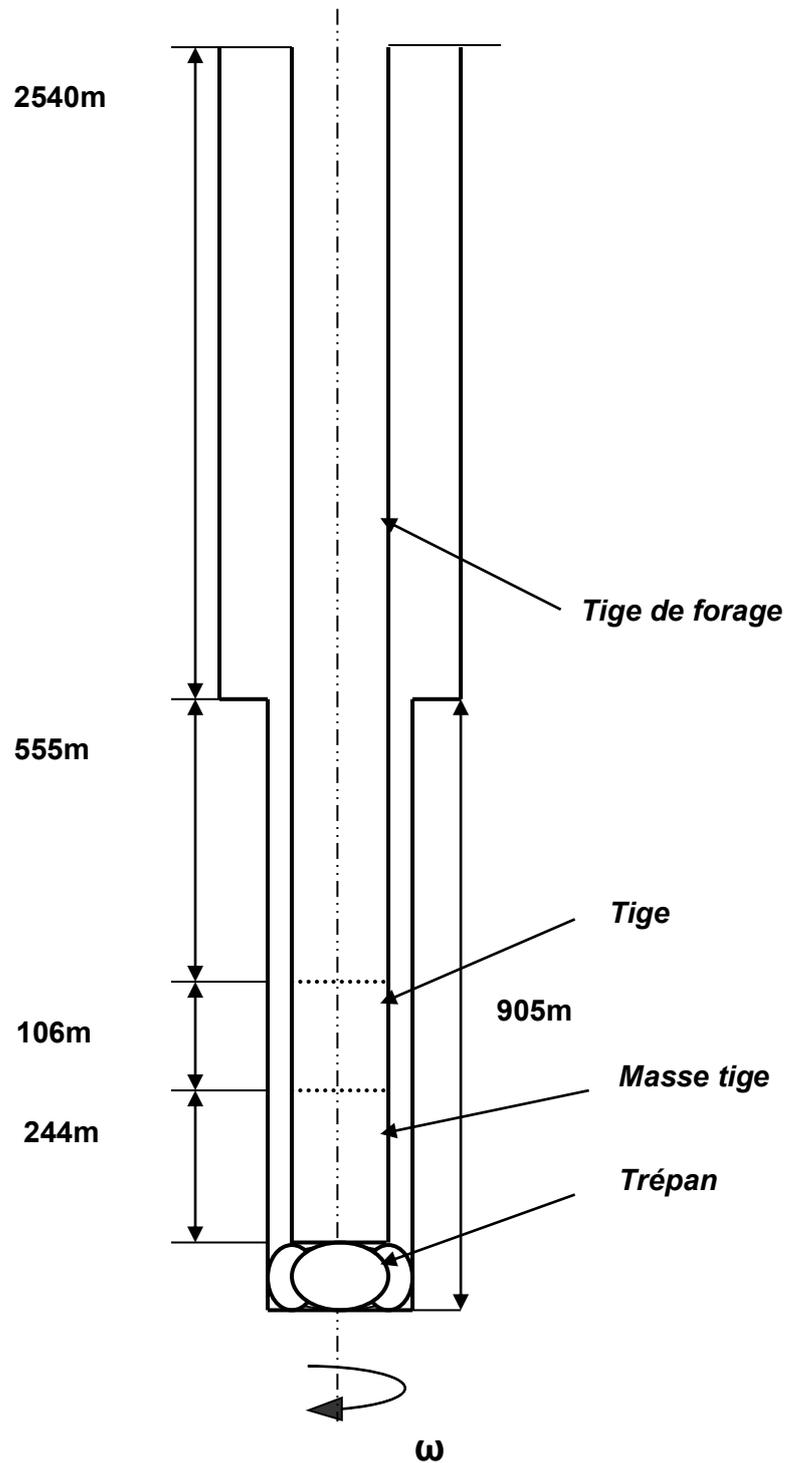


Fig : V.4: Phase 4^{ème} de forage

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

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

$L_{TJ} = 0,05 \cdot 3092,88 = 154,64 \text{ m}$ et $D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$.

$$P_{TJ} = \frac{154,64 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}} \quad P_{TJ} = 2143,67 \text{ kPa}$$

2. Tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{3092,82 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}} \quad P_{DP} = 11488,37 \text{ kPa}$$

3. Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}} \quad P_{HW} = 946,35 \text{ kPa}$$

4. Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{215,63 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{901,63 \times 2,81^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 6008,9 \text{ kPa}$$

b. Espace annulaire :

1. Tubage / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{2974 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96 (7 + 5)^{1,8} (7 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 21489,91 \text{ kPa}$$

2. Trou / tige de forage :

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

$$P_{DP} = \frac{2974 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96 (8,5 + 5)^{1,8} (8,5 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 129,66 \text{ kPa}$$

3. Trou / tige lourde:

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

$$P_{HW} = \frac{46,49 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96(8,5 + 5)^{1,8} (8,5 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 50,7 \text{ kPa}$$

4. Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{215,63 \times 2,02^{0,8} \times 2000^{1,8} \times 69^{0,2}}{706,96(8,5 + 6,5)^{1,8} (8,5 - 6,5)^3}$$

$$P_{DC} = 1042,71 \text{ kPa}$$

c. Trépan :

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

$$P_t = \frac{2,02 \times 2000^2}{2959,41(0,95)^2 (0,902)^2}$$

$$P_t = 3718,31 \text{ kPa}$$

d. Equipement de surface :

$N_f = 125$ (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 125 \times 2,02^{0,8} \times 69^{0,2}$$

$$P_s = 511,63 \text{ kPa}$$

↪ **Les pertes de charge totale :**

$$P_{\text{tot}} = 2143,67 + 11488,37 + 946,35 + 6008,9 + 21489,91 \\ + 129,66 + 50,7 + 1042,71 + 3718,31 + 511,63$$

$$P_{\text{tot}} = 47530,21 \text{ kPa}$$

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

↪ 1^{ère} phase:

$$P_{\text{tot}} = 1636,45 \text{ kPa}$$

↪ 2^{ème} phase :

$$P_{\text{tot}} = 9766,83 \text{ kPa}$$

↪ 3^{ème} phase :

$$P_{\text{tot}} = 23292,82 \text{ kPa}$$

↪ 4^{ème} phase :

$$P_{\text{tot}} = 47530,21 \text{ kPa}$$

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

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

I.1.2. Calcul de la puissance mécanique :

A. Première phase :

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

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

HP : Hors Power (puissance en chevaux) ;

1HP=1.013 chevaux vapeurs.

B. Deuxième phase :

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

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

C. Troisième phase :

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

$$P_{m3} = \frac{23292,82 \times 2930}{0,9 \times 0,95 \times 44750} \quad P_{m3} = 1783,75 \text{ HP}$$

D. Quatrième phase :

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

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

$$P_{m4} = 3797,71 \text{ HP}$$

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

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

A. Première phase :

$$P_{hr1} = 54,84 \text{ HP}$$

B. Deuxième phase :

$$P_{hr2} = 612,19 \text{ HP}$$

C. Troisième phase :

$$P_{hr3} = 1511,84 \text{ HP}$$

D. Quatrième phase :

$$P_{hr4} = 2124,24 \text{ HP}$$

On désigne le tableau des résultats de calcul :

Phase	débit	Puissance hydraulique	Puissance mécanique	Pression
	[l/mn]	[HP]	[HP]	[kPa]
23"	1500	54,84	64,15	1636,45
16"	2805	612,19	716,02	9768,08
12" ^{1/4}	2930	1511,84	1783,75	23292,82
8" ^{1/2}	2000	2124,24	2484,50	47530,21

Tab. N°..... Résultats de calcul

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.

I .1.4. Nombre de pompe dans chaque phase :

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

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

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

a. Première phase :1 coup  16,68 l (volume/course)

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_{unitaire}} = \frac{1500}{16,68}$$

$$N_1 \approx 89,92 \text{ coup/mn}$$

b. Deuxième phase :

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_{unitaire}} = \frac{2805}{16,68}$$

$$N_2 \approx 168,16 \text{ coup/mn}$$

c. Troisième phase :

$$N_3 = \frac{Q_3}{Q_{unitaire}} = \frac{2930}{16,68}$$

$$N_3 \approx 175,66 \text{ coup/mn}$$

d. Quatrième phase :

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

$$N_4 \approx 119,90 \text{ coup/mn}$$

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

Phase	23"	16"	12" ^{1/4}	8" ^{1/2}
(Coups/mn)	89,92	168,16	175,66	119,90

Tableau 3 : nombre de coup dans chaque phase

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.

I.1.5. 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 (m^3/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, = 0,90**A. Première phase :**

$$Q_1 = \frac{1500}{2} = 750 \ell / mn \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{25,4 \times 750 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,0982m \quad D_1 = 98,2mm$$

B. Deuxième phase :

$$Q_2 = \frac{2805}{2} = 1402,5 \ell / \text{min} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1402,5 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,1343m \quad D_2 = 134,3mm$$

C. Troisième phase :

$$Q_3 = \frac{2930}{2} = 1465 \ell / \text{min} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_3 = \sqrt{\frac{25,4 \times 1465 / 60 \times 1000}{0,9 \times 0,3048 \times 120}} = 0,13725 \text{ m}$$

$$D_3 = 137,25 \text{ mm}$$

D. Quatrième phase :

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

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

$$D_4 = 113,4 \text{ mm}$$

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

$$D_1 = 98,2 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad D_1 = 4''$$

$$D_2 = 134,30 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad D_1 = 5''\frac{1}{2}$$

$$D_3 = 137,25 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad D_3 = 5''\frac{1}{2}$$

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

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

Ptot Les Phases	Les pertes de charge totale théorique (KPA)	Les pertes de charge totale réel (KPA)
Phase 23''	1636,45	14502
Phase 16''	9768,08	18348
Phase 12''^{1/4}	23292,88	24161
Phase 8''^{1/2}	47530,21	57610
Tableau 4 : Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge pratique dans chaque phase		

CONCLUSION :

L'étude présentée nous permet d'approfondir nos connaissances dans les domaines des équipements de forage en générale 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 frottantes, ce qui exige le bon fonctionnement des dispositifs d'épuration à chaque remontée de boue à la surface.

Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage, il fonctionnent 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. « Machines, mécanismes et installation de forage », A. ILSKI, V. KASSIANOV, V. POROCHINE, école supérieur Moscou.
2. « Le forage rotary; planches », Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974.
3. « Le forage rotary; textes », Jean NOUGAROU, société des éditions technip, 1974.
4. « Forage rotary; les circuits hydraulique », P.MOTARD, éditions technip, juin 1974.
5. « Forage rotary; la sécurité sur la sonde », P.MOTARD, éditions technip, 1971.
6. « sécurité technique dans l'industrie pétrolière », P. TOUMANIAN, institut national des hydrocarbures et de la chimie ; Boumerdes, 1979.
7. « la maintenance industrielle », CHAIB Rachid, édition université MENTOURI de Constantine, 2003/2004.
8. « Le forage de jour d'aujourd'hui ; 2^{ème} partie », Publications de l'institut français du pétrole, édition 1970.
9. « formulaire du foreur », Gilles GABOLDE, Jean-Paul NGUYEN, publications de l'institut français du pétrole, édition 1989.
10. Les formulaires de foreur.