



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique**



UNIVERSITE D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Spécialité : Génie mécanique

Option : Energétique

Thème

**Etude thermodynamique de la pompe a boue
oil- well 12p160**

Devant le jury composé de :

Présenté par :

BOUCHOUL Boutayeb

BEL MESSAOUD Boutayeb

.....

Président

-

.....

Examinateur

-

.....

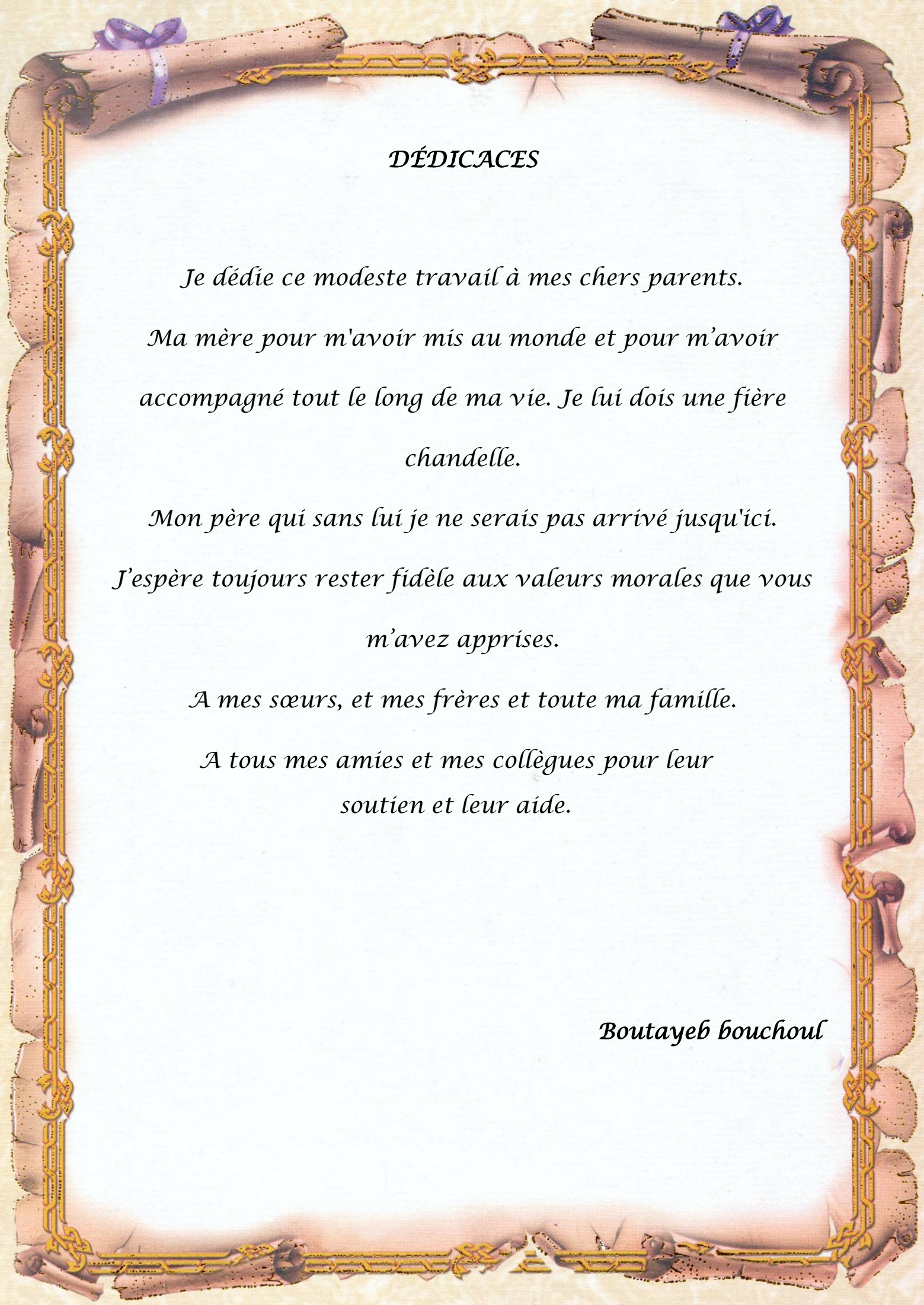
Examinateur

M. ELOUED

Encadreur

GHERBI.M Tahar

2015-2014



DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents.

*Ma mère pour m'avoir mis au monde et pour m'avoir
accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fière
chandelle.*

*Mon père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici.
J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous
m'avez apprises.*

A mes sœurs, et mes frères et toute ma famille.

*A tous mes amies et mes collègues pour leur
soutien et leur aide.*

Boutayeb bouchoul

—
DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents.
Ma mère pour m'avoir mis au monde et pour
m'avoir accompagné tout le long de ma vie.
Je lui dois une fière chandelle. Mon père qui
sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici.*

A Mes sœurs et mes frères

A Toute ma famille

*A tous mes ami(e)s et mes collègues pour leur
soutien et leur aide.*

Tous ceux que me sont chers

Je dédie ce travail...

Boutayeb belmassoud



Remerciements

*Au terme de ce travail, il m'est agréable de
Nous adresser à toute personne qui a contribué
De près ou de loin à la réalisation de ce modeste
travail.*

*Nous adressons nos remerciements les plus sincères
A ALLAH qui a illuminé notre chemin
et qui nos a armé de courage et de la volonté pour
réaliser ce travail ;*

*GHERBLIM Tahar pour son s suivi et ses conseils
durant notre travail ;*

*A nos enseignants **Energétique**, et qu'ils trouvent ici notre
haute considération pour avoir accepté d'examiner et de
juger notre travail ;*

A tous merci

Kayala

LISTE DES FIGURE

CHAPITRE I

CHAPITRE I: Figure. 1 : Pompe à boue en coupe.....	4
CHAPITRE I: Figure.2 : partie hydraulique.....	5
CHAPITRE I: Figure.3 : Le piston et la tige de piston.....	6
CHAPITRE I: Figure.4 : La chemise.....	6
CHAPITRE I: Figure.5 : Sièges et clapets.....	7
CHAPITRE I: Figure.6 : Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration.....	8
CHAPITRE I: Figure.7 : Amortisseur de pulsation Sur le refoulement.....	8
CHAPITRE I: Figure.8 : L'amortisseur de pulsations.....	9
CHAPITRE I: Figure.9 : Principe de fonctionnement des pompes triplex.....	11
CHAPITRE I: Figure.10 : Débit instantané de la pompe triplex à simple effet.....	12
CHAPITRE I: Figure. 11 : Les pompes de suralimentation.....	13

CHAPITRE II

CHAPITRE II : Figure.1 : Système de circulation de la boue.....	15
CHAPITRE II: Figure.2 : La pompe à boue.....	18
CHAPITRE II :Figure.3 : L'amortisseur de pulsations.....	19
CHAPITRE II: Figure.4 : La tête d'injection.....	21
CHAPITRE II: Figure.5 : L'agitateur.....	23
CHAPITRE II: Figure.6 : Tamis vibrant	24
CHAPITRE II: Figure.7 : L'hydrocyclone.....	25
CHAPITRE II: Figure.8 : Séparateur vertical.	26
CHAPITRE II: Figure.9 : Dégazeur	28

CHAPITRE III

CHAPITRE III: Figure .1 : Phase 1ère de forage.....	34
CHAPITRE III: Figure .2 : Mécanisme bielle- manivelle	39
CHAPITRE III: Figure .3 : Graphique de débit instantané de la pompe triplex à simple effet.....	41

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III:TABLEAUX : NOMENCLATURE (Unités pratiques)	30
CHAPITRE III:TABLEAUX : Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage.....	33

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Généralité sur La pompe à boue Oil-Well 12P160

I-1	Définition de la pompe:.....	2
I-2	Classification des pompes:	2
I-2-1	Turbopompes:.....	2
I-2-2	Pompes volumétriques:	2
I.3.	Destination et exigences générales :	3
I.4.	Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil- Well 12P160 » :	4
I.4.1.	Construction de la pompe à boue triplex à simple effet :	4
I.4.2.	Refroidissement de la pompe à boue 12P160 :	7
I.5.	Annexes de la pompe à boue :	8
I.5.1.	Les amortisseurs de pulsations :	8
I.5.2.	Soupape de décharge ou de sécurité :	10
I.6.	Principe de fonctionnement et débit instantané :	10
I.6.1.	Principe de fonctionnement :	10
I.6.2.	Débit instantané :	11
I.7.	Particularités :	12
I.7.1.	Les pompes de suralimentation :	12
I.7.2.	Principe de montage :	13

Chapitre II : Système de circulation de la boue

II.1.	Destination et organisation :	14
II.2.	La boue de forage :	16
II.2.1.	Rôle de la boue :	16
II.3.	Les pertes de circulation :	17
II.4.	Les éléments composants le système de circulation :	18
II.4.1.	La pompe à boue :	18
II.4.2.	Equipements de la ligne de refoulement :	19
II.4.3.	Equipements de système de vidange :	21

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

III.1.	Calcul hydraulique :	30
III.1.1.	Introduction :	30
III.1.2.	Calcul des pertes de charge:	31
III.1.3.	Calcul de la puissance mécanique :	38
III.1.4.	Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase :	38
III.1.5.	Nombre de pompe dans chaque phase :	38
III.1.6.	calcul du débit instantané (Première phase) :	39
III.3.	Conclusion :	41

Conclusion générale.....	42
---------------------------------	-----------

Introduction générale

Introduction générale

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 calculée les paramètre thermodynamique de la pompe à boue et 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

Généralité sur La pompe à boue

Oil-Well 12P160

I-1 Définition de la pompe

C'est une machine qui sert à élever le liquide ou le mélange d'un liquide avec des corps solides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou à refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression.

Le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration « entrée de la pompe » et la région de refoulement « sortie de la pompe ». Les pompes transmettent au liquide qu'elles véhiculent l'énergie mécanique provenant d'une source d'énergie quelconque extérieure.[1]

I-2 Classification des pompes

Il existe deux grands types de pompes : les pompes volumétriques et les turbopompes.

I-2-1 Turbopompes

Ce type de pompe se divise en trois classes de turbopompes :

- Les pompes centrifuges, à écoulement radial ;
- Les pompes axiales, à écoulement axial ;
- Les pompes hélio centrifuges, à écoulement mixte.

I-2-2 Pompes volumétriques

Nous appelons pompe volumétrique les appareils assurant l'augmentation de l'énergie d'un liquide dont le principe de fonctionnement est basé sur la variation du volume d'un espace qui est relié alternativement à la conduite d'aspiration et la conduite de refoulement.

a) Pompes volumétriques rotatives :

Ces pompes sont des pompes volumétriques ou le refoulement est assuré par le mouvement rotatif ou bien alternatif et rotatif en même temps des éléments de refoulement.

b) Pompes volumétriques à piston

Elles utilisent un piston qui effectue un mouvement rectiligne dans un cylindre muni de valves, qui régulent le débit du liquide dans le cylindre.

Dans une pompe à piston, on emprisonne un certain volume de liquide dans un cylindre pour générer la pression sous une force mécanique sur le piston. Le cylindre dispose de deux soupapes l'une pour l'aspiration et la seconde pour assurer le refoulement, ces dernières s'ouvrent et se referment sous l'action de la pression du liquide.

Les pompes à piston sont classées selon plusieurs critères :

- 1- selon le mode d'entraînement :
 - pompe à action directe ;
 - pompe à mécanisme bielle manivelle.
- 2- selon le nombre de cylindre :
 - pompe simplex « 1 cylindre » ;
 - pompe duplex « 2 cylindres » ;
 - pompe triplex « 3 cylindres ».
- 3- selon le principe de fonctionnement :
 - pompe à simple effet ;
 - pompe à double effet.

I.3. 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.

I.4. 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 , Nous dans cette étude, nous aborderons uniquement la partie hydraulique Allier .[2]

I.4.1 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.

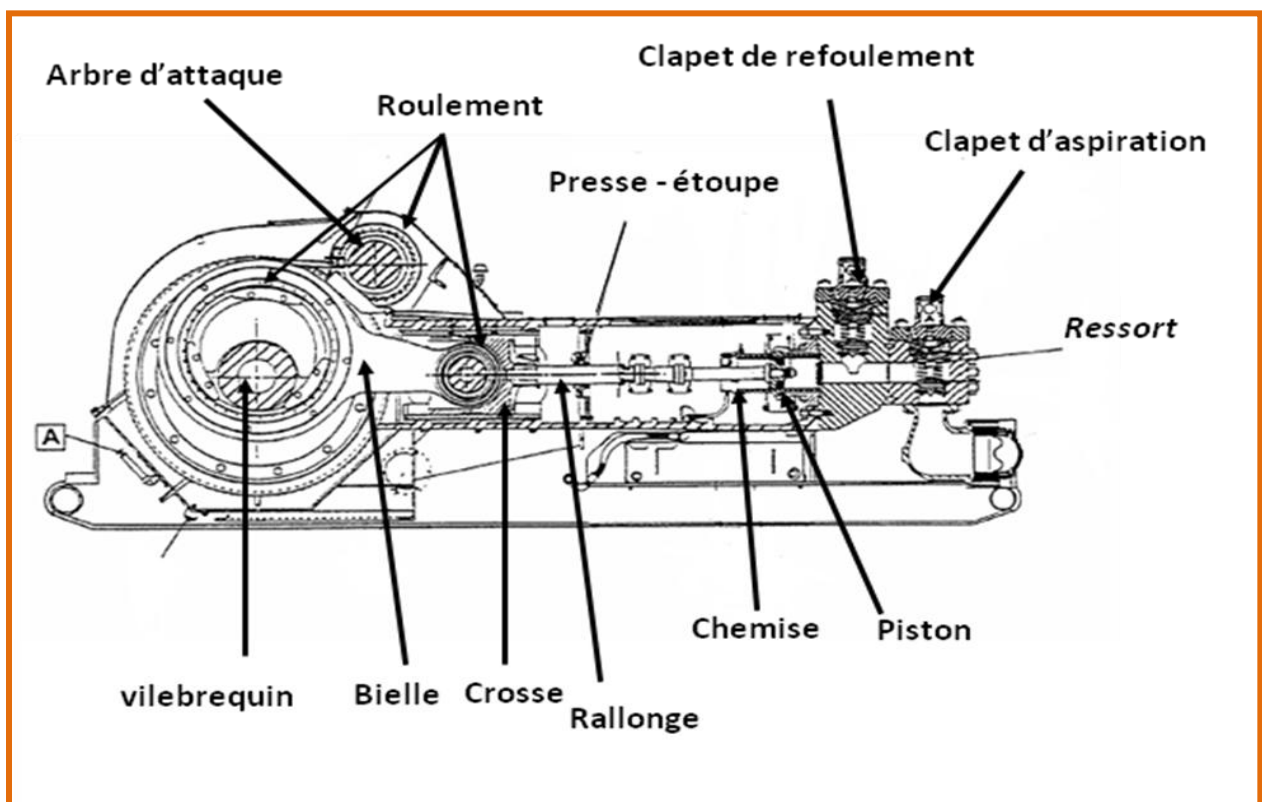


Fig. I. 1 : Pompe à boue en coupe

A. 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 lié entre les sorties de refoulement, et ces couvercles qui maintiennent ou protègent les clapets, ils sont vissés ce qui augmente la rapidité de démontage et remontage.

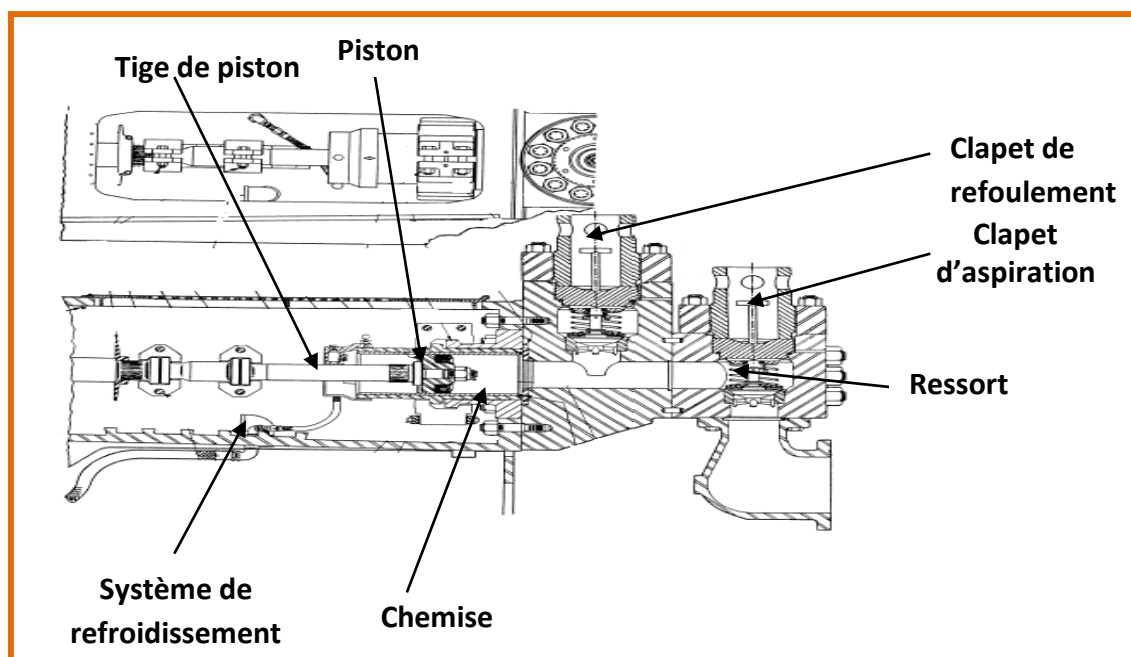


Fig. I.2 : partie hydraulique

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.

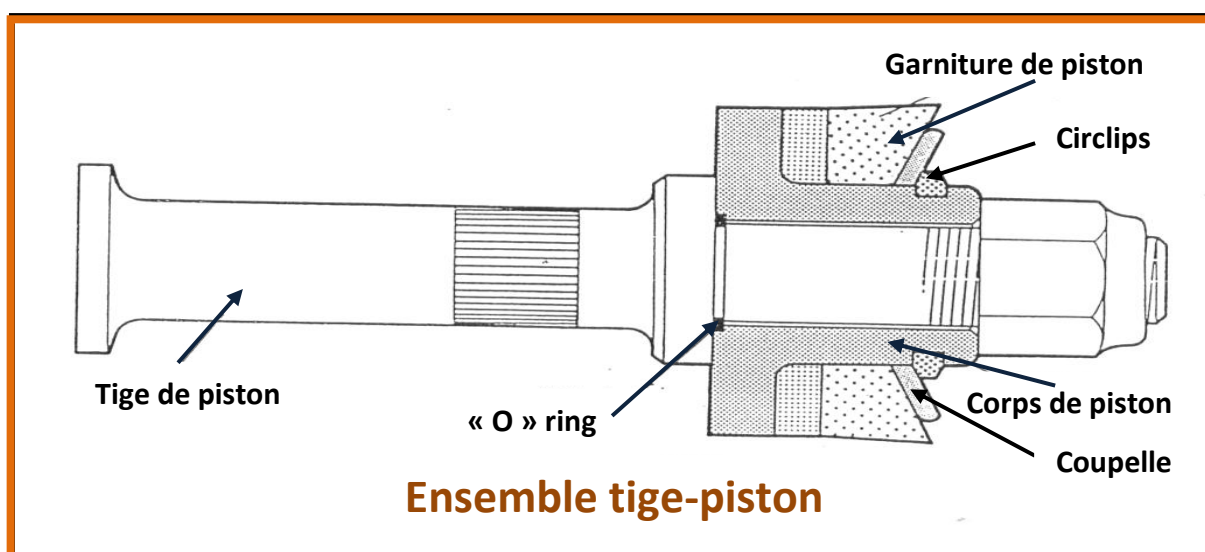


Fig. I.3 : Le piston et la tige de piston

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

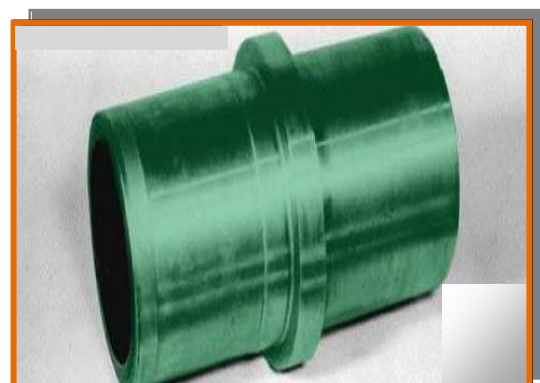


Figure.I.4 : La chemise

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.
- Moins coûteux à l'achat.

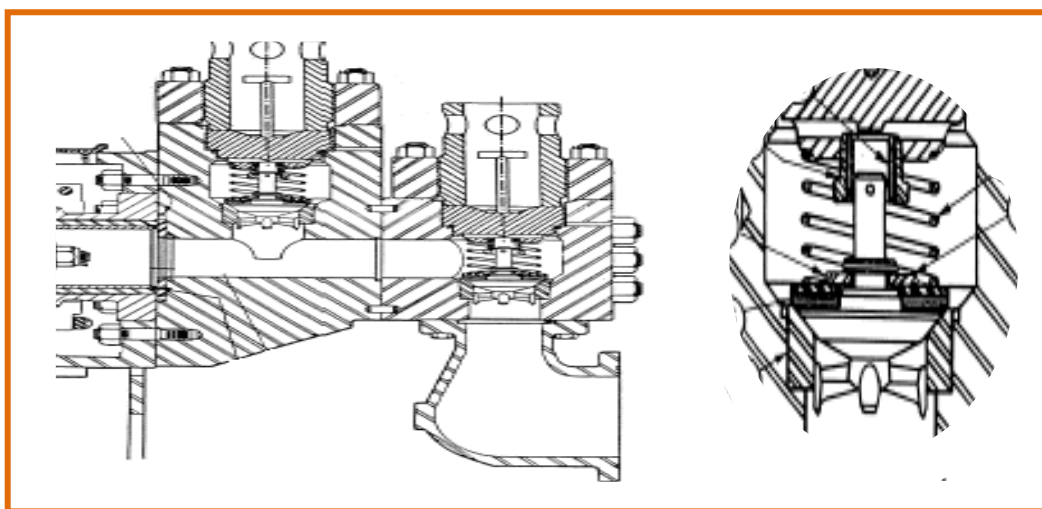


Fig. I.5 : Sièges et clapets

I.4.2 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 munie 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.

I.5. 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,[3]
- ❖ Une soupape de sécurité pour protéger le circuit contre les fluctuations et les augmentations brusques de pression.

I.5.1 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.

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

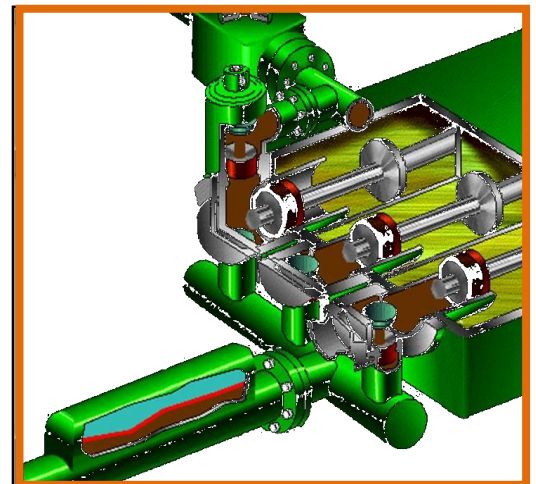


Fig. I.6 : Amortisseur de pulsation Sur l'aspiration

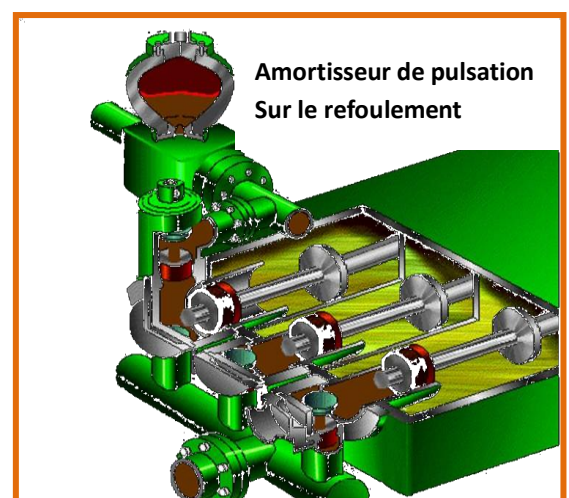


Fig. I.7 : Amortisseur de pulsation Sur le refoulement

et des chocs néfastes :

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

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 supérieure, 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.

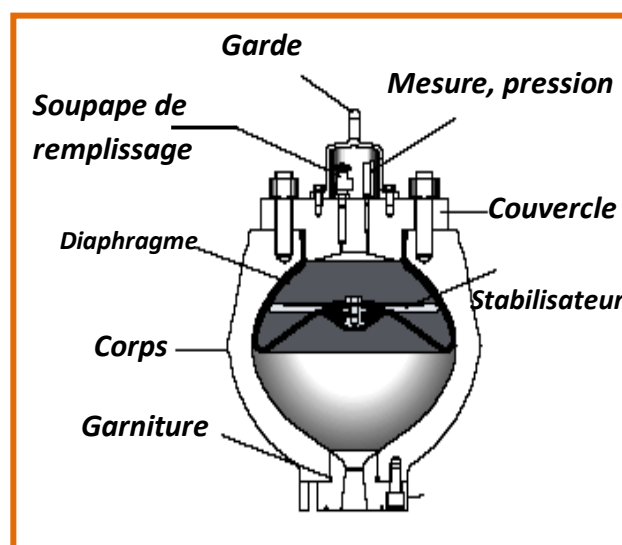


Figure-I.8 : L'amortisseur de pulsations

❖ **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, régularisant ainsi le débit et, par suite, les fluctuations de pression.

I.5.2 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.

I.6. Principe de fonctionnement et débit instantané :**I.6.1 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).

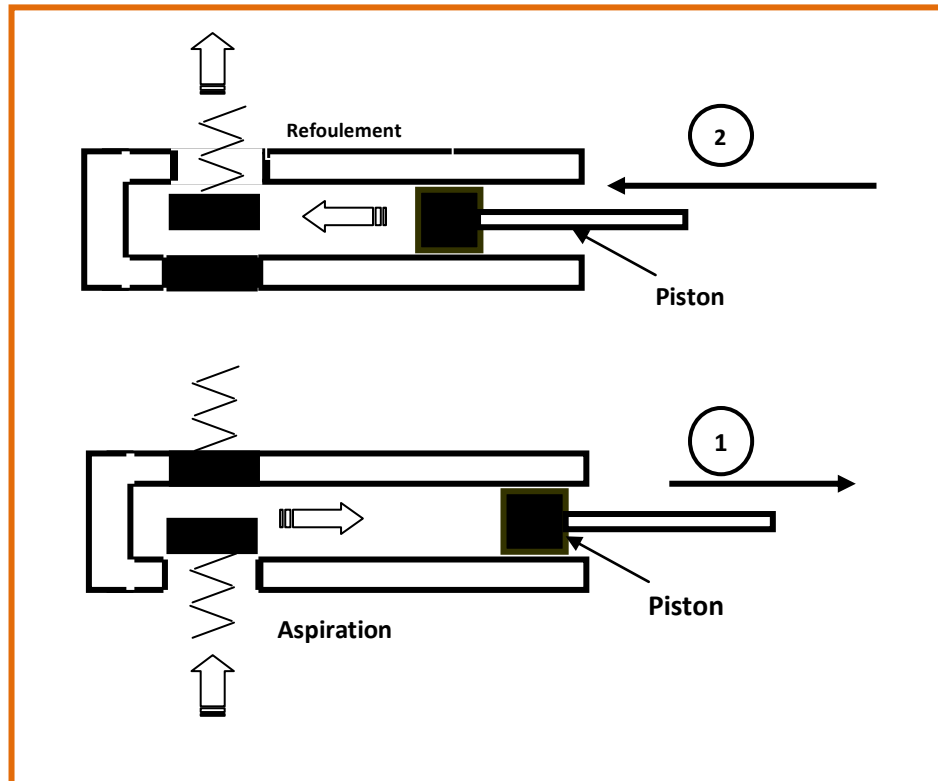


Figure-I.9 : Principe de fonctionnement des pompes triplex

I.6.2 Débit instantané :

A. Débit instantané par cylindre :

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

B. Débit instantané de la pompe :

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

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

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

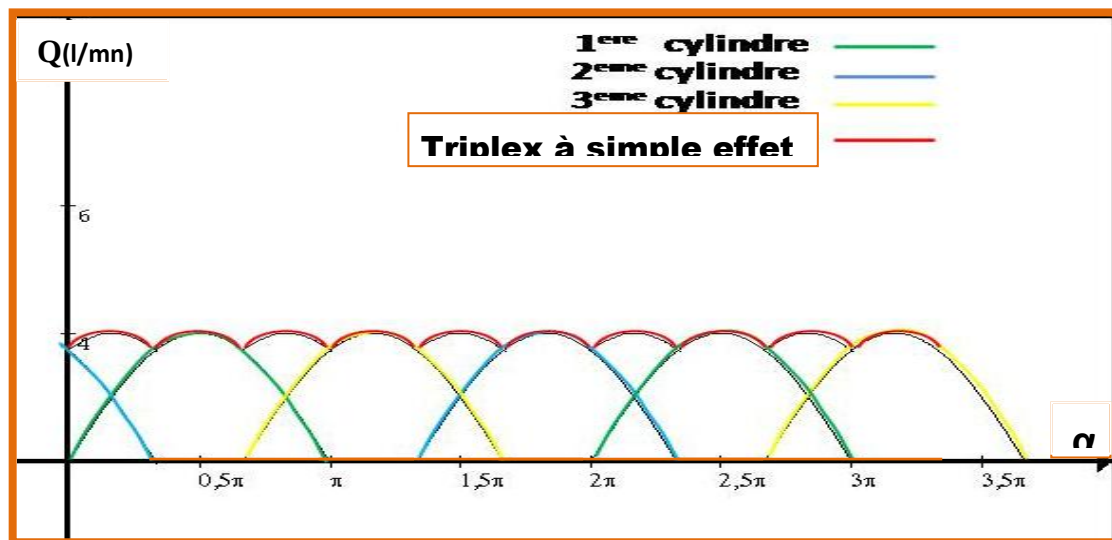


Figure-I.10 : Débit instantané de la pompe triplex à simple effet

I.7. 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.

I.7.1 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.

I.7.2 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.

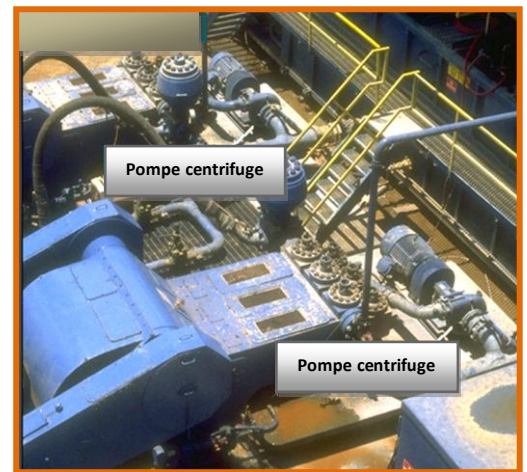


Fig. I. 11 : Les pompes de suralimentation

Chapitre II

Systeme de circulation de la boue

II.1. Destination et organisation :

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 d'épuration et de nouveau vers les pompes[4].

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.

Dans la plus part des cas, les liquides de forage sont préparés directement sur les installations de forage. Dans les régions où le forage des puits est concentré, on les prépare d'une manière centralisée aux usines puis on les transporte aux installations de forage au moyen des camions-citernes.

Les composants principaux du liquide de forage sont l'argile et l'eau ; les autres réactifs y sont ajoutés en quantités relativement insignifiantes. Au forage dans les conditions compliquées on ajoute dans le liquide de forage les Alourdissants : oxyde baritique ou fer hématite.

Les systèmes de circulation comprend une ligne de refoulement, une ligne auxiliaire et un système de vidange ;

La ligne de refoulement se compose de la conduite à haut pression par laquelle le liquide est amené des pompes à la tour de forage, au tube d'équilibre de pression hydraulique et au flexible. Elle est munie de vannes et d'instruments de contrôle et de mesure.

Le système de vidange comprend les dispositifs pour épurer et préparer le liquide de forage, réservoirs de recueil de pompe, conduites d'aspiration, filtres, vannes et réservoirs de stockage de liquide de forage.

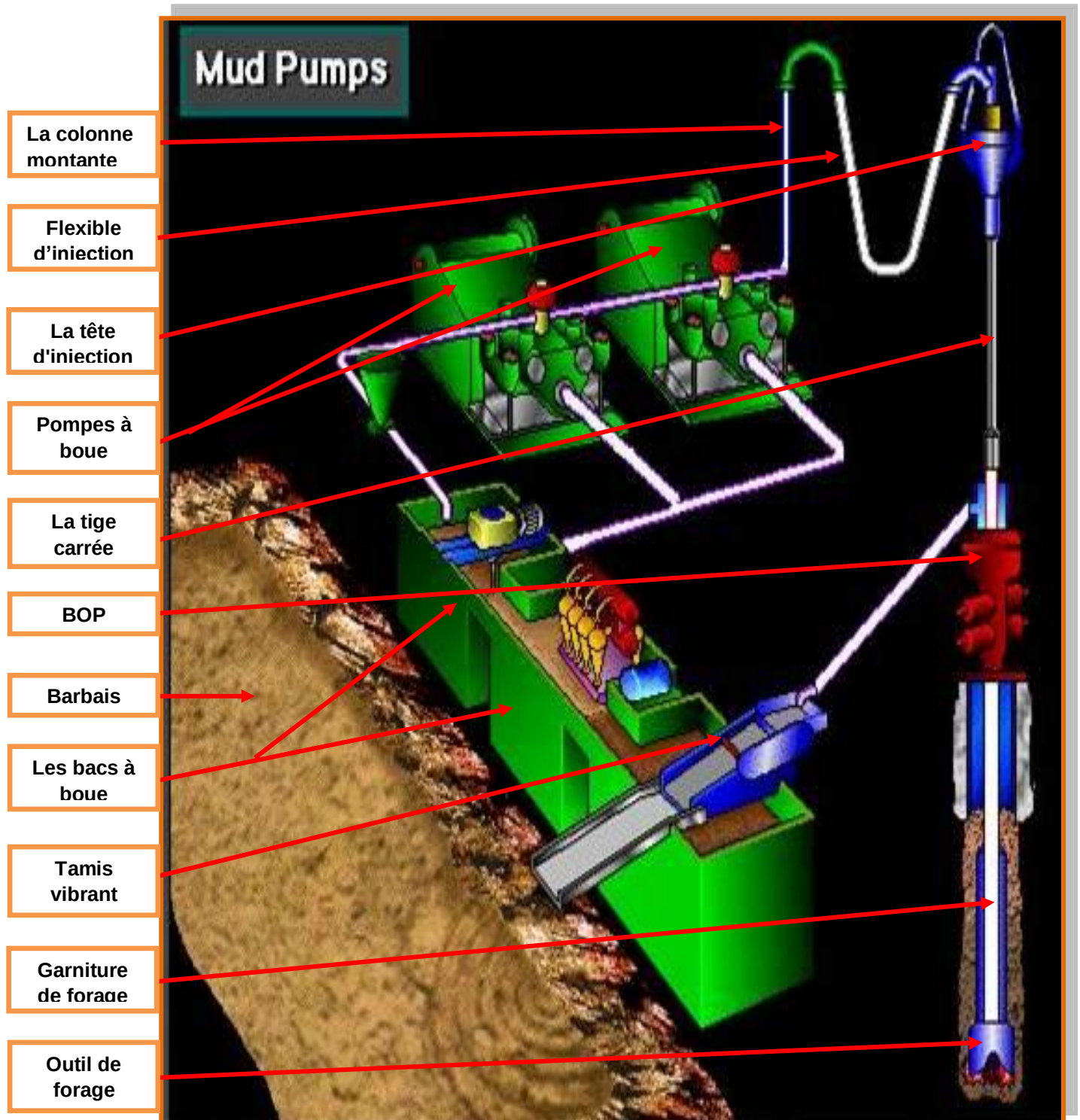


Fig. II.1 : Système de circulation de la boue

II.2. La boue de forage :

Rôle de la boue :

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

A. Nettoyage du fond du trou :

L'outil rotary doit avoir pendant le forage, une surface de travail propre dont le rôle est d'écraser ou de cisailé le terrain. Les éclats ou déblai doivent être balayés sitôt qu'ils sont formés, si non l'outil se bourre et peut éventuellement bloquer la garniture. Le débrayage des déblais déjà forés consomme une partie de la puissance nécessaire au forage du trou. La méthode habituelle de nettoyage du trou consiste à faire circuler un fluide par les orifices percés dans l'outil. Des jets fluides de grande vitesse frappant le fond du trou créeront une force qui dégagera les fragments de la formation au fur et à mesure qu'ils s'en détacheront.

B. Le refroidissement et lubrification :

L'outil est très fortement appuyé sur le fond de trou qui va créer de la chaleur due à la friction au niveau des roulements, et à l'abrasion du terrain contre les dents ou les lames. Le fluide en circule autour des molettes et le long des dents dissipera cette chaleur au fur et à mesure de son émission.

Un outil mal refroidie s'échauffera très vite et s'usera très rapidement, des produits lubrifiants mélangés à la boue réduiront la friction des roulements d'un outil et serviront également de lubrifiant entre la garniture et la paroi du trou.

La circulation remonte en surface et la boue qui s'est réchauffée dans le trou se refroidira dans les bassins à la température ambiante.

C. Maintien des parois du trou :

Un fluide de forage approprié maintiendra les formations qui en son absence s'effondreraient dans les trous. Ceci est obtenu grâce à un plâtrage des parois effectué par la boue, analogue à un dépôt du mortier. Le poids de la colonne liquide dans le trou crée également une pression hydrostatique qui obligera un maintenir les terrains non consolidés ou éboulés qui peuvent tomber ou s'effondrer dans le puits.

Le "cake", espèce de plâtre déposé par la boue sur les parois du puits, rend étanche et évite les pertes de liquide par suite de la pression exercée sur les parois du trou par les particules solides en présence de la boue, en particulier au niveau des terrains perméables.

D. Transport des déblais en surface :

La circulation évacuera les éclats de roches, les particules de sable ou d'argile on dehors du puits par le mouvement du fluide de forage. On caractérise ce mouvement par

la valeur de vitesse annulaire. Les particules solides forés et remontés en surface sont séparées du liquide par décantation, tamisage ou quelque fois centrifugations.

La viscosité d'une boue de forage peut être considérée comme sa résistance à l'écoulement ou pompage.

La viscosité et le gel d'un fluide de forage sont accrus par l'addition d'argile ou de bentonite, et en contrepartie, de l'eau ou de produit chimique peuvent être ajoutés pour réduire la viscosité et le gel.

E. Prévention des venues de fluide de la formation :

Les pressions du gaz, de l'huile ou de l'eau contenues dans les formations pénétrées par l'outil peuvent être supérieures à la pression hydrostatique de fluide de forage. Si cela se produit, le fluide de la formation pénètre librement dans le puits, et il faudra injecter une boue plus lourde pour augmenter la pression au fond du trou, et par conséquent dépasser la pression de gisement.

La boue produit une couverture hydrostatique suffisante pour contrôler les pressions habituellement rencontrées, et l'ajout de matériaux lourds dans le fluide on circulation peut fournir une boue suffisamment lourde pour contrôler presque toutes les pressions de formation.

F. Détection de gaz d'huile ou d'eau :

Avant l'utilisation des diagraphies électriques, des émanations de gaz et d'huile au niveau de la surface des bassins de puits constituaient la preuve qu'une zone productrice avait été traversée. Les indices de gaz, d'huile ou d'eau peuvent être détectés lors de la remontée du fluide de forage.

II.3. Les pertes de circulation :

Elles se manifestent par une baisse du niveau de boue dans les bassins, c'est-à-dire par un débit de boue à la sortie du puits inférieur au débit de pompage dans les tiges.

Si cela se produit, il y a lieu avant tout de vérifier que les pertes de boue ne proviennent pas d'une fausse manœuvre en surface :

- pertes aux tamis vibrants ;
- vanne mal fermée ;
- fuite d'un bassin, etc.

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.4. Les éléments composants le système de circulation :

Dans la plupart des cas, le liquide de forage circule au forage en circuit fermé au moyen des pompes à piston, une ligne de refoulement à haute pression et un système de vidange qui élimine les déblais de terrain[5].

II.4.1. La pompe à boue :

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

Une pompe à boue est généralement entraînée par un moteur électrique ou à combustion interne auquel elle est reliée par une transmission à courroies trapézoïdales montées sur poulies à gorges multiples, avec un rapport de réduction convenable.

Le mouvement de rotation ainsi imprimé à l'arbre d'attaque de la pompe est transmis par un jeu de pignons à dents hélicoïdales à l'arbre principal de la pompe, celui-ci comporte un ensemble de manivelles et de bielles transformant le mouvement de rotation reçu en un mouvement de translation qui est transmis aux pistons.



Fig. II.2 : La pompe à boue

II.4.2. 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 :

Le régime pulsatif des pompes alternatives à piston engendre dans les tuyauteries des variations de vitesse et de pression donnant lieu au phénomène dit «coup de bélier». Ces perturbations, d'autant plus importantes que la canalisation est plus longue, peuvent occasionner des dégâts importants aux tuyauteries.



Fig. II.3 : L'amortisseur de pulsations

La pompe à boue fournit un débit instantané irrégulier, ce qui oblige l'installation sur la colonne de refoulement d'un amortisseur de pulsations, il se monte le plus près possible de la pompe, il sert à régler et supprimer les chocs et les coups de liquide dans la conduite de refoulement ; le corps d'un amortisseur de pulsations est en acier moulé à l'intérieur duquel on trouve une membrane en caoutchouc synthétique pré chargée d'azote et gonflée à une pression de 51.71bars.

Quand le débit de la pompe est supérieur au débit moyen, la boue monte dans le réservoir et comprime le gaz ; le gaz ainsi comprimé se détend pendant les périodes où le débit est inférieur au débit moyen et pousse la boue dans la conduite.

Le niveau de la boue dans le réservoir oscille entre deux plans extrêmes et l'appareil joue le rôle de régulateur.

B. Le conduit de refoulement :

Est destinée à amener le liquide moteur de la pompe au tube d'équilibre de pression hydraulique. Elle est fabriquée courte, sans coudes, en tubes d'acier ; son raccord est fait en éléments d'un flexible en caoutchouc à haute pression dont le diamètre intérieur est identique à celui du flexible de forage.

Le diamètre de la conduite est choisi égal au diamètre de la tubulure de refoulement de la pompe. La conduite est fixée à la plate forme du derrick. Les ensembles isolés de la conduite sont réunis par joints à démontage rapide ou par brides.

C. Le tube d'équilibre de pression hydraulique (la colonne montante) :

Ou bien conduite verticale, fixé à un des montants du derrick, est prévu pour amener le liquide au flexible de forage. Le tube vertical porte un manomètre et un dispositif qui le protège contre les coups hydrauliques.

D. Soupape de décharge ou de sécurité :

Sont montée à la ligne de refoulement pour protéger le système contre la haute excessive de la pression. On y emploie de différentes constructions des soupapes de sécurité :

Les soupapes de décharge à ressort ;

Les soupapes de décharge à clou ;

Les soupapes de décharge à diaphragme ou à membrane.

E. Les joints à démontage rapide :

Sont destinés à la réunion des flexible de la ligne de refoulement avec les tubes métalliques. L'étanchéité est assurée par la bague en caoutchouc, la garniture en matériau doux ou bien au prix d'une bonne adhérence de la surface sphérique bien fine à la semblable surface conique menue de bague en caoutchouc.

F. Les vannes de mise en marche :

Sont employées dans la ligne de refoulement à la mise en marche à vide des pompes pour une augmentation graduelle de la pression dans le système afin d'éviter un coup hydraulique.

Au début de la mise en marche des pompes une partie de liquide de forage est vidangée de la ligne de refoulement dans le récepteur ; puis, la vanne est fermée lentement à refus.

G. Les flexibles de refoulement :

Sont destinés à amener le liquide de forage sous pression du tube d'équilibre de pression hydraulique vers la tête d'injection se déplaçant.

Afin d'assurer une solidité nécessaire les flexibles sont faits en quelques couches de tresse métallique, corde en tissu caoutchouté et en caoutchouc.

La partie intérieure des flexibles de refoulement est armée de caoutchouc synthétique possédant une haute résistance à l'usure par frottement, rupture, fissuration, influence des conditions atmosphériques ; elle se caractérise aussi par sa résistance à l'exploitation dans le milieu du liquide de forage et des émulsions pétrolières pompées à une température atteignant 80°C.

H. La tête d'injection :

Elle constitue la liaison entre l'arbre de forage qui tourne et le reste de l'installation qui reste fixe. Elle permet aussi l'injection de fluide de forage dans le train de tige.

Ce qui raccorde le sommet de la colonne à la tête d'injection est le flexible d'injection.

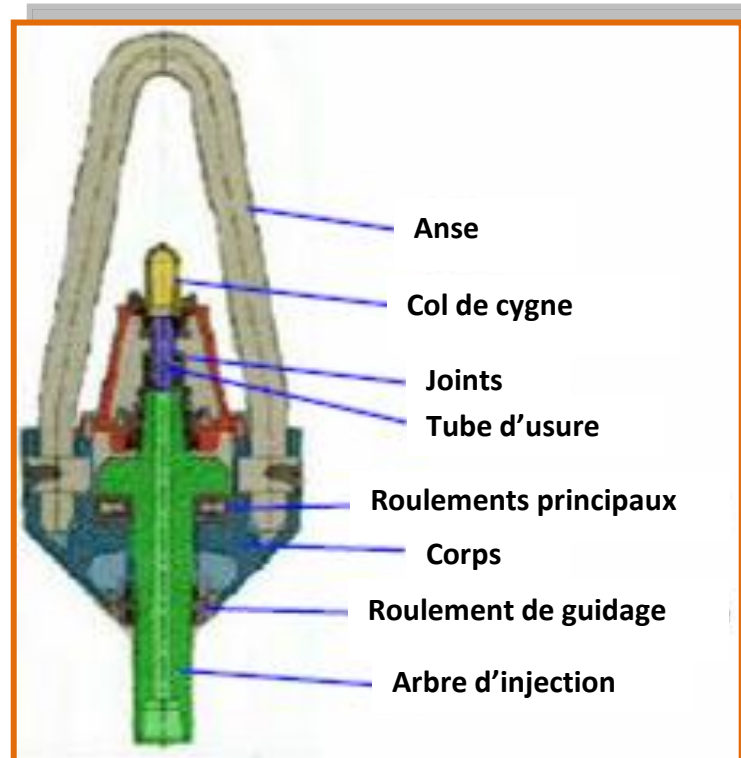


Fig. II.4 : La tête d'injection

II.4.3. 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 :

a. . Le stockage des pulvérulents :

Excepté quelques produits livrés liquides en fût (anti-mousses, produits de décoincement, additifs pour laitier de ciment), la grande majorité des produits à boue sont pulvérulents et livrés en sac de 50 kg ou en big bags de 1500 kg.

Pour les produits chers ou dangereux, dans un environnement difficile, les sacs sont protégés par des caisses ou palettes avec enveloppe plastique et cerclage. Pour les produits à grande consommation : baryte, bentonite, attapulgite et ciment. Le stockage sur chantier se fait en compartiment spéciale appelée compartiment à boue.

b. Stockage de la boue :

Suivant la profondeur, le type de puits (développement ou exploration), la taille de l'appareil de forage, etc. le stockage total en surface peut varier de 150 à 300 m³. La plupart des bassins actifs sont équipés de capteurs de niveaux ou sont jaugés par mesure directe. Ces mesures deviennent erronées en fond de bassin par suite de l'encombrement des aspirations, de leurs vannes et autres matériels.

Le bac de manœuvre est un bassin particulier de stockage qui permet le contrôle précis du remplissage du puits en cours de manœuvre. Il est en général de section étroite de telle sorte qu'à une faible variation de volume corresponde une variation sensible du niveau dans le bac.

Le bournier est en général un bassin creusé dans le sol pour le stockage des boues usées, des déblais et de tous les rejets. Lorsque les conditions d'environnement le justifient, il peut être constitué d'un ensemble de bassins étanchés par des feuilles de plastique ou même bétonnés, où s'opère la sédimentation des solides, la collecte des huiles surnageante, la décantation des boues, etc. Dans certains cas, il est ajouté une installation d'épuration des eaux avant rejet dans la nature.

Les liquides de forage à base de matières chimiques sèches (réactifs chimiques, argiles bentonites et subbentoniques, Alourdissants, ciments, etc.) sont préparées dans les mélangeurs à jet ou dans les dispositifs d'agitation.

c. L'agitateur :

Afin de préparer une petite quantité de liquide de forage ou maintenir ses propriétés, on se sert des agitateurs à hélice. Sur l'arbre vertical d'un tel agitateur sont montées une ou quelques hélices qui mélangent à leur rotation le liquide dans le réservoir. Les réservoirs de grandes dimensions sont munis de deux ou trois agitateurs à hélice, ce qui permet d'obtenir un liquide homogène de bonne qualité.

Pour préparer les liquides de forage avec de l'argile à blocs ou d'autres matières on emploie dans certains cas des mélangeurs à un ou à deux arbres. Dans les réservoirs du mélangeur de ce type sont versées des matières et de l'eau en proportion nécessaire. Les arbres avec les palettes tournent, brisent les blocs d'argile et mélangent la boue ; ceci fait, la boue est vidangée dans le bac d'aspiration des pompes. A l'aide des mélangeurs de ce type le liquide peut être préparé périodiquement ou sans cesse en les chargeant de matières d'une manière convenable.

La préparation du liquide dans les mélangeurs mécaniques est peu efficace et exige beaucoup de temps.

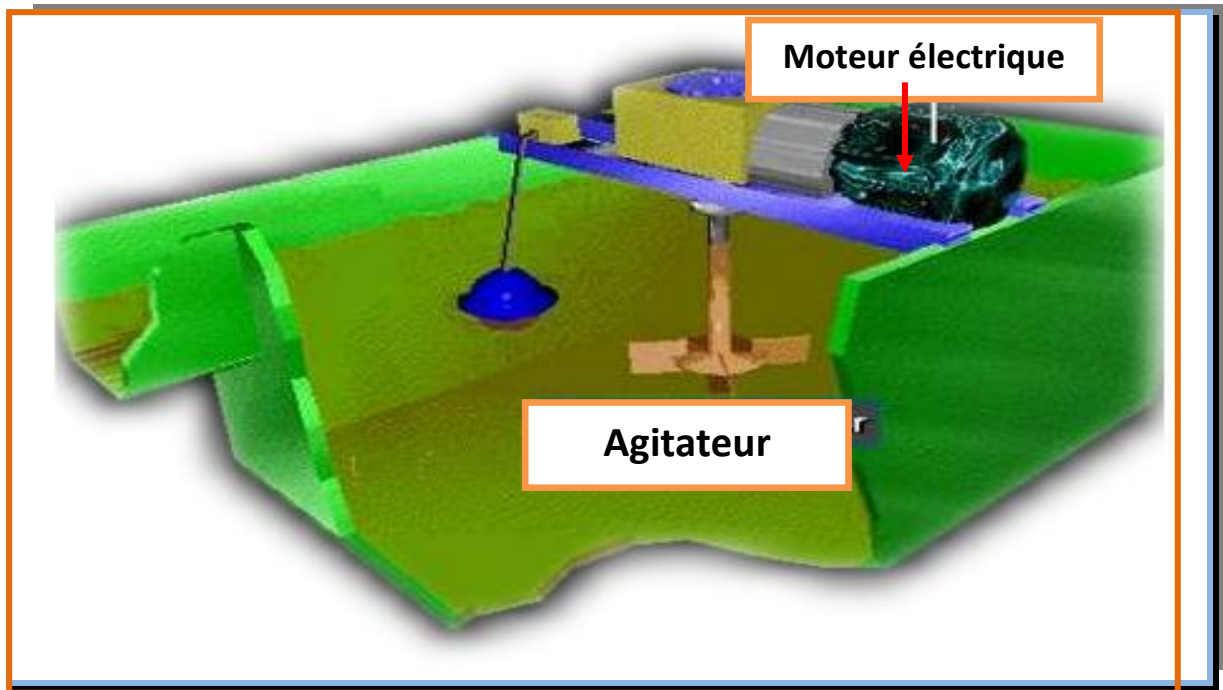


Fig. II.5 : L'agitateur

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[6].

a. L'épuration naturelle :

1. Les bassins de décantation :

En général aujourd'hui, la décantation n'est effectuée que dans un petit bassin de 4 à 5 m³, appelé "sablière" et situé sous les vibrateurs ou juste en aval de ceux-ci. Ce bassin ne doit pas être équipé de moyens de brassage, ni de ligne d'aspiration. Il est par contre muni d'un dispositif de vidange rapide afin de faciliter son évacuation et son nettoyage : ceci est également favorisé par l'inclinaison à 45° du fond du bassin. Pendant les phases de démarrage, cette sablière (ou "Sandtrap") est nettoyée au moins à chaque manœuvre et même à chaque ajout de tige lors d'avancement très rapide dans les sables par exemple. Un bon usage de la sablière permet de soulager les appareils d'élimination des solides, placés en aval. Pour certaines opérations (changement de boue), il est nécessaire de pouvoir by passer cette sablière.

2. Les goulottes :

Pour épurer les liquides on se sert aussi les goulottes en bois ou métallique de 25 à 40 m de longueur avec des cloisons transversales qui arrêtent de grosse particule des déblais. ces dispositifs sont simples, mais n'assurent pas une bonne qualité du liquide de forage.

b. La séparation forcée :

1. Le tamis vibrant :

Se compose d'un cadre qui porte une toile de faire en acier inoxyable. Sur la toile tombe le liquide avec les déblais ; le liquide épuré passe dans la goulotte et arrive dans le bac d'aspiration de la pompe. Le tamis est amené à un mouvement de vibration par l'arbre à excentrique.

Le réglage de la fréquence est obtenu par la variation du nombre de vibration qui est égal, en général, de 1200 à 2500 à la minute. L'angle d'inclinaison de tamis peut être réglé dans les limites de 10 à 20°.



Fig. II.6 : Tamis vibrant

2. Le tamis convoyeur :

Le tamis convoyeur comprend un cadre sur lequel entre deux tambours, et tendu une toile qui est entraînée par un des tambours. Le tambour est entraîné à son tour par une roue hydraulique qui tourne sous l'action du courant de liquide de forage venant du puits.

Le liquide épuré passe par la bande supérieure de la toile, pénètre dans la goulotte et coule dans le bac d'aspiration de la pompe. Les déblais arrêtés par la toile sont rejetés, lorsque celle-ci contourne le tambour extérieur.

Pour évacuer les particules qui restent encore dans le liquide la bande inférieure de la toile est baignée sans cesse de l'eau.

Les tamis sont fabriqués à une seule toile ou à doubles toiles. Généralement, les tamis vibrants sont employés au forage de roches arénacées.

3. L'hydrocyclone :

Les procédés naturels et mécaniques ne donnent pas résultat nécessaire à l'épuration des liquides de forage de haute qualité. Pour l'épuration de ces liquides on se sert des hydrocyclones.

L'hydrocyclone se compose d'un récipient en acier dont la partie supérieure à une forme cylindrique et la partie inférieure une forme conique. Sous la pression de 0.15 à 0.3 MN/m² le liquide de forage passe par une tubulure d'entrer tangentielle dans l'hydrocyclone et reçoit un mouvement rotatif autour de l'axe vertical. Sous l'action de la force centrifuge les particules lourdes sont rejetées vers la paroi de l'hydrocyclone, descendent dans la partie inférieure de corps et sortent dehors d'une tubulure de sortie tandis que le liquide épuré avec les particules plus légères se dirige vers l'axe de l'hydrocyclone et pénètre dans la ligne d'aspiration de la pompe de forage.

L'amenée de liquide de forage sous pression s'effectue dans cet appareil à l'aide de la pompe centrifuge ou bien directement du puits sous l'action de la pression développée à la sortie de pompe de forage. Dans ce cas, la tête de puits est rendue étanche.

Pour augmenter le degré d'épuration du liquide par les hydrocyclones le processus d'épuration sont divisé en deux procédé : préfiltrage (épuration préalable) et filtrage fin (épuration définitive).

Le préfiltrage peut s'effectuer dans les hydrocyclones spéciaux pour épuration préalable dans les dispositifs mécanique.

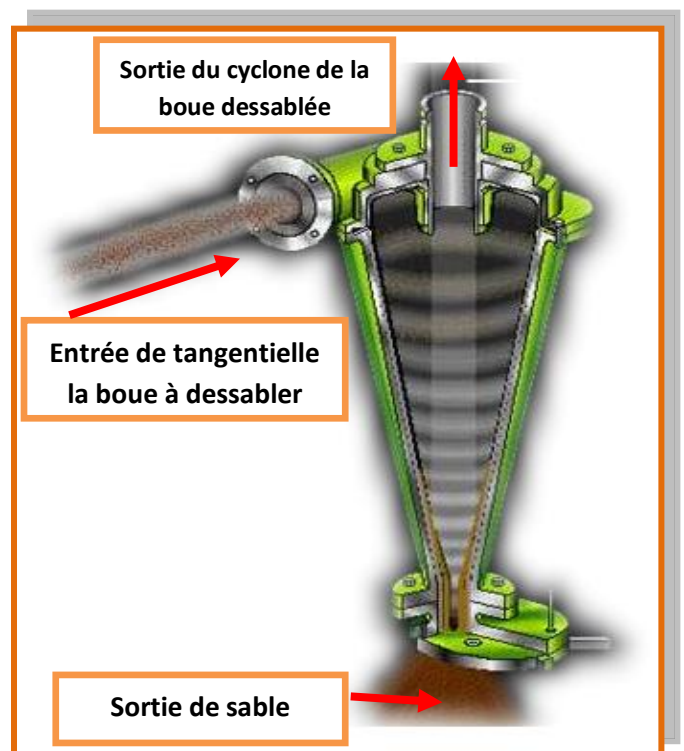


Fig. II.7 : L'hydrocyclone

C. Autres équipements :

a. Équipements de dégazage :

Suivant l'importance de la venue de gaz, deux types de circuit peuvent être établis à la sortie du puits.

1. *Séparateur vertical :*

Dans le cas de fortes venues, le puits est circulé sous duse. Après le manifold, la boue passe dans un séparateur vertical où elle se dégaze par ruissellement sur des plateaux ou des chicanes. La boue propre est recueillie en bas de l'appareil alors que le gaz s'échappe à la partie haute. Un vide partiel peut être créé pour améliorer la séparation.

En général il s'agit d'un appareil artisanal de conception simple et robuste qui lui permet de résister à des venues de gaz brutales. La seule maintenance est un nettoyage soigné après utilisation. La sortie boue du séparateur se fait en général avant les vibrateurs.

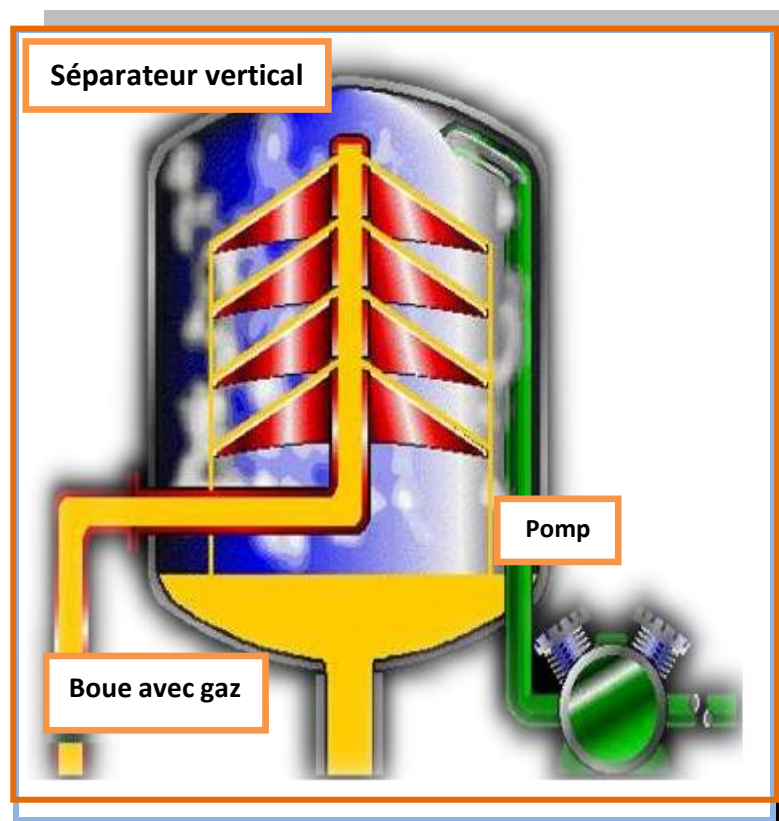


Fig. II.8 : Séparateur vertical

2. Dégazeur :

Dans le cas où la teneur en gaz n'est pas trop élevée, soit parce que la venue de la formation est faible, soit parce qu'il s'agit de gaz résiduel après séparateur ou de gaz recyclé, etc. la boue gazée est passée dans un dégazeur installé en parallèle sur le circuit.

La boue est injectée dans une enceinte où elle est en général soumise à un vide partiel. La boue se dégaze par ruissellement sur des chicanes et retourne dans le circuit (SWACO - WELCO - SWEKO etc.).

Pour l'appareil le plus ancien et encore le plus fréquent SWACO, un compresseur à air crée le vide dans l'enceinte et aspire la boue gazée. Une pompe centrifuge annexe, circulant de la boue propre, éjecte par effet venturi la boue dégazée.

D'autres dégazeurs (DRILCO - BAROID - PIONEER) fonctionnent à la pression atmosphérique ; le bassin d'aspiration du dégazeur doit être de faible volume de façon à traiter en priorité la boue la plus gazée. Si le bassin est de grande dimension, l'aspiration doit être réglable en profondeur afin d'aspirer de préférence la boue gazée surnageante.

Le bassin de rejet de la boue dégazée doit être distinct du bassin d'aspiration, un retour vers ce dernier bassin doit être prévu en partie haute, pour permettre un nouveau dégazage de la boue insuffisamment dégazée.

Le dégazage doit être poussé au maximum avant d'aller plus loin dans le circuit : en effet le rendement d'une pompe (centrifuge ou à piston) devient très mauvais si la boue aspirée est gazée. Toutes les opérations ultérieures : hydrocyclonage, mixing, suralimentation, etc. s'effectueront donc dans de très mauvaises conditions si le dégazage a été incomplet. Il est de plus très dangereux de recycler dans le trou de la boue encore partiellement gazée.

Les dégazeurs sont des matériels assez élaborés dont le rendement ne sera correct que si les recommandations d'utilisations fournies par le fabricant, sont soigneusement respectées. Il s'agit en particulier des pressions de refoulement des pompes "éjecteur par effet Venturi".

L'entretien et le nettoyage doivent être réalisés avec soin après chaque utilisation et notamment après chaque essai de fonctionnement. Ces essais périodiques sont nécessaires pour vérifier le bon état de l'appareil et la non obstruction des conduites d'aspiration et de refoulement par de la boue sédimentée.

La capacité de traitement du dégazeur est supérieure au débit de boue utilisée : la boue subit donc plusieurs dégazages consécutifs.

L'aspiration, réglage en hauteur, est bien positionnée à mi-bassin.

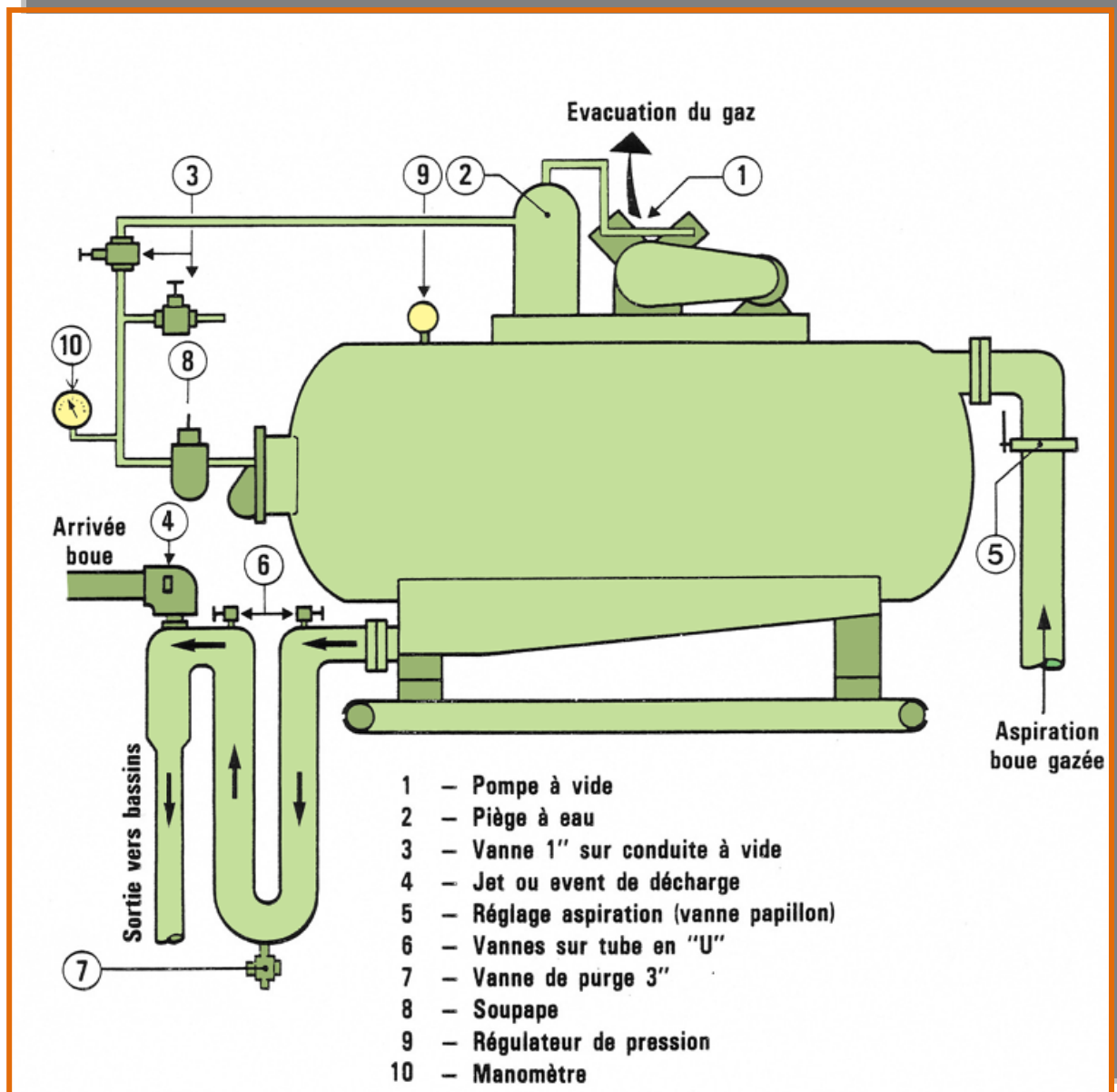


Fig. II.9 : Dégazeur

b. Transfert – Suralimentation :

1. Pompe centrifuge :

L'installation boue basse pression comporte de nombreuses pompes centrifuges dont les fonctions sont multiples :

- ❖ Alimentation des appareils d'élimination mécanique des solides et éventuellement du jet-venturi du dégazeur ;
- ❖ Alimentation des mixers et des jets de brassage dans les bassins ;

- ❖ transfert entre bacs de fabrication, de circulation et de réserve, avec les cas particuliers du transfert vers le bac de manœuvre et vers l'unité de cimentation ;
- ❖ suralimentation des pompes de forage.

Une pompe centrifuge comprend une partie mobile : la roue ou impulseur, et une partie fixe : la volute qui utilise l'énergie cinétique fournie par la roue pour élever le liquide à une hauteur appelée "Hauteur Manométrique Totale". Cette H.M.T. est exprimée en mètre (ou pied) d'eau et est égale à la somme :

- ❖ des Pertes de charge dans les conduites d'aspiration et du refoulement ;
- ❖ des pertes de charge dans l'appareil alimenté (dessaleur, jet, etc...) ;
- ❖ de la surpression provoquée par la différence de niveau entre la boue dans le bassin d'aspiration et la sortie de l'appareil.

Cette surpression peut être importante sur les appareils "offshore" où le matériel est parfois installé sur des ponts différents. Cette H.M.T. dépend de la densité de la boue ainsi que la puissance nécessaire pour le moteur d'entraînement de la pompe.

2. Suralimentation :

Les pompes à piston haute pression, assurant la circulation de la boue de forage, sont suralimentées par des pompes centrifuges ; ceci a pour objectifs :

- ❖ d'assurer le remplissage optimal des parties hydrauliques ;
- ❖ d'éviter les cognements hydrauliques et d'améliorer le fonctionnement mécanique ;
- ❖ d'éliminer la cavitation et toutes ses conséquences ;
- ❖ d'obtenir la pleine utilisation de la puissance disponible lorsque les conditions de remplissage des pompes à pistons sont défavorables : boue bullée, boue lourde à haute température, boue à fort pourcentage de gas-oil, etc...

Il y a en général une pompe de suralimentation indépendante pour chaque pompe de forage. La pompe centrifuge est implantée de façon à minimiser les pertes de charge entre le bassin d'aspiration et la pompe de forage : nombre réduit de coudes, aspiration 6" au minimum, etc.

Chapitre III

Calcul de la pompe
Oil-Well 12P160

Le calcul de la pompe comprend :

➤ Calcul hydraulique ;

III .Calcul hydraulique :

III.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 2900 m.

NOMENCLATURE (Unités pratiques)

<i>dimension</i>	<i>unité</i>	<i>signification</i>
<i>A</i>	<i>in²</i>	Surface totale des duses d'outil.
<i>D</i>	<i>kg/ l</i>	Masse volumique du fluide.
<i>D</i>	<i>In</i>	Diamètre intérieur garniture.
<i>D₀</i>	<i>in</i>	Diamètre extérieur annulaire.
<i>D_i</i>	<i>in</i>	Diamètre intérieur annulaire (extérieur garniture).
<i>L</i>	<i>m</i>	Longueur.
<i>P</i>	<i>kPa</i>	Pertes de charges, pression.
<i>Q</i>	<i>l /mn</i>	Débit de fluide.
<i>μ</i>	<i>cP</i>	Viscosité de fluide.

III.1.2.Calcul des pertes de charge:

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" ¼).

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 $[kg/\ell]$; μ : Viscosité en $[cp]$;**b. Les pertes de charge dans les orifices de trépan :**

Avec :

 Q : le débit réel mesuré en $[\ell/min]$; 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.

$$P = \frac{d \cdot Q^2}{295941 \cdot C^2 \cdot A^2}$$

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

$$P = \frac{Q^{1,8} \cdot L \cdot B}{90163 \cdot D^{4,8}}$$

Avec :

 L : longueur en $[m]$; D : diamètre intérieur garniture $[in]$;**d. Les pertes de charge dans l'espace annulaire :**

Avec :

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

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

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

↪ *Données de départ :*

Trou foré	Diamètre (in)	phase 16 “	Phase 12 ¼“	phase 8 ½“
	Profondeur forée (m)	480	1738	682
Tubage	Diamètre extérieur (in)	13 ^{3/8}	9 ^{5/8}	7
	Poids linière (lb/ft)	68,00	47,00	29,00
	Diamètre inter (in)	12,415	8,681	6,184
	Longueur du tubage (m)	480	2218	682
Paramètre hydraulique de forage	Débit (l /min)	3700	3000	2270
	Masse volumique (kg/ l)	1,06	1,19	1,09
	Viscosité (cp)	65	50	45
Tige de forage	Diamètre extérieur (in)	5	5	5
	Diamètre inter (in)	4,276	4,276	4,276
	Longueur (m)	222	1932	2615
Tige lourde	Diamètre extérieur (in)	5	5	5
	Diamètre inter (in)	3	3	3
	Longueur (m)	143	143	114
Masse tige	Diamètre extérieur (in)	8	8	6 ^{1/2}
	Diamètre intérieur (in)	2 ^{13/16}	2 ^{13/16}	2 ^{1/4}
	Longueur (m)	115	143	171
Trépan	Nombre et dimension des duses	3x18 + 1x16	8x14	7x12

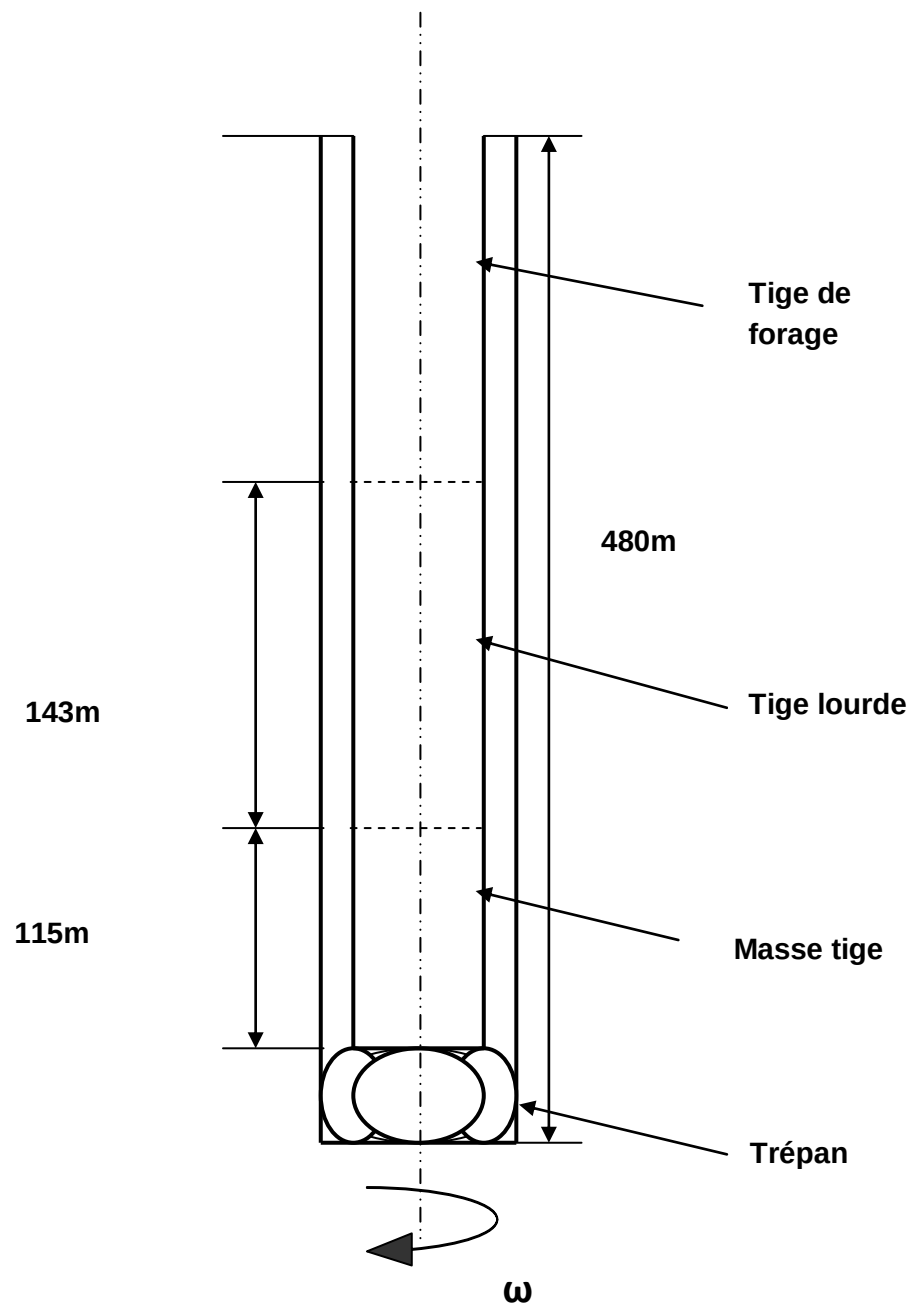
I. Première phase :

Figure III.1 : Phase 1^{ère} 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 :

$$L_{TJ} = 0,05 \cdot 222 = 11,1 \text{ m et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4} = 3,25 \text{''}$$

$$P_{TJ} = \frac{11,1 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 3,25^{4,8}}$$

$$P_{TJ} = 274,69 \text{ kPa}$$

2. Tige de forage :

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

$$L_{DP} = 222 - 11,1 = 210,9 \text{ m}$$

$$P_{DP} = \frac{210,9 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 4,276^{4,8}}$$

$$P_{DP} = 1398,48 \text{ kPa}$$

3. Tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{143 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 3^{4,8}}$$

$$P_{HW} = 5196,56 \text{ kPa}$$

4. Masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{115 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{901,63 \times 2,8125^{4,8}}$$

$$P_{DC} = 5696,60 \text{ kPa}$$

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

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

$$P_{DP} = \frac{222 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{706,96 \times (16 + 5)^{1,8} \times (16 - 5)^3}$$

$$P_{DP} = 6,28 \text{ kPa}$$

2. Trou / tige lourde :

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

$$P_{HW} = \frac{143 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{706,96 \times (16 + 5)^{1,8} \times (16 - 5)^3}$$

$$P_{HW} = 4,04 \text{ kPa}$$

3. Trou / masse tige :

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

$$P_{DC} = \frac{115 \times 1,06^{0,8} \times 3700^{1,8} \times 65^{0,2}}{706,96 \times (16 + 8)^{1,8} \times (16 - 8)^3}$$

$$P_{DC} = 6,65 \text{ kPa}$$

c. Trépan :

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

$$P_t = \frac{1,06 \times 3700^2}{2959,41(0,95)^2 \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{3(18)^2 + (16)^2}{32^2} \right) \right)^2}$$

$$P_t = 6124,63 \text{ kPa}$$

d. Équipement de surface :

$$P_s = N_1 \times B$$

$N_1=378$ (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[7].

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

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

↪ La perte de charge totale :

$$P_{\text{tot}} = 1398,48 + 274,69 + 5196,56 + 6,28 \\ + 5696,6 + 4,04 + 6,65 + 912,68 + 6124,63$$

$$P_{\text{tot}} = 19620,61 \text{ kPa}$$

III.1.3 Calcul de la puissance mécanique :**A. Première phase :**

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

$$P_{m1} = \frac{19620,63 \times 3700}{0,9 \times 0,95 \times 44750}$$

$$P_{m1} = 1897,38 \text{ HP}$$

HP : Hors Power (puissance en chevaux) ;

1HP=1.013 chevaux vapeurs.

III.1.4 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 :

$$P_{hr1} = 1622,26 \text{ HP}$$

III.1.5 Nombre de pompe dans chaque phase :**A. Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase :**

Dans le chantier (ENAFOR .33), 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 $\Rightarrow$ 16,68 l (volume/course)

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

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

III.1.6. calcul du débit instantané (Première phase) :

Le débit instantané est calculé en fonction de l'angle de rotation de l'arbre excentrique.

Le débit instantané du liquide par cylindre est :

$$Q_{inst} = V \times S \times \alpha$$

Où :

Q_{inst} : Débit instantané ;

S : La section maximale de la chemise ;

α Coefficient du débit, $= 0,90 \div 0,95$; On prend $= 0,9$.

α

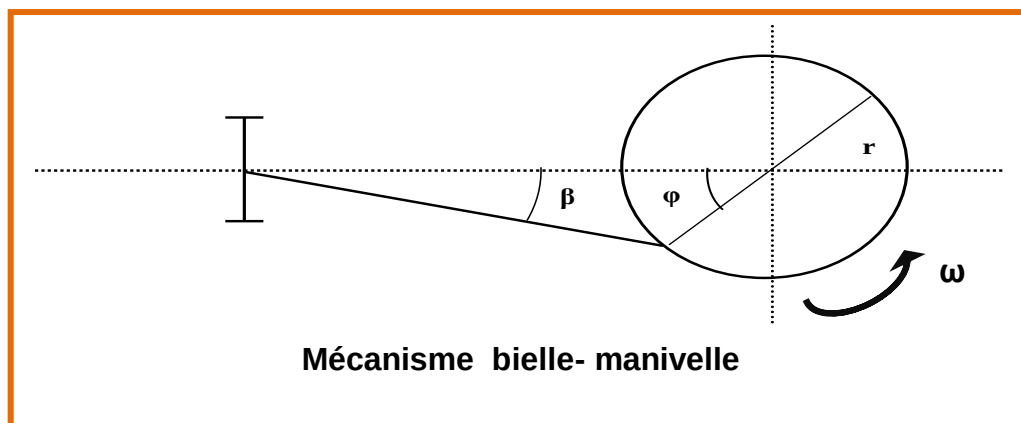


Figure III.2 : Mécanisme bielle- manivelle

A. Calcul de la vitesse du piston:

$$V = \omega \times r \times \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$$

$$\omega = 2\pi n / 60$$

$$r = c / 2$$

Où :

V: vitesse du piston

ω : La vitesse angulaire de la manivelle.

r : Rayon de la manivelle.

C : La course, **C**= 304,8 mm.

Donc:

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 120}{60} = 12,56 \text{ (rad/s)}$$

$$\omega = 12,56 \text{ (rad/s)}$$

$$r = \frac{c}{2} = \frac{0,305}{2} \Rightarrow r = 0,152 \text{ m}$$

$$r = 0,152 \text{ m}$$

Par conséquent, si : $\lambda = \frac{r}{L} \leq 0,2 \Rightarrow V = \omega \times r \times \sin \varphi$

$$\Rightarrow V = 12,56 \times 0,1524 \sin \varphi$$

$$V = 1,914 \sin \varphi$$

B. Calcul de la section du piston:

$$S_{\max} = \frac{\pi}{4} D_{\max}^2 \quad D_{\max} = 154,2 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = \frac{3,14}{4} \times (154,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,0186 \text{ m}^2$$

$$S_{\max} = 0,0186 \text{ m}^2$$

Finalement :

$$Q_{inst} = V \times S_{\max} \times \alpha$$

$$Q_{inst} = 1,914 \times 0,0186 \times 0,90 \sin \varphi$$

$$Q_{inst} = 0,03204 \sin \varphi (\text{m}^3/\text{s}) = 32,04 \sin \varphi (\ell/\text{s})$$

$$Q_{inst} = 32,04 \sin \varphi (\ell/\text{s})$$

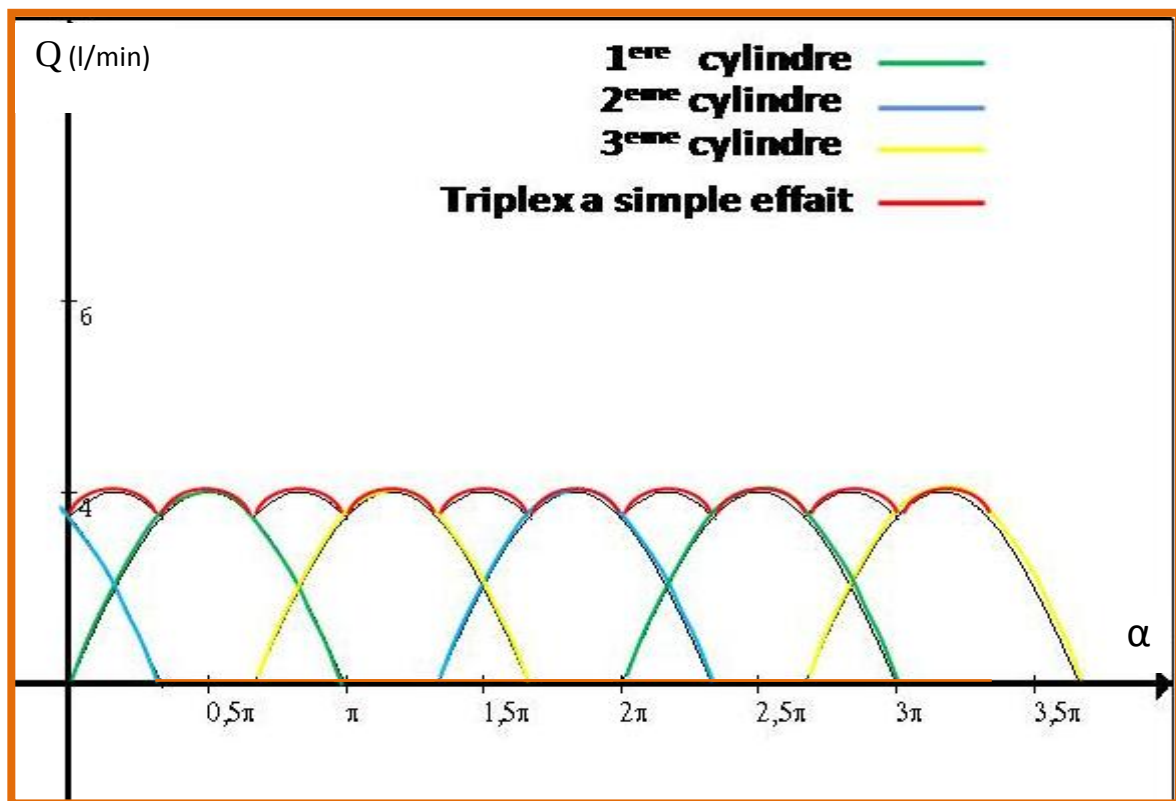


Figure III.3 : Graphique de débit instantané de la pompe triplex à simple effet

III.2.Conclusion :

Comme conclusion sur le calcul thermodynamique , on peut dire que les paramètres de la partie hydraulique de la pompe à boue National Oil-Well 12P160, résistent aux forces agissantes sur elle, ce qui élimine tout risque de perturbation des caractéristiques et des performances de fonctionnement de notre pompe.

conclusion

Conclusion générale

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.

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. « sécurité technique dans l'industrie pétrolière », P. TOUMANIAN, institut national des hydrocarbures et de la chimie ; Boumerdes, 1979.
6. « Le forage de jour d'aujourd'hui ; 2^{ème} partie », Publications de l'institut français du pétrole, édition 1970.
7. « formulaire du foreur », Gilles GABOLDE, Jean-Paul NGUYEN, publications de l'institut français du pétrole, édition 1989.

Résumé:

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.

Summary:

worldwide oil remain for a long time and may be the most powerful energy, the least harmful to the environment. Practice shows that the funds involved in the drilling include over 30% of all investments concentrated in the oil and gas in our country. to recover the hydrocarbons survey is the only way to reach the reservoir and extract the oil price with the most minimal possible cost and in better conditions sécurité. la technology Drilling oil and gas demand employment a complex surface material and background and modern tools, as well as a large amount of materials.

ملخص :

يظل النفط في جميع أنحاء العالم لفترة طويلة، وربما يكون أقوى الطاقة، وأقل ضررا على البيئة. الممارسة تبين أن الأموال المشتركة في الحفر وتشمل أكثر من 30٪ من جميع الاستثمارات تتركز في النفط والغاز في بلادنا. لاسترداد المسح الهيدروكربونات هو السبيل الوحيد للوصول إلى الخزان واستخراج سعر النفط مع تكلفة ممكنة أكثر الحد الأدنى وأفضل شروط السلامة. تكنولوجيا التنقيب عن النفط والغاز يتطلب استخدام المواد السطحية المعقدة والخلفية والأدوات الحديثة، فضلا عن كمية كبيرة من المواد