

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE

**Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme :**

MASTER

Présenté par

**BOUKHADRA Oussama
BOUALI Hamza**

**Filière : Génie mécanique
Option : Mécanique des chantiers pétroliers**

Thème

Etude et choix d'une pompe à boue BOMCO F1600-L

Devant le jury :

| | | | |
|-------------------------|----|------|-----------|
| Mr. AISSANI SLIMANE | Pr | UMBB | Président |
| Mr. GACEB MOHAMED | Pr | UMBB | Examineur |
| Mr. BELOUL BENATIA | MC | UMBB | Examineur |
| Mr. KHALIFI T Med SALAH | MC | UMBB | Examineur |



Remerciements

Nous remercions ALLAH qui nous a donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier Mr M. Bettayeb, notre promoteur pour sa disponibilité et sa compétence, sans oublier tous ceux qui nous ont aidés pendant notre cycle de formation.



Dédicace

Nous avons le grand plaisir de dédier ce modeste de travail

A:

Nos très chers parents.

*Nos sœurs et frères,
Tous nos amis sans exception,
Tous nos enseignants de classes : primaire, moyenne,
secondaire, graduation et post-graduation.*

Tous ceux que nous aimons.

HAMZA

OUSSAMA

INTRODUCTION GENERALE

| | |
|---|-----------|
| Chapitre I : Présentation de l'entreprise..... | 02 |
| I.1 Historique..... | 02 |
| I.2 Domaine d'activité..... | 04 |
| I.3 Potentiel humain et matériel..... | 05 |
| I.4 Principaux clients..... | 05 |
| I.5 Stratégie et perspectives..... | 06 |
| I.5 Valeurs de l'entreprise..... | 06 |
| Chapitre II : Généralités sur le chantier de forage..... | 07 |
| II.1 Structure et description d'un appareil de forage | 07 |
| II.2 Principe du forage rotary..... | 07 |
| II.3 Fonction de l'appareil de forage..... | 08 |
| II.3.1 Fonction levage..... | 08 |
| II.3.2 Fonction de rotation..... | 11 |
| II.3.3 Fonction pompage..... | 13 |
| II.3.4 Matériel de production d'énergie..... | 13 |
| II.3.5 Fonction de sécurité..... | 14 |
| II.4 Système de circulation de la boue..... | 15 |
| II.4.1 Destination et organisation..... | 15 |
| II.4.2 Rôle de la boue..... | 16 |
| II.4.3 Les pertes de circulation..... | 17 |
| II.4.4 Eléments composants le système de circulation..... | 17 |
| Chapitre III : Description de la pompe à boue BOMCO F1600-L..... | 27 |
| III.1 Définition de la pompe..... | 27 |
| III.2 Les pompes centrifuges..... | 27 |
| III.2.1 Principe de fonctionnement..... | 27 |
| III.2.2 Amorçage des pompes centrifuges..... | 27 |
| III.2.3 Caractéristiques..... | 28 |
| III.2.4 Utilisation..... | 28 |
| III.3 Les pompes volumétriques..... | 28 |
| III.3.1 Principe de fonctionnement et généralités..... | 28 |
| III.4 Rôle de la pompe de forage..... | 30 |
| III.5 Description de la pompe à boue..... | 32 |
| III.5.1 Partie mécanique..... | 32 |
| III.5.2 Partie hydraulique..... | 36 |
| III.6 Annexe de la pompe à boue..... | 41 |
| III.6.1 Amortisseur de pulsation..... | 41 |
| III.6.2 Les soupapes de sécurité..... | 43 |
| III.7 Principe de fonctionnement et débit instantané | 43 |
| III.7.1 Principe de fonctionnement | 43 |
| III.7.2 Débit instantané | 44 |
| III.8 Particularité d'alimentation..... | 45 |
| III.8.1 Les pompes de suralimentation..... | 45 |
| III.8.2 Principe de montage | 46 |
| III.9 Caractéristiques des pompes de forages | 46 |
| III.10 Avantages et inconvénients de la pompe triplex à simple effet..... | 46 |
| III.10.1 Les avantages | 46 |
| III.10.2 Les inconvénients | 47 |

| | |
|---|-----------|
| III.11 Conclusion..... | 47 |
| Chapitre IV : Calcul de la pompe à boue BOMCO F1600-L..... | 48 |
| IV.1 Choix de la pompe..... | 48 |
| IV.2 Calcul de vérification..... | 49 |
| IV.2.1 Calcul des pertes de charge..... | 49 |
| IV.2.1.1 Les équations des pertes de charge utilisées en forage | 49 |
| IV.2.1.2 Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage | 51 |
| IV.2.2 Programme de calcul..... | 52 |
| IV.2.2.1. Introduction à la programmation des interfaces graphiques..... | 52 |
| IV.2.2.2. Organigramme..... | 53 |
| IV.3 Calcul hydraulique | 62 |
| IV.3.1. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase..... | 62 |
| IV.3.2. Calcul du débit instantané..... | 63 |
| IV.3.3. Calcul de l'amortisseur de pulsations..... | 68 |
| IV.4 calcul mécanique..... | 69 |
| IV.4.1. Calcul de la chemise à l'éclatement..... | 69 |
| IV.4.2. Calcul de la tige de piston..... | 73 |
| IV.4.3. Vérification par la méthode des éléments finis..... | 76 |
| IV.4.3.1 Etude de la résistance à l'éclatement de la chemise..... | 76 |
| IV.4.3.2 Etude de la résistance de la tige de piston..... | 77 |
| Chapitre V : Maintenance et sécurité de la pompe à boue BOMCO F1600-L..... | 79 |
| Introduction | 79 |
| V.1 La maintenabilité et la maintenance | 79 |
| V.1.1 Critères de maintenabilité | 79 |
| V.1.2 Définition de la maintenance..... | 79 |
| V.1.3 But de la maintenance..... | 80 |
| V.1.4 La méthode de la maintenance..... | 80 |
| V.1.5 Les différents types de maintenance..... | 80 |
| V.1.6 Les opérations de la maintenance préventive..... | 81 |
| V.1.7 Objectifs et importance de la maintenance..... | 83 |
| V.1.8 Maintenance de la pompe à boue BOMCO F-1600L..... | 83 |
| V.2. Sécurité de la pompe à boue BOMCO F1600-L..... | 93 |
| V.2.1 Sécurité des chantiers de forage | 93 |
| V.2.2 Sécurité apportée à la pompe à boue et circuit haute pression..... | 94 |
| V.2.2.1 La pompe..... | 94 |
| V.2.2.2 Avant / pendant / après le travail | 94 |
| V.2.2.3 Entretien / nettoyage..... | 95 |
| V.2.2.4 Soupapes..... | 96 |
| V.2.2.5 Amortisseur de pulsations..... | 96 |
| V.2.2.6 Conduites..... | 96 |
| V.2.2.7 Colonne montante..... | 97 |
| V.2.2.8 Quartier de boue..... | 97 |

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE.

Introduction générale

Le pétrole et le gaz dans le monde, constituent la plus importante source d'énergie de notre temps.

Dans un monde qui voit sa population augmenter sans cesse, et avec le désir légitime pour ses habitants d'améliorer leur niveau de vie, produire plus de pétrole est devenu un impératif absolu.

De ce fait, réaliser d'avantage d'opération de forage de puits pétroliers est l'objectif fixé par la majorité des compagnies pétrolières.

Le choix de l'appareil adapté au but à atteindre, est une étape très importante, afin d'obtenir le maximum de rendement et le meilleur prix de revient du mètre foré.

L'appareil de forage rotary avec circulation de boue à base d'eau ou d'huile, continue de connaître une ferveur croissante, en raison de son rendement élevé et de sa puissance de pénétration.

Etant donné que, l'Algérie ne fabrique pas ses propres équipements destinés au forage et qu'elle les achète en constante progression, pour les exploiter dans les conditions spécifiques du Sahara, une étude technico-économique s'impose donc, afin de réaliser le forage avec un coût optimal.

Durant notre présence à l'appareil **TP 223** qui a été installé à la région de **HASSI MESSAOUD** (lieu de notre stage), nous avons constaté une fréquence d'intervention sur le système de circulation en général et sur les pompes à boue en particulier, suite aux problèmes des organes internes de ces dernières qui ont pour conséquence l'augmentation du coût de maintenance et les risques d'arrêts durant l'opération de forage. On sait que plus de 80 % de la puissance consommée par l'appareil de forage, est destinée aux pompes à boue, et que plus de 40 % de toutes les pannes sont provoquées par ces dernières. En plus, la boue de forage est un moyen de liaison et de contrôle de l'opération de forage, car les déblais qui remontent à la surface ramènent des informations capitales pour la suite des opérations de forage.

Dans ce contexte, nous avons choisi comme thème de notre mémoire de Master «**Etude et choix d'une pompe à boue BOMCO F-1600L**». Il est structuré comme suit :

- Chapitre 1 : Présentation de l'ENTP.
- Chapitre 2 : Généralités sur l'appareil de forage et système de circulation de la boue.
- Chapitre 3 : Description de la pompe à boue BOMCO F-1600L.
- Chapitre 4 : Calcul de la pompe à boue BOMCO F-1600L.
- Chapitre 5 : Maintenance et sécurité de la pompe à boue BOMCO F-1600L.
- Et enfin conclusion.

I.1 Historique

L'ENTP est une entreprise de forage et de work-over créée à la suite de la restructuration du secteur des hydrocarbures, par décret n°81-171 du 1er août 1981, et devint opérationnelle en janvier 1983. En Juin 1989, l'ENTP se constitua en entreprise publique économique, société par action (EPE-SPA).

En 1998 l'ENTP intègre le Groupe Services Hydrocarbures (GSH), Sonatrach – Holding Services est son actionnaire majoritaire avec détention de 51% de son capital.

Le capital social de l'ENTP, entièrement libéré, a évolué par paliers successifs de 40 millions DA à 300, puis à 800, 1600, 2400 millions de DA en 2005 et 14 800 000 000,00 DA en 2007.

Ces actionnaires étaient :

- Le Holding Services Para Pétroliers SPP/SPA (51%).
- La société de gestion des travaux énergétiques TRAVEN (49%).
 - Janvier 2005 : Transfert des actions détenues par la Société de gestion des participations TRAVEN dissoute, vers la Société de Gestion des participations dénommée « **INDJAB** ».
 - Décembre 2005 : Cession des actions détenues par **SGPINDJAB** (49%) en faveur du Holding Sonatrach « **SPP Spa** », l'ENTP devient 100% Sonatrach Avec un capital d'expérience de plus de trente-cinq (35) années d'expérience en forage et work-over,
 - Confirmation de la certification de notre système QHSE avec passage à la version 2007 de la norme OHSAS18001.
 - Concrétisation du Joint-Venture avec WEATHERFORD, qui s'est traduite par la création de la filiale IDIS, opérationnelle depuis septembre 2008.
 - Création de la filiale ENTP Libyan Branch, qui a entamé son deuxième forage en Libye pour le compte de SIPEX Libyan Branch.

L'ENTP est le premier contracteur de forage en Algérie, et elle est membre de l'**IADC** depuis 1993.

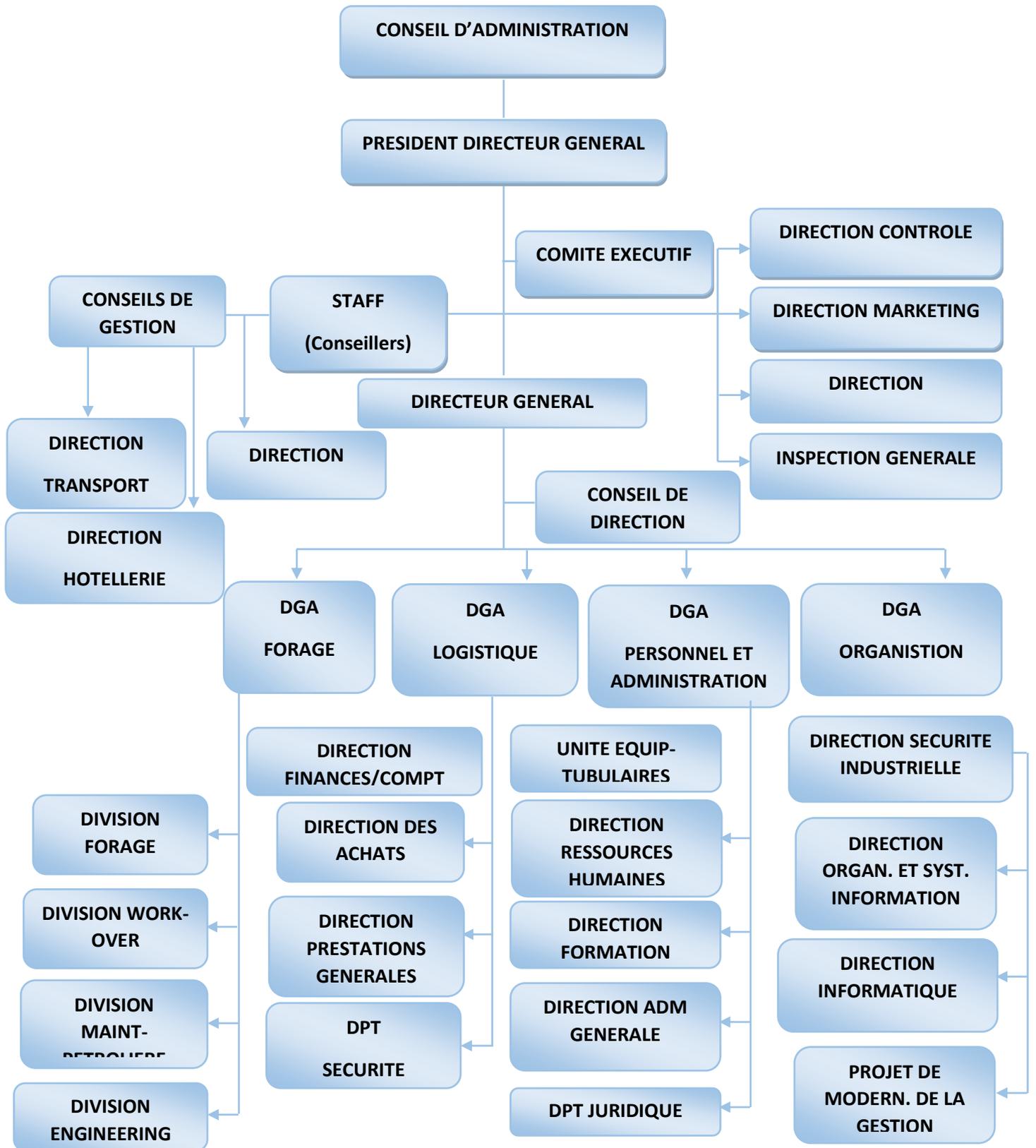


Fig. I.1 : Organigramme de l'ENTP

I.2 Domaine d'activité

Les activités principales dispensées par l'ENTP couvrent :

➤ Le forage des puits d'hydrocarbures

L'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits, ENTP, est assignée aux forages à moyenne et grandes profondeurs, aussi bien ceux de l'exploration que ceux du développement. Les zones de forages hydrocarbures où active l'ENTP se situent principalement dans le grand sud algérien. L'ENTP est, par ailleurs, intervenu dans d'autres pays aux climats les plus divers comme en Tanzanie au Yémen, en Tunisie, et en Albanie.

Le forage horizontal est en plein essor en Algérie. L'ENTP se distingue comme un acteur majeur inscrivant à son actif un nombre important de forages horizontaux. Parmi les percées technologiques qui accompagnent le forage horizontal, nos chantiers emploient des équipements tels que la Top-drive, le SCR et la récente méthode de forage dite Under-Balanced Drilling. L'ENTP présente un bilan très conséquent en matière de forage. Elle a inscrit à son actif 1810 puits forés (fin Septembre 2008).

➤ Le work-over

En matière de work-over et short radius "reentry" sur le champ de Hassi-Messaoud (reprise des anciens puits afin d'augmenter leur production tout en utilisant un nouveau procédé appelé short radius, qui consiste au forage horizontal d'un drain de longueur avoisinant les 500 m), l'ENTP a contribué depuis 1998 par la réalisation d'un nombre important de puits au moyen de ses appareils dotés d'équipements technologiques de dernière génération. Parmi ces équipements, on peut citer :

- ❖ Le Fast-move : qui est un design assurant rapidité, facilité et sécurité de compactage de l'ensemble mât et substructure et le power package SCR sur trailer.
- ❖ L'amélioration de l'électronique fine sur les SCR pour la régularisation et le contrôle de la puissance électrique par le système PLC.
- ❖ Une hauteur "utile" de la substructure suffisante pour l'installation de la tête de puits et les équipements du système Under-Balanced Drilling (BOP rotatif).
- ❖ Pour plus de sécurité, la fonction de manutention des tiges est mise en œuvre par un système mécanisé très récent : le pipe Handler.
- ❖ Son palmarès est éloquent : depuis sa création, ENTP a réalisé plus de **3034** work-over puits entretenus.

- Le forage des puits d'eau de grande profondeur pour les besoins du secteur de l'hydraulique.

D'autres activités importantes, relevant du soutien logistiques y sont également dispensées :

➤ **La maintenance**

Cette branche est une activité de soutien, et elle a pour mission la maintenance préventive et curative des appareils de forage en activité.

Dans les ateliers, cette maintenance assure les fonctions suivantes :

- ❖ Rénovation des équipements de forage : treuil, moufle fixe et mobile, crochet, table de rotation, pompe de forage, tête d'injection, moteur industriel.
- ❖ Revamping des appareils de forage : rénovation et modernisation de l'appareil de forage.
- ❖ Rénovation des camps de forage : cabines sahariennes, équipements Electro-Froid et équipements électroménagers.
- ❖ Fabrication et reconditionnement : fabrication et reconditionnement de la pièce de rechange pour le parc appareils de forage et le parc roulant et fabrication du mobilier.

➤ **Le transport**

La direction transport est organisée autour de deux structures qui sont :

- ❖ Le département opération transport qui est chargée de la gestion du parc roulant de l'entreprise.
- ❖ Le département maintenance transport qui est chargé de la maintenance de ces moyens de transport et de manutention.

Elle a pour objectif de satisfaire aux demandes de transport émanant de toutes les structures de l'entreprise et en particulier, la réalisation des opérations de déménagement (D.T.M) des appareils de forage et des camps. Elle assure aussi la logistique des chantiers en matière de transport.

En plus, elle doit prendre en charge la réparation et les besoins en pièces de rechange pour l'ensemble du parc (engins et véhicules).

➤ **L'hôtellerie et les moyens communs.**

I.3 Potentiel humain et matériel

- Effectif global au 31/03/2013 : **7050** agents.
- Nombre d'appareils de forage : **59**.
- Base industrielle de 594 930 m² (dont 55 415 m² couverts).

I.4 Principaux clients

- Sonatrach - DF (Forage : exploration ou développement)

- Sonatrach - DP (Work - Over)
- Groupement Sonatrach Sinopec.

I.5 Stratégie et perspectives

- Maintenir une trésorerie positive.
- Améliorer la rentabilité de l'entreprise.
- Satisfaire les clients internes et externes à 100%.
- Améliorer les performances de gestion de l'entreprise.
- Améliorer les systèmes d'information et de communication de l'entreprise.
- Maintenir la part de marché.
- Diversifier les activités de l'entreprise.
- Améliorer les conditions de vie et de travail.
- Développer la composante humaine et renforcer les compétences.
- Prévenir les préjudices personnels et l'atteinte à la santé au travail.
- Préserver l'environnement et prévenir la pollution.

I.5 Valeurs de l'entreprise

La culture de notre entreprise s'appuie sur les valeurs suivantes :

- Le respect des engagements pris.
- La confiance et l'esprit d'équipe.
- Le professionnalisme et la compétitivité.
- L'exemplarité et la transparence.

Ces valeurs constituent pour tout le personnel, un référentiel commun et partagé.

II.1 Structure et description d'un appareil de forage

L'installation de forage ou plus globalement le chantier de forage est un ensemble de machines technologiques, énergétiques et auxiliaires qui comprend :

- l'installation de traitement des rejets.
- les abris de chantier.
- la tour de forage, avec le système de levage.
- le matériel de rotation du trépan.
- le matériel de pompage et les bacs du fluide de forage.
- autres équipements.

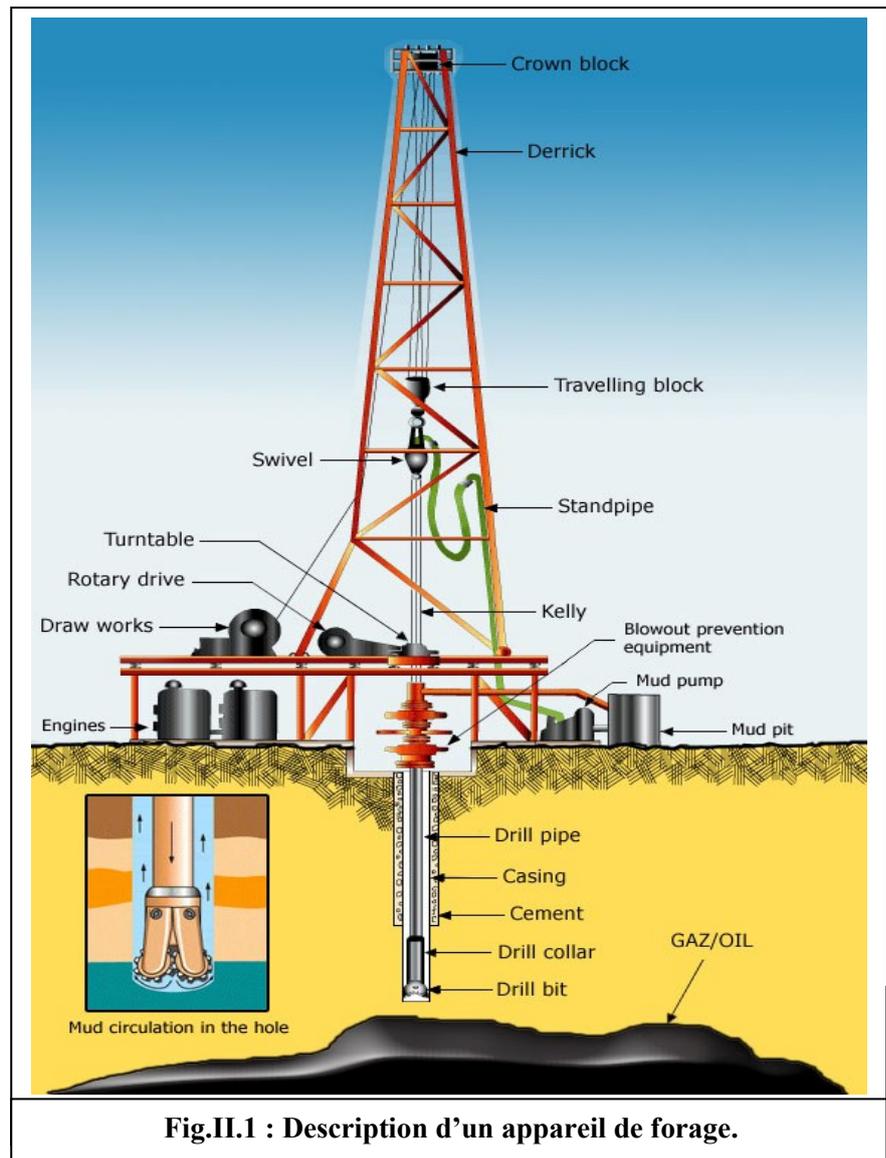
L'installation de forage peut être divisée en deux parties :

- les équipements de fond (trépan, masses-tiges, tiges de forage).
- les équipements de surface constituant l'appareil de forage proprement dit.

II.2 Principe du forage rotary

Le forage rotary est le procédé le plus utilisé de nos jours, dans les recherches du pétrole, car il permet d'obtenir les meilleures vitesses d'avancement et surtout d'atteindre des profondeurs extrêmement élevées « le record actuel est de l'ordre de 7000 m »

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.

II.3 Fonctions de l'appareil de forage

L'appareil de forage est une installation d'équipements mettant en œuvre l'outil de forage et assurant la sécurité du puits, elle comporte cinq fonctions principales :

II.3.1 Fonction levage

Cette fonction sert à assurer les manœuvres de descente et de remonter « voir figure ».

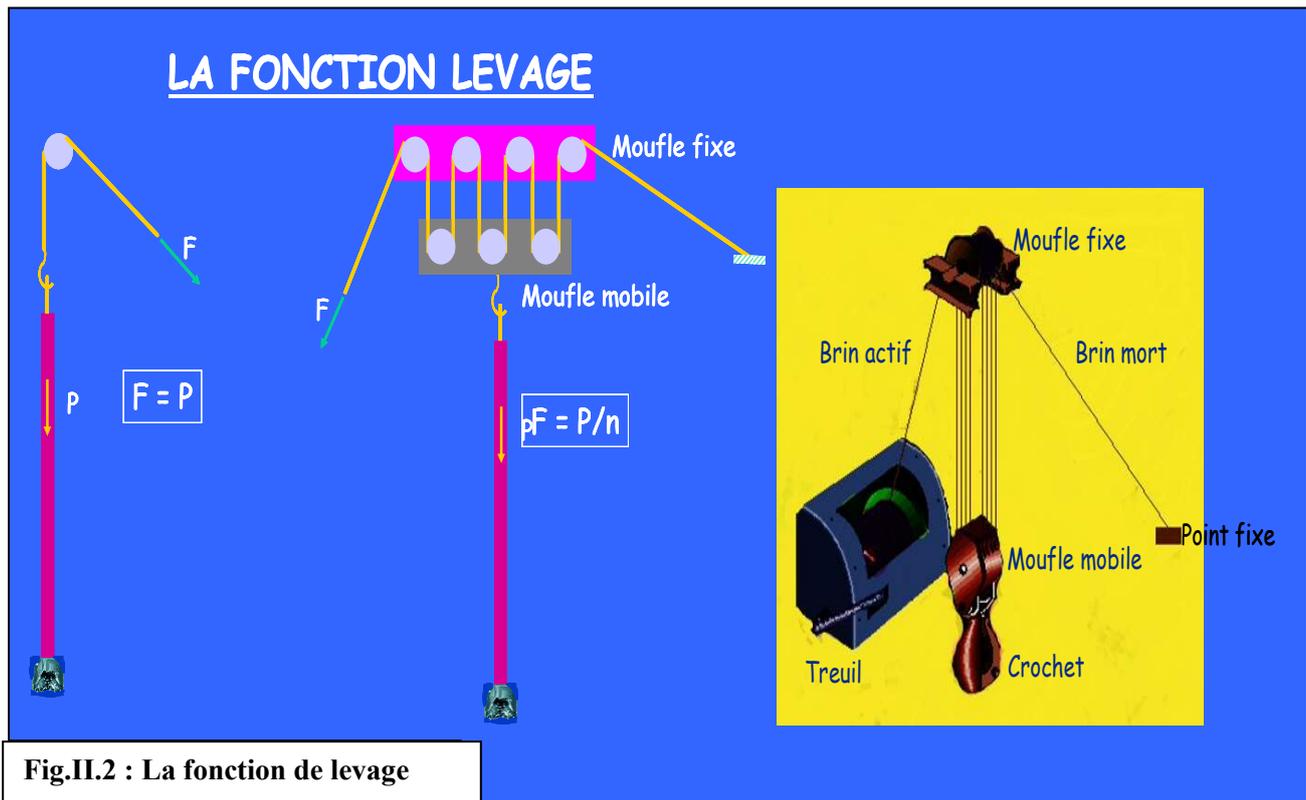


Fig.II.2 : La fonction de levage

a. 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. Cette tour de forage est adaptée aux appareils de forage terrestre nécessitant une grande mobilité. La passerelle d'accrochage est en porte-à-faux, et le gerbage se fait sur un plancher indépendant (set back) de la structure du mât.

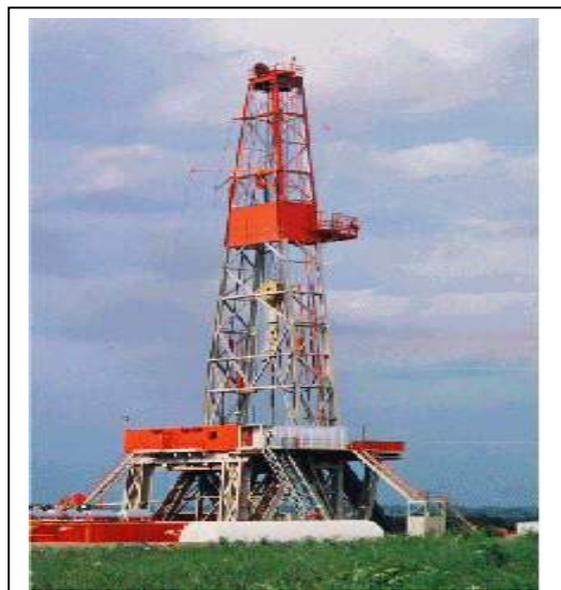


Fig.II.3 : Le mât

Les spécifications techniques sont identiques à celles des derricks (voir fig.II.3) :

- charge au crochet maximale compte tenu du mouflage.
- hauteur libre dans le mât.
- largeur à la base.
- résistance au vent avec ou sans garniture gerbée.

b. Les substructures

Ces constructions répondant au besoin de surélévation du planché de forage, pour laisser la place aux empilages de tête de puits, ainsi que le BOP. Elles peuvent 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. (voir : fig.II.4).

Ces 4 supports sont reliés entre eux par des fers horizontaux et des cornières entrecroisées.

C. Le treuil de forage [drawwork]

C'est l'organe principal de la fonction levage. Sa capacité caractérise un rig, et indique la classe de profondeur des forages, que l'on pourra effectuer (voir : fig.II.5). Il doit assurer :

- le levage de la garniture de forage et du tubage.
- sur certains appareils, il assure l'entraînement de la table de rotation par l'intermédiaire de cardans, ou de chaînes de pignons.
- l'entraînement d'un arbre secondaire permettant de dévisser et visser les tiges et les tubages (cabestan) [cathead].
- le déplacement de lourdes charges à de grandes vitesses.
- un treuil de forage est caractérisé par sa puissance maximale de levage.



Fig.II.4 : La substructure



Fig.II.5 : Le treuil de forage

d. Le mouflage

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

d.1 Le moufle fixe

Le cadre soudé comprend trois poutres longitudinales, et des poutres transversales en double T. Le moufle fixe s'applique sur les poutres du cadre support de la tour de forage par les extrémités des poutres extrêmes longitudinales au milieu desquelles sont soudés par l'intermédiaire des joints. Les corps amovibles des portées s'appuient sur deux sections à poulies. Chaque section comprend un axe portant les poulies montées, chacune sur deux roulements à courts rouleaux cylindriques. La rotation de l'axe dans les portées est interdite par les clavettes. Sur l'aile inférieure d'une poutre, est fixé à l'aide d'un dispositif de fixation un moufle supplémentaire dont la capacité de charge est de trois tonnes maximum. A travers ce moufle on fait passer le câble nécessaire à réaliser des opérations supplémentaires, le câble s'enroule sur le cabestan du treuil. (voir : fig.II.6)

d.2 Ensemble moufle mobile et crochet

Le moufle mobile représente un corps en acier dans lequel une série des poulies montées sur un même arbre, l'ensemble étant fermé dans un certain carter avec des flasques entre les poulies. Le crochet de forage est relié au moufle mobile au moyen d'une anse. (voir : fig.II.7).

La traversée supérieure du moufle mobile porte à son milieu une autre traversée destinée à la suspension de celui-ci. Le crochet est un organe très robuste, qui vient compléter le moufle mobile. Il dispose d'une sécurité pour prendre l'anse de la tête d'injection en permanence, et de deux oreilles pour recevoir les bras d'élévateur, et d'un verrouillage pour ne pas tourner librement pendant le forage.



d.3 Câble de forage [drilling line]

Le câble de forage représente la pièce d'usure de la fonction levage. L'entretien et l'utilisation corrects des câbles de forage permettent des gains de temps et d'argent très importants.

Les câbles d'appareils de forage sont à âme métallique, sur laquelle on câble six torons constitués de fil d'acier. Le câblage des fils de toron est en générale de sens inverse à celui du câblage des torons sur l'âme (câblage normale ou régulier), ce qui donne un câble plus rigide mais quelque peu anti-giratoire (voir : fig.II.8).

e. Les outils de plancher

- Les élévateurs.
- Les coins de retenue.
- Les clés de serrage à mâchoires.

I.3.2 Fonction de rotation

a. Table de rotation [rotary table]

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, créé par le moteur d'attaque. Une table de rotation se compose d'un bâti fixe supportant une partie mobile intérieur reposant sur la partie fixe par l'intermédiaire d'un roulement à billes principal (voir : fig.I.9).

b. La tête d'injection [swivell]

C'est un organe qui permet de :

- injecter la boue dans la garniture en rotation ou à l'arrêt.
- supporter la garniture de forage en rotation ou à l'arrêt.

Une tête d'injection comprend les parties suivantes (voir : fig.II.10) :

- un corps avec une anse suspendue au crochet du moufle mobile. et à la tige d'entraînement.
- un arbre d'injection creux fileté raccordé.
- un roulement permettant d'assurer la rotation de la tige d'entraînement, tout en gardant fixe le corps de la tête d'injection.

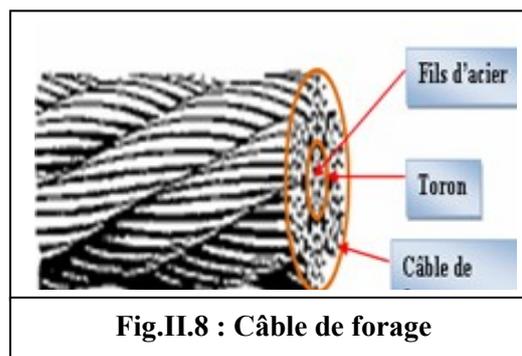
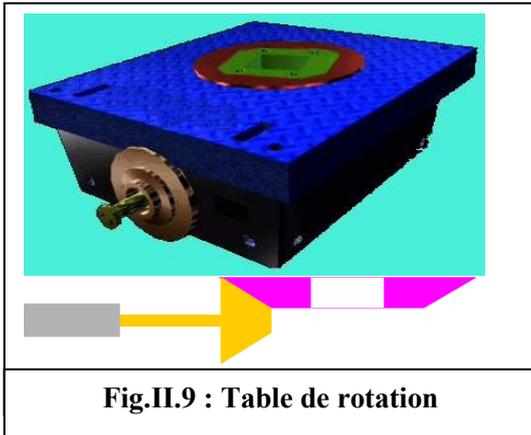


Fig.II.8 : Câble de forage



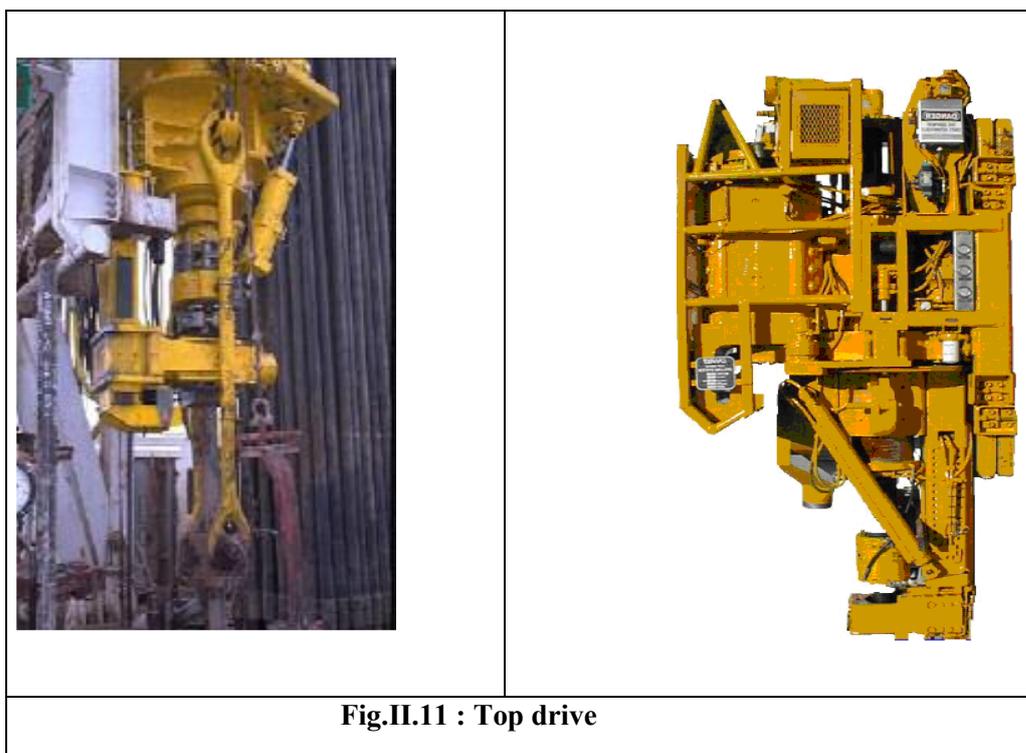
c. Le top drive

Le top drive est une tête d'injection motorisée qui, en plus de l'injection, assure la rotation de la garniture de forage (voir : fig.II.11).

Ainsi, on n'a besoin ni de la tige d'entraînement ni de la table de rotation pour faire tourner la garniture, c'est le top drive qui s'en charge. En plus, pendant le forage, au lieu de faire les ajouts par une longueur simple, on peut les faire par une longueur composée de 2 ou 3 longueurs simple.

Plusieurs autres options existent dans cet équipement : les bras de l'élévateur sont articulés hydrauliquement pour faciliter le travail de l'accrocheur et il possède une clé automatique et même une coulisse intégrée.

Des rails placés tout le long du mât le guident dans ses déplacements.



II.3.3 Fonction pompage

a. Les pompes de forage

Ce 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 volumétrique, doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.

b. Les matériels annexes de la fonction pompage

Il existe des équipements supplémentaires, 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.
- un flexible de refoulement 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 de suralimentation ou des pompes volumétriques.

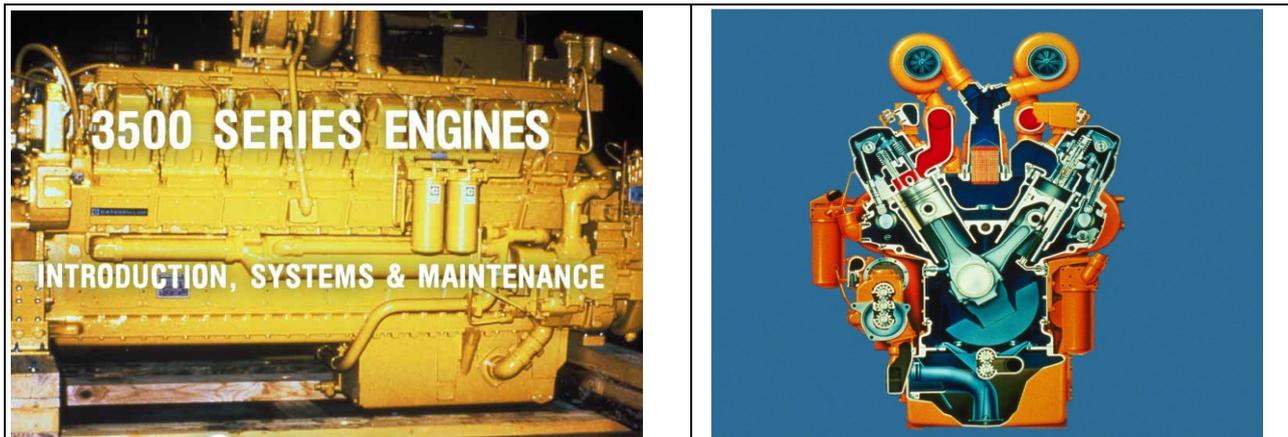
II.3.4 Matériel de production d'énergie

a. Les moteurs diesel

Les moteurs diesel ont succédé aux machines à vapeur et sont généralisés sur la plupart des tours de forage, soit en version diesel-électrique (voir : fig.II.12).

b. Le diesel-électrique

La solution du diesel-électrique comme source d'énergie sur les appareils de forage est également utilisée, en particulier pour le forage en mer. L'entraînement des treuils de forage par moteur à courant alternatif avait été réalisé dans le passé, actuellement on utilise surtout les génératrices, et les moteurs à courant continu. Cette solution apporte des avantages : Souplesse, simplicité et meilleure utilisation de l'espace disponible. Mais il y a des inconvénients de grandes valeurs d'investissement du matériel et surtout recours à du personnel plus qualifié pour la maintenance du matériel électrique.



(Fig.II.12) : Moteur Caterpillar

II.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).

a. Les obturateurs de sécurité

Ce sont des équipements qui permettent de fermer rapidement la garniture de forage. Leur pression de service doit être égale ou supérieure à la pression de service de l'ouvrage, définie dans le programme de forage. La garniture de forage doit elle-même pouvoir résister à une telle pression, tant à l'éclatement qu'à l'écrasement. En offshore flottant, il faut prévoir des tiges de longueur aussi constante que possible, et un lot de tiges courtes pour ajuster les garnitures (voir fig.II.13).

b. Le système de commande des obturateurs

Les obturateurs sont à commandes hydrauliques. Une unité d'accumulateurs permet de stocker le fluide hydraulique sous pression de manière à assurer une fermeture rapide des obturateurs. La mise en pression s'effectue à la fois par des pompes à commande électriques, ou pneumatiques. L'unité d'accumulateurs ainsi que le tableau de commandes des obturateurs doivent se trouver à une distance du puits, de manière à pouvoir être opérés rapidement, et de manière adéquate en cas d'urgence.



Fig.II.13 :L'unité d'accumulateurs

II.4 Système de circulation de la boue

II.4.1 Destination et organisation

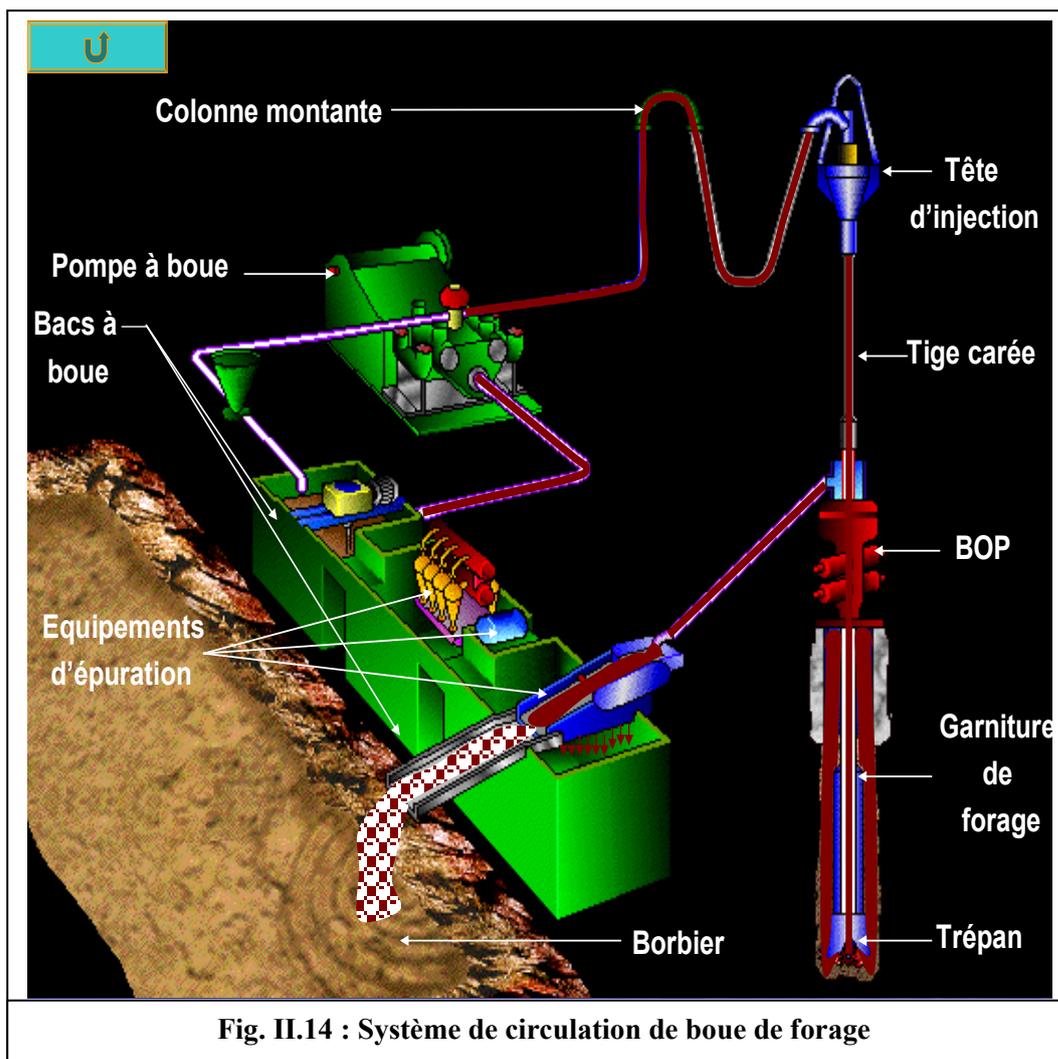
La circulation exige que le fluide de forage doit toujours remplir le trou, pour des raisons de sécurité, et afin d'améliorer les conditions de travail dans le puits, que celui-ci contient ou non le train de sonde. Les fluides de forage doivent avoir des propriétés telles qu'ils facilitent, accélèrent le forage, favorisent ou tout au moins ne réduisent pas d'une manière sensible et permanente les possibilités de production des sondages.

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 (voir : fig.II.14).

Pour la préparation du liquide de forage, on utilise soit des matières en poudre en état prêt à employer, soit des matières premières locales (argile, tourbe,...etc.) et des réactifs chimique, soude caustique...etc.

Dans la plupart des cas, 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. La pompe à boue refoule la boue vers l'outil grâce à la colonne de refoulement, au flexible d'injection, à la tête d'injection, au conduit intérieur de la tige carrée ou hexagonale des tiges, aux événements de l'outil.

A son retour en surface, la boue sort du puits par le «tube dégueuloir» et, après avoir été débarrassée des solides arrachés à la formation grâce aux équipements d'épuration des solides, elle revient dans les bassins d'aspiration où elle peut être reconditionnée avant de reprendre le cycle de circulation suivant.



II.4.2 Rôle de la boue de forage

Les boues de forage doivent avoir les propriétés qui leur permettent d'optimiser les fonctions suivantes :

- nettoyage du puits.
- maintien des déblais en suspension.
- sédimentation des déblais fins en surface.
- entraînement de l'outil.
- refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde.
- prévention du cavage et des resserments des parois du puits.
- prévention des venues d'eau, de gaz ou d'huile.
- augmentation de la vitesse d'avancement.
- contrôler les fluides des formations traversées.
- contamination des formations productrices.

- maintenir la stabilité des parois du puits tout au long de la section inclinée et horizontale.
- réduire le torque et les frottements de la garniture avec les parois de trou.
- maintenir une barrière de perméabilité entre le trou et la formation de façon à minimiser les effets d'instabilité des pressions dans le drain.
- la transmission de la puissance au moteur de fond.

II.4.3 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.4.4 Eléments composants le système de circulation

a. Circuit haute pression (HP)

Le circuit haute pression permet l'acheminement de la boue de forage depuis le refoulement de la pompe jusqu'à la tête d'injection. On distingue :

- les conduites de refoulement [**lines**].
- le manifold de refoulement [**discharge**].

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 :

- amortisseur de pulsations.
- la ligne de refoulement.

- le manifold de plancher.
- la colonne montante.
- le flexible d'injection.
- le col de cygne.
- la tête d'injection.

a.1 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.

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 (voir fig.II.15) 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.



a.2 Les conduites de refoulement

Les conduites de refoulement acheminent la boue des pompes au manifold du plancher. Il y'a généralement une ligne de refoulement par pompe.

Les conduites de refoulement des pompes de forage sont en tubes ligne pipe à extrémité lisses (type regular) ou extra strong filetéés sur demande, et même souvent soudée avec un montage par brides pour les séries très hautes pression (5000 psi et plus).

Les coudes et les tés de liaison sont en acier forgé ou moulé. Pour faciliter les montages, on utilise des raccords rapides, rigides ou à rotule.

Ces pièces sont repérées par leur série qui définit les pressions de service 3000, 4000 ou 5000 psi, la dimension des brides et des filetages.

a.3 Le manifold du plancher

Après l'amortisseur de pulsation et dans les conduites de refoulement vers un système de plusieurs vannes, appelé manifold de refoulement. Il permet l'utilisation de n'importe quelle pompe, sur l'une ou l'autre des lignes de refoulement, ainsi que l'isolation d'une pompe si nécessaire. Toutes les vannes sur le circuit haute pression (HP) sont, par sécurité, doublées.

Le manifold de plancher permet la liaison de la ou les conduites de refoulement avec la ou les colonnes montantes, ainsi que les sorties vers la tête de puits (kill-line). Le manifold sera équipé d'une vanne de purge, permettant la décompression de tout le circuit de refoulement.

a.4 La colonne montante [standpipe]

Elle permet la liaison entre le manifold de plancher et le flexible d'injection. Sa longueur est calculée de telle façon que son extrémité supérieure soit à égale distance des positions extrêmes de la tête d'injection. Le flexible d'injection n'atteignant le plancher que dans la position la plus basse de la tête d'injection.

Par soucis de sécurité, on utilise deux colonnes montantes juxtaposées dans le mât, permettant le montage d'un deuxième flexible d'injection, utilisable rapidement en cas de problèmes importants sur celui en service.

La colonne montante est placée le long d'un des pieds du mât (à l'intérieur de la cornière) ou quelquefois sur une de ses faces. Placée le long des pieds, elle est soutenue d'une façon plus rigide et aura moins tendance à vibrer.

a.5 Le flexible d'injection [kellyhose, mudhose]

Il relie l'extrémité de la colonne montante à la tête d'injection. Il doit résister aux hautes pressions de la boue. Le flexible est un tuyau armé souple. Il possède un tube intérieur en caoutchouc spécial résistant à l'huile, recouvert de couches de toile spéciale (revêtement souple) qui assure la résistance dans le sens de la longueur. Au-dessus on trouve l'armature (carcasses primaire et secondaire) destinée à assurer la résistance à l'éclatement tout en conservant la souplesse nécessaire. Elle peut

être formée de plusieurs couches de fils d'acier ou de petits câbles, enroulés en spirales de sens inverse, noyés dans le caoutchouc.

a.6 Le col de cygne [goose neck]

Il permet le raccordement du flexible d'injection à la tête d'injection. L'angle que fait l'axe du col de cygne avec la verticale est de 15°.

Le filetage du raccord sur le col de cygne est femelle LP de 2" à 4" de dimension. Un raccord-union est intercalé entre le filetage du col de cygne et celui du flexible d'injection.

a.7 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.

b.1 Tamisage

Le tamisage est le premier traitement mécanique d'élimination des solides en cours de forage, la boue se charge en déblais qui doivent être éliminés en surface avant le bassin d'aspiration. Une teneur élevée en solides augmente la densité de la boue, modifie ses caractéristiques physiques et la rend abrasive.

Ceci favorise les pertes, le collage par pression différentielle, le colmatage des formations productrices et de nombreux ennuis en forage.

Dès la sortie de la goulotte, la boue passe dans un "mud box" pour régulariser le débit, puis sur des toiles rectangulaires plus ou moins inclinées et soumises à des vibrations. La toile est définie par les dimensions de sa maille (carrée ou rectangulaire), exprimée en mesh. Le mesh est le nombre de mailles au pouce linéaire (voir : Fig.II.16).

Les vibrateurs à double étages (quelquefois triple) possèdent des toiles superposées de maillage décroissant.

Le maillage des tamis doit être adapté au débit de forage, à la vitesse d'avancement, à la nature des terrains forés, au type de boue... etc.



Fig.II.16 : Tamis vibrant

b.2 Décantation

La décantation s'effectue juste après le tamisage dans un bassin de décantation de 4 à 5 m³, appelé "sablière" située sous les vibrateurs. 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. 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.

b.3 Dégazage

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

b.3.1 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 dégage par ruissellement sur des chicanes et retourne dans le circuit (SWACO - WELCO - SWEKO - etc. ...) (voir : fig.II.17).

Pour l'appareil le plus ancien et encore le plus fréquent SWACO, une pompe 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.

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 surnageant.

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.

b.3.2 Séparateur vertical

Dans le cas de fortes venues, le puits est circulé sous duse. Après le manifold de duses, 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. (voir : fig.II.18).

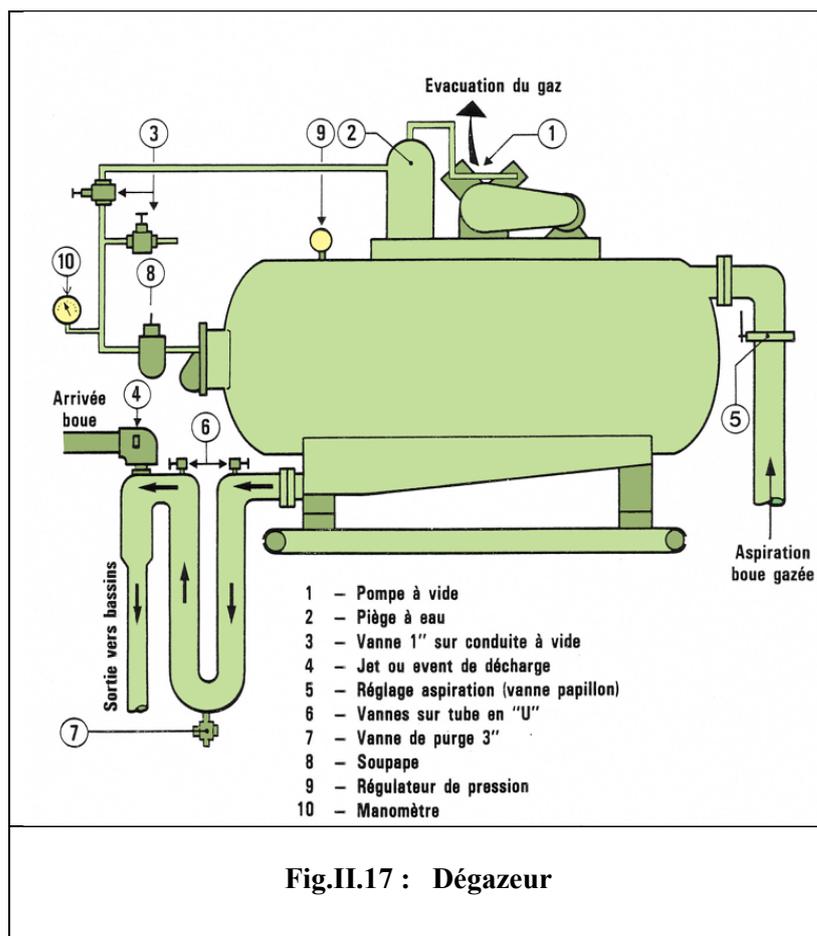
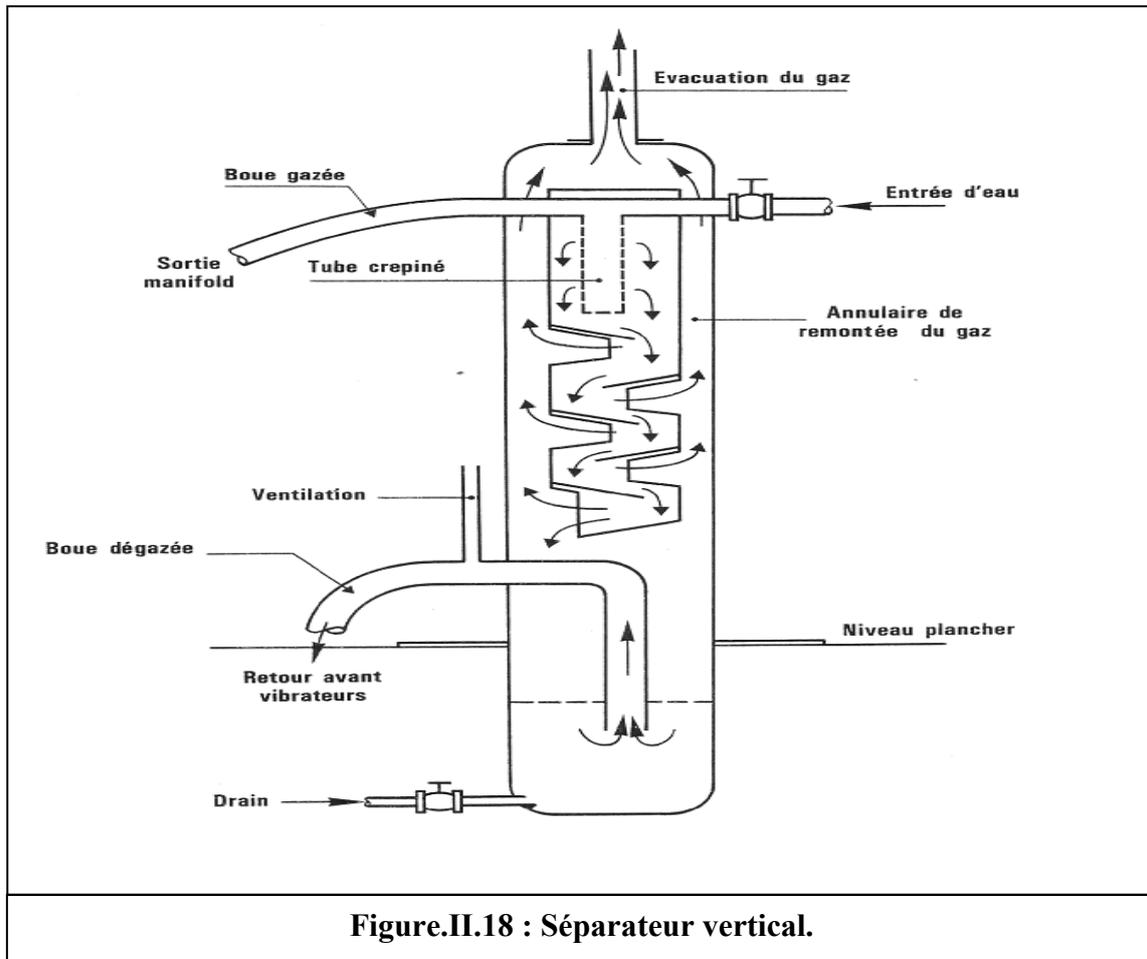


Fig.II.17 : Dégazeur



b.4. Hydro cyclonage

La boue chargée en solides forés est injectée tangentiellement dans la partie haute d'un cyclone à corps conique ou cylindro-conique. Dans ce corps, par effet centrifuge, il y a séparation partielle des solides qui se rassemblent et sont éjectés à la sortie basse du cyclone, munie en général d'une duse réglable. La boue épurée et allégée se retrouve par contre dans l'axe du corps et sort à la partie haute, elle est alors récupérée dans les bassins alors que l'effluent lourd chargé en solides est éjecté au bourbier. Habituellement on distingue :

Les dessableurs [desanders], cyclones de 8 à 12", qui éliminent les "sables", c'est-à-dire les particules supérieures à 74 microns.

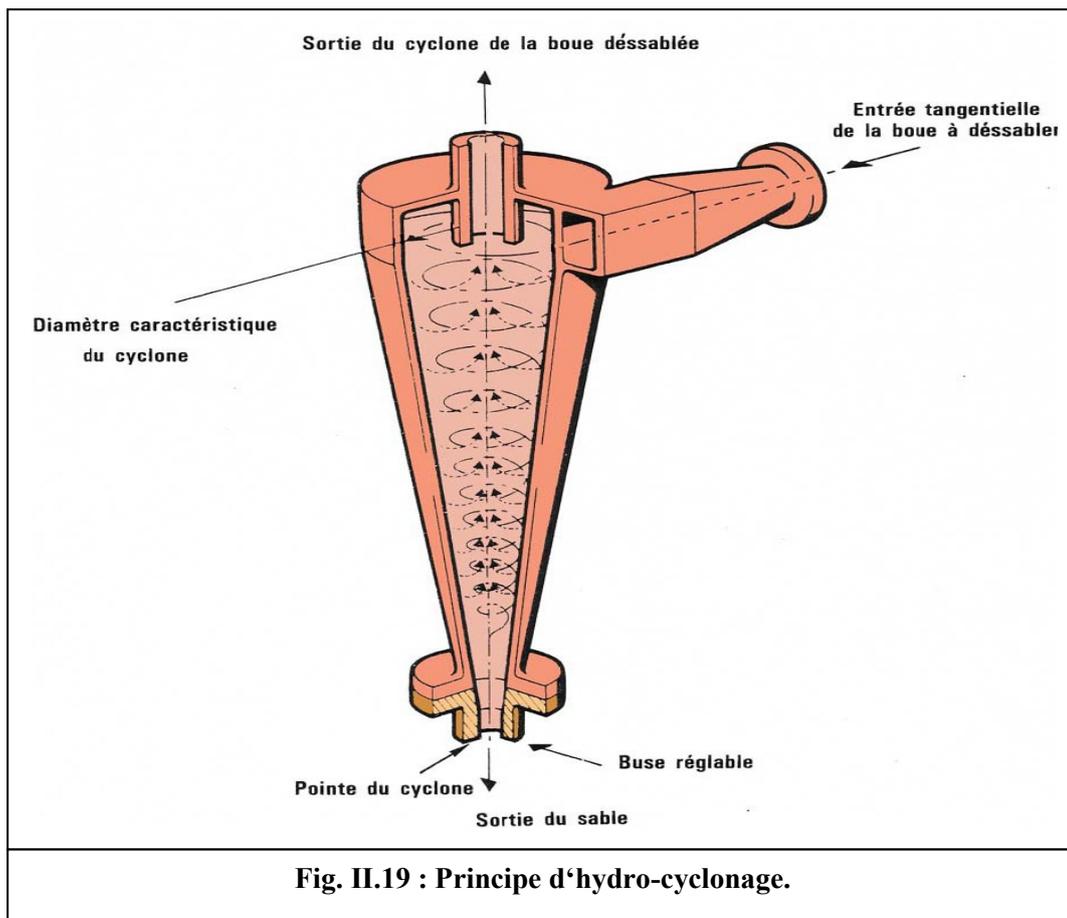
Plus le diamètre nominal de l'hydrocyclone diminue, plus la capacité maximale de boue traitée par cône diminue.

Les hydrocyclones sont donc montés en batterie de façon à encaisser le débit maximal de forage en phase 17" (pour les dessableurs) et en phase 12"1/4 (pour les désilteurs).

En pratique, le pouvoir de séparation d'un hydrocyclone n'est en fait qu'une probabilité d'élimination des particules solides, lors de leur passage au travers des cônes. Faire passer plusieurs fois la même boue dans l'hydrocyclone améliore nettement la séparation. Dans ce but, les batteries d'hydrocyclones sont en général surdimensionnées d'au moins 50 %. Pour les cônes les plus usuels, les batteries pourront être :

- 2 cônes 12" à 2000 l/min maximum chacun.
- 6 à 8 cônes 8" à 600 l/min maximum chacun.
- 10 à 12 cônes 4" à 300 l/min maximum chacun.

Les batteries sont installées en passerelle sur le circuit et sont alimentées par une pompe centrifuge qui doit être soigneusement dimensionnée. L'aspiration de la boue chargée et le rejet de la boue épurée doivent se faire dans deux bassins consécutifs. Un retour doit être prévu en partie basse de bassin pour compenser le surdimensionnement de la batterie par rapport au débit de forage. Les batteries sont installées dans l'ordre décroissant de diamètre des cônes (voir : fig.II.19).



b.5.1. Mud-cleaner

La perte de boue avec l'effluent lourd des désilteurs est jugée excessive. Cet effluent lourd est donc récupéré sur un tamis vibrant à toile fine (150 à 200 mesh) : les solides sont éliminés au borbier et la boue épurée sous vibrateurs est remise en circuit. En général, le Mud-cleaner est un appareil indépendant monté en parallèle sur le circuit et comporte sa pompe d'alimentation, sa batterie de cônes 4" et son tamis vibrant (voir fig.II.20).

Ce système n'est rentable que dans le cas de boue chère et ou polluante.

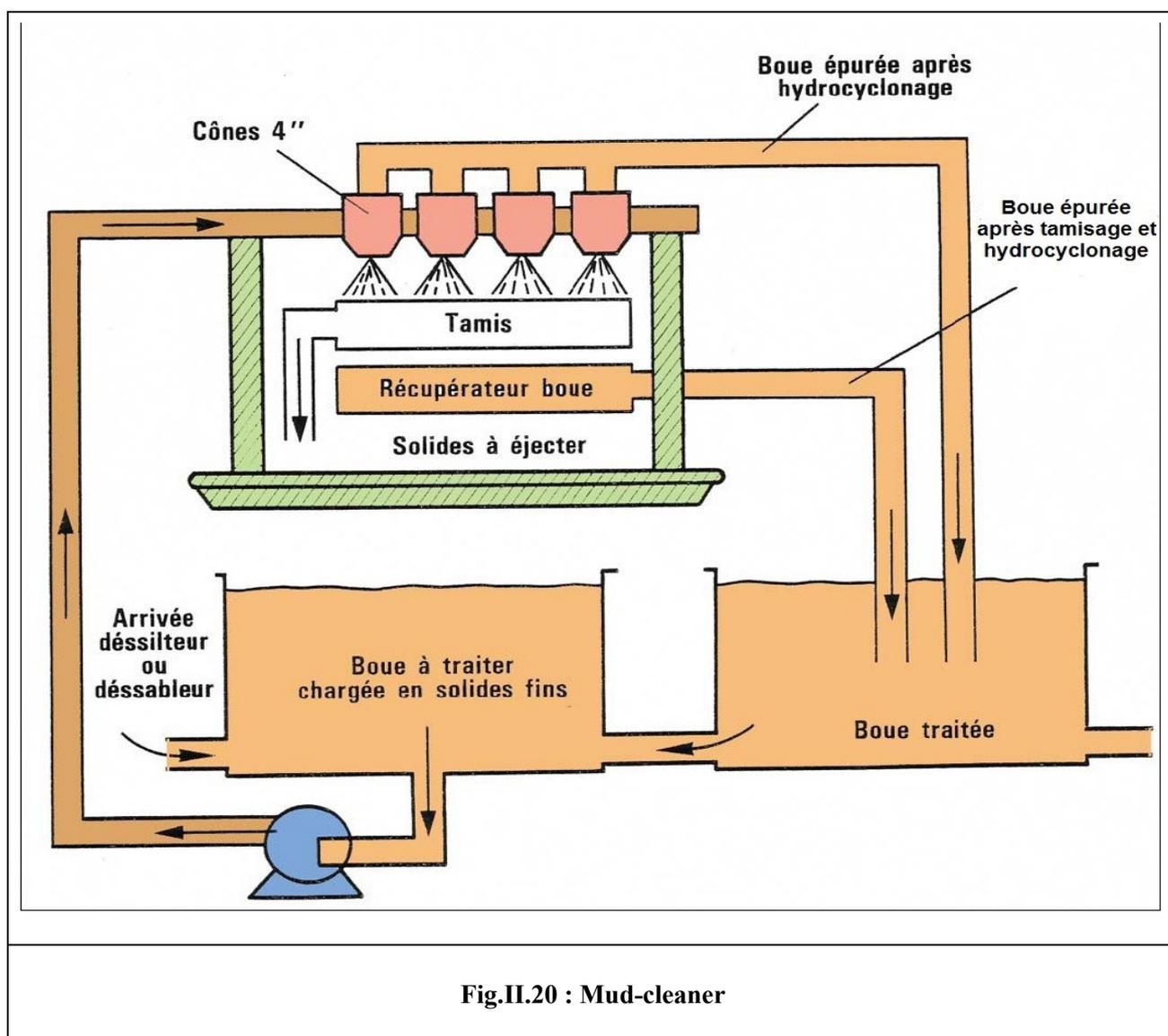


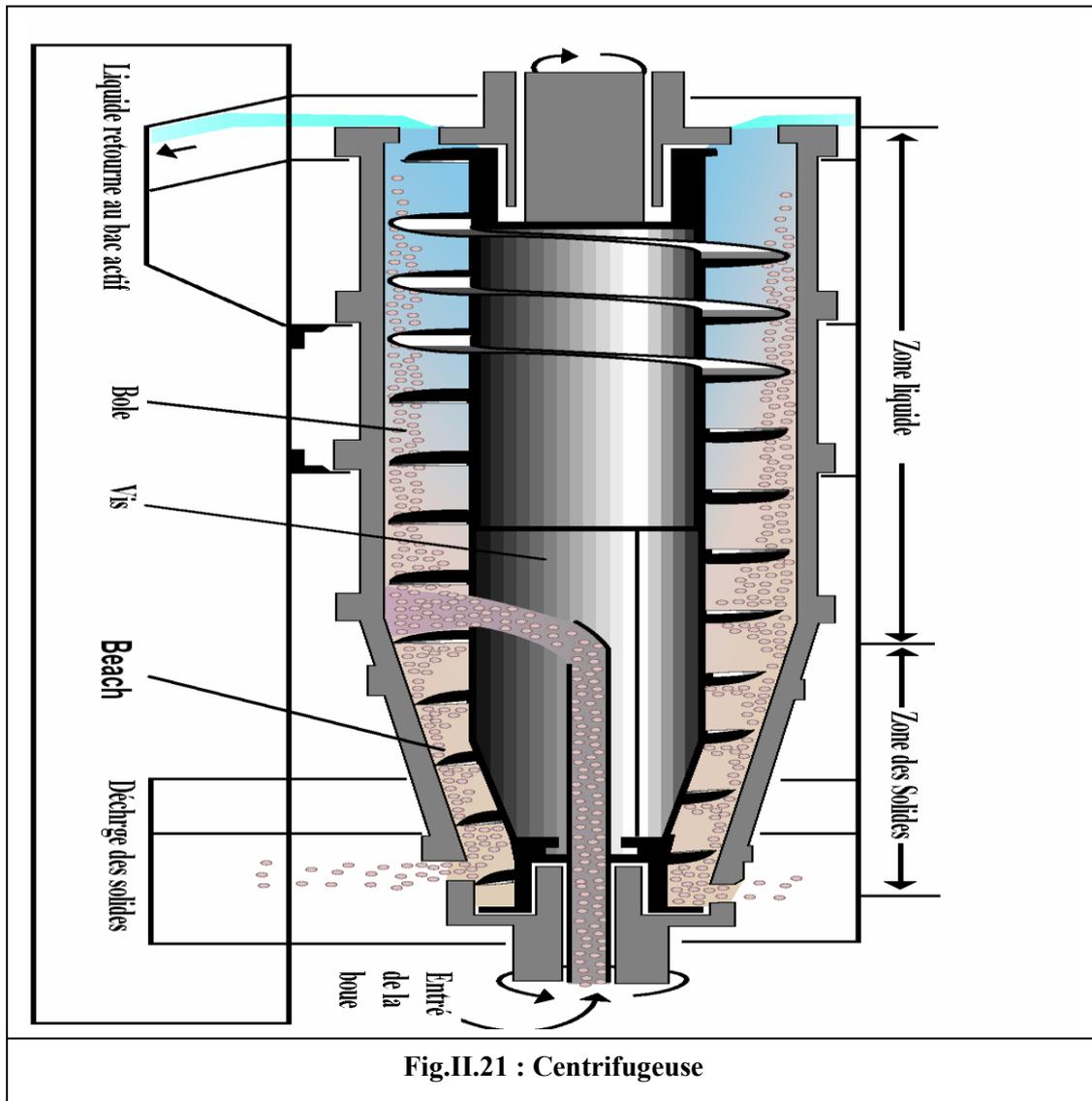
Fig.II.20 : Mud-cleaner

b.5.2. Centrifugeuses

Les centrifugeuses semi-continues à axe vertical, et à bol de grand diamètre sont les appareils, qui donnent le meilleur pouvoir séparateur, et la plus grande capacité de traitement (10 à 15 m³/heure de

boue). Le principal inconvénient est qu'elles nécessitent la présence d'un opérateur au moins à temps partiel, si on veut en tirer le rendement maximum (voir : fig.II.21).

Elles ont été utilisés avec une excellente rentabilité, pour récupérer la boue perdue avec les effluents lourds dessableurs - désilteurs.



Cet effluent est rassemblé dans un petit bac où il décante. La boue surnageante est centrifugée, et la boue propre est renvoyée dans le circuit.

Les centrifugeuses continues à axe horizontal ont un pouvoir séparateur assez moyen, et une capacité de traitement réduite (2 à 5 m³/heure). Elles travaillent en parallèle sur le circuit, en continu, sans surveillance particulière.

La maintenance est difficile et coûteuse. Ces appareils sont cependant beaucoup plus utilisés que ceux à axe vertical, car leur fonctionnement en continu, en facilitant l'utilisation sur chantier.

A. Notions fondamentales sur les pompes

III.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.

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 » de l'organe actif « piston ». Les pompes transmettent au liquide qu'elles véhiculent l'énergie mécanique provenant d'une source d'énergie extérieur quelconque. Les pompes véhiculant des liquides se divisent en deux catégories principales :

- les pompes centrifuges : le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge.
- les pompes volumétriques : l'écoulement résulte de la variation de pression dans une capacité à volume variable occupée par le liquide refoulé alternativement à l'aspiration et au refoulement.

III.2 Les pompes centrifuges

III.2.1 Principe de fonctionnement

Une pompe centrifuge est constituée de :

- une roue d'aubes tournant autour de son axe.
- un distributeur dans l'axe de la roue.
- un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur, et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande cinétique, qui se transforme en pression dans le collecteur, où la section est croissante. L'utilisation d'un diffuseur (roue aubes fixes) à la périphérie de la roue mobile, permet une diminution de la perte d'énergie.

III.2.2 Amorçage des pompes centrifuges

Les pompes centrifuges ne peuvent s'amorcer seules. L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe, pour réaliser cet amorçage par gravité. Pour désamorcer la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti-retour au pied de la canalisation d'aspiration.

III.2.3 Caractéristiques

Il est possible de coupler plusieurs de ces pompes en série. Le rendement est de l'ordre de 60 à 70%: il est inférieur à celui des pompes volumétriques.

III.2.4 Utilisation

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

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

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

III.3 Les pompes volumétriques

III.3.1 Principe de fonctionnement et généralités

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

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

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorcées. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont, qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire, néanmoins d'examiner la notice du fabricant. Les pompes volumétriques permettent d'obtenir des hauteurs manométriques totales beaucoup plus élevées que les pompes centrifuges. La pression au refoulement est, ainsi plus importante. Le débit est par contre généralement plus faible, mais il ne dépend pratiquement pas des caractéristiques du réseau. Le rendement est souvent voisin de 90%.

Si la canalisation de refoulement est bouchée, Il faut arrêter immédiatement une pompe volumétrique dans cette situation, pour éviter les risques d'une augmentation de pression très importante dans la pompe, qui pourrait entraîner de graves détériorations. S'il y a possibilité de fermetures de vannes placées sur le circuit de refoulement, il faut prévoir un dispositif de sécurité à la sortie de la pompe, une dérivation d'une soupape de sûreté est reliée au réservoir d'aspiration constitue une bonne solution.

Le réglage du débit s'effectue en agissant sur la vitesse de rotation du rotor, pour les pompes rotatives, et sur la fréquence, ou la course du piston pour les pompes alternatives.

a. Pompes volumétriques rotatives

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation circulaire autour d'un axe, qui tourne dans une enveloppe (le corps) et crée le mouvement du fluide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.

Les principaux types de pompes sont les suivants : à palettes, engrenages, lobes, vis, etc.

a.1 Pompes à engrenages extérieurs

Ce type de pompe comporte un grand nombre de variantes qui diffèrent entre elles soit par la disposition, soit par la forme des engrenages. Dans tous les cas, le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement. Les pompes à engrenages peuvent avoir une denture droite, hélicoïdale, ou à chevrons.

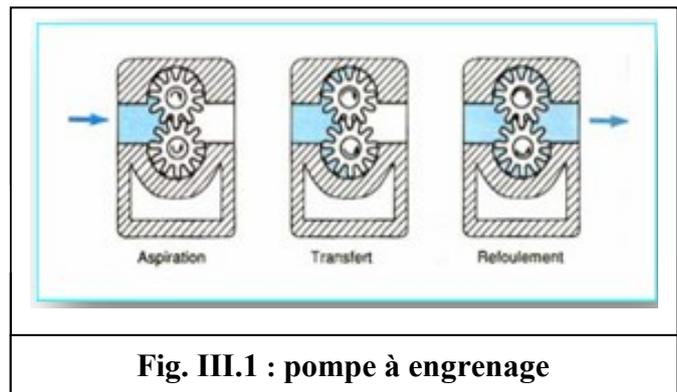


Fig. III.1 : pompe à engrenage

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

Avantages et inconvénients

| Avantages et inconvénients | |
|----------------------------|---------------|
| Avantages | Inconvénients |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bas <i>NPSH</i> requis. Débit régulier. • Pompe réversible. Un seul boîtier d'étanchéité. Étanchéité par tresse ou garniture mécanique. Possibilité d'une enveloppe de réchauffage. Seulement deux pièces en mouvement. | <ul style="list-style-type: none"> • pas de particules solides. • Vitesse et durée de vie fortement diminuées avec les produits abrasifs. • Maintenance assez difficile. |
|--|---|

b. Pompes volumétriques alternatives

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Les principaux types de pompes sont les suivants : à membrane ou à piston.

b.1 Pompes à piston

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

Elles peuvent être à double effet et dans ce cas, le piston est actif dans les deux phases, celles-ci étant à la fois phase d'aspiration et phase de refoulement. Cela permet un débit près de deux fois plus important et une régularité plus grande dans le refoulement.

On peut également associer plusieurs pompes à simple ou à double effet en les calant de manière à ce que leurs mouvements respectifs s'accordent harmonieusement. On arrive dans ce cas à augmenter nettement le débit et surtout sa régularité. Ces pompes ont généralement un fort pouvoir d'aspiration, et surtout permettent d'obtenir des pressions élevées.

| Avantages et inconvénients | |
|---|--|
| Avantages | Inconvénients |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pas de pièces en rotation, • d'où simplification de l'étanchéité. • fonctionnement sec sans dommage • bon rendement ($\geq 90\%$) | <ul style="list-style-type: none"> • Débit saccadé à fortes pulsations. • Vitesses assez faibles. • Accepte des viscosités assez faibles. |

III.4 Rôle de pompes de forage

Une pompe de forage est l'organe principal de la fonction Pompage. Elle permet d'aspirer le fluide des bacs à boue, et de le refouler dans le circuit hydraulique.

Les pompes utilisées dans le domaine pétrolier sont du type :

- triplex (3 pistons) Simple Effet.

- duplex (2 pistons) Double Effet.
- sextuplex (6 pistons).

Les pompes à boue sont les consommateurs principaux de la puissance fournie à l'installation de forage. La consommation de la puissance d'une pompe à boue atteint 80 % de la puissance totale de l'appareil de forage.

Aujourd'hui, le forage d'un puits profond s'effectue avec des pressions de 25 à 35 MPa développées à la sortie de la pompe à boue, le débit de la pompe, ou débit de forage est de 30 à 80 l/mn.

On utilise les pompes de forage dans le but d'assurer le débit nécessaire, et la pression voulue pour la circulation de la boue entre la pompe et le fond du puits et qui doit revenir à la surface.

B. Etude technologique de la pompe à boue BOMCO F-1600L

III.5 Description de la pompe à boue

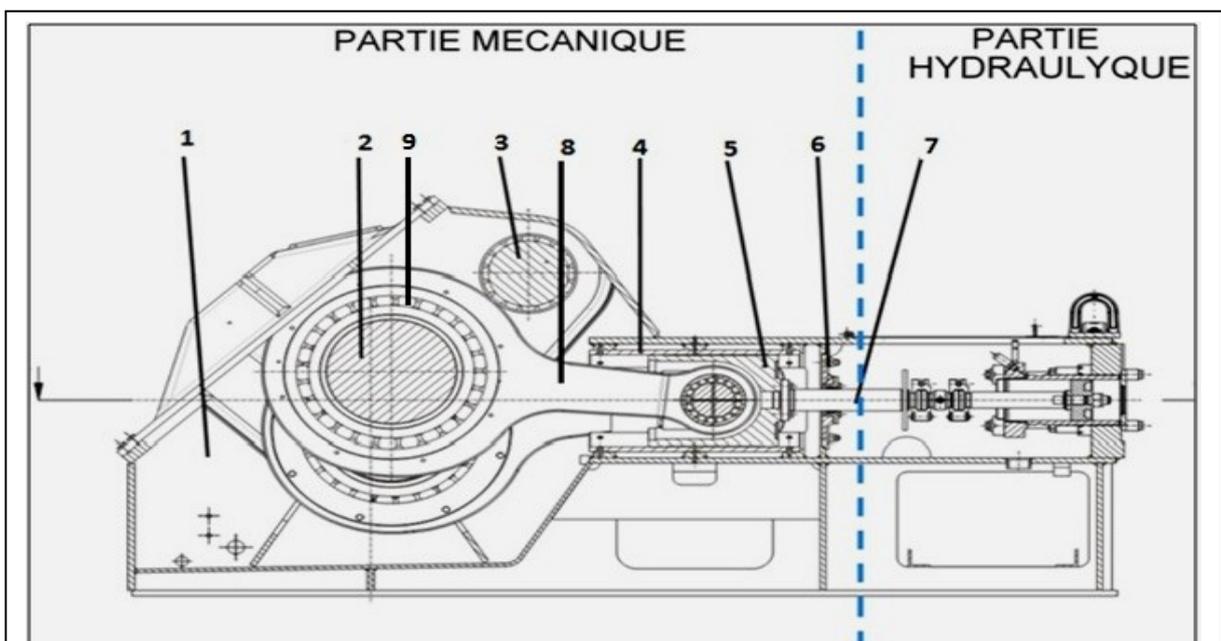
C'est une pompe volumétrique alternative à pistons, à mécanisme bielle manivelle, de type triplex à simple effet, pour ce type, les manivelles sont décalées à 120° , et comportent 03 clapets à l'aspiration, et 03 au refoulement. Elle est constituée de deux parties principales (voir : Fig. III.2) :

- partie Mécanique : Transmettre aux pistons de la pompe la puissance du moteur d'entraînement.
- partie Hydraulique : qui transforme le mouvement rotatif en un mouvement alternatif pour communiquer l'énergie au fluide de forage.

III.5.1 Partie Mécanique

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

Elle se compose des sous-ensembles suivants :



1- Le bâti d'engrenages

5- Le té renversé (CROSS) 9- roulements

2- le vilebrequin

6- la presse étoupe

3- L'arbre de commande principale 7- Le té renversé

4- Les glissières échangeables

8- La bielle

Fig. III.2 : Pompe à boue

a. Le Bâti

Le bâti d'engrenages est une construction à la soudure en modules en acier de haute résistance.

Le ski et le bâti sont généralement intégrés. Le bâti sert de carter pour l'huile de graissage où la lubrification est réalisée par barbotage. Il doit, donc être étanche et permettre un contrôle rapide du niveau, et une vidange facile de l'huile. L'étanchéité, côté rallonge de crosse est assurée par un boîtier de presse-étoupe et son joint.

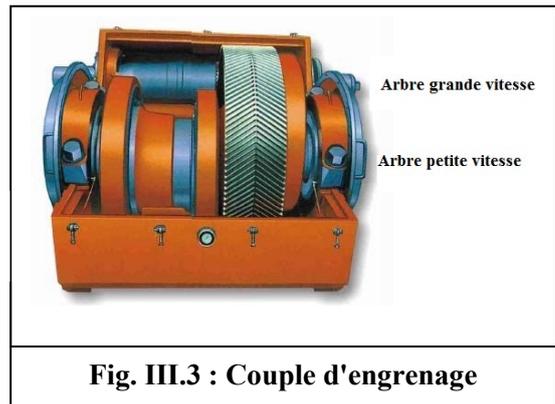


Fig. III.3 : Couple d'engrenage

b. Couple d'engrenage

(Voir : fig. III.3).

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

b.1. L'arbre grande vitesse

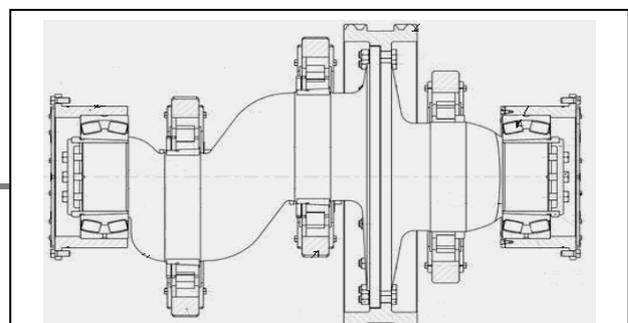
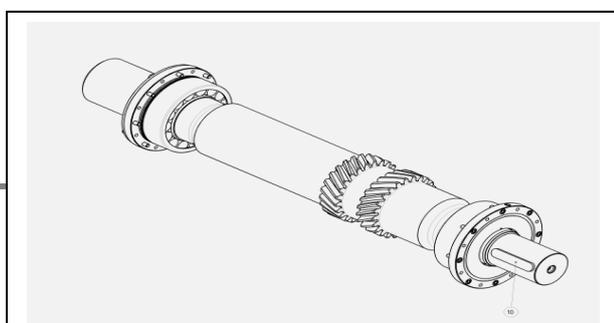
C'est l'arbre d'entraînement de la pompe, celui sur lequel sont accouplés les moteurs d'entraînement (voir : fig. III.3).

Cet arbre est supporté par deux paliers à roulements et entraîne, par l'intermédiaire du pignon à denture chevronnée, la roue dentée de l'arbre petite vitesse (vilebrequin).

b.2. Arbre petite vitesse

Cet arbre a une forme coudée (excentrique) pour permettre le décalage des courses des pistons dans les chemises, de 120° pour les pompes triplex.

La structure rigide du vilebrequin garantit une marche paisible et un bon engrènement au pignon d'arbre de commande.



c. Système bielle manivelle

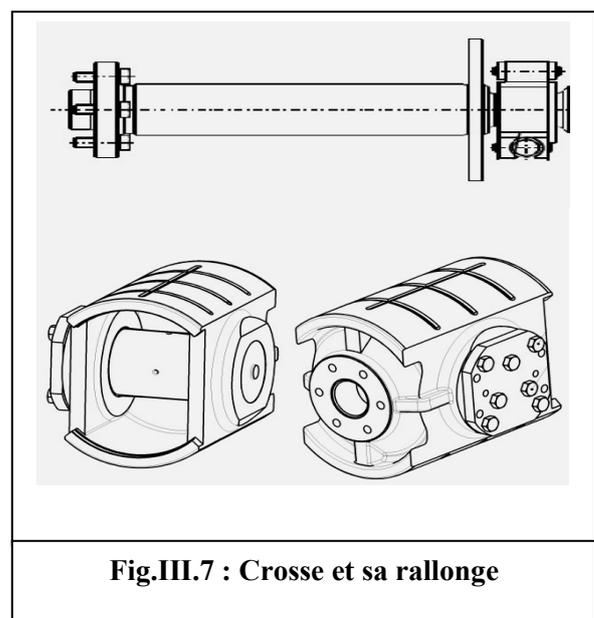
Il comprend généralement (voir : fig. III.6) :

- les manetons ou excentriques, calés sur l'arbre manivelle à 120 °.
- les bielles qui relient les manetons aux crosses, et glissent entre deux coulisseaux en forme de tuile.
- les crosses, qui sont les guides du mouvement rectiligne alternatif, reçoivent les rallonges de crosse sur lesquelles on fixera les tiges des pistons de la partie hydraulique.

La rallonge de crosse passera à travers un joint spi, qui a pour but d'éviter la sortie d'huile du carter, et l'entrée de la boue, ou d'eau à l'intérieur de ce carter. Les frottements internes des organes mécaniques de la pompe absorbent une partie de la puissance transmise à la pompe. C'est pour cela que le rendement mécanique est d'environ 0,9.

d. La crosse et la rallonge de crosse

La rallonge de crosse est vissée à la crosse et suit son mouvement (voir : Fig. III.7). La rallonge de crosse a deux fonctions principales, elle entraîne la tige de piston et forme l'étoupage de la chambre d'engrenages par rapport au bout liquide par la presse-étoupe de la rallonge de crosse qui, grâce à ses joints spéciaux et canaux de retour d'huile, permet un étoupage parfait. La rallonge de crosse est reliée à la tige de piston par un accouplement à raccord rapide formé de deux pièces.



e. Les roulements

e.1 Les roulements des bielles

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

- fiabilité des fonctions accrue.
- durée de service prolongée.

e.2 Les roulements des crosses

Ils 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 la charge radiale.

e.3 Les roulements de l'arbre grand vitesse

Ils sont des roulements à rotule sur rouleaux, et possèdent les avantages suivants :

- fonctionnement à faible température, et à vitesse relativement élevée.
- supporter des charges relativement importantes.
- grande longévité.

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

Roulements à rouleaux coniques, ils ont les avantages suivants :

- frottement largement réduit.
- capacité de charge accrue.

f. Système d'entraînement

La pompe est entraînée par (1) ou (2) moteurs électriques (CA / CC). Chaque moteur transmet sa puissance via un système d'entraînement à chaînes multiples sur l'arbre de commande principal. Ce dernier, complet avec pignon, se trouve via un engrenage à denture chevronnée en engagement direct au vilebrequin. La denture chevronnée permet une haute charge des dents dans le train d'engrenages entre arbre de commande et vilebrequin. La pompe peut être équipée d'un système d'entraînement à chaînes (voir : Fig.III.8.1), ou d'un système d'entraînement à courroies (voir : fig.III.8.2).

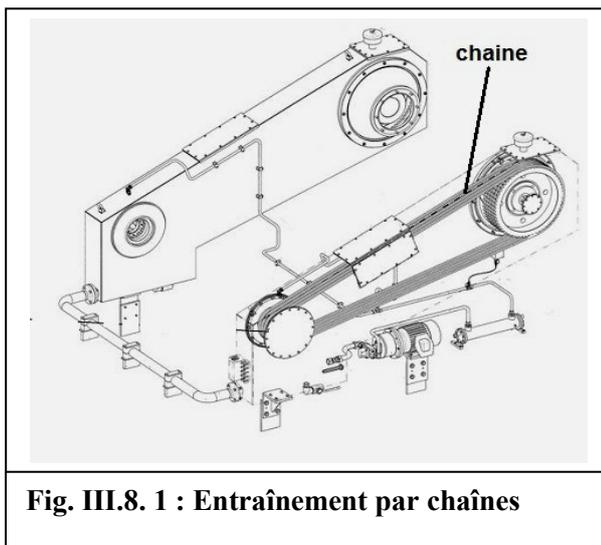


Fig. III.8. 1 : Entraînement par chaînes

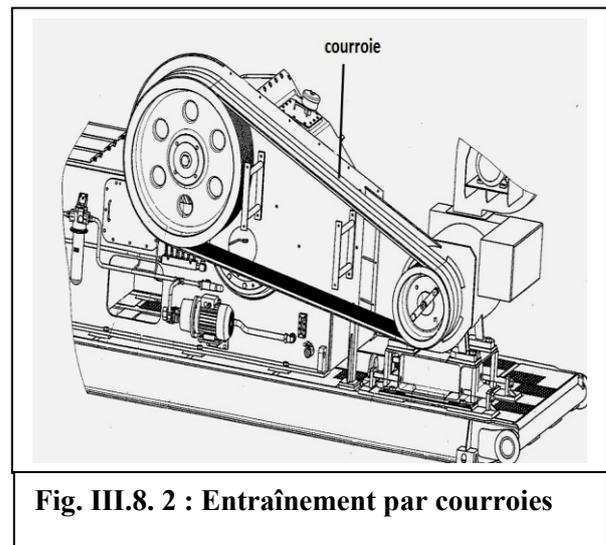


Fig. III.8. 2 : Entraînement par courroies

g. Système de lubrification

La longévité d'une pompe dépend de son mode de graissage, et de la qualité de lubrifiant. La pompe à boue triplex **BOMCO F-1600L** est munie d'une pompe à pignon à l'intérieur du carter. Cette pompe aspire l'huile de graissage (**TISKA 140**) du carter, et la refoule vers les organes à graisser (roulement, palier, glissière...etc.). La pompe de graissage est entraînée directement par la transmission de mouvement de rotation de la couronne, ainsi l'huile de graissage est acheminée dans la conduite à travers un filtre cartouche.

La transmission nécessite aussi une intensité de lubrification suite au travail des chaînes, et des pignons. Sa lubrification se fait à partir d'une pompe à pignon entraînée par un moteur électrique.

Cette pompe aspire l'huile (**TISKA 90**) à partir des cages (carter) des chaînes, et la refoule au-dessus des pignons, et au-dessus de la partie supérieure des chaînes.

Le carter de chaînes est muni d'un orifice fermé par un bouchon permettant de contrôler le niveau d'huile (indicateur de niveau).

III.5.2 Partie hydraulique

a. Le corps hydraulique

La pompe à trois corps de pompe identiques, et un piston à simple effet travaille dans chaque corps de pompe (voir : fig. III.9).

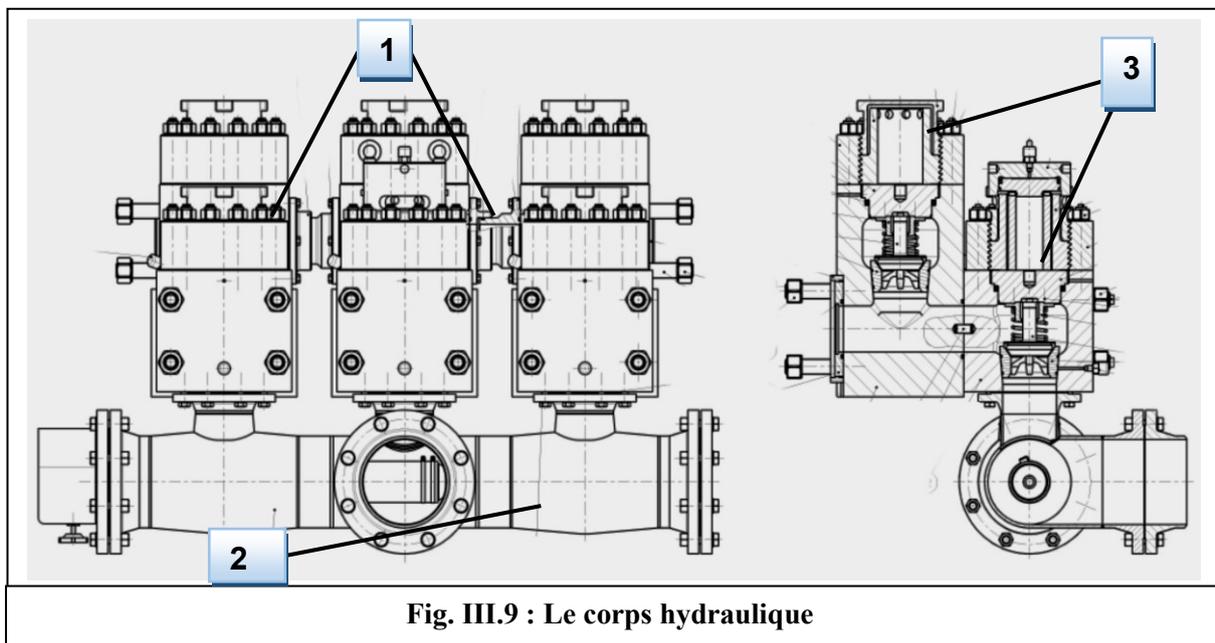
Le fluide est transporté par le piston qui, en alternance, attire le fluide dans la fourrure à la course d'aspiration et le refoule à la course de refoulement. La pression de décharge est déterminée par la résistance, qui est développée pendant le processus contre quoi la pompe travaille. La pompe produit

la pression constamment pour atteindre la résistance du système jusqu'à la pression maximum admise par la vanne de sûreté.

Si la pompe est opérée de manière sûre dans les limites de pression déterminées, la pression déclenchant la vanne de sûreté ne devrait jamais être atteinte.

Chaque corps de pompe comprend un carter à soupape de refoulement, et un carter à soupape d'aspiration. Le carter à soupape de refoulement est directement vissé au bâti de la pompe. Le carter à soupape d'aspiration est vissé au carter à soupape de refoulement. Le serrage hydraulique des divers carters de soupape se fait simultanément par quatre extenseurs de goujons, garantissant ainsi une charge absolument régulière du raccord vissé.

En état monté il y a une voie de fluide directe à partir du vérin, à travers le carter à soupape de refoulement au carter à soupape d'aspiration. Les soupapes commandées par ressort déterminent automatiquement la voie de flux requise. Pendant la course d'aspiration la soupape d'aspiration est ouverte et la soupape de refoulement est fermée. Ainsi, la pompe peut attirer le fluide hors de la conduite d'aspiration à basse pression. De cette manière la pompe peut transporter le fluide à la conduite de refoulement.



Les soupapes d'aspiration et de refoulement s'ouvrent et se ferment automatiquement, parce que la pression du fluide supporte le ressort de soupape ou travaille contre lui.

Les carters à soupape d'aspiration et de refoulement sont fabriqués d'acier à haute résistance, aux passages machinés soigneusement pour créer de bonnes caractéristiques de fluage et réduire les

charges au matériel aux points critiques. Les chambres de soupapes ont été conçues tellement qu'elles correspondent aux exigences pour l'installation de soupapes d'après API.

Les couvercles des soupapes d'entrée et de sortie **(3)** et tous les composants sont identiques en construction, et peuvent être inter-changés les uns les autres. Les couvercles de soupape sont également pourvus d'un extenseur de goujons hydraulique permettant le serrage ou le desserrage vite, et sûr des raccordements à bride.

Le raccordement des carters à soupape de refoulement entre-deux et leur étoupage se fait par raccord télescopique **(1)**. Une bride à raccord mâle est fixée à un bout du carter à soupape de refoulement. Une bride à raccord femelle est vissée à l'autre bout. Le raccordement se fait tout simplement en poussant les deux pièces télescopiques l'une dans l'autre. De cette manière les blocs peuvent être montés en série ainsi formant des arrangements multiples. Des joints identiques sont utilisés à l'interface du bloc à bride, et dans le raccordement télescopique. Les joints peuvent aisément être échangés parce que les raccords à bride télescopiques peuvent facilement être démontés en paire sans démonter les blocs de soupape.

Le distributeur de pression, qui peut être vissé à chacune des deux sorties du corps de pompe a plusieurs sorties. Le distributeur de pression peut être pourvu d'un tamis. Les trois raccords de décharge API 5000 / 7500 PSI du distributeur de pression sont la décharge haute pression, l'amenée à l'amortisseur de pulsations, et une fausse bride. La dernière sortie au corps de pompe est couverte d'un bloc, où le raccord de la soupape de surpression est installé. La pompe est fournie avec un distributeur d'aspiration **(2)**. Chaque carter à soupape d'aspiration est raccordé au distributeur d'aspiration, qui a une entrée à chaque bout et une entrée centrale. Ainsi, on réalise la flexibilité du raccord choisi à la conduite d'aspiration. L'entrepreneur ne doit que poser une seule conduite d'aspiration entre la pompe de chargement et le distributeur d'aspiration.

Le distributeur d'aspiration **(2)** est équipé d'un amortisseur d'aspiration. L'amortisseur d'aspiration comprend une vessie cylindrique sur la demi-longueur du distributeur, une soupape de remplissage et un manomètre. La vessie cylindrique est remplie préalablement de nitrogène par la soupape de remplissage à une pression de 50 % de la pression de décharge maximum de la pompe en charge.

b. Chemises

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

maintenues en place par des dispositifs, qui diffèrent légèrement suivant des constructeurs (voir :fig.III.10).

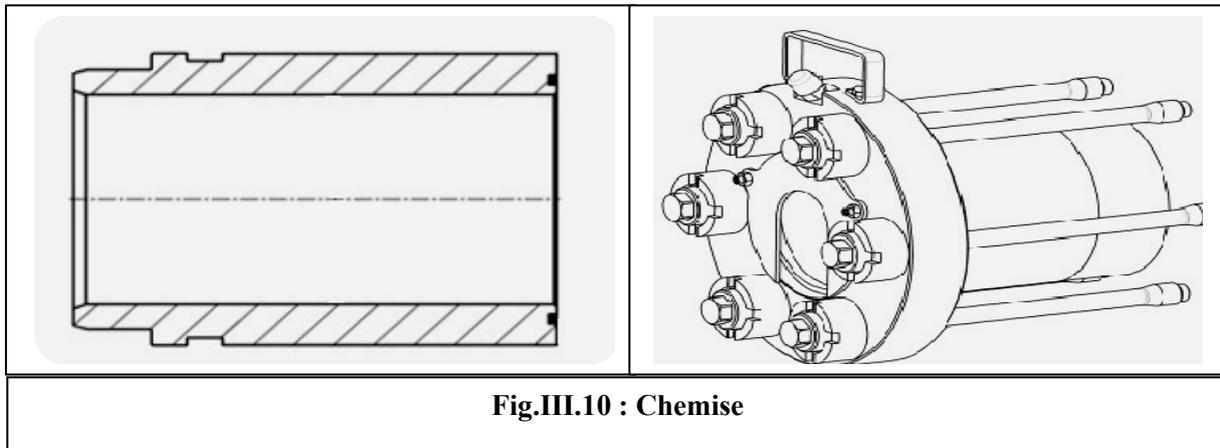


Fig.III.10 : Chemise

c. Le clapet et son siège

L'ensemble comprend le siège, et le clapet composé du corps, de la garniture, et de son système de fixation, un ressort de rappel et deux guides, l'un en haut et l'autre en bas. Le guide inférieur du clapet est à une ou plusieurs branches, ou simplement cylindrique en fonction du type de siège.



Fig. III.11 : Clapets et leurs sièges

L'étanchéité est assurée par une portée conique rectifiée du clapet et du siège, une garniture en caoutchouc complète l'étanchéité. Cette garniture se trouve soit sur le clapet, soit sur le siège.

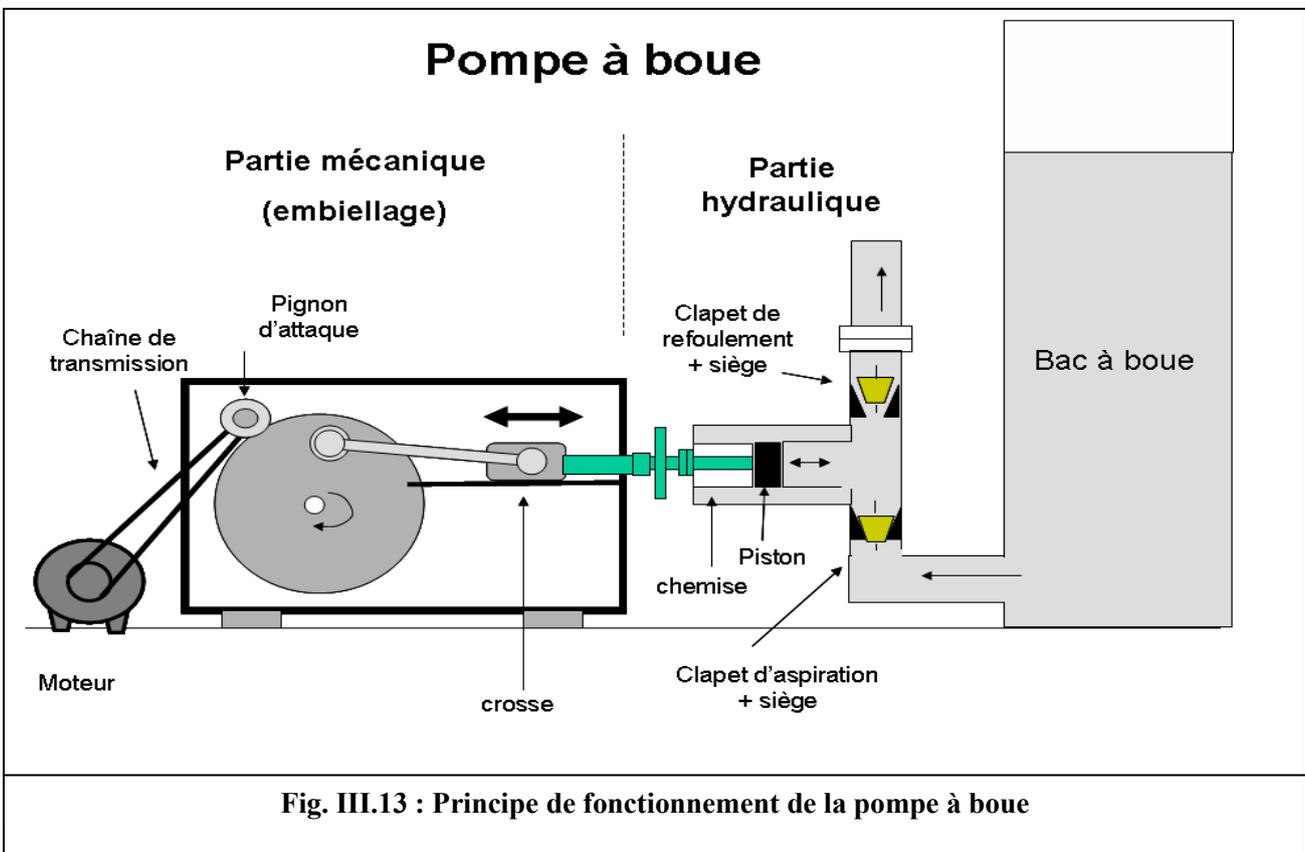
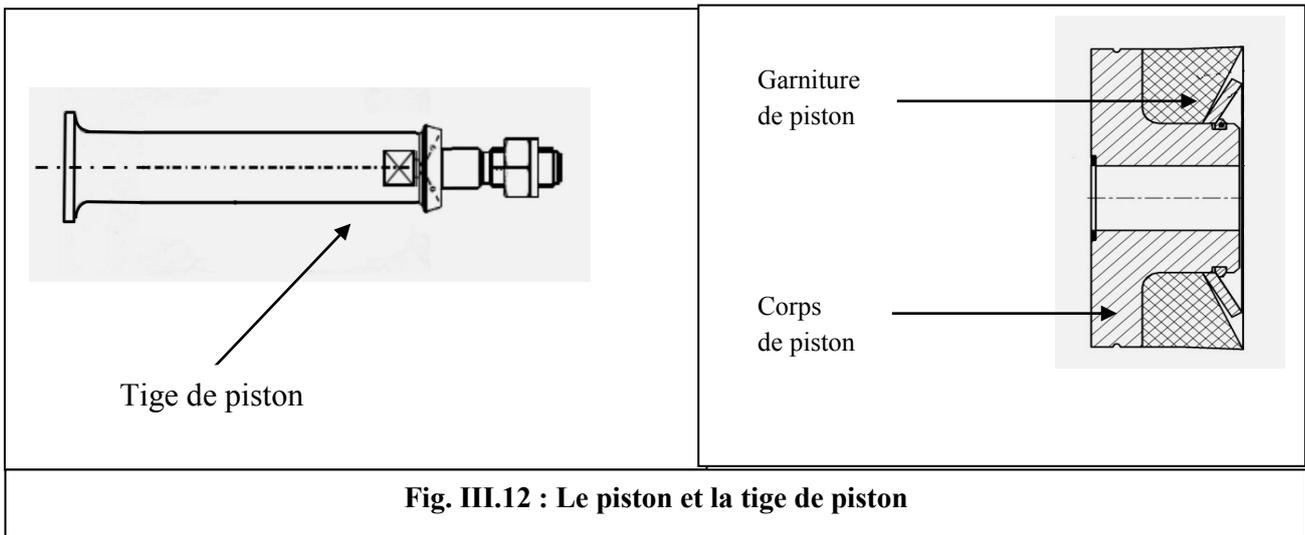
Le fonctionnement du clapet se fait par la différence de pression. Le ressort facilite le retour du clapet sur son siège.

d. 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 assurant la fixation sur le corps. Très simple et sans traitement, le corps du piston a un alésage cylindrique qui permet un montage et surtout un démontage aisé (voir : fig. III.12). (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.



e. Système de refroidissement

La partie hydraulique (le couple chemise – piston) nécessite un refroidissement intense suite au frottement, et à la chaleur dissipée. Pour cela la pompe à boue BOMCOF-1600Lest 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 continus sur l'ensemble chemise-piston. Ensuite l'eau va s'écouler dans un bac au-dessus de la partie hydraulique.

L'entraînement de la pompe se fait à l'aide d'un moteur électrique asynchrone, qui a les caractéristiques suivantes :

- puissance mécanique : 03ch
- fréquence : 60 HZ
- voltage : 460 V
- vitesse de rotation : 1735 tr/mn

III.6 Annexes de la pompe à boue

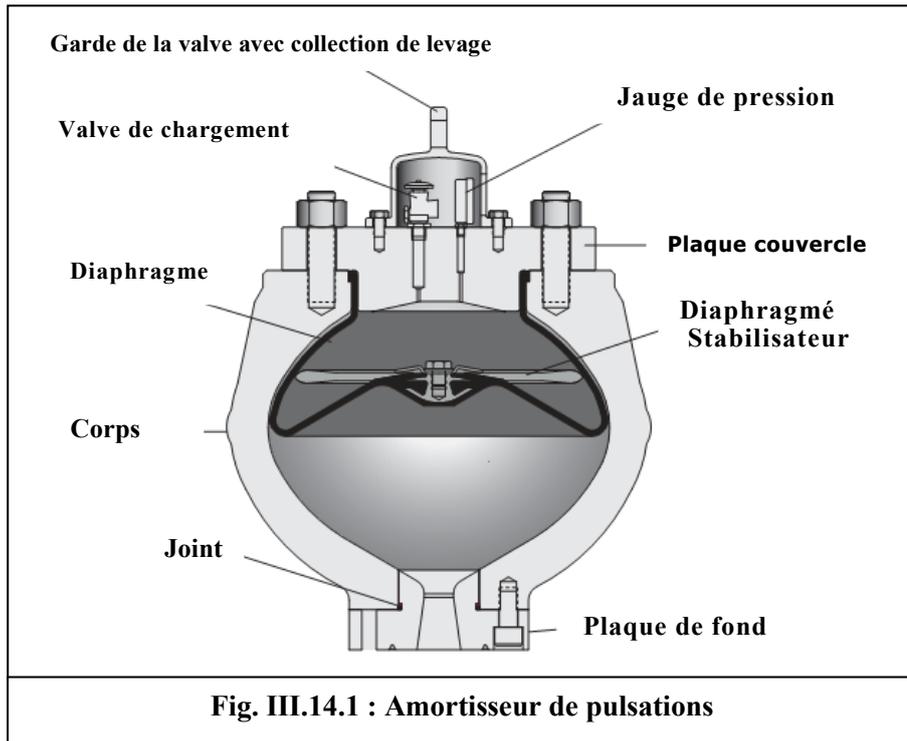
III.6.1 Amortisseur de pulsation

a. Sur le refoulement

Le débit instantané d'une pompe étant irrégulier, surtout pour les pompes duplex, il y a des variations de pression importantes, qui provoquent des vibrations, et des chocs néfastes sur la pompe et surtout le circuit de refoulement. Pour réduire ces effets, on équipe la pompe de forage d'un amortisseur de pulsations sur le refoulement, pré chargé à l'air, ou à l'azote à 25% de la pression maximale de service de la pompe (voir : fig. III.14.1).

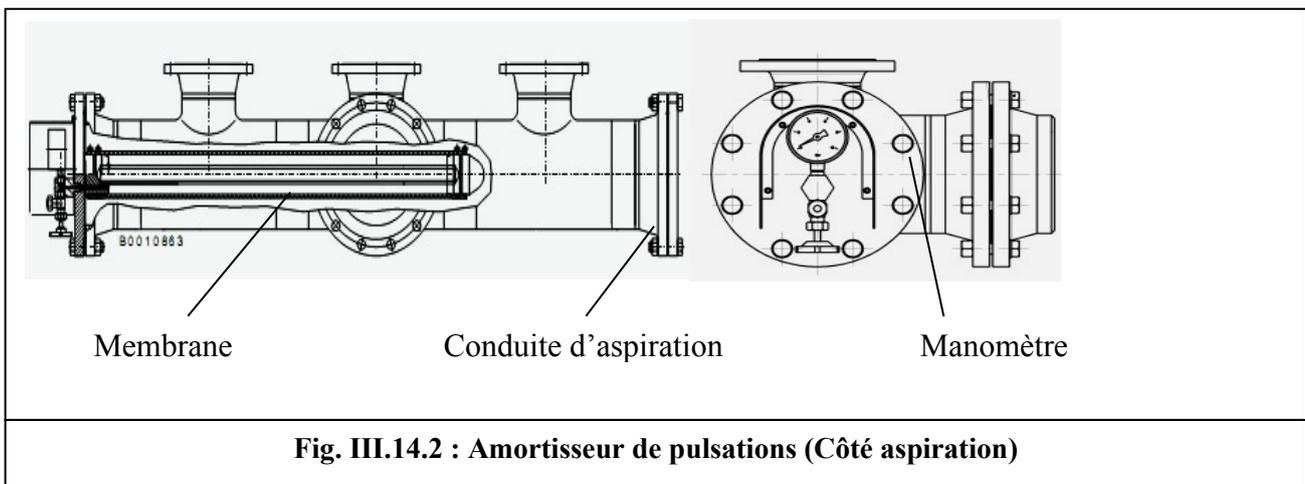
Lorsque la pompe travaille, la boue pénètre sous la membrane et la comprime.

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



b. Sur l'aspiration

Le mouvement des clapets d'aspiration crée une variation très rapide de la pression de la boue dans la conduite d'aspiration de la pompe triplex. On installe un amortisseur de pulsation sur l'aspiration, pour réduire ce phénomène (voir : fig.III.14.2). Cet amortisseur comprend une membrane séparant la boue en dessous de l'air au-dessus comprimé à 40 PSI. En fonctionnant normalement, le dessus de la membrane apparaîtra dans l'axe du regard de contrôle.



III.6.2 Les soupapes de sécurité

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

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

- soupapes de décharge à ressort (voir : fig. III.14.3).
- soupapes de décharge à clou (voir : fig. III.14.4).
- soupapes de décharge à diaphragme ou à membrane.

Et leur principe de fonctionnement pour assurer la sécurité.



Fig. III.14.3 : Soupape à Ressort



Fig. III.14.4 : Soupape à Clou

III.7 Principe de fonctionnement et débit instantané

III.7.1 Principe de fonctionnement

Lorsque le piston se déplace vers la gauche, 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 droite, le clapet d'aspiration se ferme, le clapet de refoulement s'ouvre, la pompe refoule.

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

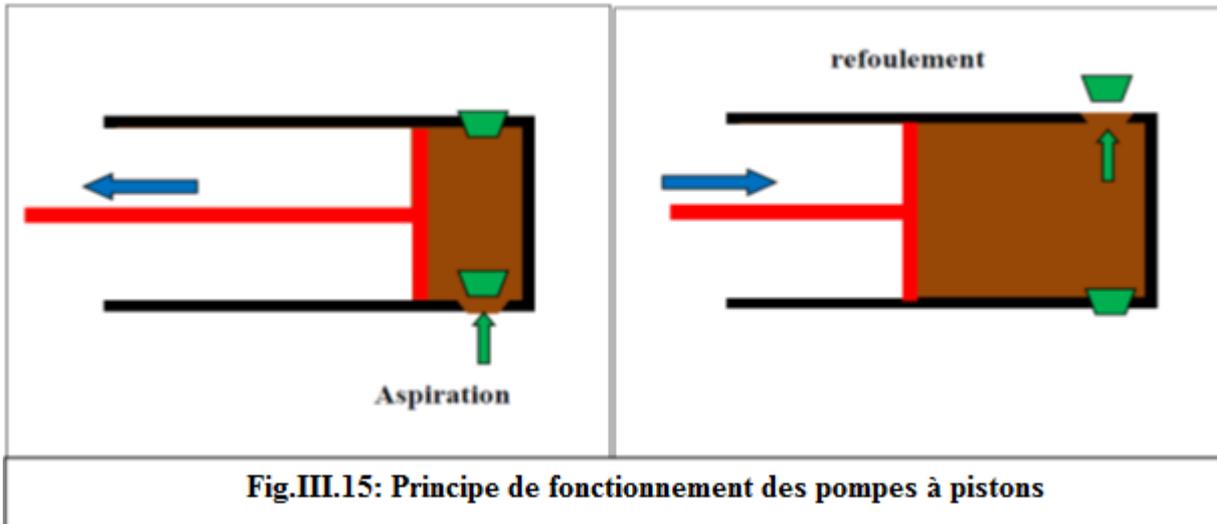


Fig.III.15: Principe de fonctionnement des pompes à pistons

III.7.2 Débit instantané

a. Débit instantané refoulé 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.

Dans chaque cylindre, le piston démarre avec une vitesse nulle, passe par une vitesse maximale au milieu, puis termine sa course avec une vitesse nulle. Il revient alors sur lui-même avec une vitesse qui suit la même évolution sinusoïdale.

b. Débit instantané de la pompe

Le débit instantané de la pompe est la somme des débits instantanés des cylindres, mais il dépend du mode de calage des pistons l'un par rapport à l'autre

Pour 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 débits relativement réguliers. L'aptitude de ces variations est par ailleurs faible. Elle impose malgré tout, l'utilisation d'amortisseur de pulsation sur le refoulement.

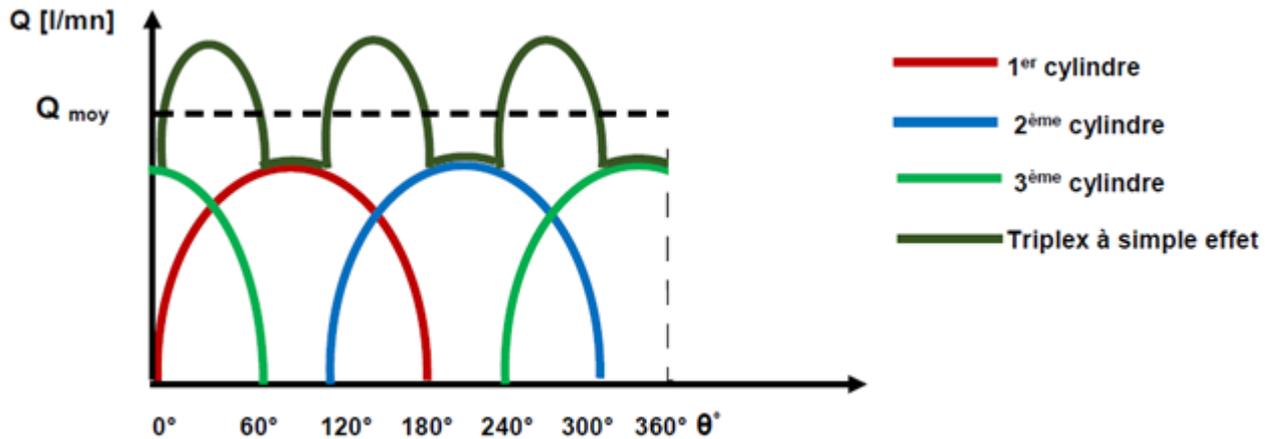


Fig.III.16: Débit instantané de la pompe triplex à simple effet

III.8 Particularité d'alimentation

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

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

III.8.1 Les pompes 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, qui communiquent au liquide qu'elle entraîne, une pression et une vitesse.

A la sortie de la roue l'énergie cinétique due à cette vitesse, est transformée en énergie potentielle (pression).

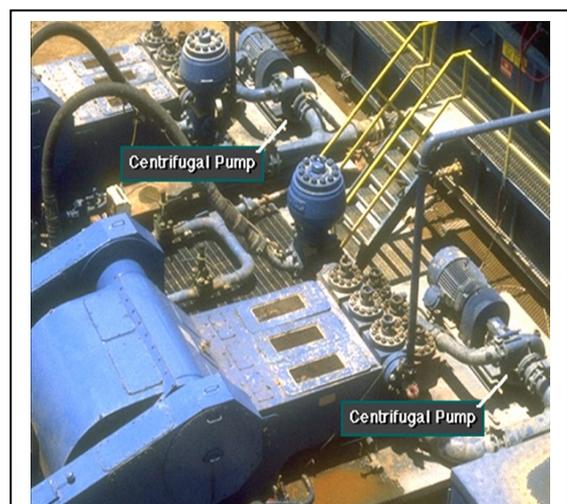


Fig.III.17 : Pompes de suralimentation

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-étoupes 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, qui a pour but de transformer en pression une partie de la vitesse communiquée au liquide par le rotor.

III.8.2 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 suffisantes 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 la puissance du moteur d'entraînement.

III.9 Caractéristiques des pompes de forage

Le rôle des pompes de forage 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 (pertes de pression) occasionnées par la circulation dans le circuit de refoulement en surface et donc le puits, d'autre part.

Les débits dépendent de la cylindrée (volume balayé par le piston pendant une course) et de la vitesse de la pompe (exprimée en nombre de coups de piston par minute).

Chaque pompe est de plus, caractérisée par sa puissance mécanique (puissance maximum admissible à l'entrée) et par sa pression maximum admissible. (Pression à ne pas dépasser en service sans risquer d'endommager la partie mécanique).

III.10 Avantages et inconvénients de la pompe triplex à simple effet

III.10.1 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.10.2 Les inconvénients

- suralimentation nécessaire à cause du mauvais remplissage. Il est donc indispensable d'avoir une bonne pompe centrifuge de suralimentation.
- refroidissement et lubrification de la chemise, et de l'arrière des pistons, indispensable pour toutes les pompes simple effet.

Du fait de l'importance de ce refroidissement, il est recommandé de doubler le circuit, c'est-à-dire de le brancher sur le circuit d'eau générale de l'appareil, pour le cas de défaillance de la pompe à eau.

III.11 Conclusion

Dans ce chapitre, on a décrit la pompe à boue, cette dernière possède deux parties (mécanique et hydraulique), ainsi que leurs composantes, ceci nous a conduit à connaître les organes et les différents éléments qui le composent. On fera ultérieurement des calculs de vérification, qui nous permettront d'analyser les caractéristiques et les performances de cet équipement.

IV.1 Choix de la pompe

Le choix des pompes est d'une grande importance pour assurer une circulation satisfaisante durant le forage des puits. Le choix consiste à déterminer à partir du programme de forage les paramètres principaux nécessaires pour la remontée des déblais et permettre un bon avancement de l'outil pendant toute la durée de forage. Ensuite, à partir de ces paramètres chercher la pompe correspondante par toutes les variétés des pompes existantes.

Le choix de la pompe se fait suivant deux paramètres importants :

- Le débit max qu'elle peut atteindre.
- La puissance maximale qu'elle peut développer pour atteindre ce débit.

On calcule la puissance de pompage pour chaque phase de forage. Puis on compare la puissance maximale de chaque phase avec la puissance de service des pompes en place.

a) La puissance mécanique pour chaque phase

La puissance d'entrée des pompes de forage est donnée par la formule suivant :

$$P_m = \frac{P_{ref} \cdot Q_r}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750} \quad [\text{HP}]$$

b) la puissance hydraulique pour chaque phase

$$P_{hr} = \frac{P_{ref} \cdot Q_r}{44750} = P_m \cdot \eta_m \cdot \eta_t \quad [\text{HP}]$$

Avec :

P_m : la puissance d'entrée des pompes pour fournir P_{ref} et Q_r [HP].

P_{ref} : la pression de refoulement en [KPa].

Q_r : le débit réel mesuré en [L/min].

η_m : Rendement mécanique interne de la pompe.

η_t : Rendement mécanique interne de la transmission.

Les calculs de la pompe comprennent :

- Le calcul de vérification.
- Le calcul hydraulique.
- Le calcul mécanique.

IV.2. Calcul de vérification

IV.2.1. Calcul des pertes de charge

IV.2.1.1. Les équations de pertes de charge utilisées en forage

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

- Frottement interne au fluide dû à sa viscosité.
- Frottement externe dû 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 $(3 \frac{1}{4})$.

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. ils 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 :

a. Les pertes de charge aux installations de surface

Le fluide de forage est supposé être du modèle **BINGHAM** avec un écoulement **turbulent** donc d'après le formulaire du foreur, les pertes de charge sont de la forme suivante :

$$P = N_1 \cdot B \quad \text{Avec} \quad B = d^{0,8} \cdot \mu^{0,2}$$

B : Coefficient correspond à la boue en circulation.

N_1 : Coefficient des pertes de charge.

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

μ : Viscosité en [cp].

b. Les pertes de charge dans les orifices de trépan

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

Avec :

Q_r : le débit réel mesuré en [L/min].

A : aire totale des duses en [in²].

C : coefficient d'orifice :

C=0,80 pour les outils sans jet.

C=0.95 pour les outils à jet.

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

$$P_{\text{int-gar}} = \frac{Q^{1,8} \cdot L \cdot B}{901,63 \cdot D^{4,8}}$$

Avec :

L : longueur en [m].

D : diamètre intérieur de la garniture [in].

d. Les pertes de charge dans l'espace annulaire

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

Avec :

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

IV.2.1.2. Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage

Tableau I.1 : Données de départ

| Trou foré | Diamètre (in) | phase 26" | phase 16" | Phase 12" ^{1/4} | phase 8" ^{1/2} |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------------|
| | Profondeur forée (m) | 482 | 1869 | 889 | 60 |
| Tubage | Diamètre exter (in) | 18 5/8 | 13 3/8 | 9 5/8 | 7 |
| | Poids linière (lb/ft) | 87,50 | 68,00 | 40,00 | 29,00 |
| | Diamètre inter (in) | 17,755 | 12,415 | 8,535 | 6,184 |
| | Longueur du tubage (m) | 482 | 2351 | 3240 | 3300 |
| Paramètre hydraulique de forage | Débit (L/min) | 3200 | 3000 | 2450 | 1700 |
| | Masse volumique (kg/L) | 1,05 | 1,25 | 2.02 | 1,45 |
| | Viscosité (cp) | 45 | 50 | 45 | 31 |
| Tige de forage | Diamètre exter (in) | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 |
| | Diamètre inter (in) | 4.778 | 4.778 | 4.778 | 3.5 |
| | Longueur (m) | 242 | 2111 | 3000 | 2700 |
| Tige lourde | Diamètre exter (in) | 5 1/2 | 5 1/2 | 5 1/2 | 5 1/2 |
| | Diamètre inter (in) | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Longueur (m) | 110 | 109 | 109 | 338 |
| Masse tige | Diamètre exter (in) | 8 | 8 | 8 | 6,5 |
| | Diamètre inter (in) | 2 13/16 | 2 13/16 | 2 13/16 | 2 13/16 |
| | Longueur (m) | 130 | 131 | 131 | 262 |
| Trépan | Nombre et dimension des duses | 3x 18/32) + 1x (13/32) | 9x 12/32) | 3x (19/32) + 6x (15/32) | 4x (16/32) |
| | Air totale des duses | 0.875 | 0.994 | 1.381 | 0.785 |

IV.2.2. Programme de calcul

Pour rendre les opérations de calculs de vérification facile et plus rapide, avec une grande précision, on a créé une application « Graphical User Interface » « GUI » avec MATLAB.

IV.2.2.1. Introduction à la programmation des interfaces graphiques

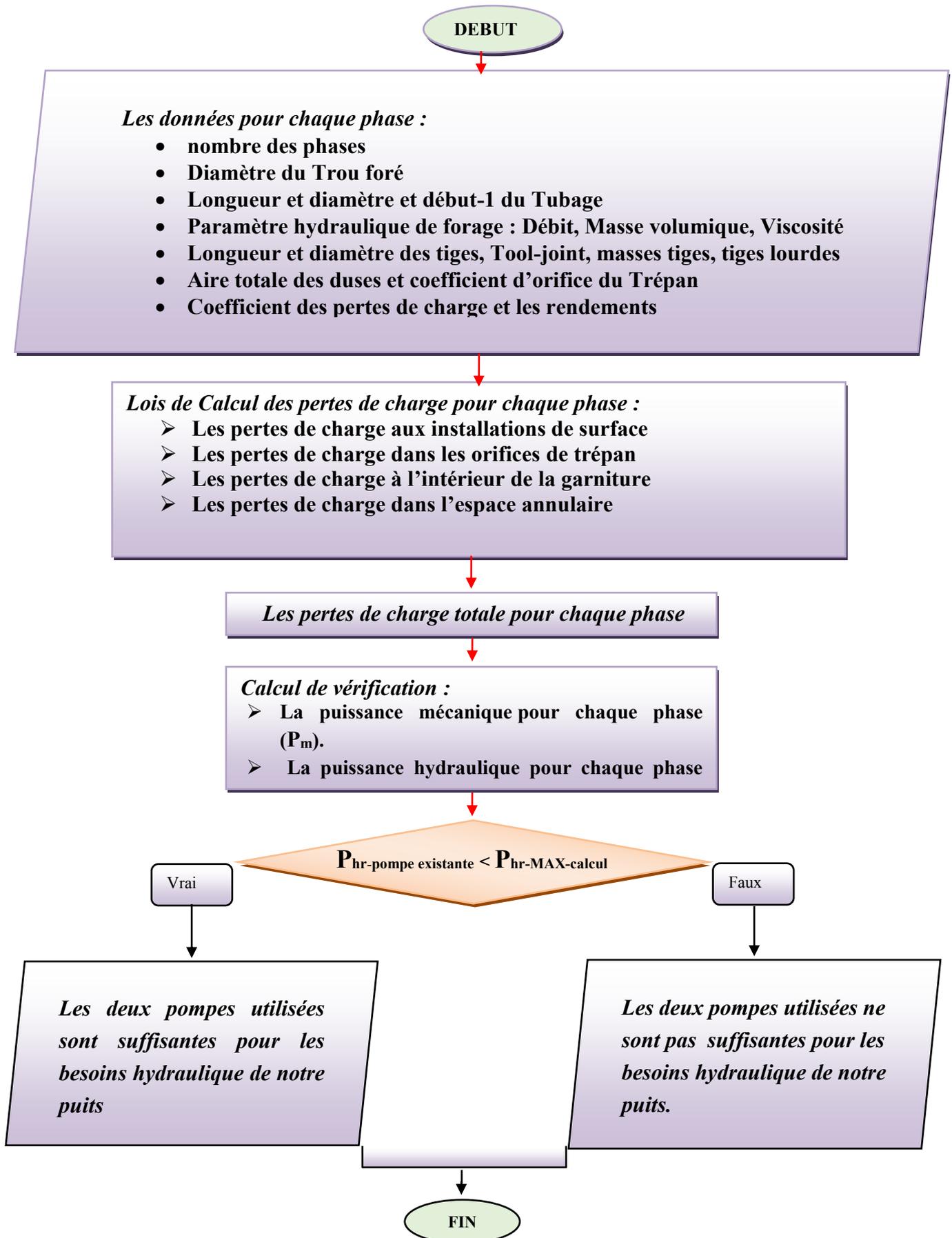
Les interfaces graphiques ou interfaces homme-machine, sont appelées GUI (Graphical User Interface) sous MATLAB. Elles permettent à l'utilisateur d'interagir avec un programme informatique, grâce à différents objets graphiques (boutons, menus, cases à cocher...). Ces objets sont généralement actionnés à l'aide de la souris ou du clavier.

Malgré le fait que, les interfaces graphiques semblent secondaires par rapport au développement du cœur d'une application, elles doivent néanmoins être conçues et développées avec soin et rigueur.

Leur efficacité et leur ergonomie sont essentielles dans l'acceptation et l'utilisation de ces outils par les utilisateurs finaux.

Une bonne conception et un développement maîtrisé permettent également d'en assurer une meilleure maintenabilité.

IV.2.2.2. Organigramme



1^{ère} étape

Démarrage de l'application

master
Données de départ:

| | | |
|---|--|--------|
| Nombre des phases | n : | np |
| Trou foré | Diamètre (m) | 1 1 |
| | Débit 1 (L/min) | 10 1 |
| Tubage | Diamètre inter (m) | 10 1 |
| | Longueur du tubage (m) | 10 1 |
| Paramètre hydraulique de forage | Débit (L/min) | 1 1 |
| | Masse volumique (kg/L) | 1 1 |
| | Viscosité (cp) | 1 1 |
| | Diamètre extér (m) | 1 1 |
| | Diamètre inter (m) | 1 1 |
| | Longueur (m) | 1 1 |
| Tige de forage | Longueur 1 (m) | 1000 |
| | Diamètre inter (m) | 1 1 |
| | Longueur (m) | 1000 |
| Tool-joint | Longueur (m) | 1000 |
| | Diamètre extér (m) | 1 1 |
| | Diamètre inter (m) | 1 1 |
| Tige lourde | Longueur (m) | 1 1 |
| | Diamètre extér (m) | 1 1 |
| | Diamètre inter (m) | 1 1 |
| Masse tige | Longueur (m) | 1 1 |
| | aire totale des dises en [m ²] | 1 1 |
| Trépan | coefficient d'orifice | 1 1 |
| Coefficient des pertes de charge | | 1 1 |
| Rendement mécanique interne | | 1 1 |
| Rendement de transmission | | 1 1 |



Université de Boumerdes
Boumerdes



جامعة الجزائر
الجزائر

Réalisé Par:

Bouali Hamza
Boukhadra oussama
BOUMERDES : 2015-20156
FHC (ex : IHH)
GROUPE MACP11

Exécuter

puissance mécanique [HP]

puissance hydraulique [HP]

Les pertes de charge aux installations de surface [KPa]

Les pertes de charge dans les orifices de trépan [KPa]

Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture [KPa]

Les pertes de charge dans l'espace annulaire [KPa]

Résultats:

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

Les pertes de charge totale [KPa] ???

2^{ème} étape Introduction des données du puits de départ, pour chaque phase.



Données de départ:

Nombre des phases n:

Exécuter

| | | |
|---|--|------------------------------|
| Trou foré | Diamètre (m) | [26 16 12.25 8.5] |
| | Débit 4 (L/min) | [0 3000 2450 1700] |
| Tubage | Diamètre inter (m) | [0 17.755 12.415 8.535] |
| | Longueur du tubage (m) | [0 482 2351 3240] |
| Paramètre hydraulique de forage | Débit (L/min) | [3200 3000 2450 1700] |
| | Masse volumique (kg/L) | [1.05 1.25 2.02 1.45] |
| | Viscosité (cp) | [45 50 45 31] |
| | Diamètre extér (m) | [5.5 5.5 5.5 5.5] |
| Tige de forage | Diamètre inter (m) | [4.778 4.778 4.778 3.5] |
| | Longueur (m) | [242 2111 3000 2700] |
| | Longueur-1 (m) | [xxx] |
| Tool-joint | Diamètre inter (m) | [3.25 3.25 3.25 3.25] |
| | Longueur (m) | [xxx] |
| Tige lourde | Diamètre extér (m) | [5.5 5.5 5.5 5.5] |
| | Diamètre inter (m) | [3 3 3 3] |
| | Longueur (m) | [110 109 109 338] |
| Masse tige | Diamètre extér (m) | [8 8 8 6.5] |
| | Diamètre inter (m) | [5.125 2.8125 2.8125 2.8125] |
| | Longueur (m) | [130 131 131 262] |
| Trépan | aire totale des duses en [m ²] | [0.875 0.994 1.381 0.785] |
| | coefficient d'orifice | [0.95 0.95 0.95 0.95] |
| Coefficient des pertes de charge | | [378 332 161 133.4] |
| Rendement mécanique interne | | [0.9 0.9 0.9 0.9] |
| Rendement de transmission | | [0.95 0.95 0.95 0.95] |

Réalisé Par:
 Bouali Hamza
 Boukhadra oussama
 BOUMERDES : 2015-20156
 FHC (ex : INH)
 GROUPE MACP11




puissance mécanique [HP]

puissance hydraulique [HP]

Les pertes de charge aux installations de surface [KPa]

Les pertes de charge dans les orifices de trepan [KPa]

Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture [KPa]

Les pertes de charge dans l'espace annulaire [KPa]

Résultats:

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

???

55

3^{ème} étape

Exécution et calcul de vérification de la pompe :

- Les pertes de charge totale pour chaque phase
- La puissance mécanique pour chaque phase (P_m)
- La puissance hydraulique pour chaque phase (P_{hr})

master

Données de départ:

Nombre des phases n.: **4**

| | | |
|------------------|---|------------------------------|
| Trou foré | Diamètre (in) | [26 16 12.25 8.5] |
| | Débit-1 (L/min) | [0 3000 2450 1700] |
| | Diamètre inter (in) | [0 17.75 12.415 8.335] |
| | Longueur du tubage (m) | [0 482 2351 3240] |
| | Débit (L/min) | [3200 3000 2450 1700] |
| | Masse volumique (kg/L) | [1.05 1.25 2.02 1.45] |
| | Viscosité (cp) | [45 50 45 31] |
| | Diamètre extér (in) | [5.5 5.5 5.5 5.5] |
| | Diamètre inter (in) | [4.778 4.778 4.778 3.5] |
| | Longueur (m) | [242 2111 3000 2700] |
| | Longueur-1 (m) | [229.9 2005.45 285] |
| | Diamètre inter (in) | [3.25 3.25 3.25 3.25] |
| | Longueur (m) | [12.1 105.55 150] |
| | Diamètre extér (in) | [5.5 5.5 5.5 5.5] |
| | Diamètre inter (in) | [3 3 3 3] |
| | Longueur (m) | [110 109 109 338] |
| | Diamètre extér (in) | [8 8 8 6.5] |
| | Diamètre inter (in) | [5.125 2.8125 2.8125 2.8125] |
| | Longueur (m) | [130 131 131 262] |
| | aire totale des disses en [m ²] | [0.875 0.994 1.381 0.785] |
| | coefficient d' orifice | [0.95 0.95 0.95 0.95] |
| | coefficient des pertes de charge | [378 332 161 133.4] |
| | Rendement mécanique interne | [0.9 0.9 0.9 0.9] |
| | Rendement de transmission | [0.95 0.95 0.95 0.95] |



Réalisé Par:
Bouali Hamza
Boukhadra oussama
BOUHENDES : 2015-2016
FHC (ex : INH)
GROUPE MACP4

Exécuter

Les pertes de charge aux installations de surface [KPa]

Les pertes de charge dans les orifices de troupan [KPa]

Les pertes de charge dans l'espace annulaire [KPa]

Résultats:

puissance mécanique [HP] [147.6425 1621.7284 1434.153 1260.0788]

puissance hydraulique [HP] [1261.6743 1386.5761 1226.2008 1077.3673]

Les pertes de charge aux installations de surface [KPa] [841.5613 867.8808 604.9918 356.8803]

Les pertes de charge dans les orifices de troupan [KPa] [5258.0027 4263.1185 2380.3665 2546.0925]

Tool-joint [212.60858 1938.7867 2750.7133 912.93547]

Tige de forage [635.320725 5793.51661 8219.73012 12153.6]

Tige lourde [2838.221 2940.0613 2935.2066 3356.4573]

Masse tige [7857.2354 4816.5832 4808.6298 3546.5296]

perte totale à l'intérieur de la garniture [11543.3857 15488.9478 18714.2798 19989.5]

Tubage / tiges de forage [0 6.0970989 264.30996 2465.2816]

Trou / tige de forage [0.36229626 48.886361 368.70634 2136.7292]

Trou / tige lourde [0.1646801 2.524729 13.39633 267.4668]

Trou / masse tige [0.2505722 5.623161 50.88235 618.0548]

perte totale dans l'espace annulaire [0.77554855 63.146348 697.29497 5487.5522]

Les pertes de charge totale [KPa] [17643.7272 20683.0935 22396.933 28360.6]

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

- 1^{ère} phase : $P_{TOT} = 17643.7272$ KPa
- 2^{ème} phase : $P_{TOT} = 20683.0935$ KPa
- 3^{ème} phase : $P_{TOT} = 22396.933$ KPa
- 4^{ème} phase : $P_{TOT} = 28360.111$ KPa

Nous remarquons que la perte de charge la plus importante est obtenue lors de la deuxième phase de forage, et la plus petite dans la dernière phase.

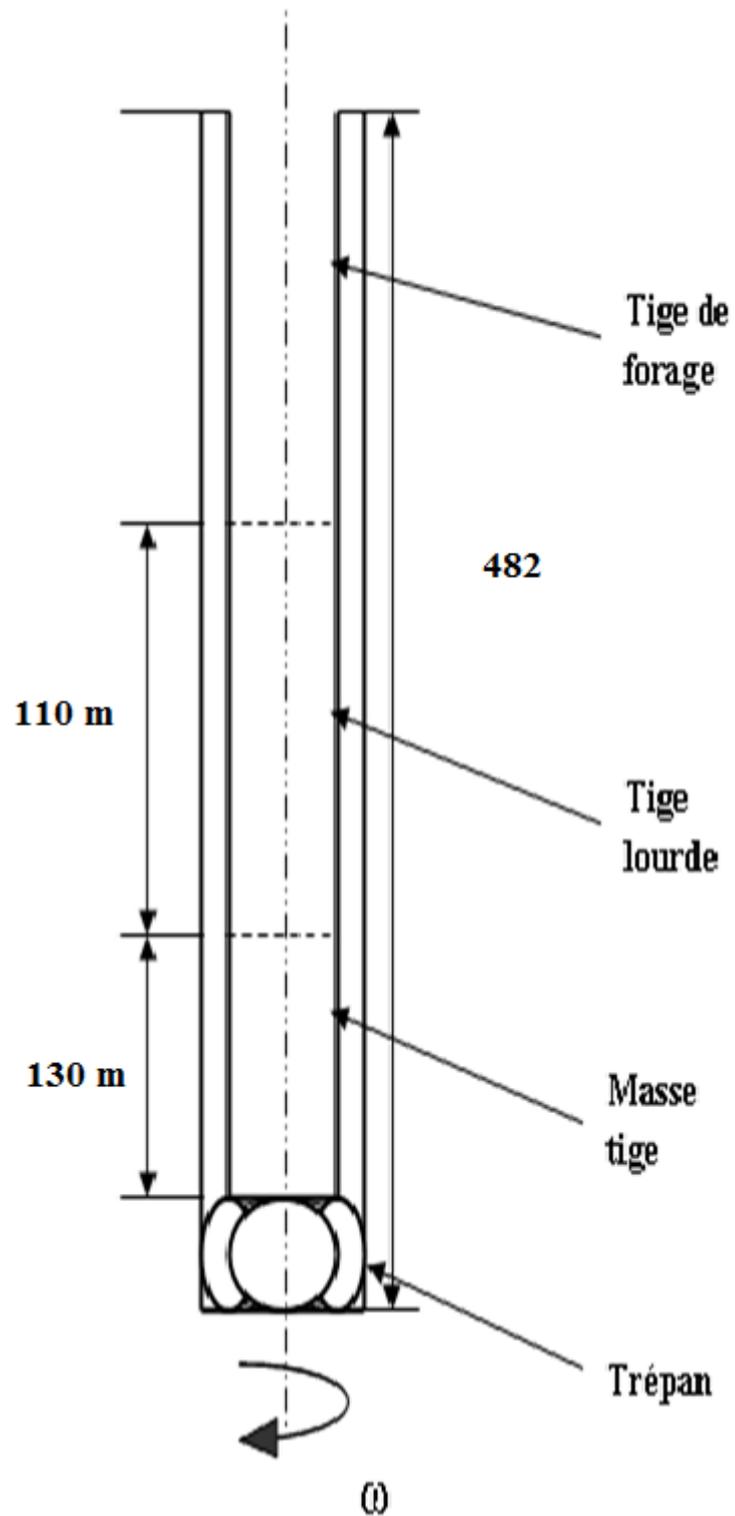
❖ Tableau N°2

Résultats de calcul :

| Phase | Débit | Puissance mécanique | | Puissance hydraulique | | Pression | |
|----------------------|---------|---------------------|----------|-----------------------|----------|----------|------------|
| | [L/min] | [HP] | [kwat] | [HP] | [kwat] | [Psi] | [bar] |
| 26 " | 3200 | 1475.6425 | 1101.225 | 1261.6743 | 941.548 | 2488.186 | 174.173016 |
| 16 " | 3000 | 1621.7264 | 1210.243 | 1386.5761 | 1034.758 | 2916.809 | 204.176639 |
| 12 "" ^{1/4} | 2450 | 1434.153 | 1070.263 | 1226.2008 | 915.075 | 3158.501 | 221.095094 |
| 8"" ^{1/2} | 1700 | 1260.0788 | 940.357 | 1077.3673 | 804.005 | 3999.451 | 279.961597 |

Conclusion

La puissance hydraulique maximale est de 1386.5519 HP, sachant que : $1386.5519 \text{ HP} \leq 1600 \text{ HP}$, ce qui implique que 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 **BOMCO F-1600L** à simple effet. Avec l'utilisation d'un groupe des pompes on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

➤ 1^{ère} Phase : (26 ")Fig.IV.1 : 1^{ère} phase de forage

➤ 2^{ème} Phase (16")

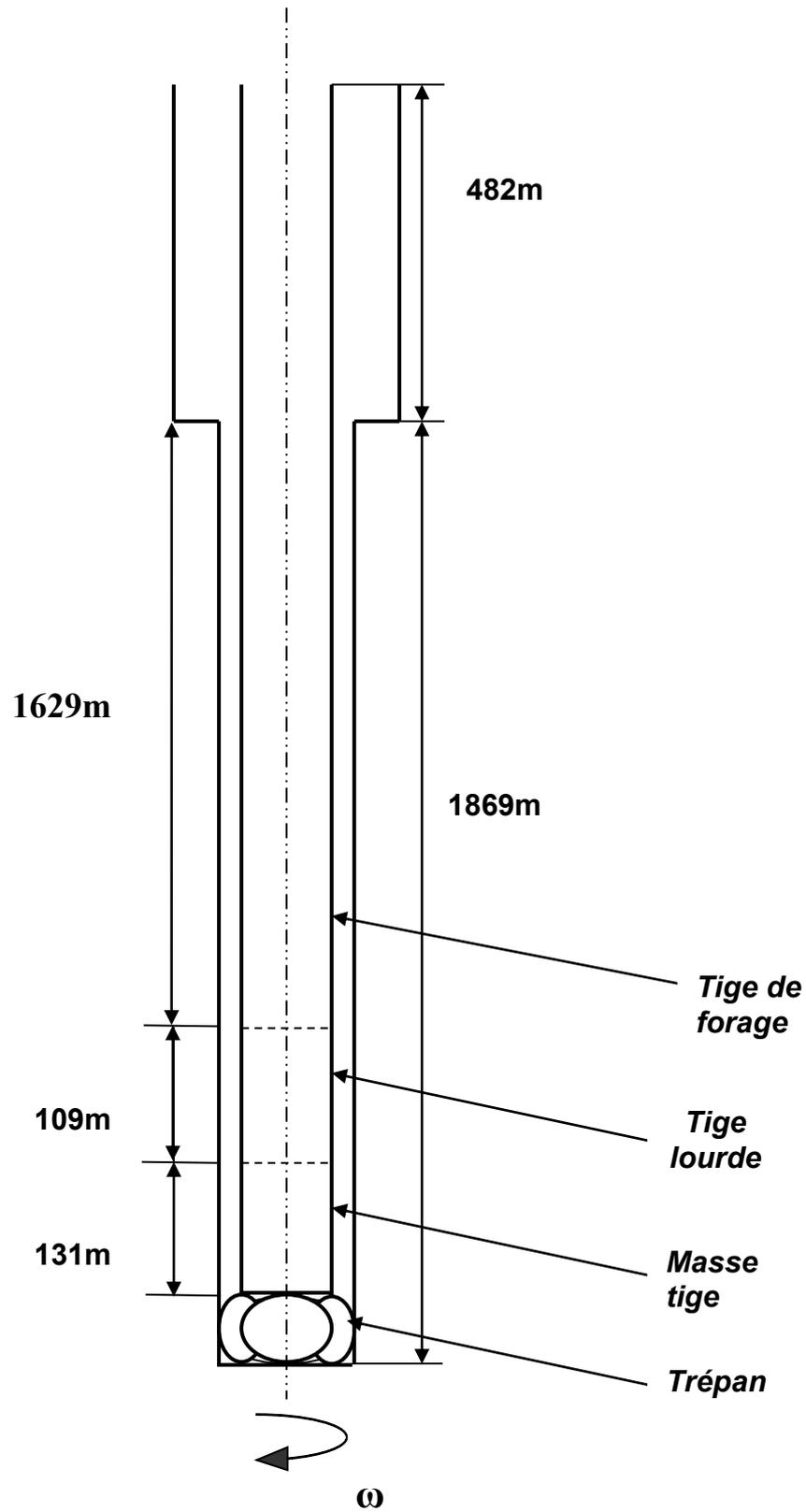
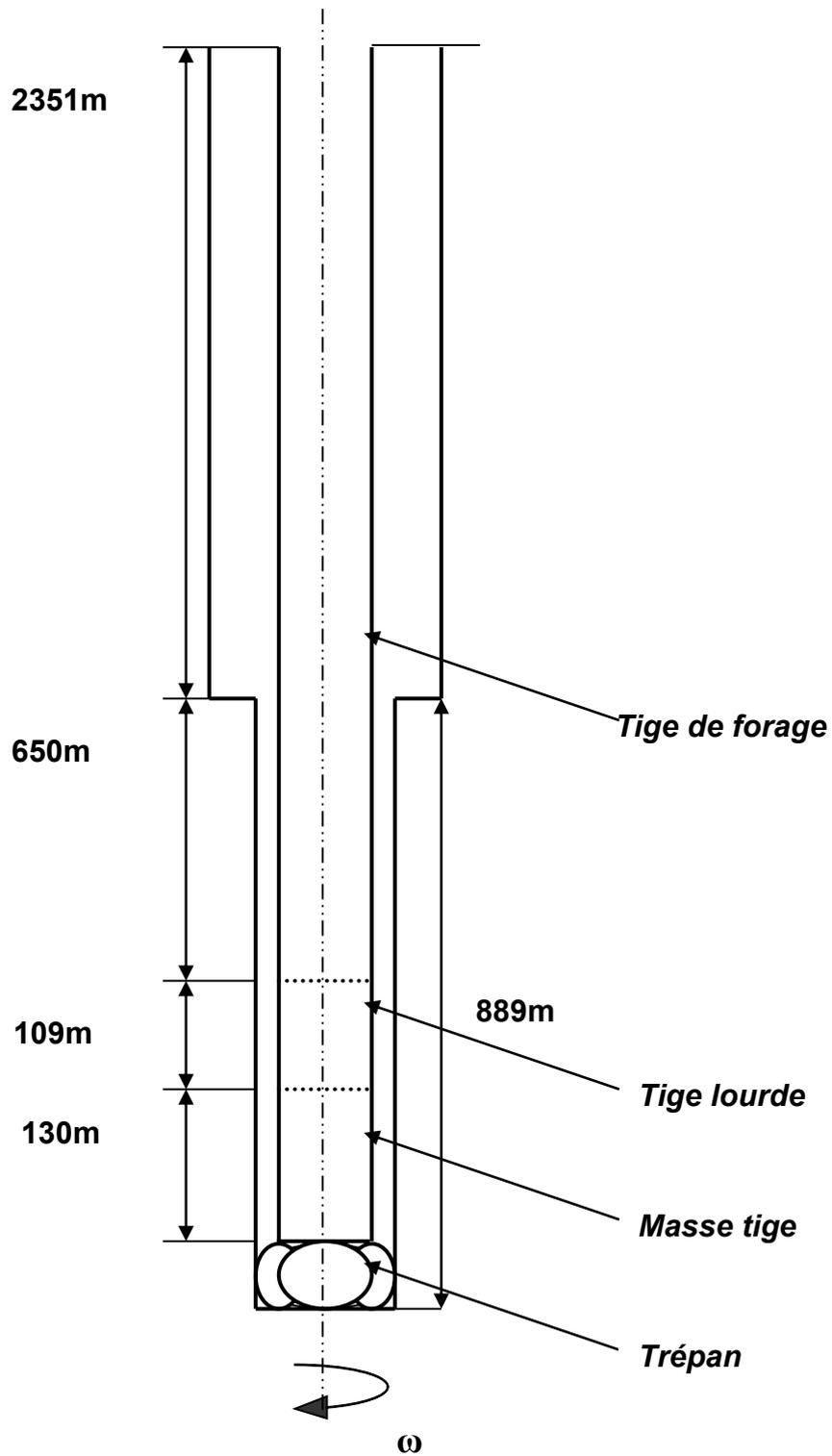


Fig.IV.2 : 2^{ème} phase de forage

➤ 3^{ème} Phase (12''^{1/4})Fig.IV.3 : 3^{ème} phase de forage

IV.3. Calcul hydraulique

Le calcul comprend :

- Calcul du diamètre de chaque chemise,
- Calcul du débit instantané,
- Détermination du volume de l'amortisseur de pulsation.

IV.3.1. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase

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

Avec :

D_i : Diamètre intérieur de la chemise [m] ;

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

Q_i : Débit de la boue de chaque phase [m³/s] ;

N : Nombre des coups par minute, **n =120 coups/min** (Nombre des coups Maximal de la pompe) ;

C : Course de piston, **C = 0,305 m** ;

α : Coefficient du débit de la pompe, **α = 0,90**.

➤ Première phase :

$$Q_1 = \frac{3200}{2} L / \text{min} = 1600 L / \text{min} = 0,0267 m^3 / s$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

$$D_1 = \sqrt{\frac{25,4 \times 0,0267}{0,9 \times 0,305 \times 120}} = 0,143 m \Rightarrow D_1 = 143 mm$$

➤ Deuxième phase :

$$Q_2 = \frac{3000}{2} L / \text{min} = 1500 L / \text{min} = 0,025 m^3 / s$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

$$D_2 = \sqrt{\frac{25,4 \times 0,025}{0,9 \times 0,305 \times 120}} = 0,138 m \Rightarrow D_2 = 139 mm$$

➤ Troisième phase :

$$Q_3 = \frac{2450}{2} = 1225L / \text{min} = 0,02042m^3/s$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

$$D_3 = \sqrt{\frac{25,4 \times 0,02375}{0,9 \times 0,305 \times 120}} = 0,125m \Rightarrow D_3 = 125mm$$

➤ Quatrième phase :

$$Q_4 = \frac{1700}{2} = 850L / \text{min} = 0,01416m^3/s$$

(Débit de la boue pour une seule pompe)

$$D_4 = \sqrt{\frac{25,4 \times 0,01416}{0,9 \times 0,305 \times 120}} = 0,104m \Rightarrow D_3 = 104mm$$

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

$$D_1 = 143 \text{ mm} \Rightarrow \mathbf{D_1 = 6''}$$

$$D_2 = 139 \text{ mm} \Rightarrow D_2 = 5''\frac{1}{2}$$

$$D_3 = 125 \text{ mm} \Rightarrow \mathbf{D_3 = 5''}$$

$$D_4 = 104 \text{ mm} \Rightarrow \mathbf{D_4 = 5''}$$

IV.3.2. Calcul du débit instantané

Le débit instantané est calculé en fonction de l'angle de rotation de l'arbre excentrique. Il est calculé pour chaque cylindre par la formule suivante :

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

Avec :

Q_{inst} : Débit instantané ;

S : La section maximale de la chemise ;

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

V_p : Vitesse du piston.

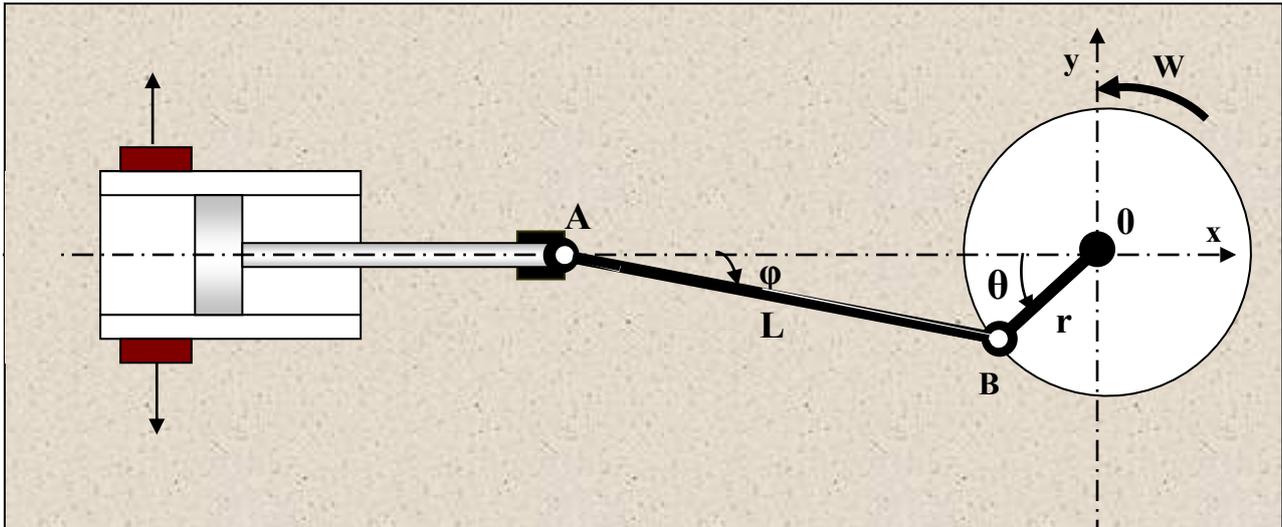


Figure.IV.5 : Mécanisme bielle manivelle

➤ **Calcul de la vitesse du piston**

Pour calculer la vitesse du piston on doit d'abord déterminer l'élongation X_p . Avec :

V_p : vitesse du piston ;

ω : La vitesse angulaire de la manivelle ; D'où : $\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \text{ rad / s}$

r : Rayon de la manivelle ; D'où : $r = \frac{C}{2}$

C : La course, $C = 305 \text{ mm}$

➤ **Détermination de l'angle φ :**

Une relation entre φ et θ s'obtient en projetant sur Ox le contour **OABO** :

$$AB \sin \varphi + OB \sin \theta = L \sin \varphi + r \sin \theta = 0$$

$$\Rightarrow \sin \varphi = -\frac{r}{L} \sin \theta \quad \text{Et} \quad \lambda = \frac{r}{L}$$

Donc: $\sin \varphi = -\lambda \sin \theta$ (1)

➤ **Elongation du piston $OA = X_p$**

x définit la position du piston pour une valeur donnée. Projetons sur Ox le contour **OABO**

$$X_p = r \cos \theta + L \cos \varphi$$

On sait que : $\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1$ c à dire : $\cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi}$

$$X_p = r \cos \theta + L(1 - \sin^2 \varphi)^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

On remplace l'équation (1) dans (2) on obtient :

$$X_p = r \cos \theta + L(1 - \lambda^2 \sin^2 \theta)^{1/2}$$

Mais :

$$(1 - \lambda^2 \sin^2 \theta)^{1/2} \text{ Peut s'écrire } (1 - \lambda^2 \sin^2 \theta)^{1/2} = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \theta$$

$$\text{Donc : } X_p = r \cos \theta + L \left(1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \theta \right)$$

$$\text{Ou encore, puisque : } \sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$$

$$\text{Donc : } X_p = r \cos \theta + L \left(1 - \frac{\lambda^2}{4} + \frac{\lambda^2}{4} \cos 2\theta \right)$$

✚ Nous savons calculer la vitesse du piston, elle s'obtient en dérivant l'élongation X_p par rapport au temps,

$$\text{Soit : } V_p = \frac{dx_p}{dt}, \text{ Notons que } \theta = \omega t .$$

$$\text{Il vient : } V_p = -\omega.r. \left(\sin \omega t + \frac{\lambda}{2} \sin 2\omega t \right)$$

Ou encore :

$$V_p = -\omega.r. \left(\sin \theta + \frac{\lambda}{2} \sin 2\theta \right)$$

Remarque : si la manivelle bielle était très longue par rapport à la bielle c'est-à-dire $\lambda = \frac{r}{L} \rightarrow 0$.

L'expression de la vitesse du piston devient très simple :

$$V_p = -r\omega \sin \theta$$

Donc :

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 120}{60} = 12.56(\text{rad} / \text{s})$$

$$r = \frac{c}{2} = \frac{0.305}{2} \Rightarrow r = 0,1525m$$

Par conséquent :

$$\Rightarrow V_p = -12,56 \times 0,1525 \sin \theta$$

$$V_p = -1,9154 \sin \theta [m/s]$$

➤ Calcul de la section du piston :

$$S_{\max} = \frac{\pi}{4} D_{\max}^2 \quad D_{\max} = 152.4mm$$

$$S_{\max} = \frac{3.14}{4} \cdot (152.4 \cdot 10^{-3})^2 = 0,0182m^2$$

$$S_{\max} = 0,0182m^2$$

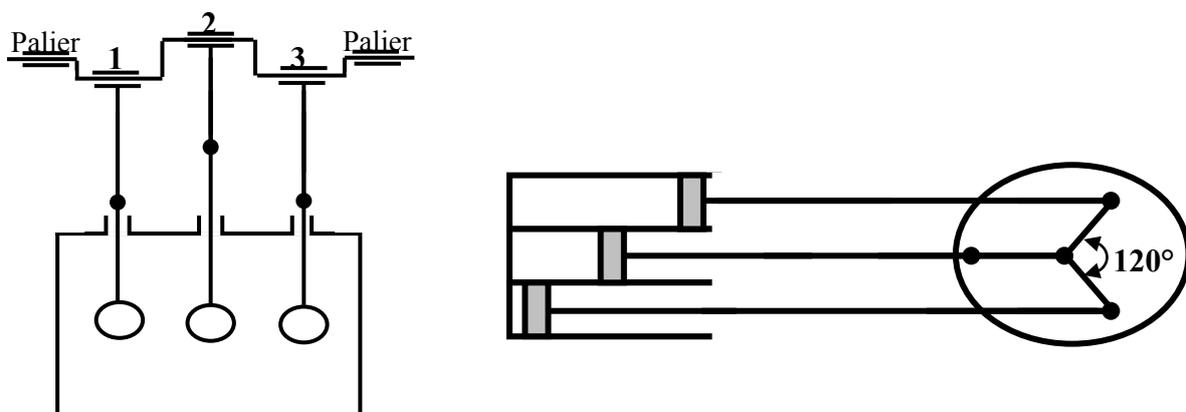
Il vient : $Q_{inst} = V_p \cdot S_{\max} \cdot \alpha$

$$Q_{inst} = -1,914 \cdot 0,0182 \cdot 0,90 \cdot \sin \theta$$

$$Q_{inst} = -0,0314 \sin \theta [m^3/s]$$

$$Q_{inst} = -31,4 \sin \theta [l/s]$$

Pour les pompes à boue à trois pistons plongeurs, les manivelles sont callées à 120° et chaque piston plongeur donne une courbe de débit instantané. Les trois courbes décalées à 120° se présentent alors comme l'indique la figure 6. En ajoutant les ordonnées de ces courbes nous obtenons la courbe de débit instantané global.



➤ Détermination des débits en fonction de θ qui varie de $(0 \text{ à } 2\pi)$ pour les trois pistons :

Fig.IV.6 : Décalage des pistons de la pompe à boue BOMCO F-1600L

| Angle de rotation (°) | Débit instantané [l/s] | | |
|-----------------------|------------------------|------------|------------|
| | Piston n°1 | Piston n°2 | Piston n°3 |
| 0 | 0 | / | 27.19 |
| 30 | / | / | 31,40 |
| 60 | / | 0 | 27,19 |
| 90 | / | 15,70 | 15,70 |
| 120 | / | 27,19 | 0 |
| 150 | / | 31,40 | / |
| 180 | 0 | 27.19 | / |
| 210 | 15,70 | 15,70 | / |
| 240 | 27.19 | 0 | / |
| 270 | 31,40 | / | / |
| 300 | 27.19 | / | 0 |
| 330 | 15,70 | / | 15,70 |
| 360 | 0 | / | 27.19 |

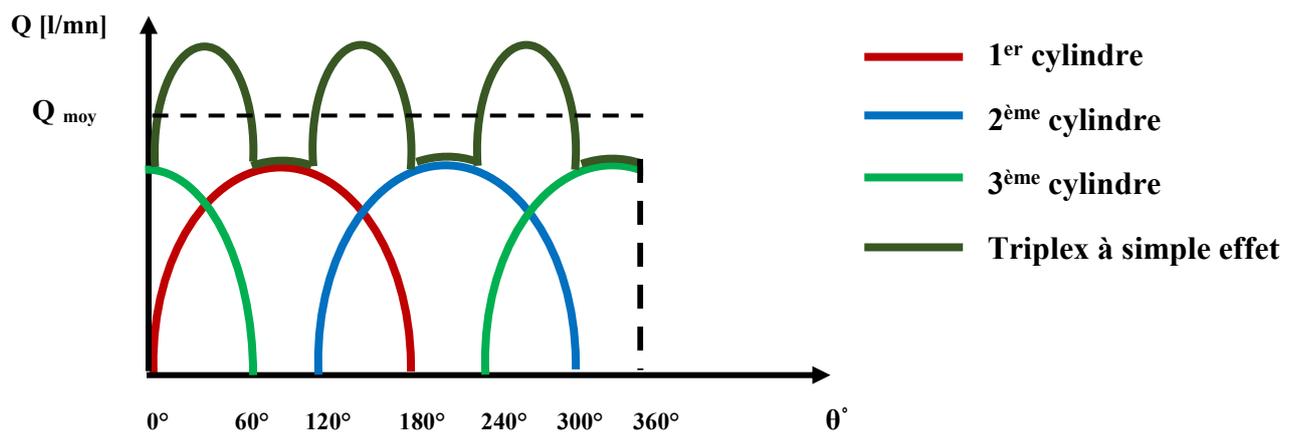


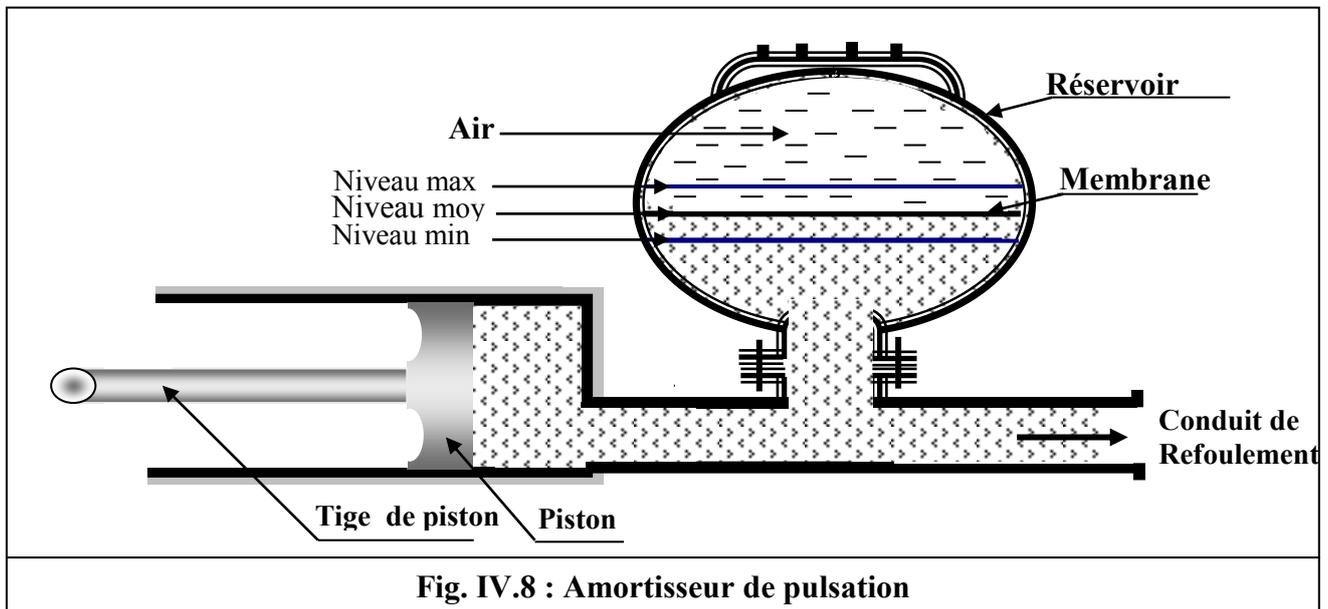
Fig. IV.7 : Courbe du débit instantané pour une pompe triplex à simple effet

IV.3.3. Calcul de l'amortisseur de pulsations

Les pompes à boue sont du type volumétrique alternatives, elles entraînent inévitablement une irrégularité du débit.

Un réservoir d'air est placé à la sortie de la pompe (voir figure IV.8). Au début de refoulement, l'augmentation brusque de la pression a pour conséquence, une élévation au niveau de la boue dans le réservoir et une compression supplémentaire de l'air. Le phénomène inverse se produit à la fin de refoulement.

Conséquence : Il y a régularisation du débit dans la conduite de refoulement. L'écoulement ne cesse pas à l'instant même, où le piston est au point mort haut, le réservoir continuant à débiter dans la conduite.



La compression dans l'amortisseur de pulsation est une transformation polytropique, mais pour simplifier le calcul, on suppose que la transformation est isothermique. $P.V=Cte$.

Soit : V_{moy} le volume moyen de l'air dans le réservoir. Nous appelons coefficient de régularité le rapport :

$$\delta = \frac{\Delta P}{P_{moy}} = \frac{\Delta V}{V_{moy}}$$

Pour l'exploitation normale des pompes munies des amortisseurs de pulsations, il est nécessaire de déterminer le volume de l'amortisseur assurant la régularité exigée de pression :

$\delta \leq 15\%$, pour notre cas $\delta = (0,0095 \div 0,02)$, on prend $\delta=0,011$.

$$V_{moy} = \frac{\Delta V}{\delta}$$

➤ **L'excès du liquide dans la cloche :**

Avec :

$$\Delta V = K \times S \times C$$

K : Coefficient de type de la pompe, pour les pompes triplex, $K = 0,009$;

C : La course du piston, $C = 0,305\text{m}$;

S : Section transversale du piston.

$$S = \frac{\pi \times D_p^2}{4} \quad S = \frac{3,14 \cdot (0,1524)^2}{4} = 0,0182\text{m}^2$$

$$\Delta V = 0,009 \times 0,0182 \times 0,305 = 0,00005004\text{m}^3$$

$$\Delta V = 0,05004\text{l}$$

➤ **Volume moyen :**

$$V_{\text{moy}} = \frac{\Delta V}{\delta} \quad V_{\text{moy}} = \frac{0,000050047}{0,011} = 0,00455\text{m}^3$$

$$V_{\text{moy}} = 4,55\text{l}$$

➤ **Volume réel :**

$$V_{\text{réel}} = \frac{3}{2} V_{\text{moy}} = \frac{3}{2} (4,55) = 6,82\text{L}$$

$$V_{\text{réel}} = 6,82\text{l}$$

IV.4. Calcul mécanique

Le calcul mécanique de la pompe à boue consiste à la vérification des dimensions des chemises, des tiges, ainsi que la résistance de ces pièces travaillant dans des conditions critiques.

IV.4.1. Calcul de la chemise à l'éclatement

Le calcul de la chemise consiste à la détermination des dimensions de la chemise et sa vérification à l'éclatement. Le corps de la chemise est conçu en acier XC70,

Donc : $[\sigma] = 489,6\text{ N/mm}^2$.

- Détermination du diamètre extérieur « D_{ext} » du calcul. Le diamètre extérieur de la chemise est calculé d'après la formule suivante :

$$D_{\text{ext}} \geq D_{\text{int}} \times \sqrt{\frac{[\sigma] + 0,4 \times P_{eh}}{[\sigma] - 1,3 \times P_{eh}}} [\text{mm}]$$

Où :

D_{ext} : Diamètre extérieur réelle de la chemise ; $D_{ext} = 185.2\text{mm}$

D_{int} : Diamètre intérieur de la chemise ; $D_{int} = 152.4\text{ mm}$

P_{eh} : Pression d'essai hydraulique ;

$$P_{eh} = K \times P_{max}$$

Où :

P_{max} : Pression maximale de service en bars : $P_{max} = 279.96\text{ bars}$

K : Coefficient de proportionnalité $K = (1,2 \div 5)$, on prend $K = 3$

Donc :

$$P_{eh} = 3 \times 279.96 = 839.88\text{bars} = 83.99\text{N/mm}^2 \quad P_{eh} = 83,99 \text{ N/mm}^2$$

On calcul D_{ext} :

$$D_{ext} = 152,4 \times \sqrt{\frac{489,6 + 0,4 \times 83,99}{489,6 - 1,3 \times 83,99}} = 178,73\text{mm} \quad D_{ext} = 178,73\text{mm}$$

Ainsi on déduit l'épaisseur du calcul :

$$e_c = \frac{D_{extc} - D_{intc}}{2} = \frac{178,73 - 152,4}{2} = 13,16\text{mm} \quad e_c = 13,16\text{mm}$$

Si on prend les données réelles, on tire le déplacement entre les deux épaisseurs.

Calcul de l'épaisseur réelle :

$$e_r = \frac{D_{extc} - D_{intc}}{2} = \frac{185,2 - 152,4}{2} = 16,4\text{mm} \quad e_r = 16,4\text{mm}$$

On a : $e_c < e_r$

De là, on peut interpréter que notre chemise résiste bien à l'éclatement.

- **Détermination de la pression maximale de fonctionnement pour chaque chemise :**

Graphes représentant les plages d'utilisation des chemises les plus utilisés sur les chantiers de forage, l'épaisseur de calcul en fonction de la pression de service, sachant que l'épaisseur réel est constant (normalisé), on n'accepte que les pressions de service correspondantes à : $e_c < e_r$

Chemise 5"

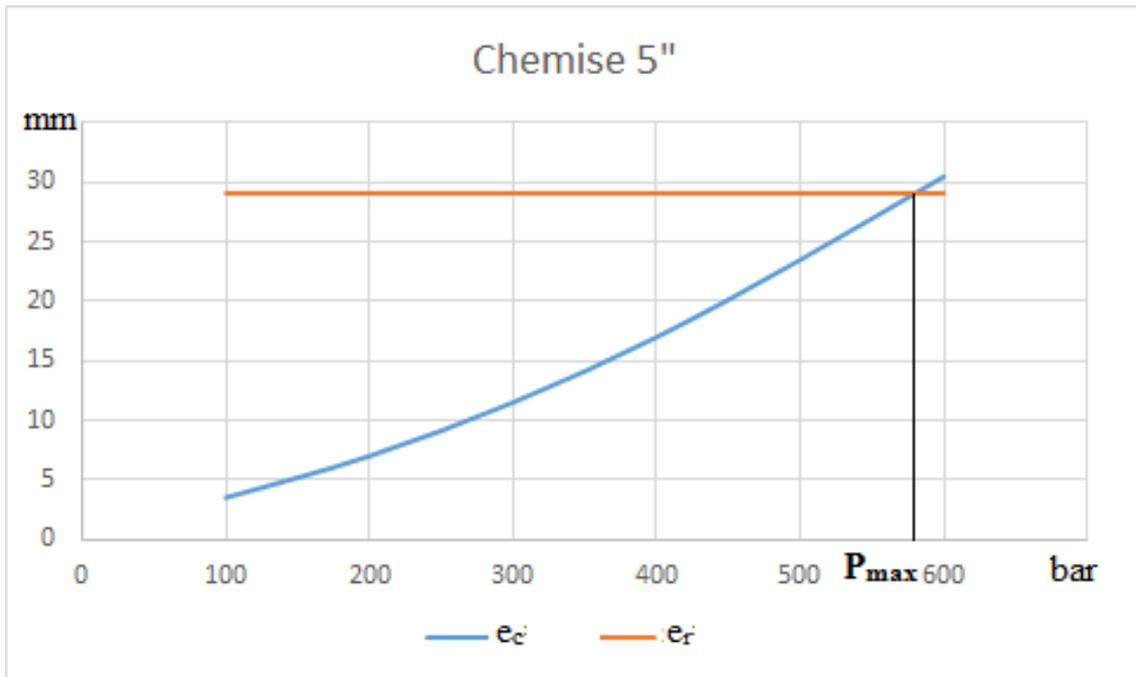


Fig.IV.9 : Graphe de l'épaisseur en fonction de la pression (chemise 5")

Chemise 5" ½

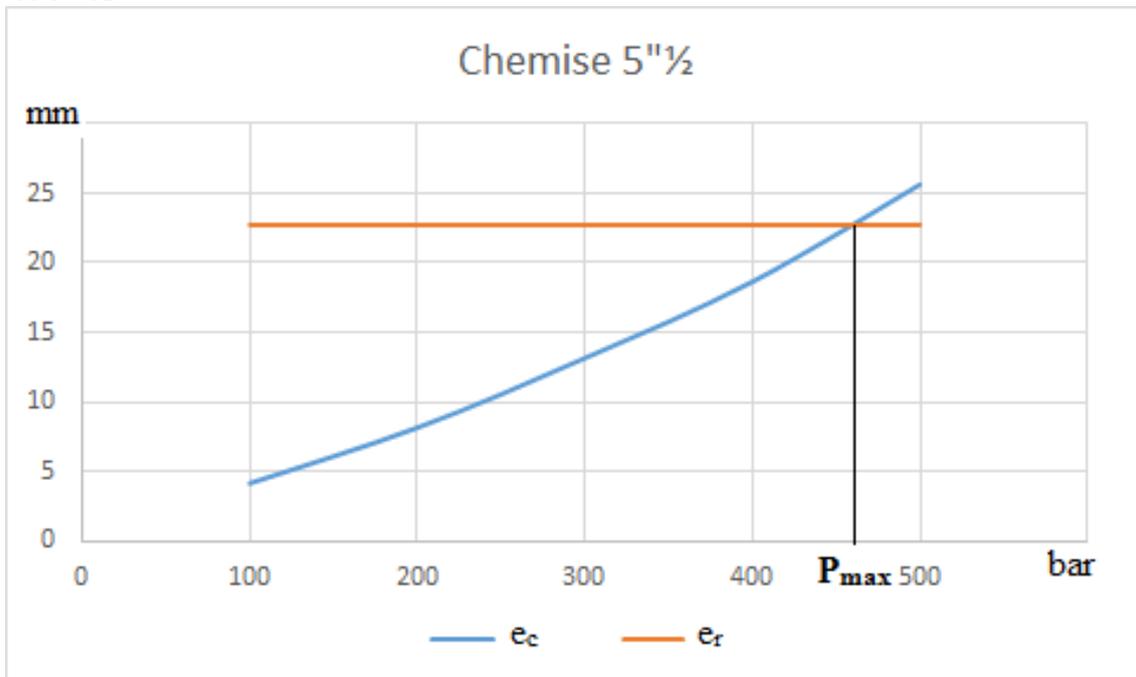


Fig.IV.10 : Graphe de l'épaisseur en fonction de la pression (chemise 5" ½)

Chemise 6"

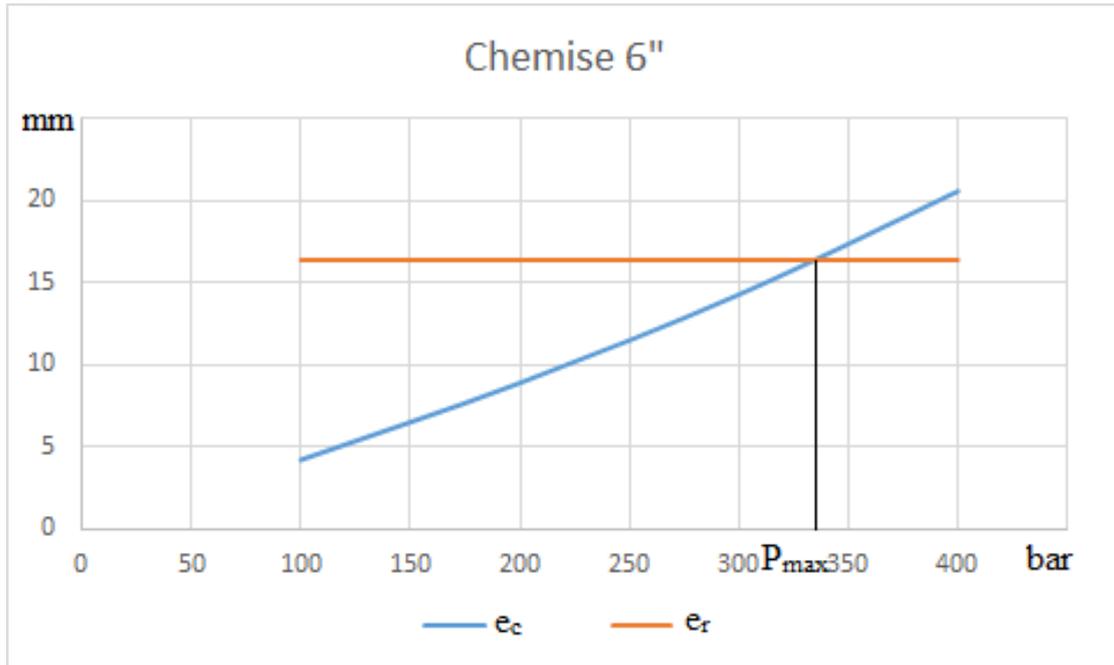


Fig.IV.11 : Graphe de l'épaisseur en fonction de la pression (chemise 6")

Chemise 6"½

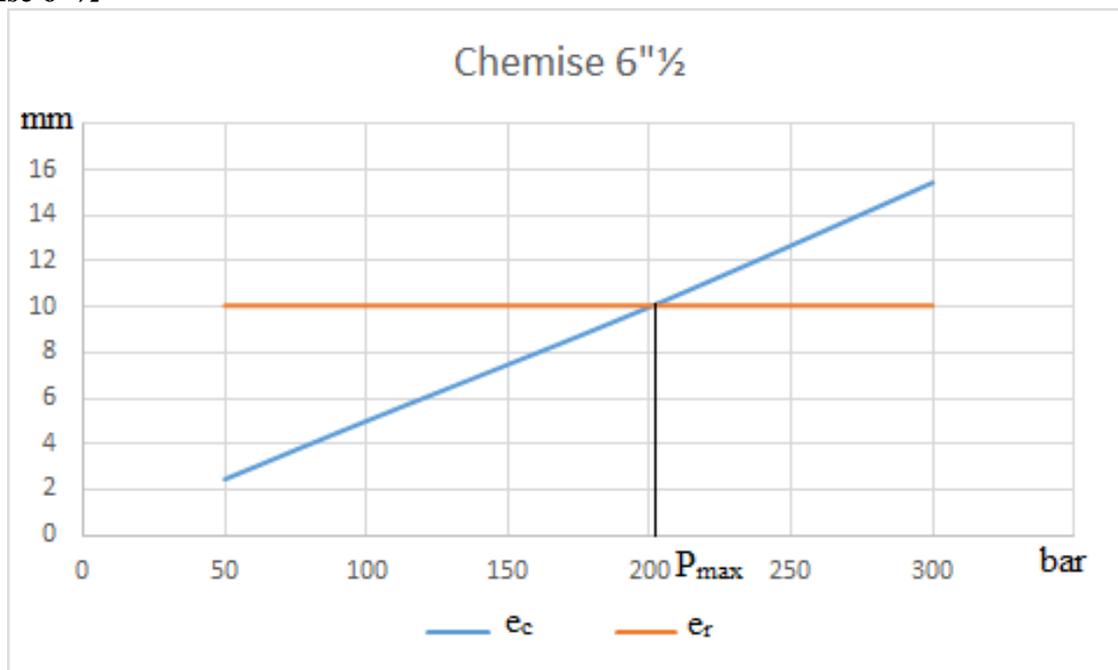


Fig. IV.12 : Graphe de l'épaisseur en fonction de la pression (Chemise 6"½)

❖ Nous citons les pressions maximales pour chaque chemise :

- Chemise 5" : $P_{Max} = 580$ bar.
- Chemise 5"½ : $P_{Max} = 460$ bar.
- Chemise 6" : $P_{Max} = 280$ bar.
- Chemise 6"½ : $P_{Max} = 200$ bar.

IV.4.2. Calcul de la tige de piston

Pendant le fonctionnement de la pompe de forage, la tige du piston est soumise à différents efforts à savoir :

- Effort de compression
- Effort de flambage de la tige.

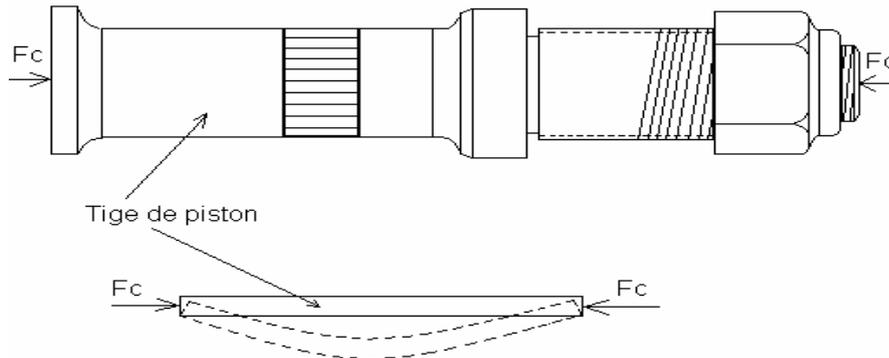


Fig.IV.9 : Tige de piston

a) Effort de compression

$$F_c = F_p + F_f \quad (\text{En Newton})$$

Où :

F_p : Force du piston

F_f : Force de frottement du piston

$$F_p = P_{\max} \times \pi \times \frac{D_p^2}{4} \quad (N)$$

$$P_{\max} = 279.96 \text{ bars} = 28 \text{ N/mm}^2$$

D'où :

$$F_p = \frac{28 \times 3,14 \times (152,4)^2}{4} = 510502 \text{ N}$$

$$F_p = 510502 \text{ N}$$

Et :

$$F_f = P_{\max} \times (\pi \times D_p \times L_p \times f_1) \quad (\text{Newton})$$

D_p : Diamètre du piston ; $D_p = 152,4 \text{ mm}$

L_p : Longueur du piston ; $L_p = 105$ mm

f_1 : Coefficient de frottement entre la chemise et le piston $f_1 = (0,06 \div 0,3)$, On prend $f_1 = 0,2$

Donc :

$$F_f = 28 \times (3,14 \times 152,4 \times 105 \times 0,2) = 281379.N \quad F_f = 281379N$$

Par conséquent :

$$F_{comp} = 510502 + 281379 = 791881N \quad F_{comp} = 791881N$$

Pendant le refoulement, la partie qui subit la compression est l'extrémité fileté des boulons de la tige sur la crosse, donc la section dangereuse au niveau de ce tronçon est calculée à la contrainte de compression.

$$\sigma_{comp} = \frac{F_{comp}}{S_t}, \quad \text{Où : } S_t \text{ Section de la tige}$$

$$D_t = 81 \text{ mm} \Rightarrow S_t = \frac{\pi \times D_t^2}{4} = \frac{3,14 \times (81)^2}{4} = 5150,385 \text{ mm}^2$$

$$S_t = 5150,385 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_{comp} = \frac{791881}{5150,385} = 153,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{comp} = 153,75 \text{ N/mm}^2$$

Pour la vérification de la résistance de la tige du piston à la compression, on compare la contrainte de compression réelle avec la contrainte admissible :

$$K_S = \frac{[\sigma]_{comp}}{\sigma} \Rightarrow [\sigma]_{comp} = K_S \times \sigma$$

K_s : coefficient de sécurité.

La tige du piston est de nuance 42CD4.

$$\sigma = 1230 \text{ N/mm}^2;$$

$$[\sigma]_{comp} = 0,36 \times 1230$$

$$[\sigma]_{comp} = 442,8 \text{ N/mm}^2$$

Alors : $\sigma_{comp} < [\sigma]_{comp}$ donc la tige résiste bien à la compression.

b) Effort de flambage

Le calcul consiste à déterminer l'élancement de la tige " λ " et la vérification des contraintes à celles admissibles.

$$\lambda = \frac{L}{r}$$

Où :

L : Longueur de la tige (L= 520mm) ;

λ : L'élancement de la tige ;

r : Rayon de giration qui est déterminé par la formule suivante :

$$r = \sqrt{\frac{I}{S_t}} \quad I = \frac{\pi \times d_t^4}{64}$$

D'où :

I : Moment d'inertie

d_t : Diamètre de la tige.

$$I = \frac{3,14 \times (81 \times 10^{-3})^4}{64} = 2,11 \times 10^{-6} m^4$$

$$I = 2,11 \times 10^{-6} m^4$$

Et :

$$S_t = \frac{\pi \times D_t^2}{4} = \frac{3,14 \times (81)^2}{4} = 5150,4 mm^2 = 5,1504 \cdot 10^{-3} m^2$$

Donc :

$$r = \sqrt{\frac{2,11 \times 10^{-6}}{5,1504 \times 10^{-3}}} = 0,020 m$$

$$r = 0,020 m$$

- Détermination de l'élancement " λ " :

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{520 \times 10^{-3}}{0,020} \Rightarrow \lambda = 26$$

$$\lambda = 26$$

En comparant λ avec (λ_{limite}) où ($\lambda_{\text{limite}} = 105$) nous trouvons que ($\lambda < \lambda_{\text{limite}}$)

Dans ce cas, on calcule la charge critique (σ_{cr}) sous laquelle la tige perd sa stabilité, par la formule de TETMAYER.

$$\sigma_{cr} = 3350 - 6,2\lambda \Rightarrow \sigma_{cr} = 3350 - (6,2 \times 26) = 3188,8 N / mm^2$$

$$\sigma_{cr} = 3188.8 \text{ N/mm}^2$$

Par comparaison entre (σ_{comp} et σ_{cr}) $\Rightarrow \sigma_{comp} < \sigma_{cr}$.

- Donc on peut conclure que la tige ne subit pas de flambage.

IV.4.3. Vérification par la méthode des éléments finis

IV.4.3.1 Etude de la résistance à l'éclatement de la chemise

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| Nom d'étude | Etude 1 |
| Type d'analyse | Analyse statique |
| Type de maillage | Maillage volumique |
| Effets thermiques | Activé(e) |
| Température de déformation nulle | 298 Kelvin |

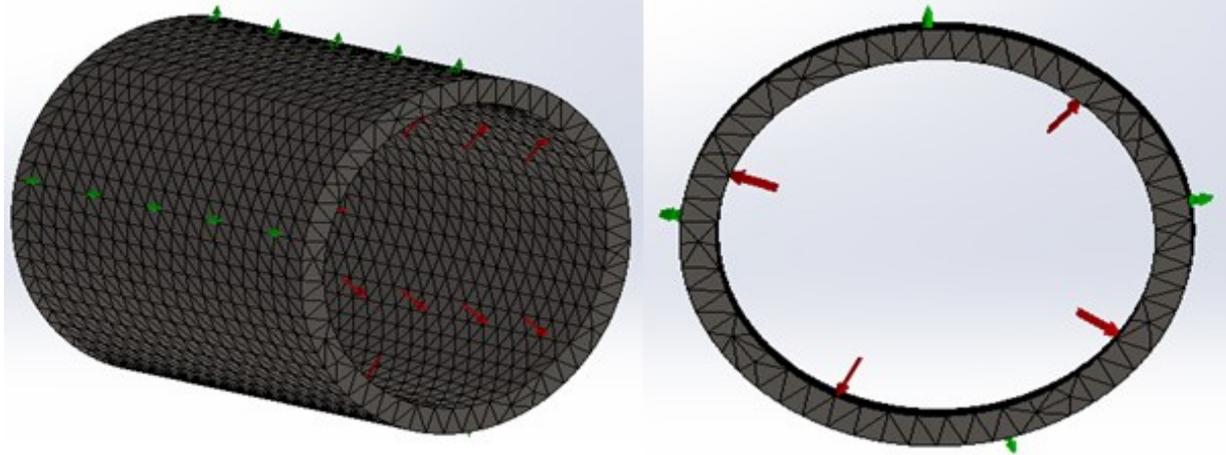


Fig.IV.10 : Maillage volumique de la chemise

➤ Résultats de l'étude

| Nom | Type | Min | Max |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Contraintes1 | VON : contrainte de Von Mises | 1.09298e+007 N/m ² | 2.69615e+007 N/m ² |

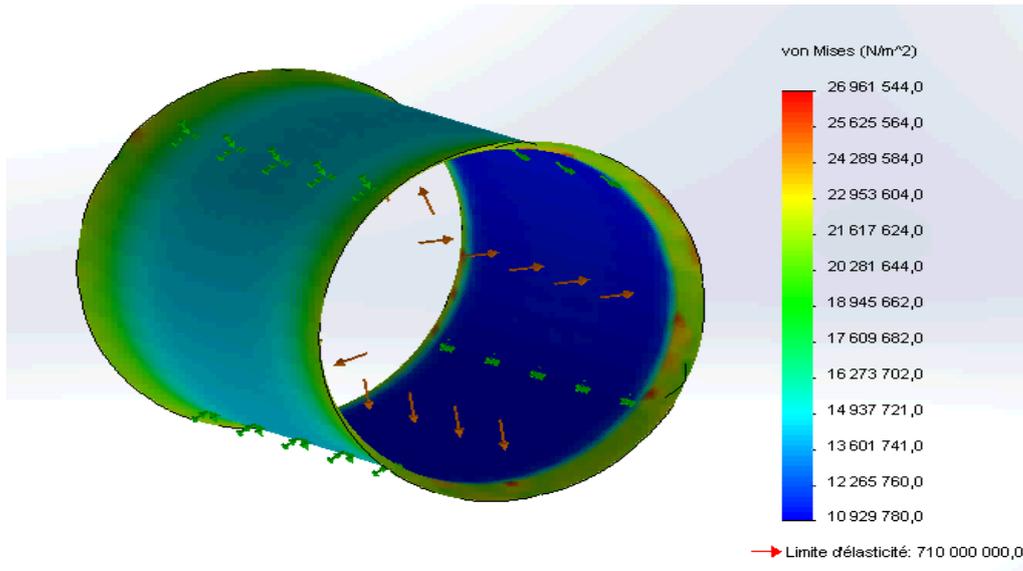


Fig.IV.11 Analyse statique- Contraintes de la chemise

On constate que $\sigma_{\max} \ll \sigma_{\lim}$ de là, on peut interpréter que notre chemise résiste bien à l'éclatement.

IV.4.3.2 Etude de la résistance de la tige de piston

➤ Propriétés de l'étude

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| Nom d'étude | Etude 2 |
| Type d'analyse | Analyse statique |
| Type de maillage | Maillage volumique |
| Effets thermiques | Activé(e) |
| Température de déformation nulle | 298 Kelvin |

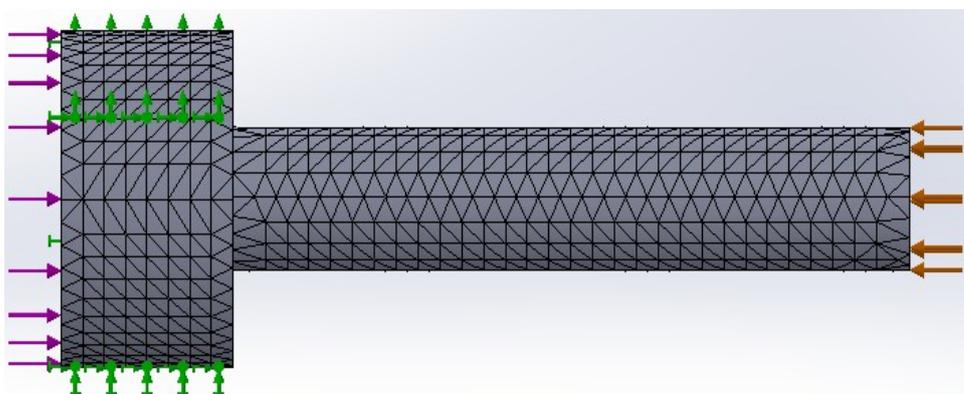


Fig.IV.12 : Maillage volumique de la tige-piston

➤ Résultats de l'étude

| Nom | Type | Min | Max |
|--------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Contraintes1 | VON: contrainte de Von Mises | 1.09298e+007 N/m ² | 2.69615e+007 N/m ² |

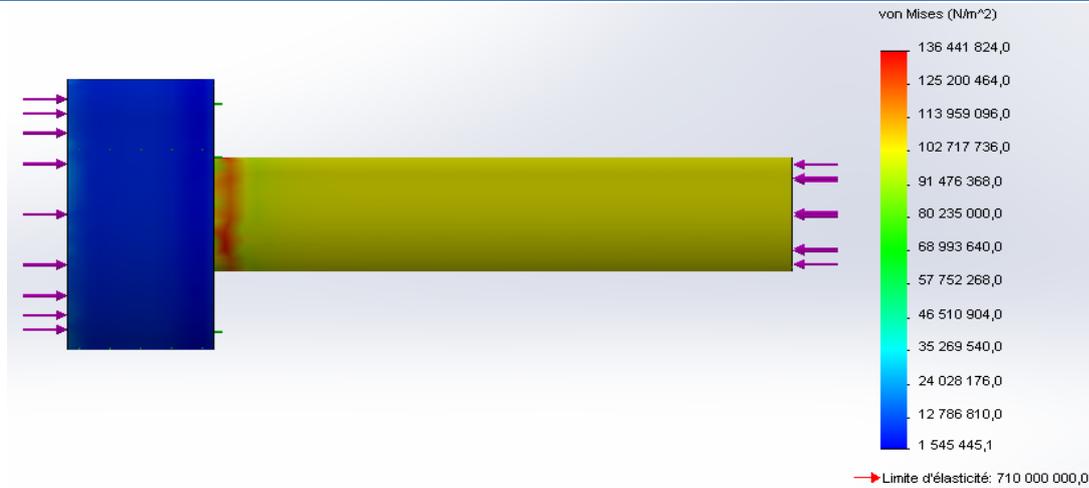


Fig. IV.13 : Analyse statique- Contraintes de la tige-piston

On constate que $\sigma_{\max} < \sigma_{\lim}$ de là, on peut interpréter que notre tige résiste bien à la compression.

Conclusion

Comme conclusion sur le calcul mécanique, on peut dire que les pièces de la partie hydraulique de la pompe à boue **BOMCO F-1600L**, résistent aux forces agissantes sur elle, ce qui élimine tout risque de perturbation des caractéristiques et des performances de fonctionnement de notre pompe.

Introduction

De nos jours le problème de production dans les entreprises est en relation directe avec la maintenance.

La préoccupation principale de toute entreprise doit viser à réduire les coûts de production en minimisant les périodes d'immobilisations des installations.

L'existence d'un service maintenance se justifie par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente des équipements pour que le service puisse accomplir sa tâche en obtenant le rendement optimal, son coût constitue une partie de plus en plus grande du coût total de fabrication à tel point que le service de maintenance est devenu un organe capital dans les entreprises.

V.1 La maintenabilité et la maintenance

V.1.1 Critères de maintenabilité

On spécifie **cinq** types de critères de maintenabilité :

- le premier critère est relatif à la surveillance de la maintenance préventive. Il est important de connaître à ce niveau l'accessibilité de la composante, sa démontrabilité, et son interchangeabilité.
- le deuxième est relatif à la maintenance corrective, plus particulièrement, le temps de recherche de panne, ou de défaillance, et le temps de diagnostic.
- le troisième critère est relatif à l'organisation de la maintenance, pris en compte par la périodicité du préventif, le regroupement à des périodes identiques, l'homogénéité de la fiabilité des composants, la présence d'indicateurs, et de compteurs, et la complexité des interventions.
- l'avant-dernier critère est lié à la qualité de la documentation technique. Celui-ci comporte la valeur du contenu, la disponibilité de la documentation, le mode de transmission, les principes généraux de rédaction et de présentation de la documentation technique.
- le dernier critère de maintenabilité est lié au suivi du bien par le fabricant. Il sera question de l'évolution du fabricant, de la qualité du service après-vente, et de l'obtention des pièces de rechange.

V.1.2 Définition de la maintenance

Les normes **NF X 60-010 et 60 011** définissent la maintenance comme l'ensemble des actions permettant de maintenir, ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Maintenir veut dire effectuer les opérations : Dépannage, visites, graissage, réparation, modernisation...etc afin de conserver l'état de marche du matériel, et la qualité de la production.

V.1.3 But de la maintenance

La maintenance a pour but :

- d'éviter les consommations anormales d'énergie, de pièces de rechange, de lubrifiant...etc.
- de diminuer les budgets de la maintenance.
- de supprimer les causes des accidents graves.
- d'améliorer les conditions de travail du personnel de production (ambiance de maintenance).
- de maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement.
- d'assurer une organisation correcte des travaux de réparation selon un planning déterminé pour réduire le temps de réparation et avoir une bonne qualité.
- d'assurer en permanence la production avec les coûts de fonctionnement et d'entretien minimums.
- d'assurer une meilleure gestion de stock de pièces de rechange.

V.1.4 La méthode de maintenance

Le choix entre les méthodes de maintenance se fait avec l'accord de la direction de l'entreprise dans le cadre de la politique de maintenance adaptée, pour choisir il faut :

- être informé des objectifs de la direction.
- connaître le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- connaître le comportement du matériel.
- connaître le coût de maintenance et le coût de perte de production.
- connaître les conditions d'application de chaque méthode.

V.1.5 Les différents types de maintenance

a. La maintenance corrective

Elle est définie comme une maintenance effectuée après défaillance (AFNOR X 60-010[2]). Elle est caractérisée par son caractère aléatoire, et requiert des ressources humaines compétentes, et des ressources matérielles (pièces de rechange et outillage) disponibles sur place. La maintenance corrective débouche sur deux types d'intervention. Le premier type est à caractère provisoire, ce qui caractérise la maintenance palliative. Le deuxième type est à caractère définitif, ce qui caractérise la maintenance curative.

a.1. Maintenance palliative

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 **BOMCO F1600-L** consiste au changement des pièces d'usure (pistons, clapets, chemises, joints, rallonge de tige, système d'étanchéité, sièges, changement de tige de piston).

a.2. Maintenance curative

Intervention définitive est limitée de maintenance corrective après pannes ou défaillance, la maintenance corrective amène à définir la manière précise des événements qui sont la cause.

b. La maintenance préventive

Elle est définie quant à elle, comme une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien, ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique), ou de critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien, ou du service (maintenance conditionnelle).

b.1 La maintenance préventive systématique

Elle consiste à intervenir à des périodes fixes (selon un échéancier sur base d'unité d'usage (nombre d'heures, de kilomètres...etc.) ou sur le matériel, pour détecter les anomalies ou les usures prématurées et y remédier avant qu'une panne ne se produise.

b.2 La maintenance préventive conditionnelle

C'est une technique de prévention de pannes ou anomalies sans démontage.

Elle permet l'analyse de l'état d'usure du matériel pendant son fonctionnement.

Les méthodes utilisées sont surtout :

- l'analyse de corrosion.
- l'analyse des bruits.
- l'analyse des vibrations.
- la thermographie infrarouge.

V.1.6 Les opérations de la maintenance préventive

a. Les inspections : Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter un réglage simple ne nécessitant pas d'outillage spécifique.

b. Les visites : Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Cette intervention correspond à une liste d'opérations définies au préalable pouvant entraîner un démontage d'organes et immobilisation.

c. Les contrôles : ils correspondent à une vérification de conformité par rapport à des données préétablies suivi d'un jugement. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement) et débouche comme la visite des opérations de maintenance corrective.

Les types de maintenances sont représentés à la figure V-1.

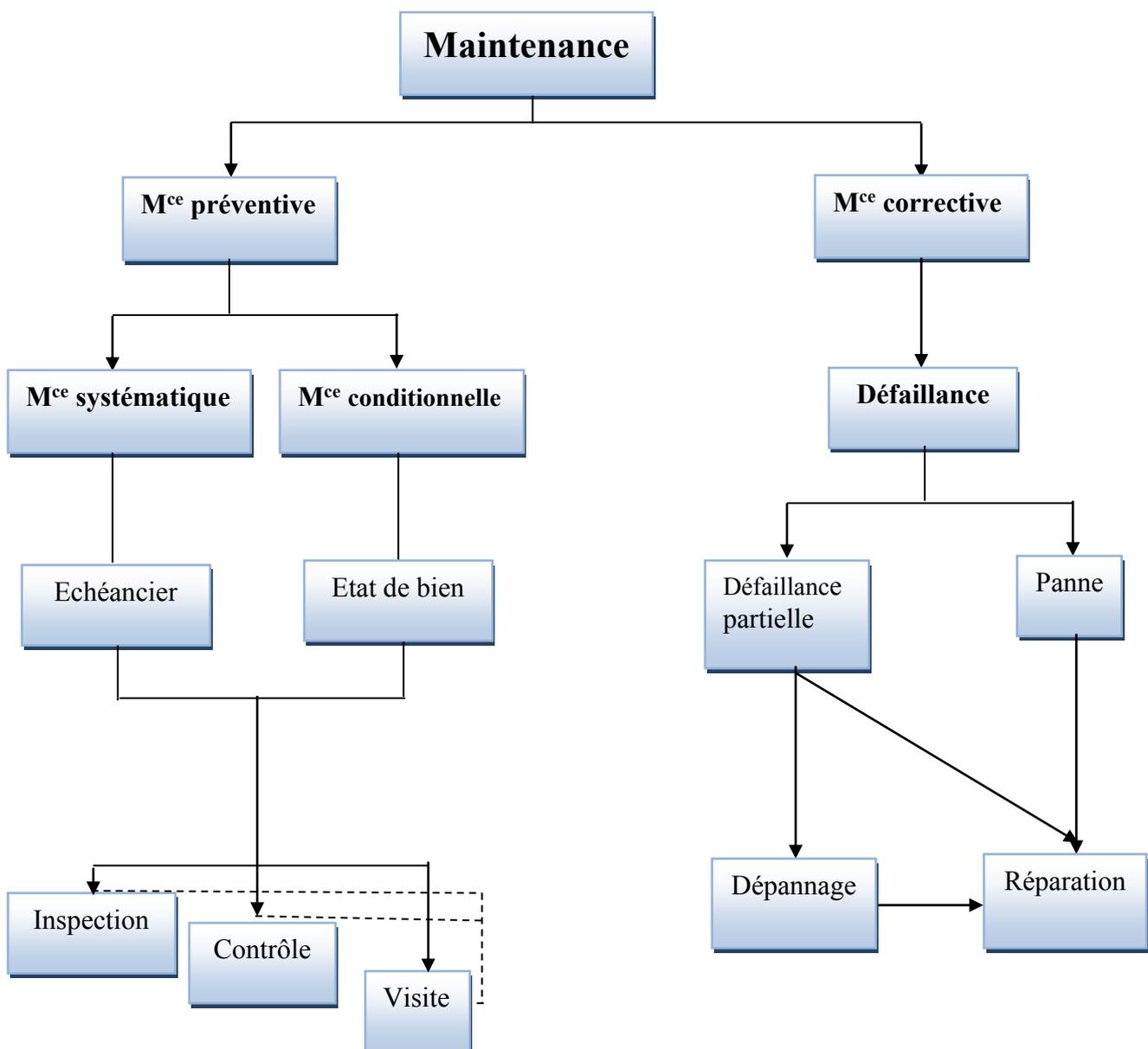


Fig.V-1 : Types de maintenance

V.1.7 Objectifs et importance de la maintenance

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

Ceci s'explique par la mauvaise connaissance de la vie des matériels, par la négligence des opérations d'entretien, et par le manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état.

Pour éviter les situations pareilles et dégager des bénéfices, les responsables de l'entreprise ont compris le rôle important de la maintenance parmi les nombreux objectifs de la maintenance, nous citons :

- maîtriser la fiabilité et les risques dus à la sécurité.
- assurer la disponibilité des éléments de production.
- maîtriser les coûts de maintenance.
- maintenir l'équipement dans un bon état de marche, dans les meilleures conditions de qualité, de délai et de prix.
- le remplacement des équipements à des périodes prédéterminées.
- assurer la sécurité au travail.
- maintenir l'installation dans un état de propreté absolue.
- moderniser l'équipement en performance, pour maintenir ou élever les performances d'origines.
- garantir la qualité et la productivité des produits.

Pour atteindre ces objectifs, il faut une organisation adéquate des moyens matériels modernes, des moyens humains qualifiés et d'une bonne formation. La maintenance coûte, en plus elle n'apporte pas directement un plus au produit fabriqué, mais elle doit être rentable pour justifier son existence.

Pour cela, les responsables de la maintenance en collaboration avec ceux de la production et des autres départements doivent travailler ensemble, pour réduire au maximum les coûts de la maintenance.

V.1.8 Maintenance de la pompe à boue BOMCO F-1600L

a. Maintenance préventive

Dans le chantier on utilise deux pompes en parallèles, pour assurer la sécurité et la continuité de fonctionnement, et pour vaincre la pression et le débit nécessaire pour le forage d'un puits. La maintenance préventive systématique, ou conditionnelle n'est pas utilisée pendant l'exploitation de la pompe, cependant périodiquement on assure les inspections suivantes :

| Fréquence | Opérations |
|-----------------------|--|
| Chaque Jour | 1-Contrôler les niveaux d'huile et faire les appoints. 1-1 - Huile TISKA 90 pour le carter des chaînes. 1-2- Huile TISKA 140 pour le carter des pignons. 2. -Vérifier les indicateurs de pression d'huile. 3- Contrôler la température de l'huile. 4- Contrôler la propreté de l'huile (purger pour évacuer les impuretés jusqu'à l'apparition de l'huile propre). 5-Graisser les roulements de la flushing pump. 6- Vérifier l'étanchéité du presse étoupe de la flushing pump, ajuster au besoin ou remplacer. 7 -Vérifier le bon refroidissement des chemises de pistons. 8 -Contrôler les becs du système d'arrosage. 9 -Détecer et signaler toutes anomalies de fonctionnement (bruits, vibrations..). 10 - Contrôler la pression au niveau de l'amortisseur de pulsation, ajuster si nécessaire. 11- Contrôler le fonctionnement de l'indicateur de débit de l'huile de graissage. |
| Chaque Semaine | 1. Vérifier le serrage du collier (rallonge de crosse / tige piston). 2-Contrôler l'état de serrage de la boulonnerie, visserie, des attaches et des flexibles. 3- Nettoyer le bac du fluide de refroidissement. 4- Contrôler l'indicateur visuel du filtre à l'huile. 5 - Vérifier le bon graissage des pompes à l'huile |
| Chaque Mois | 1. Contrôler la partie mécanique durant le DTM Le serrage des différents boulons, Les roulements, Les pignons, Les chaînes de transmission, L'alignement des pignons des chaînes de transmission, La pompe de graissage des chaînes de transmission, La pompe de graissage des pignons. 2-Effectuer le test fonctionnel de la soupape de sécurité. 3-Nettoyer les cartouches des filtres à huile. 4-Nettoyer les reniflards (carter des pignons et carters des chaînes de transmission). 5- Contrôler l'entraînement des pompes de graissage (pompe de graissage des chaînes et pompe de graissage des pignons). 6- Durant le DTM , nettoyer les crépines d'aspiration et de refoulement. |

| | |
|---------------------------------|--|
| <p>Chaque 6 mois</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1-Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque mois). 2. Contrôler la tension des chaînes de transmission. 3- Vidanger l'huile de graissage du " carter des pignons " et remplir de nouveau la quantité préconisée d'huile TISKA 140. 4- Vidanger l'huile des " carter des chaînes " et remplir de nouveau la quantité préconisée d'huile TISKA 90. 5. Contrôler les jeux de roulement des crosses. 6- Contrôler le jeu entre crosses et glissières. 7- Contrôler la denture du couple d'engrenage. 8- Serrage au couple des boulons des paliers de l'excentrique. 9- Contrôler l'état de surface des glissières. 10- Vérifier l'état des garnitures d'étanchéité des rallonges de crosse. 11. Contrôler la partie hydraulique (logement de siège des clapets, Logements des joints des portières, filetages des portes des clapets.) 12. Vérifier l'état de la pompe de refroidissement (vérifier l'état des roulements du moteur électrique, Inspecter l'accouplement et remplacer au besoin, remplacer au besoin le presse- étoupe.) 13. Vérifier l'état des 2 pompes de graissage (pompe de graissage des chaînes et pompe de graissage des pignons). 13-1. Vérifier l'état des roulements des moteurs électriques. 13-2. Inspecter les accouplements et remplacer au besoin. 13-3. Vérifier l'état des pignons et des roulements des pompes de graissage et remplacer au besoin. 14. Nettoyer la crépine d'aspiration d'huile. 15- Nettoyer l'échangeur de chaleur. |
| <p>Chaque Année</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1-Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque année). 2-Contrôler l'état des chaînes de transmission. 3-Vérifier la fixation et la denture des pignons menant et mené. 4 -Vérifier les boulons de fixation des deux parties latérales des paliers de l'arbre excentrique. 5- Contrôler les jeux de roulements des bielles. 6- Contrôler les jeux de roulements du vilebrequin. 7-Contrôler les jeux de roulements du "pignon shaft". 8 -Contrôler les amortisseurs de pulsation. 9- Remplacer les lécheurs (garniture d'étanchéité des rallonges de crosse). |
| <p>Chaque 2 ans</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1-Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque 1 année). 2- Vérifier la fixation et le serrage de toutes les attaches de sécurité. 3- Vérifier la fixation des pignons. |
| <p>Chaque 4 ans</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1-Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque 2 année). 2- Vérifier la fixation et le serrage de toutes les attaches de sécurité. |

**Chaque
8 ans**

Procéder au diagnostic général et déclencher la révision générale

Pour subir une révision générale, la pompe à boue doit être transférée aux ateliers centraux (avec les documents d'accompagnement comportant un diagnostic et les constatations).

- 1- Nettoyer parfaitement la pompe à boue
- 2- Vidanger l'huile et l'eau
- 3- Démontez la pompe en sous-ensembles
 - 3.1- Partie hydraulique : amortisseur de pulsation, clapets, soupapes de sûreté.
 - 3.2 - Partie mécanique : pompe de graissage, vilebrequin, crosses, bielles, arbre d'attaque.
 - 3.3 transmission : Moteur de traction, chaînes, pignons
 - 3.4 : Envoyer les moteurs de traction à l'atelier électrique pour révision générale.
- 4- Démontez complètement les sous-ensembles.
- 5- Faire un tri initial des pièces à rebouter.
- 6- Nettoyer parfaitement le reste des pièces.
- 7- Procéder aux contrôles dimensionnels et **CND** de toutes les pièces à réutiliser (vilebrequin, l'arbre d'attaque, les bielles, les crosses, le corps).
- 8-Contrôler la tolérance de jeu entre toutes les dents des pignons.
- 9- Contrôler toute corrosion ou fissures des points de soudures.
- 10-Contrôler toute corrosion ou usure des sièges des clapets.
- 11- Contrôler les becs d'arrosage des chemises d'éventuel bouchage.
- 13- Remontage de la pompe dans l'ordre :
 - 13.1 : Mise en place des glissières de crosse avec réglage des jeux entre glissières et crosses.
 - 13.2 : Installation de toutes les conduites de graissage interne.
 - 13.3 : Engager les crosses et les rallonges de crosses.
 - 13.4 : Montage de l'excentrique avec les bielles.
 - 13.5 : Montage de l'arbre d'attaque.
 - 13.6 : Procéder au réglage des jeux sur tous les roulements.
 - 13.7 : Fermer la partie mécanique de la pompe.
 - 13.8 : Montage de la partie hydraulique de la pompe.
 - 13.9 : Monter les roues à chaîne sur l'arbre d'attaque.
 - 13.10 : Installer les carters de transmission et les moteurs de traction.
 - 13.11 : Monter tous les accessoires externes de la pompe.
 - 13.12 : Procéder à une vérification générale de la pompe.
 - 13.13 : Remplir les carters des chaînes d'huile appropriée au niveau requis (Huile **TISKA 90**).
 - 13.14 : Remplir le carter des pignons de la pompe à boue d'huile appropriée.

b. Maintenance corrective

C'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. Elle est effectuée dans le but de maintenir le matériel dans l'état de ses performances initiales.

Il existe deux types d'intervention de la maintenance corrective, qui sont :

- Les dépannages, c'est-à-dire une remise en état de fonctionnement effectuée sur place, cette pratique est très fréquente en cours de fin de vie du matériel, elle possède un caractère provisoire ;
- Les réparations, faites sur place, ou en atelier central, parfois après dépannage, ont un caractère définitif.

c. Tableau N°1 : Pannes de la pompe à boue et leurs remèdes

| INCIDENTS | CAUSE | REMEDE |
|--|--|---|
| A). Baisse de pression de refoulement | 1) Usure de l'ensemble du clapet ; 2) Clapet totalement couvert ; 3) Mauvais remplissage ; 4) Fuite de fluide ; 5) Manomètre défectueux. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Remplacer celui-ci ; ▪ Eliminer le corps qui provoque l'ouverture de la conduite ; ▪ Déboucher la conduite d'aspiration ▪ Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; ▪ Amorcer les chambres hydrauliques ; ▪ Remplacer les pistons et les chemises. ▪ Diminuer la vitesse de la pompe ; ▪ Le remplacer ; |

| | | |
|---|---|---|
| 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 hydrauliques | <ol style="list-style-type: none"> 1) Aspiration défectueuse ; (existence d'air dans la conduite d'aspiration) ; 2) Présence d'air ou de 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 refoulement | <ol style="list-style-type: none"> 1) Anomalie au niveau de l'amortisseur de pulsation ; 2) Boulons desserrés ; 3) Manque de support sous la conduite. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Réparer ou recharger ou le remplacer ; ▪ Il faut resserrer les boulons ; ▪ La munir d'un support. |
| E) Cognement dans la partie mécanique | <ol style="list-style-type: none"> 1) Rotation incorrecte de la pompe à boue ; 2) Piston-tige desserré ; 3) Rallonge de crosse desserrée ; 4) Roulements principaux usés ; 5) Axe de crosse usé. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier le fonctionnement du mécanisme ; ▪ Vérifier et serrer ; ▪ Il faut les resserrer ; ▪ Changer ; ▪ Régler les guides ou les remplacer. |
| F) haute température d'huile | <ol style="list-style-type: none"> 1) Mauvais réglage de la crosse ; 2) Roulement mal ajusté ; 3) Diminution de la pression de refoulement de la pompe à l'huile. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier et ajuster les jeux ; ▪ Ajuster bien les bagues de roulement ; ▪ Réparer la pompe ou la remplacer. |
| G) Basse pression d'huile | <ol style="list-style-type: none"> 1) Diminution de niveau d'huile ; | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier et ajouter l'huile si nécessaire ; |

| | | |
|--|---|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 2) Lubrification contaminée ; 3) Fuite dans le circuit d'huile ; 4) Pompe à huile défectueuse ; 5) Crépine d'aspiration colmatée ; 6) Manomètre défectueux. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Changer l'huile ; ▪ Eliminer toutes les fuites ; ▪ Réparer ou remplacer celle-ci ; ▪ Le nettoyer et changer l'huile ; ▪ Remplacer. |
| H) Haute pression d'huile | <ol style="list-style-type: none"> 1) Huile contaminée ; 2) Colmatage des conduites ; 3) Manomètre défectueux ; 4) Filtres à l'huile bouchés. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Changer l'huile ; ▪ Changer le cartouche d'huile ; ▪ Le remplacer ; ▪ Les nettoyer. |
| D) Chemises et garniture de pistons Rayés | <ol style="list-style-type: none"> 1) Excès de sable ou de matériaux étrangers dans la boue ; 2) Course de piston dérégulée. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dessabler, vérifier souvent ▪ Régler la course ; ▪ Réparer le système d'arrosage. |
| J) Chemise piquée | <ol style="list-style-type: none"> 1) Corrosion excessive. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les nettoyer. |
| K) Usure décentrée de la chemise ou du piston | <ol style="list-style-type: none"> 1) Manque d'alignement. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier l'usure de la crosse, le blocage de la tige de piston. |
| L) Rayure de l'alésage d'une chemise | <ol style="list-style-type: none"> 1) Piston usé ou abîmé ; 2) Des pistons endommagés peuvent provoquer de telles rayures. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Monter un nouveau piston et une chemise neuve. |
| M) Portée de chemise coupée ou faussée | <ol style="list-style-type: none"> 1) la portée de cylindre peut être usée ; 2) Le sur blocage peut avoir faussé la chemise. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sortir les vis de serrage avant de bloquer la portée de cylindre ; ▪ Ne serrer les vis qu'en dernier lieu. |

d. Opérations de réparation de la pompe à boue BOMCO F-1600L

d.1 Définition

La réparation est un ensemble d'opérations ayant pour but le rétablissement du bon état, de l'aptitude au travail, et les ressources de l'équipement. Elle comprend :

- les réparations menues.
- les réparations moyennes.
- les réparations complètes.

d.2 Réparations apportées à la pompe à boue

En fonction de la durée de vie, de l'utilisation des mécanismes et pièces de la pompe d'une part, et le volume des travaux à réaliser par la pompe d'autre part ; ainsi que, selon la planification et l'organisation des opérations de réparations, on effectue sur les pompes à boue les travaux de réparation suivants :

d.2.1. Réparation menue

Ces réparations sont effectuées sur le chantier de forage. Elles consistent à remplacer les pièces de courtes durées de vie telles que : joints d'étanchéité, filtres, chemises, pistons, serrage des écrous, etc....

Ces opérations doivent être effectuées en dehors du fonctionnement de la pompe à boue, c'est-à-dire au moment du repos de la pompe.

d.2.2. Réparation moyenne

Son volume moyen de travail est supérieur à celui de la réparation menue, se caractérisant par la dépose des organes défectueux de la pompe (bielle –manivelle, roulements, etc.....).

Le remplacement des pièces d'usure, ou d'ensemble entier (unité de montage), s'effectue par la réparation moyenne à l'atelier central de Hassi Messaoud.

d.2.3. Réparation générale (Complète)

Elle se caractérise par la dépose de tous les groupes, et organes de la pompe, le remplacement, ou la réparation des groupes défectueux. La pompe est ensuite remontée, rodée et essayée. Elle se réalise dans un atelier de réparation centralisé (atelier de la base centrale de Hassi Messaoud).

d.3 Méthode de lancement des travaux de réparation de la pompe à boue

d.3.1. Sur chantier

Selon un planning, le chef mécanicien transmet au mécanicien de chantier les programmes de révision et réparation périodique à effectuer. Le mécanicien après avoir reçu les messages exécute les ordres en réalisant toutes les opérations nécessaires telles que la vérification de niveau d'huile, de température, et de pression.

Par la suite, il établit son rapport de vérification en exprimant l'état général de la pompe à boue.

En cas d'apparition des pannes imprévues, le mécanicien et le chef mécanicien vérifient l'état de la pompe afin de prendre les décisions de réparation sur atelier, ou sur chantier.

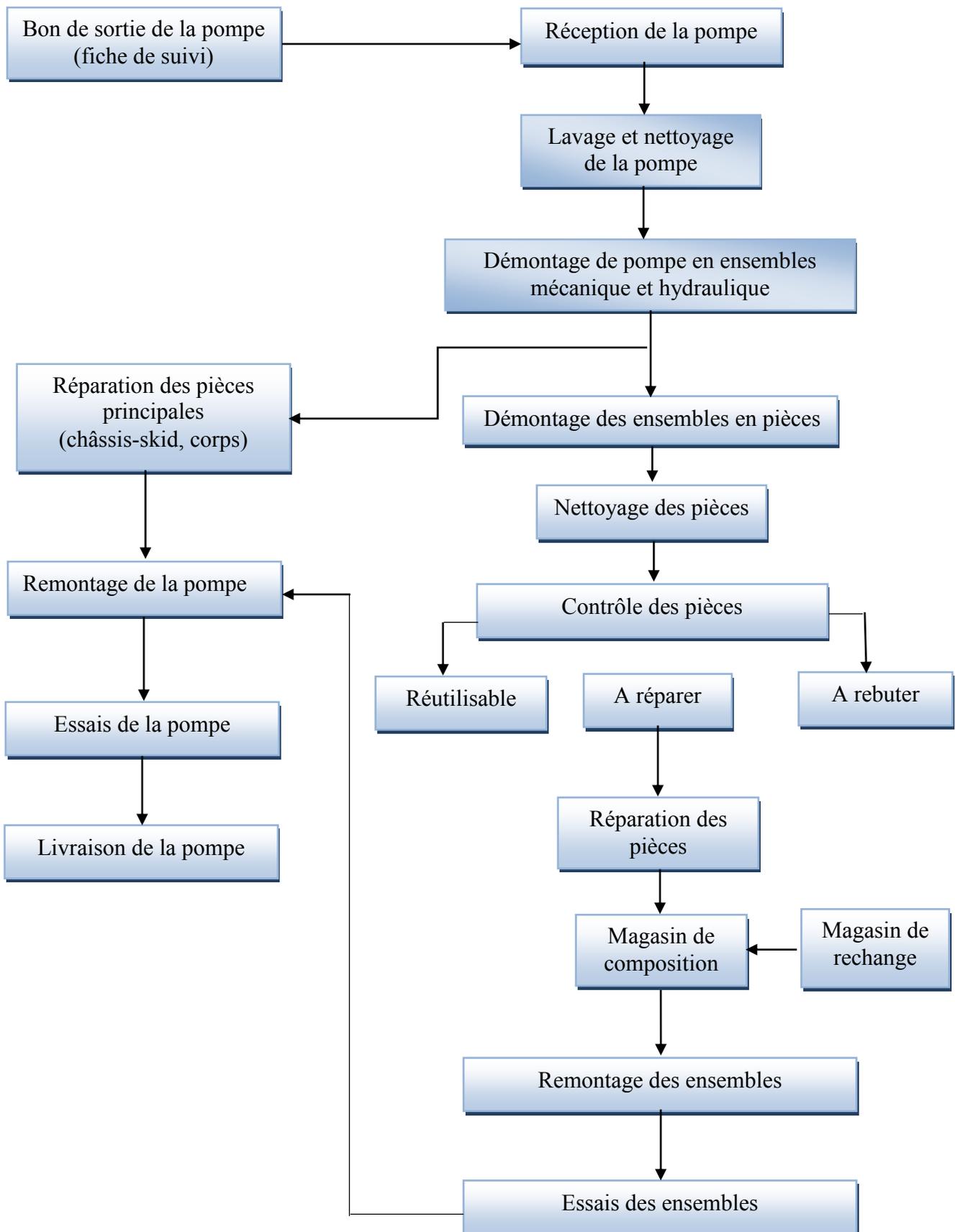
d.3.2. Sur atelier

Le chef de chantier signe un ordre de mission, et bon de sortie de la pompe afin de pouvoir la transmettre à l'atelier, et pendant la réception de la pompe, on mentionne sur la fiche de suivie la date d'entrée et l'état de la pompe.

Les mécaniciens dans l'atelier procèdent donc au nettoyage extérieur et au démontage de la pompe. Toutes les pièces sont bien nettoyées, et contrôlées soigneusement, afin de juger celles à rebuter, ou à remplacer par d'autres neuves, ou bien à réparer.

Toutes les pièces d'usure de la partie hydraulique sont remplacées par d'autres neuves (garniture d'étanchéité, clapets, tiges, chemises, etc....), ces pièces sont fournies par le magasin des pièces de rechange, après la prise d'accord du chef d'atelier par un bon de réquisition des matériels. Après le remontage et avant la livraison de la pompe vers le chantier le chef d'atelier, doit mentionner toutes les réparations réalisées, les pièces rechangées, les coûts de réparations réalisées et la date de sortie de la pompe sur la fiche technique de suivi de la pompe à boue. L'organigramme de réparation de la pompe est le suivant.

d.4 Organigramme de réparation de la pompe



V.2 Sécurité de la pompe à boue BOMCO F1600-L

V.2.1 Sécurité des chantiers de forage

Au cours des opérations, il est essentiel que le chef de chantier et le représentant du maître d'œuvre s'informent de toute intervention, qui pourrait avoir une incidence sur la sécurité.

a. Prévention

Ces différents risques trouvent leur prévention dans la sensibilisation du personnel et dans le respect des consignes de sécurité, et de port des effets de protection individuelle.

On peut citer : casques, masques, stop bruit, lunettes, écrans, combinaisons, harnais et chaussures de sécurité, etc....

b. Protection contre l'incendie

b.1. Équipements

La sonde doit être dotée d'un matériel destiné à pouvoir lutter rapidement et efficacement contre tout début d'incendie ; les produit d'extinction, appropriés aux risques, doivent être choisis parmi les plus efficaces, en particulier pour les extincteurs spéciaux pour feux d'hydrocarbures : les poudres et mousse physiques. Les équipements de lutte contre l'incendie sont exclusivement réservés à la lutte contre le feu, et aux exercices ; toute autre utilisation en est rigoureusement interdite.

b.2. Prévention

La mise en place, l'entretien du matériel, la formation et l'information du personnel ainsi que la conduite à tenir en cas d'incendie font d'objet d'une consigne de l'entrepreneur qui sera affichée et remise individuellement, au moins au chef de chantier et aux chefs de poste.

Tout moyen d'éclairage à flamme nue est interdit.

Sur l'ensemble du chantier, toute anomalie de l'installation électrique doit être réparée.

Les circuits d'écoulement comporteront des vannes de sectionnement facilement accessibles, et judicieusement réparties sur la longueur des conduites.

En cas de venue d'indice (l'huile ou gaz), le matériel de détection gaz, et les équipements de protection respiratoire seront vérifiés et mis en œuvre. Le personnel sera informé de la situation ; les consignes d'incendie seront rappelées.

b.3. Interventions

Toute personne constatant un début d'incendie doit aussitôt donner l'alerte, et attaquer le foyer avec l'extincteur le plus proche.

Le chef de poste (ou chef de chantier) alerté, envoie en renfort le personnel, qui n'est pas strictement indispensable à la sécurité du travail en cours.

D'une façon générale, la coupure du courant électrique, sur l'ensemble du chantier, doit être exécutée le plus tôt possible et, de toute manière, avant la mise en œuvre de lances à eau (ou à mousse éventuellement).

b.4. La maîtrise du feu

Le feu, d'une manière générale, se déclare en présence, et avec la combinaison de trois éléments :

- Le carburant ;
- L'oxygène ;
- La chaleur.

La maîtrise du feu passa par l'élimination d'un des trois éléments :

L'élimination du carburant ; par l'arrêt de l'écoulement ou la récupération du produit inflammable.

L'étouffement du feu ; on utilise un couvert, une couverture anti-feu ou un agent chimique.

Le refroidissement, avec le moyen le plus classique à savoir, l'eau.

V.2.2 Sécurité apportée à la pompe à boue et circuit haute pression

V.2.2.1 La pompe

La pression maximale admissible aux pompes de forage devra être moins égale à la pression maximale possible en tête de puits dans le cas le plus défavorable (puits plein de gaz). Si cette condition n'est pas réalisée, une pompe spéciale devra rester branchée en permanence sur la tête de puits.

Il n'est pas recommandé d'utiliser les pompes de forage pour la confection de laitier de ciment. L'utilisation d'une pompe de cimentation indépendante avec bac et circuit séparés, ou une unité de pompage mobile sur camion sont préférables.

Les moteurs de pompes doivent être consignés avant tout démontage des parties hydrauliques ; les volants, courroies, ou chaîne de pompes seront munie de carters convenablement fixés. Les carters de protection enlevés pour un travail de réparation, ou de vérification seront remis en place avant la remise en marche normale de la pompe.

V.2.2.2. Avant / pendant / après le travail

- En remplissant de l'huile, fumer et feu sont interdits.
- Ne déposez pas les liquides inflammables près des sources d'incendie.
- Tenez la pompe libre de la boue et des matières lubrifiantes.
- Ne déposez pas de chiffons huilés ; ils peuvent s'incendier soudainement.

- Tenez la boîte de pansement et l'extincteur d'incendie toujours à portée de la main.
- Disposez les numéros d'appel au secours pour : docteur, ambulance, hôpital et pompiers à côté du téléphone.
- Ne démarrez le moteur d'entraînement qu'après avoir fini tous les travaux sur la pompe.
- Tous les éléments de manœuvre doivent être en position neutre / zéro.
- Tous les dispositifs de sécurité fonctionnent bien.
- En cas de danger, mettez le moteur d'entraînement hors circuit par bouton champignon (Arrêt de secours).
- Pendant l'opération, veillez à ce que les conduites hydrauliques et câbles électriques soient libres et pas bouclés.
- Avant le démarrage du moteur d'entraînement donnez un signal pour avertir les personnes au voisinage de la pompe.
- Ne dépassez pas les charges admissibles (caractéristiques techniques).
- Constatez les poids des charges avant de les lever.
- Ne nettoyez les outils qu'en arrêt.
- Ne saisissez pas dans les outils en service.
- N'utilisez jamais les éléments de commande pour monter / descendre.
- Ne sautez pas sur la pompe.
- En utilisant les grues auxiliaires ; prenez les moyens de fixation adéquats pour lever la charge.
- Les travaux sous les charges en suspens ou éléments de pompes enlevés sont interdits.

V.2.2.3. Entretien / nettoyage

- Arrêtez les moteurs d'entraînement ;
- Fermez les raccords d'obturation du côté d'aspiration et du côté de refoulement ;
- Convainquez-vous que la pompe n'est plus sous pression ;
- S'il est indispensable d'effectuer des travaux d'entretien au moteur en marche, ne laissez pas la pompe sans surveillance ;
- Déchargez la pression dans le système hydraulique ;
- Ne re-serrez pas les raccords de tuyau et flexibles sous pression et/ou avec les pompes à huile en marche ;
- Faites régler les vannes de sûreté et soupapes de surpression seulement par les techniciens de **BOMCO** ou ceux qui sont autorisés par **BOMCO**.
- Le moteur et le système hydraulique s'échauffent pendant l'opération.
- Faites refroidir la pompe avant les travaux d'inspection et d'entretien ;

-Le fluide se projetant éventuellement peut entraîner des blessures.

V.2.2.4. Soupapes

-Les pompes seront munies de soupapes de sécurité convenablement tarées.

-Le tarage des soupapes à clous se fera exclusivement avec des clous calibrés.

-Une conduite de décharge soigneusement fixée sera montée de telle manière que le jet de boue ne présente aucun danger. Les soupapes, si elles sont à piston, seront avec capuchon protecteur.

V.2.2.5. Amortisseur de pulsations

Les amortisseurs de pulsation seront mis en pression avec de l'azote exempt d'oxygène. La pression de gonflage doit être adaptée à la pression de refoulement des pompes de façon à limiter efficacement les vibrations.

V.2.2.6. Conduites

Les circuits reliant la ou les pompes à boue au puits seront définis par la direction technique de l'entrepreneur, et feront l'objet d'un plan, dont la nomenclature détaillera chaque élément constitutif.

Aucune modification ne doit être apportée sans l'autorisation de la direction technique de l'entreprise.

Les éléments constitutifs des conduites de refoulement seront tels que leur pression de service (définie par le fabricant), soit égale ou supérieure à la pression maximale de service de l'installation.

Les conduites haute pression seront soigneusement montées et solidement maintenues. L'utilisation excessive de ruban de téflon dans l'assemblage des conduites peut être la cause d'une mauvaise interpénétration des filetages, et sera donc à limiter.

Après montage du circuit de refoulement, le chef de chantier vérifiera que les éléments composant, ce dernier sont conformes aux spécifications, et que le tarage des soupapes des pompes correspond au programme prévu.

Il est interdit de stationner sans nécessité à proximité des conduites, ou tuyauteries sous pression.

Les conduites métalliques à joints articulés seront de la même pression de service ou série de façon à éviter l'assemblage de connexions incompatibles.

Tous les éléments des conduites métalliques à joints articulés d'injection suspendus au-dessus du plancher de forage seront assurés par un câble d'acier continu d'un diamètre de 3/8" ou moins, dont les extrémités seront amarrées aux bras d'élévateurs au câble d'un treuil à air.

La position des vannes et leurs accès seront choisis de façon à ce qu'elles soient facilement manœuvrables par le personnel.

V.2.2.7. Colonne montante

La colonne montante sera munie d'un dispositif de purge ; les extrémités du flexible d'injection seront solidement amarrées, respectivement à la tour et à la tête d'injection.

Les têtes de circulation seront reliées par un câble de sécurité aux bras d'élévateurs.

Le manomètre branché sur le circuit d'injection sera parfaitement lisible par le conducteur du treuil.

V.2.2.8. Quartier de boue

a. Surveillance des bassins

Le volume des bassins devra être tel qu'une éruption normalement prévisible en fonction du programme de forage puisse être maîtrisée.

Pour cela, le volume total des bassins à boue (circulation plus réservé) devra être au moins égale à deux fois le volume du trou ;

En cours de forage, l'équipe de poste assurera en permanence la surveillance :

Du niveau de boue dans les bassins ;

De la densité et de la viscosité de la boue ;

Des indices de présence d'hydrocarbures.

b. Défis environnementaux du fluide de forage

Aujourd'hui, la préparation des fluides de forage doit résoudre une difficulté majeure.

Les composants des fluides de forage doivent être rigoureusement sélectionnés afin que les rejets de boue, ou de déblais aient un impact minimal sur l'environnement.

Les considérations environnementales sont un élément moteur des initiatives des recherches et développements actuelles concernant les fluides de forage.

Le choix des fluides de forage est également dicté par l'impératif de santé des foreurs et les produits sont sélectionnés de façon à minimiser les risques sanitaires.

Si les fluides sont un élément indispensable à la réussite d'un forage pétrolier, ils peuvent également constituer l'un des aspects les plus complexes d'une opération de forage.

Les déblais, qui sont charriés hors du puits doivent être évacués, tout comme le fluide de forage qui les accompagne. Alors que le rayon d'action autour d'un site de puits est relativement restreint et reste confiné autour du lieu de forage, l'effet de la plateforme sur l'environnement peut être considérable.

L'impact des fluides de forage sur l'environnement dépend du type de boue utilisé, et des principales conditions environnementales.

En mer, les boues à base d'eau sont généralement moins nuisibles que les boues à base d'huile.

En revanche, les rejets des déblais sur terre ont différents types d'effets, et la teneur en sel de la boue peut entraîner davantage de problèmes que la teneur en hydrocarbures.

L'impact de nombreux polluants sur l'environnement dépend de la manière, dont le polluant est rejeté, et se décompose ensuite dans l'environnement.

Les résidus huileux, lorsqu'ils sont rejetés dans l'eau, ne se dispersent pas autant que les boues à base d'eau, et peuvent former des amas qui recouvrent des parties entières du fond marin.

Conclusion générale

Durant notre stage au niveau de l'entreprise nationale de travaux aux puits, nous avons pu enrichir nos connaissances théoriques et pratiques sur la maintenance des équipements mécaniques, ainsi que sur le principe de fonctionnement de l'équipement de forage.

L'étude du système de circulation, nous a permis de connaître les différents éléments d'une pompe à boue, leur fonctionnement, la construction et les différents circuits de graissage, de refroidissement et de sécurité.

L'étude de maintenance nous a justifié la conformité de l'équipement étudié par rapport aux spécifications désignées. Il est à noter que, le bon déroulement des opérations de maintenance et la disponibilité des pièces de rechange, se traduit par une bonne politique de maintenance.

Le calcul des pertes de charges réalisé, conformément au programme de forage du puits donné, montre que le choix de la pompe triplex à simple effet BOMCO F1600-L est satisfaisant, elle s'adapte convenablement aux conditions de ce forage. Le choix de la chemise unique de diamètre 6'' pour le forage des trois phases est plus avantageux par rapport au changement de chemises par phase, car il permet de gérer un nombre de chemises réduit, un gain de temps et d'argent important, ce qui réduira considérablement le prix de revient du mètre foré. On note que le changement de pression de chaque phase se fait par une variation de la puissance électrique du moteur. Le calcul de vérification réalisé pour certaines pièces montre que celles-ci travaillent dans de bonnes conditions de résistance.

Donc à la lumière de ces constatations dont le but de préserver ces pompes, nous recommandons :

- ✓ De prévoir un alignement avant de mettre la pompe en service, avec un matériel très sophistiqué surtout à l'aide des comparateurs d'alignement digitaux qui ont une très bonne précision de mesure.
- ✓ De prévoir une bonne préparation de la boue avant l'aspiration de la pompe pour retenir les matériaux en suspension de faible diamètre.
- ✓ De prévoir des chemises lors des commandes qui résistent plus aux cristaux solides.
- ✓ D'exiger du fournisseur de la pompe des traitements adéquats, pour améliorer et augmenter la résistance des pièces à la fatigue et à l'usure.
- ✓ D'utiliser une boue de bonne qualité, et de prévoir des analyses périodiques durant l'opération de forage.

Bibliographie

Ouvrages

1. Service Manual F-1600L Pump Device. Edition : 2013-A, Dongying•China.
2. Manuel QHSE. ENTP version 07, Mars 2014.
3. G. GABOLDE et J.-P. NGUYEN : Formulaire du foreur. Publications de l'institut français du pétrole. Edition Technip, Paris 1999.
4. ILSKI A., KASSIANOV, V. PROCHINE, V. et POLIAKOV, V : Machines, mécanismes et installations de forage. Edition « ECOLE SUPERIEUR ». Moscou 1967.
5. LIGERON J-CL. et LYONNET P : La fiabilité en exploitation (Tome I). 2^e édition. Paris 1992.
6. NOUGAROU J : Le forage rotary ; textes. Edition Technip, Paris 1967.
7. Le forage aujourd'hui : matériels et techniques particulières. Publications de l'institut français du pétrole. Edition Technip, Paris 1970.

Documents

8. Mr. HALIMI, « Cours gestion de la maintenance », Boumerdes 2016.
9. Mr. HACHEMI, « Cours pompes de forage », Boumerdes 2013.
10. MDZ671 DRILLING PROGRAM – TP 223.

Mémoires

11. « Etude et calcul des performances de la pompe à boue National Oil-Well A1700-PT », présenté par : MAHROUG Youcef et ATTALAH Djaafar, Master, FHC 2015.
12. « Etude et maintenance de la pompe à boue BOMCO F-1600L », présenté par : TAHRI Med Salah et HARZI Aghiles, Ing, FHC 2015.

Sites Internet

13. www.scribd.com.
14. www.pétrowiki.com