

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT GÉNIE MÉCANIQUE



DOMAINE : Sciences et Technologies
FILIERE : GENIE MECANIQUE
OPTION : MAINTENANCE

N° :

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: BOUCHELIG AMOR
MEKHALFIA REDOUANE

Intitulé

**ETUDE SUR LA MAINTENANCE DES
SYSTEMES MECANIQUE D'UNE MACHINE
DE FORAGE**

Soutenu devant le jury composé de:

Nom et prénom Enseignant

ELHADI .A

Université M'SILA

Président

FARSI .CH

Université M'SILA

Rapporteur

BELOUADEH .Z

Université M'SILA

Examinateur

Année universitaire : 2016 /2017



REMERCIEMENTS

*Au premier temps, nous tenons à remercier le bon Dieu, qui
Nous a donné la force et le courage pour effectuer ce mémoire de fin d'études.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à Mr. CHOUKI FARSI notre
Encadreur qui nous a orientés durant l'élaboration de ce travail .*

*Nous adressons également nos remerciements aux examinateurs pour
Avoir accepté de juger notre travail, que soient remercié tous
nos enseignants durant toute nos année d'études.*

Enfin, nous n'oublions pas à remercier le personnel du département

Génie mécanique et tous ceux qui nous ont aidé à

L'élaboration de ce modeste travail.

**R.MEKHALFIA
A.BUCHELIG**

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE :	1
CHAPITRE I: GENERALITE SUR LES APPAREILS DE FORAGE	
I.1. INTRODUCTION :	3
I.2. CLASSIFICATION DES APPAREILS DE FORAGE :.....	3
I.3. FONCTION D'UN APPAREIL DE FORAGE	4
I.4. MATS DE FORAGE:	6
I.4.1. Les différents types de mât:	6
I.4.2. Caractéristiques des mâts:.....	6
I.5. LE MOUFLAGE :.....	6
I.5.1. Le moufle fixe :.....	7
I.5.2. Le moufle mobile et crochet:	7
I.6. LE TREUIL DE FORAGE	8
I.7. LA TABLE DE ROTATION:	9
I.8. TOP DRIVE:	10
I.9. TETE D'INJECTION:	10
I.10.POMPE DE FORAGE	11
I.11.EQUIPEMENT D'OBTURATION:	12
I.11.1. Rôles:	12
I.11.2. Différents types d'obturateurs:	12
I.11.2.1. Les obturateurs à mâchoires [rams BOP]	12
I.11.2.2. Les obturateurs annulaires [annular BOP]:.....	13
I.11.3. Commande des obturateurs:.....	14
I.12. LE TREPAN	14
CHAPITRE II:ETUDE SUR POMPE, KOMMEY ET TREUIL DE FORAGE	
II.1. POMPE DE FORAGE	16
II.1.1. Rôle des pompes à boue:	16
II.1.2. Type de pompes à boue:	16
II.1.2.1 Pompes à boue duplex à double effet:	16
II.1.2.2 Pompes à boue triplex à simple effet:.....	16
II.1.3. Avantages de s pompes triplex par rapport au duplex:	16
II.1.4. Construction de la pompe de forage triplex à simple effet :	17
II.1.4.1. La partie mécanique :	17

a. L'arbre grande vitesse :	18
b. L'arbre petite vitesse ou vilebrequin :	18
c. Système bielle- manivelle :	19
d. La crosse et sa rallonge :	20
e. Le bâti et le carter :	21
f. Le système d'entraînement :	21
II.1.4.2. La partie hydraulique de la pompe:	21
a. Le corps hydraulique :	21
b. Le piston et sa tige :	22
c. Les chemises :	22
d. Les sièges et les clapets :	22
e. Refroidissement de la pompe à boue 12P160 :	23
II.1.4.3. Principe de fonctionnement et débit instantané :	23
a. Principe de fonctionnement :	23
b. Débit instantané de la pompe :	24
II.2. LES TREUILS	25
II.2.1. Les cabestans a air (petite treuil) (figure 24).....	25
II.2.2. Treuil de forage.....	26
II.2.2.1. Le châssis du treuil	26
II.2.2.2. Le tambour de manœuvre:	26
II.2.2.3. Les freins :	27
a. Les freins mécaniques :	28
b. Les freins électromagnétiques :	29
II.2.2.4. Les cabestans :	30
II.3. UNITE KOMMEY (UNITE D'ACCUMULATION):	31
II.3.1 Description d'une unité standard	32
II.3.2 Principe de fonctionnement de l'unité	35
II.3.2.1 Systèmes de pompage.....	36
a. Système de pompage pneumatique	36
b. Système de pompage électrique	37

CHAPITRE III: MAINTENANCE DES MACHINES INDUSTRIELLES

III.1. GENERALITES SUR LA MAINTENANCE	39
III.1.1 Introduction de la maintenance	39
III.1.2. Définition de la maintenance.....	39
III.1.3. Objectifs de la maintenance	39

III.1.3.1. Objectifs opérationnels.....	39
III.1.3.2. Objectifs économiques	40
III.1.4. Types de maintenance:	40
III.1.4.1. La maintenance préventive.....	40
a. La maintenance préventive systématique :.....	40
b. La maintenance Préventive Conditionnelle	41
III.1.4.2 La maintenance corrective	41
a. la maintenance palliative	42
b. la maintenance curative.....	42
III.1.5. Les opérations de la maintenance	42
III.1.6. Les niveaux de maintenance	43
III.2. MAINTENANCE DE LA POMPE :	44
III.2.1. Maintenance préventive :	44
III.2.2. Maintenance corrective :	45
III.2.2.1. Entretien au niveau du chantier :.....	45
III.2.2.2. Pannes de la pompe à boue et leurs remèdes :	46
III.3. ANALYSE DES TYPES D'USURE DE LA POMPE	47
III.3.1 Usure abrasive	48
III.3.2. Usure de corrosion	49
III.3.3. Usure par fatigue	49
III.4. OPERATIONS DE REPARATION DES POMPES A BOUE :	49
III.4. 1Définition :	49
III.4.2. Réparation apportée à la pompe à boue :	49
III.4.3. Méthode de lancement des travaux de réparation :.....	50
III.4.4. Montage et démontage de la pompe à boue :.....	51
III.4.4.1. Démontage de la pompe à boue :	51
III.4.4.2. Remontage de la pompe à boue :	52

CHAPITRE IV: SECURITE DANS UN CHANTIER DE FORAGE

IV.1. GENERALITES	54
IV.2. DEFINITIONS	54
IV.3. SECURITE DANS LES HYDROCARBURES	55
IV.3.1. Sécurité du personnel.....	55
IV.3.2. Dangers et risques liés au forage	55
IV.3.2.1. Les risques physiques.....	55
IV.3.2.2. Les radiations ionisantes	55

IV.3.2.3. Les risque électrique	56
IV.3.2.4. Les risques mécanique et de manutention	56
IV.3.2.5. Les risques de brûlures	56
IV.3.2.6. Les risques chimiques	56
IV.3.3. Prévention	56
IV.3.4. Sécurité des chantiers de forage.....	56
IV.3.4.1. Registre de sécurité	56
IV.3.4.2. Consignes de sécurité.....	57
IV.3.4.3. Affichage.....	57
IV.3.4.4. Information du personnel	57
IV.4. SECURITE D'ENVIRONNEMENT DUE AUX HYDROCARBURES	57
IV.5. SECURITE DANS LE TREUIL	58
IV.5.1. Tambour et frein.....	58
IV.5.2. KEMS et Crown-O-Matique.....	58
IV.5.3. Cabestan	58
IV.5.4. Moteurs et transmissions.....	59
IV.6. SECURITE DANS LA POMPE :	59
IV.6.1. Soupapes :	59
IV.6.2. Amortisseur de pulsations:.....	59

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.1. CRITERE DE CHOIX D'UN APPAREIL DE FORAGE:	61
V.2. FONCTION DE LEVEGE:	61
V.3. CHOIX DU MOUFLE:	64
V.3.1. Choix du moufle mobile et crochet:.....	65
V.3.2. Choix du moufle fixe :.....	65
V.4. CHOIX DU TREUIL :	66
V.4.1. Le besoin en puissance de levage :.....	66
V.4.2. Puissance entrée treuil:.....	66
V.5. CHOIX DES POMPES DE FORAGE :	67
V.5.1. Besoin en pression de refoulement:	67
V.5.2. choix des équipements de securite :	67
V.5.3. Puissance mécanique de pompage nécessaire:.....	68
V.5.4. Calcul de la Puissance mécanique de pompage nécessaire:	69
V.6. CHOIX DES EQUIPEMENTS DE SECURITE :	72
V.6.1. Calcul des volumes de fluide de travail :	73

V.6.2. Calcul des volumes de fluide de travail :	74
CONCLUSION GENERALE:	76

Liste des figures et tableaux

Les figures	Titre	Page
Figure N° 1	Classification des appareils de forage	3
Figure N° 2	Structure de la tour de forage	5
Figure N° 3	Système de mouflage	6
Figure N° 4.1	Le moufle fixe	7
Figure N° 4.2	Le moufle mobile et crochet	7
Figure N° 5	Le Treuil De Forage	9
Figure N° 6	La table de rotation	9
Figure N° 7	Top drive	10
Figure N° 8	Tête d'injection	11
Figure N° 9	Les pompes de forage	11
Figure N° 10.1	Obturateur à mâchoires	12
Figure N° 10.2	Mâchoires	12
Figure N° 10.3	Obturateur annulaire	13
Figure N° 11	Unité hydraulique de commande Koomey	14
Figure N° 12	Outil de forage	14
Figure N°13	Pompe de forage	16
Figure N°14	Pompe à boue de forage Type triplex simple effet	17
Figure N°15	L'arbre grande vitesse	18
Figure N°16	L'arbre petite vitesse ou vilebrequin	19
Figure N°17	Système bielle- manivelle	20
Figure N°18	La crosse et la rallonge de crosse	20
Figure N°19	la partie hydraulique	21
Figure N°20	Le piston et la tige de piston	22
Figure N°21	La chemise	22
Figure N°22	Sièges et clapets	23
Figure N°23	Principe de fonctionnement des pompes triplex	24
Figure N°24	Débit instantané de la pompe triplex à simple effet	24
Figure N°25	Cabestan a air	25
Figure N°26	Treuil de forage	26
Figure N°27	Tambour de manœuvre	27
Figure N°28	Frein mécanique	28
Figure N°29	Frein électromagnétique	30
Figure N°30	Les composants d'un cabestan	31

Figure N°31	Unité hydraulique de commande	32
Figure N°32	Description d'une unité Kommey	35
Figure N°33	Types de maintenance	44
Figure N°34	Programme forage de puits	62
Tableau 1	paramètre chaque phase de puits WTP1	63
Tableau 2	paramètre chaque phase de puits WTP1	64
Tableau 3	Les caractéristiques des outils de puits WT1	71
Tableau 4	Résultats finals de calcul des pertes de charge de puits WTP1	71
Tableau 5	Le volume accumulé nécessaire pour chaque BOP	72

INTRODUCTION

Le choix d'un appareil de forage en terme de capacités et puissances à l'ouvrage est réalisé afin de réduire les surcoûts de maintenance .La technologie de forage de puits de pétrole et de gaz demande l'emploi d'un équipement complexe et des outils modernes, ainsi qu'une grande quantité de matériaux, tubes, ciment, réactifs chimiqueetc.

L'installation de forage est un complexe d'équipements mécanique comprenant des machines et des mécanismes liés entre eux pour accomplir une fonction bien déterminée. Parmi ces équipements on s'intéresse aux pompes à boue, treuil et kormey car elles jouent un rôle important dans l'installation de forage.

Le but de notre mémoire est l'étude de système mécanique d'un appareil de forage, plus particulièrement l'étude de système pompage, levage et l'obturateurs et un calcul de vérification sera réalisé.

Pour cela nous présenterons les chapitres suivants :

- ❖ chapitre I : généralité sur appareil de forage.
- ❖ chapitre II : étude sur pompe , kormey et treuil de forage.
- ❖ chapitre III : maintenance des machines industrielles.
- ❖ chapitre IV : sécurité dans un chantier de forage.
- ❖ chapitre V : calcule de vérification

I.1.INTRODUCTION :

L'appareil de forage, ou plus globalement le chantier de forage (rig) est constitué d'un ensemble regroupant en trois fonctions :

- La fonction de levage ;
- La fonction de rotation ;
- La fonction de pompage et de circulation;

Il y a aussi :

- Les magasins, stockage des produits consommables ;
- Les abris de chantier.

I.2.CLASSIFICATION DES APPAREILS DE FORAGE :

La classification des appareils de forage se fait en première approche par la capacité de profondeur de forage maximale.

Donc chaque appareil de forage est conçu pour forer dans une gamme de profondeur donnée.

Les appareils de forage peuvent être classés comme suit :

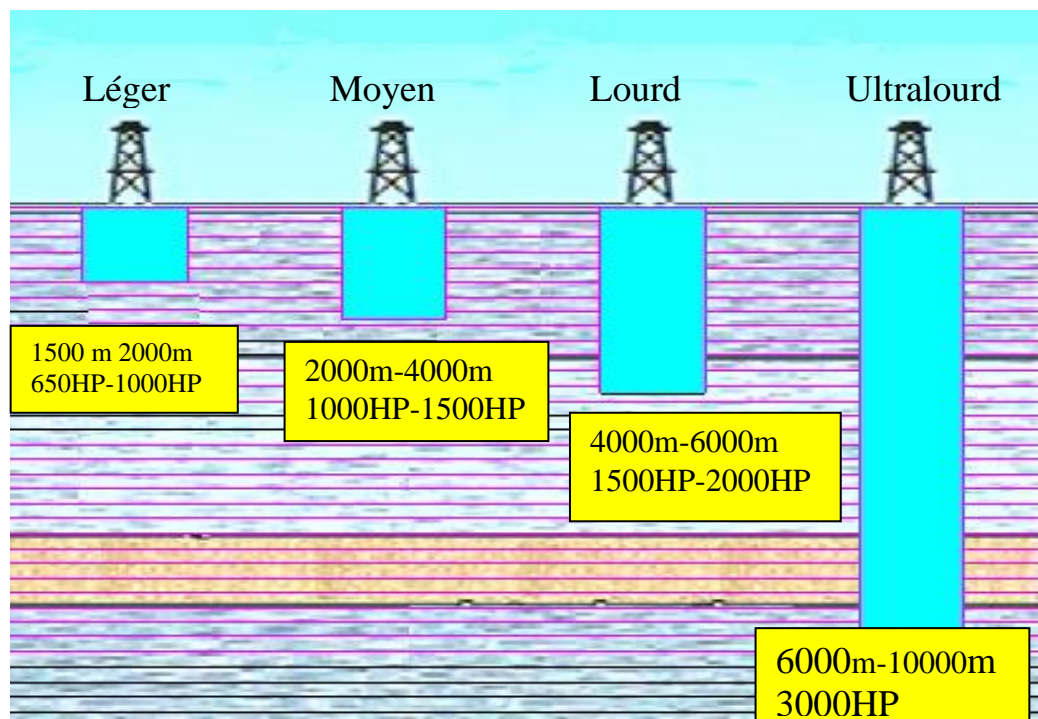


Fig 1 :classification des appareils de forage

Ces performances de profondeur se traduisent par un poids au crochet de levage compte tenu des poids des garnitures et des casings.

En prenant en compte les temps de manœuvre communément acceptés, on peut évaluer la puissance maximale que devra développer le treuil de forage (Drawworks).

La puissance du treuil est donc une caractéristique primordiale pour déterminer un appareil de forage.

Pour les catégories d'appareils cités précédemment, on peut les classer selon la puissance de levage :

Les autres fonctions (pompage, rotation) sont dimensionnées par rapport au programme de forage et tubage classique d'un puits à la profondeur désignée.

I.3. FONCTION D'UN APPAREIL DE FORAGE

Les installations de forage employées pour le forage en rotary des puits profonds représentent un ensemble de différentes machines, mécaniques et bâtiments.

Au cours du forage rotary d'un puits profond, à l'aide d'une installation de forage on réalise les opérations suivantes :

- Descente de la colonne de tige de forage dans le puits.
- Rotation d'un outil de forage.
- Injection du liquide de forage dans le puits afin de remonter les déblais de terrain découpés, refroidir le trépan et de consolider les parois du puits.
- Rallongement de la colonne de tiges de forage se mesure de l'augmentation de la profondeur du puits.
- Montée de la colonne des tiges pour remplacer un outil de forage usé.
- Evacuation de déblais de terrain de liquide de forage et préparation d'un nouveau liquide.
- Descente des colonnes de tubage.

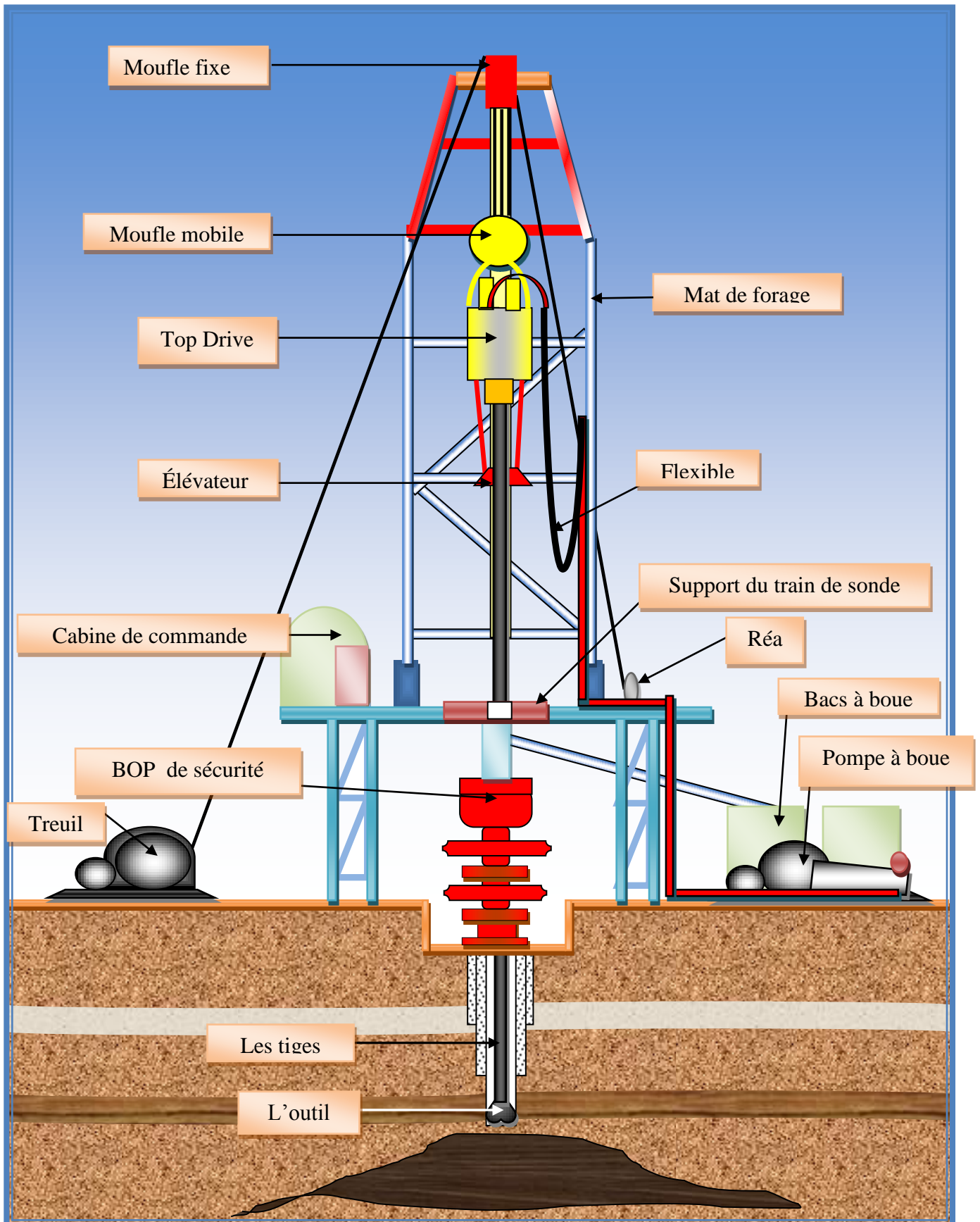


Fig 2 : Structure de la tour de forage [9]

I.4.MATS DE FORAGE [9]:

Le mât de forage [mast] est composé de deux montants reliés par des entretoises et des croisillons qui reposent sur une substructure.

I.4.1.Les différents types de mât:

On distingue:

- Les mâts libres
- Les mâts haubanés

I.4.2. Caractéristiques des mâts :

- a. Hauteur : Mesurée entre le plancher et le bas de la passerelle du moufle fixe.
- b. Capacité API : C'est la capacité maximale au crochet, pour un mouflage donné, en l'absence de gerbage et du vent.

La relation entre la capacité API et celle au crochet est donnée par la formule suivante

$$C_c = (C_{API} - P) \times N / (N + 3)$$

Avec : C_c = Capacité au crochet, C_{API} = Capacité API

N = Nombre de brins P = poids du mât + moufle fixe

I.5.LE MOUFLAGE :

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

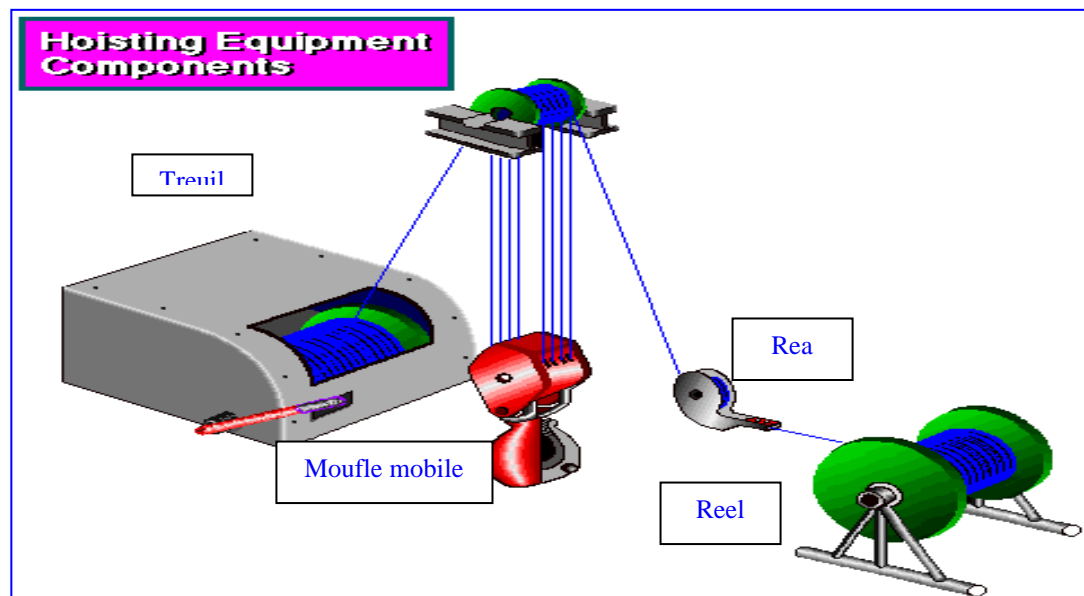


Fig 3 :système de mouflage [12]

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES APPAREILS DE FORAGE

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

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

Le but de mouflage est :

- multiplier la charge ;
- Démultiplier la vitesse.

Il existe deux types de mouflage.

I.5.1. Le moufle fixe :

Le moufle fixe a des poulies alignées sur le même axe. Cet axe est supporté à cette extrémité par deux paliers montés sur des poutrelles fixées au sommet du mât. L'axe du moufle fixe est perforé pour permettre le graissage des différents roulements des poulies.

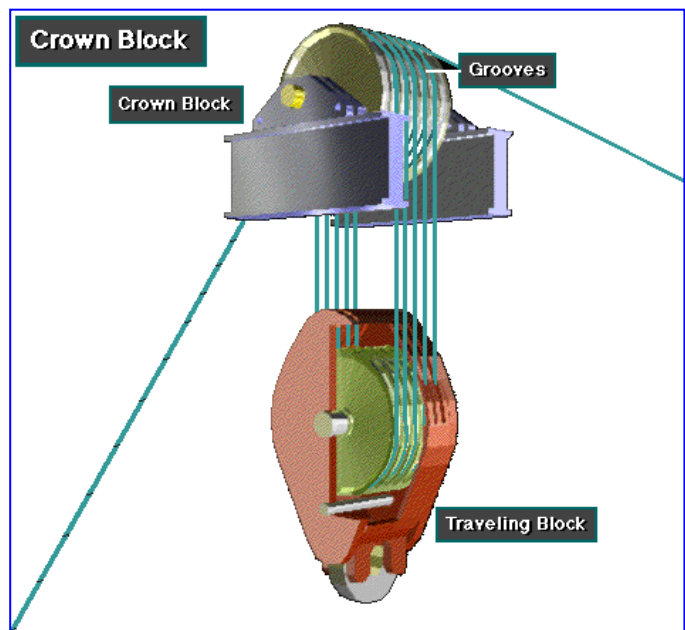


Fig 4.1 :Le moufle fixe [12]

I.5.2. Le moufle mobile et crochet:

Ils sont en général dits intégrés c.-à-d. que l'ensemble des poulies et du crochet sont assemblés d'une manière compacte. Le moufle mobile comporte une poulie de moins que le moufle fixe correspondant.

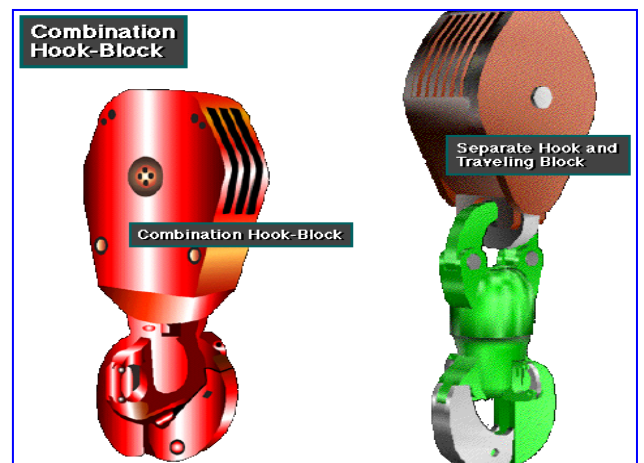


Fig 4.2 :Le moufle mobile et crochet [12]

La charge soulevée au crochet :

La charge qui peut être soulevée au crochet peut être calculée :

- En fonction de l'effort de traction exercé sur le brin actif :

Avec :

F : Poids total au crochet (en tonnes) ;

$$F = t_a \cdot N \cdot \eta_m$$

t_a : Effort de traction sur le brin actif (en tonnes) ;

N : Nombre de brin de mouflage ;

η_m : Rendement du mouflage

- En fonction de la puissance dépensée au moufle mobile et au crochet :

Avec :

F : Poids total au crochet (en tonnes)

$$F = \frac{75 \cdot P_c}{1000 \cdot V_c}$$

P_c : Puissance au crochet (en chevaux)

V_c : Vitesse de remontée au crochet (en m/s)

Rendement d'un mouflage :

C'est le rapport entre la puissance qui parvient au moufle mobile (**P_c**) et celle fournie par le treuil.

Le rendement d'un mouflage s'exprime en fonction du facteur de friction (**K**) des poulies (paliers lisses ou paliers à roulements) et du nombre de brin (**N**) donné par la formule :

$$\eta_m = \frac{K^N - 1}{N \cdot (K - 1) \cdot K^N}$$

I.6.LE TREUIL DE FORAGE

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

Le treuil de forage (*Figure 5*) regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions :

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES APPAREILS DE FORAGE

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



Fig 5 :Le Treuil De Forage

I.7.LA TABLE DE ROTATION:

En cours de forage, la table de rotation [rotary table] transmet le mouvement de rotation à la garniture de forage, par l'intermédiaire de fourrures [bushings] et de la tige d'entraînement [Kelly], et, en cours de manœuvre [trip], supporte le poids de la garniture de forage, par l'intermédiaire de coins de retenue.



Fig 6 :la table de rotation [12]

I.8.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.

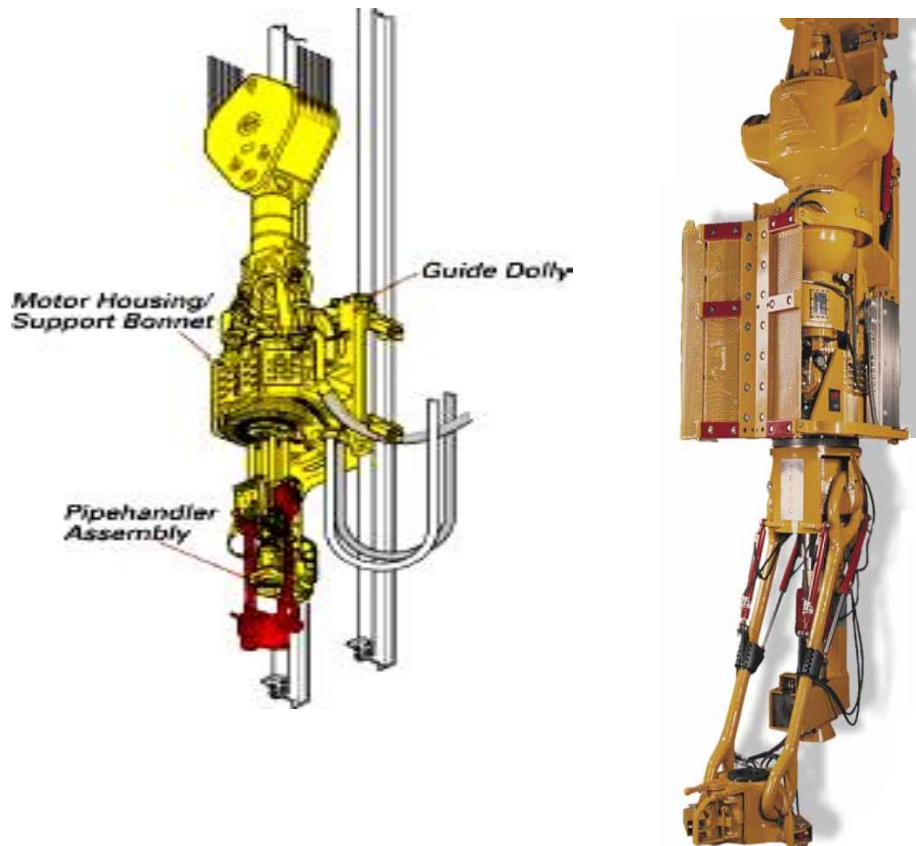


Fig 7 :top drive

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 simples par simple, on peut les faire longueur par longueur.

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

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

I.9.TETE D'INJECTION:

C'est le composant qui est suspendu par son anse au crochet de levage. Il doit être conçu à la foi pour la charge maximale de garniture et pour la vitesse de rotation maximale.

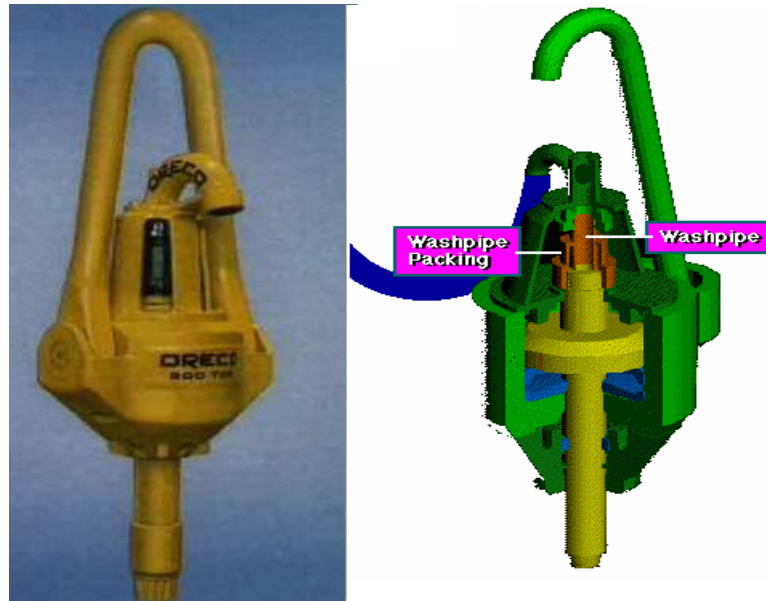


Fig 8 : Tete d'injection [12]

I.10. POMPE 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 volumétriques, qui doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.



Fig 9: les pompes de forage [13]

I.11.EQUIPEMENT D'OBTURATION [blow-out preventers]

I.11.1 Rôles :

L'obturateur et ses accessoires servant à:

- ✚ Assurer la fermeture du puits en cas de venue de fluides de formations;
- ✚ Permettre la circulation sous pression contrôlée pour reconditionner la boue et évacuer l'effluent ayant pénétré dans le puits;
- ✚ Tester des éléments dans le puits;
- ✚ Tester les formations;
- ✚ Faire des circulations inverses;
- ✚ Faire des squeezes;

Un obturateur est défini par sa marque, son type, sa dimension nominale et sa série (pression de service).

Pour chaque obturateur on précise en outre les caractéristiques suivantes:

- ✚ Le diamètre maximal de passage des outils.
- ✚ Les apports d'ouvertures et de fermeture (rapport entre la pression qui règne dans le puits et la pression nécessaire pour commander l'obturateur).
- ✚ Les volumes de fluide nécessaire pour la fermeture et l'ouverture.
- ✚ L'encombrement (fluide).
- ✚ Le poids.

I.11.2 Différents types d'obturateurs:

I.11.2.1 Les obturateurs à mâchoires [rams BOP] [15]

Ces obturateurs (figure 10.1) ferment l'espace annulaire autour des tiges par le déplacement d'une paire de mâchoires (figure 10.2).



Fig 10 .1 : Obturateur à mâchoires [15]

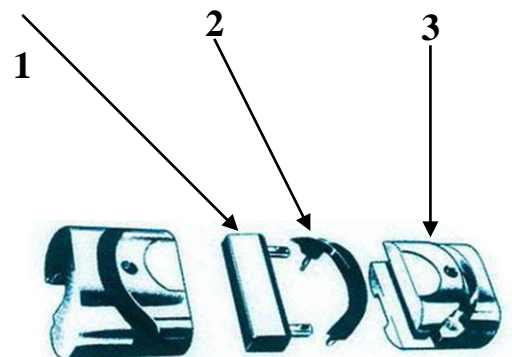


Fig 10 .2 : Mâchoires

1. Garniture frontale.
2. Garniture supérieure d'étanchéité.
3. Block métallique.

Ces mâchoires rendent étanche l'espace au-dessous d'elles. Elles peuvent être :

- **A fermeture totale** : elles permettent de fermer totalement le puits en l'absence de tiges ou de les cisailer si elles sont présentes,
- **A fermeture sur tiges** : elles sont munies d'ouvertures semi-circulaires, correspondant au diamètre extérieur des tiges, pour lesquelles elles sont prévues. Il est absolument essentiel que les mâchoires d'un obturateur correspondent exactement aux dimensions des tiges, des tubages, ou des tubings qui sont en service,
- **A fermeture variable** : elles permettent de fermer sur différentes tailles de tiges et même sur la tige d'entraînement.

I.11.2.2 Les obturateurs annulaires [annular BOP] [15]:

Ces obturateurs (figure 10.3) emploient une membrane en caoutchouc synthétique, qui fait étanchéité sur différents diamètres de la garniture de forage. Elle peut même permettre de petits mouvements de translation et rotation, et fermer complètement le trou s'il est vide.

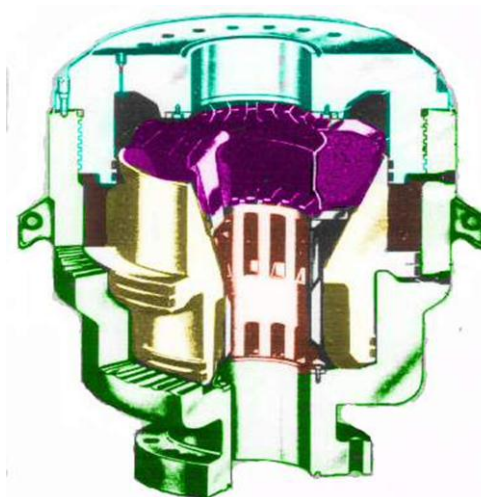


Fig 10 .3 : Obturateur annulaire [15]:

I.11.3 Commande des obturateurs:

Les obturateurs sont à commandes hydrauliques. Une unité d'accumulateurs (fig 11) permet de stocker du 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 électriques d'autres pneumatiques. Cette unité d'accumulateurs ainsi que le tableau de commande des obturateurs doivent se trouver à une distance sûre du puits de manière à pouvoir être opérés rapidement et de manière adéquate en cas d'urgence. Un tableau de commande secondaire est généralement situé sur le plancher de forage à porté de main du chef de poste.



Fig 11 : Unité hydraulique de commande KOOMEY [15]

I.12.LE TREPAN

Le trépan (*Fig12*) est entraîné dans son mouvement de rotation au fond de trou par une colonne de tiges creuses vissées les unes aux autres.



Fig 12 :. Outil de forage [13]

II.1. POMPE DE FORAGE

II.1.1. Rôle des pompes à boue:

Le rôle des pompes à boue est d'assurer l'aspiration de la boue de forage par la conduite d'aspiration, puis leur refouler dans la colonne de refoulement à travers un clapet de refoulement.

II.1.2. Type de pompes à boue :

II.1.2.1 Pompes à boue duplex à double effet:

Ce sont des pompes volumétriques alternatives à mécanisme bielle - manivelle qui comportant deux pistons à double effet, c'est-à-dire que chaque piston aspire et refoule des deux côtés, deux clapets (un pour l'aspiration et l'autre pour le refoulement) sont placés à l'arrière de chaque cylindre.

II.1.2.2 Pompes à boue triplex à simple effet:

Ce sont des pompes volumétriques alternatives à mécanisme bielle - manivelle pour ces pompes les manivelles des trois pistons sont décalées à 120° et les clapets sont au nombre 6 (3 à l'aspiration et 3 au refoulement).

II.1.3. Avantages des pompes triplex par rapport au duplex:

- Facilité d'entretien et de manipulation;
- Plus économique;
- Facilité d'accès à la section du fluide;
- Refoulement avec moins de suppression que la duplexe;
- Q et P importants exigés dans le forage plus profond;

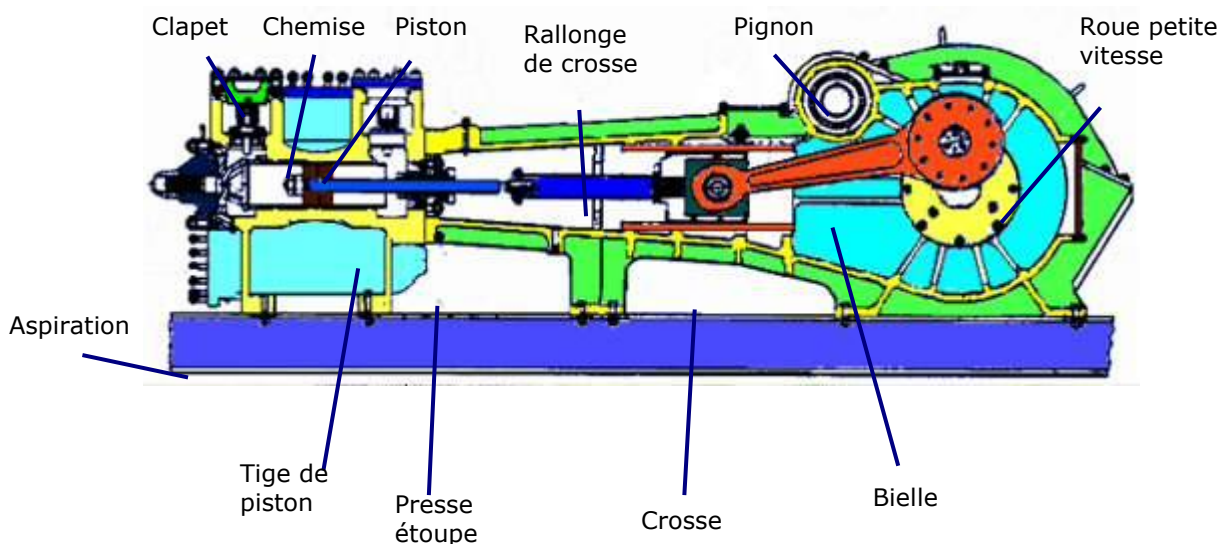


Fig13 :pompe de forage [04]

II.1.4.Construction de la pompe de forage triplex à simple effet [04]:

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

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

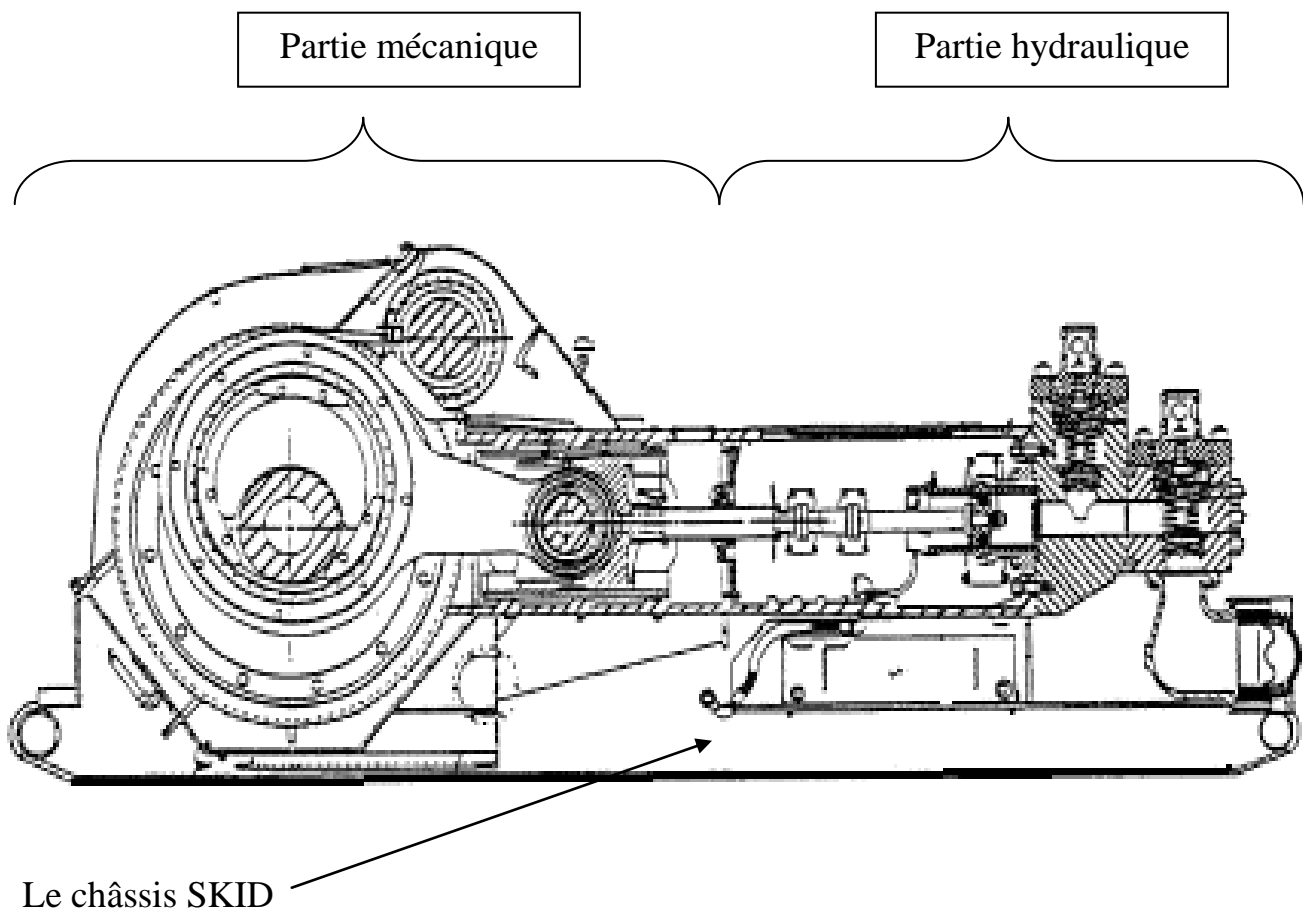


Figure 14 : Pompe à boue de forage Type triplex simple effet [04]

II.1.4.1. La partie mécanique :

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

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

L'arbre grande vitesse ;

L'arbre petite vitesse ou vilebrequin ;

Du système bielle- manivelle ;

La crosse et la rallonge de crosse ;

Le bâti/carter de lubrification ;

Le système d'entraînement (chaîne + pignon + roue dentée) ;

Roulements ;

Pompe à huile.

a. L'arbre grand vitesse :

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

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

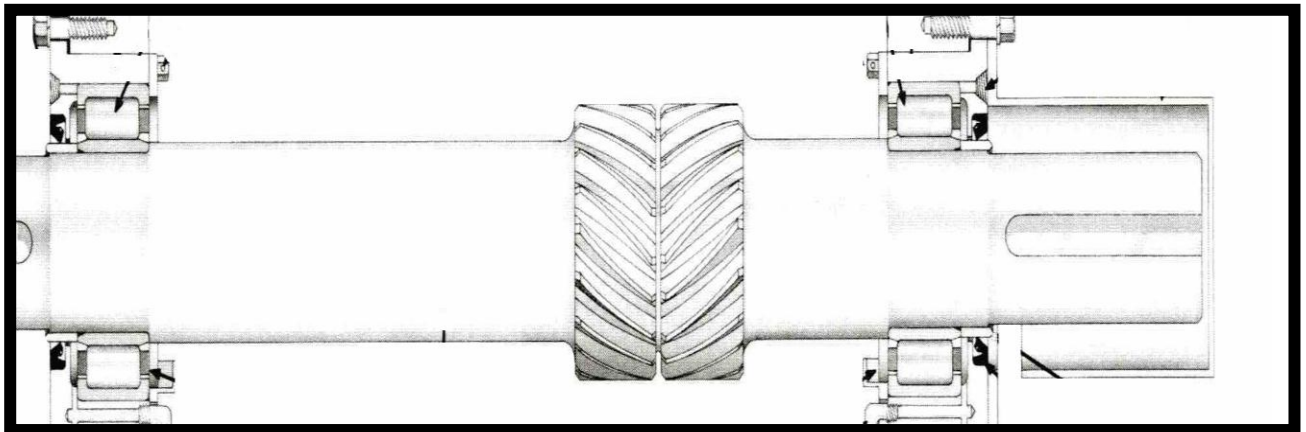


Fig15 :L'arbre grande [03]

b. L'arbre petite vitesse ou vilebrequin :

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

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

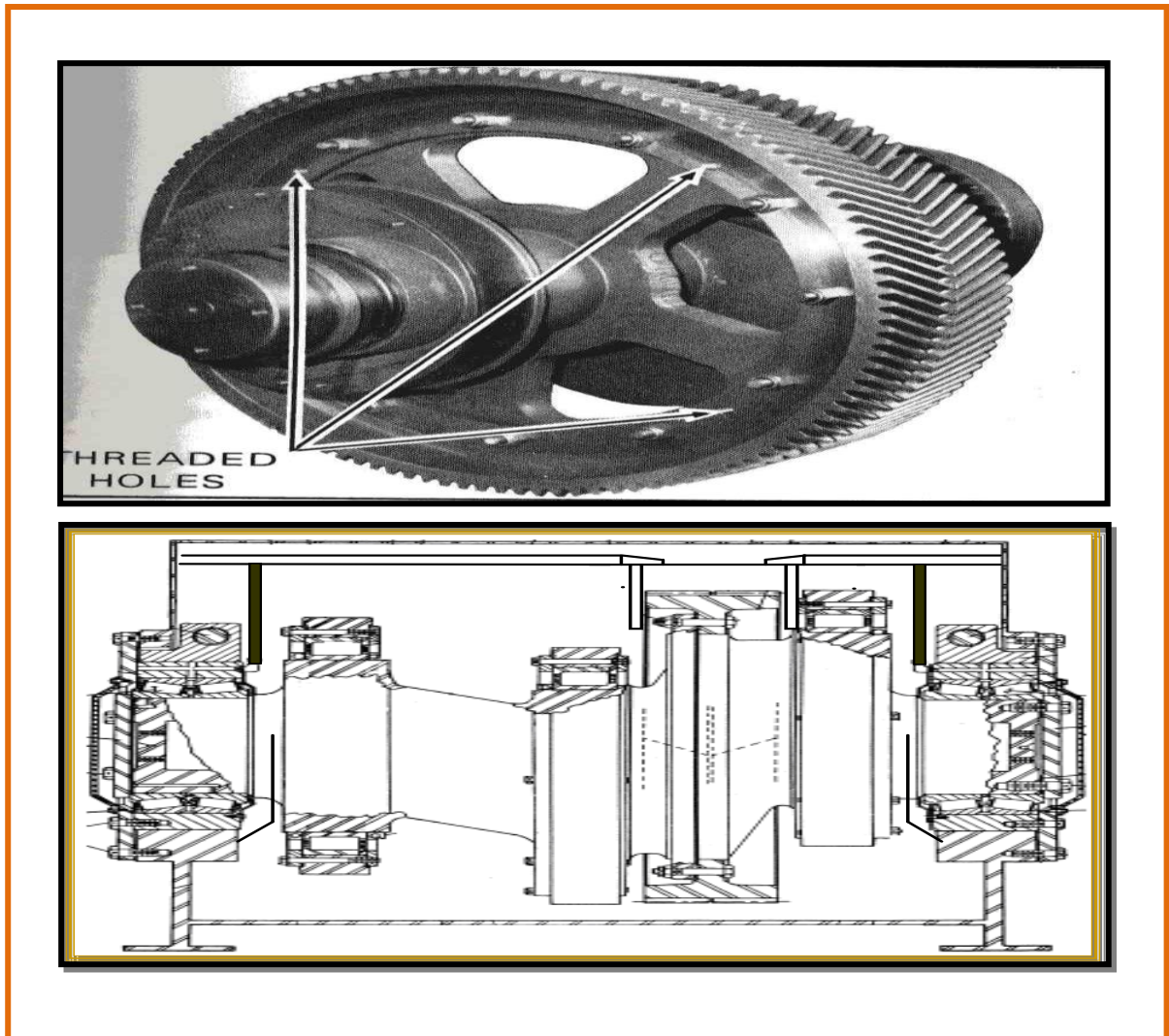


Fig16 : L'arbre petite vitesse ou vilebrequin [03]

c. Système bielle- manivelle :

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

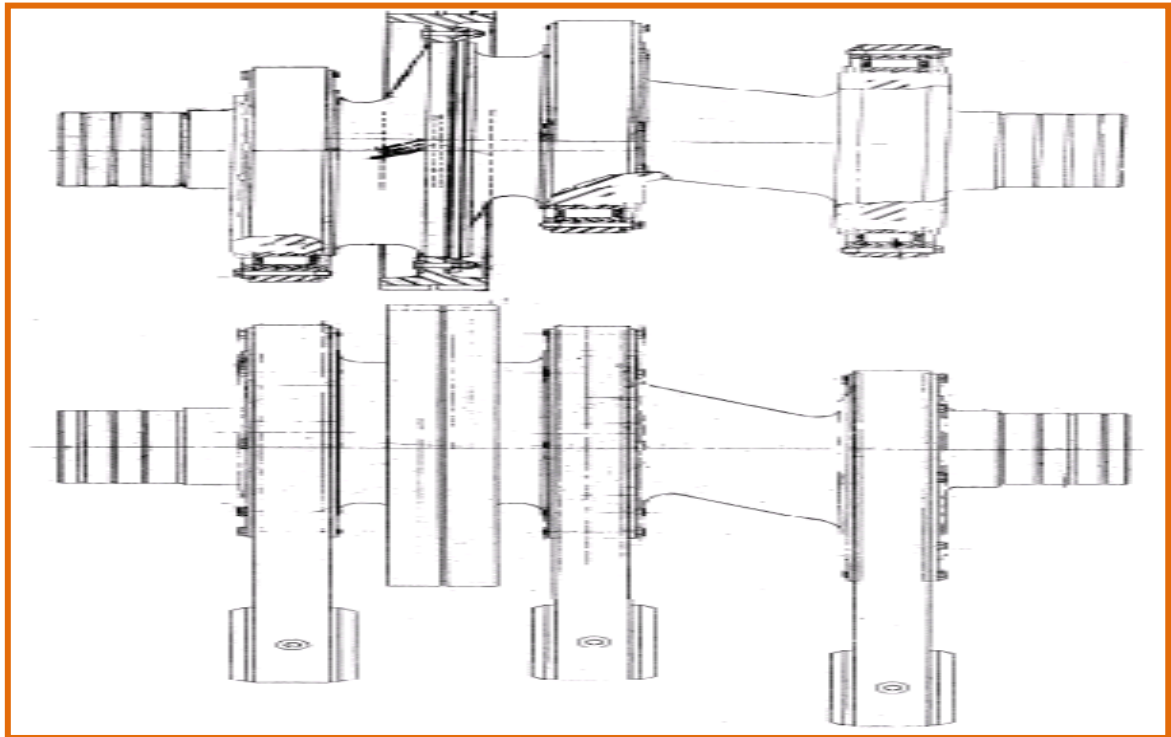


Fig17 : Système bielle- manivelle [02]

d. La crosse et sa rallonge :

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

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



Fig 18 : La crosse et la rallonge de crosse [16]

e. Le bâti et le carter :

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

La lubrification est en général réalisée par barbotage. Deux augets de réserve d'huile permettent pendant la mise en service d'une pompe, le graissage immédiat des pignons et de tuiles. L'étanchéité côté rallonge de crosse est assurée par un boîtier de presse-étoupe et son joint.

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

f. Le système d'entraînement :

Il en existe deux types :

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

II.1.4.2. La partie hydraulique:

a. Le corps hydraulique :

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

Le corps est obturé par des couvercles filetés et des portes des couvercles boulonnés à la partie supérieure où l'on trouve un collecteur de refoulement qui lié entre les sorties de refoulement, et ces couvercles qui maintiennent ou protègent les clapets, ils sont vissés ce qui augmente la rapidité de démontage et remontage.

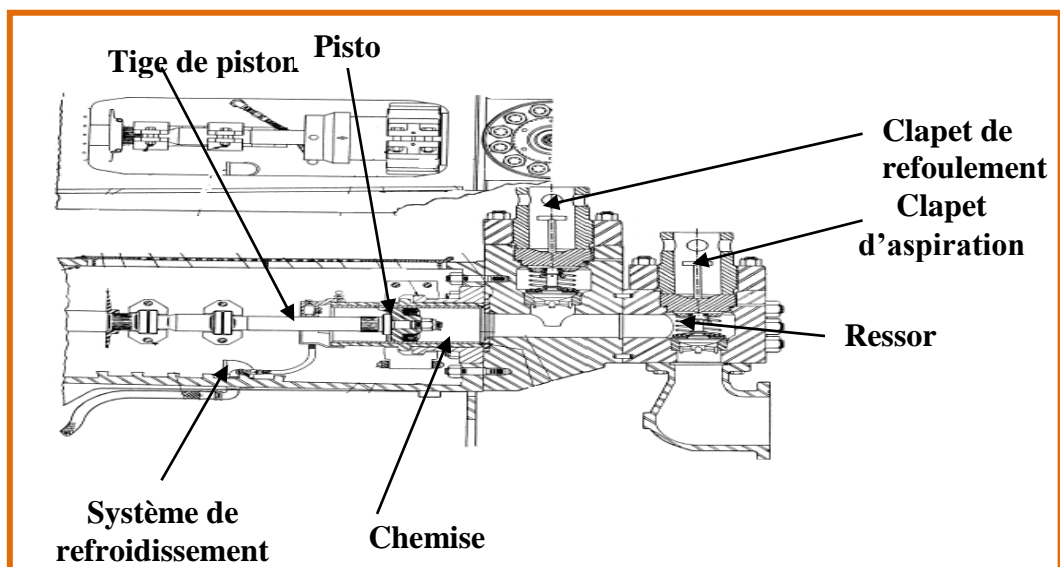


Fig. 19 :la partie hydraulique [04]

b. Le piston et sa tige:

Dans les pompes triplex ; le piston est monté avec une seule garniture (cycle simple effet), une coupelle et un circlips en assure la fixation sur le corps. La tige de piston classique est éliminée pour être remplacée par une tige courte et légère

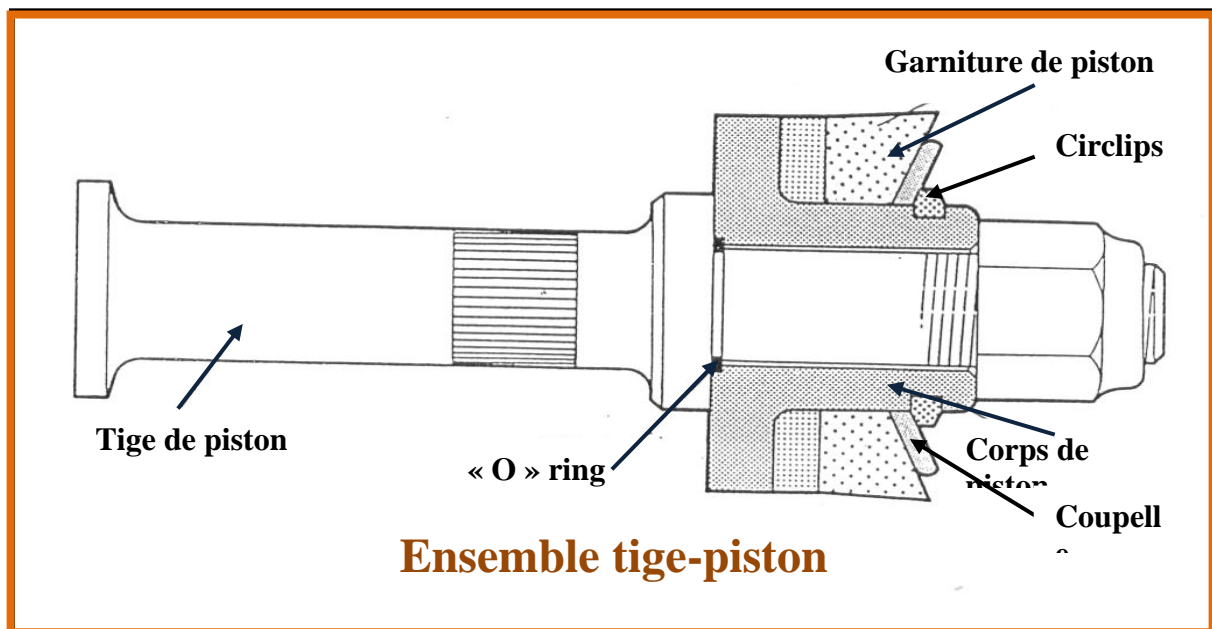


Fig 20 : Le piston et la tige de piston [04]

c. Les chemises :

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

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

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

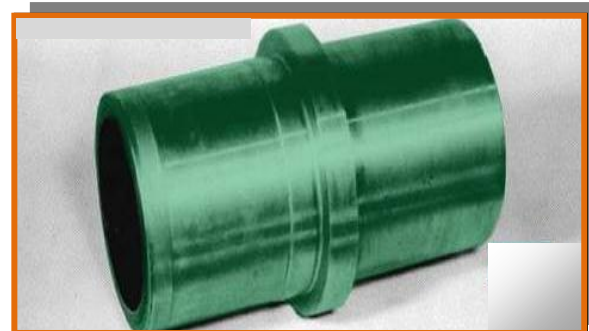


Fig 21 : Les chemises [04]

d. Les sièges et les clapets :

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

Leur principe avantage est d'être le diamètre plus faible donc :

- Plus résistant pour des pressions identiques.
- Moins lourds donc moins sujets au choc.
- Plus aisés à extraire.
- Moins coûteux à l'achat.

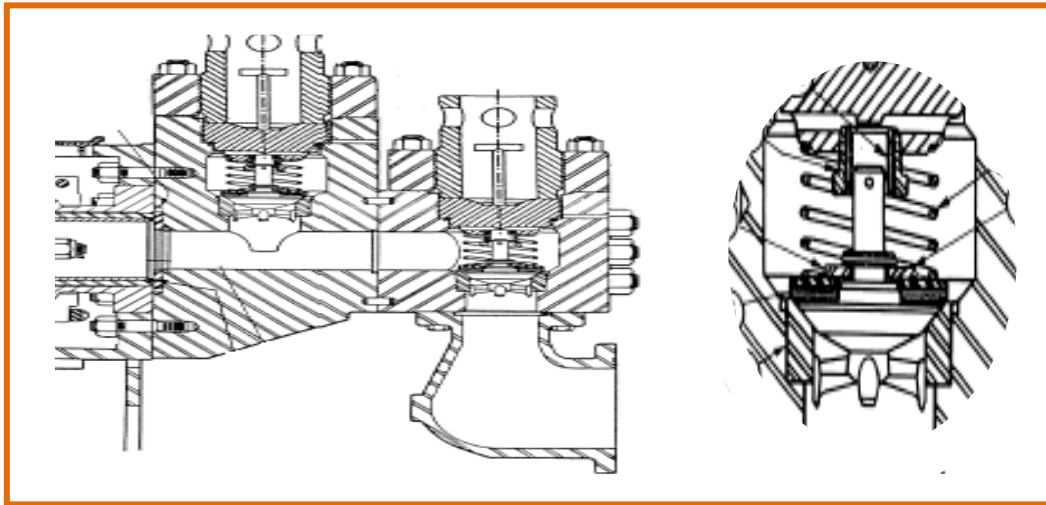


Fig 22: Sièges et clapets [04]

e. Refroidissement de la pompe à boue:

La partie hydraulique (les couples chemise-piston) nécessite un refroidissement intense suite au frottement et à la chaleur dissipée, pour cela la pompe à boue est munie d'une pompe centrifuge à eau, cette pompe aspire l'eau à partir des bacs d'eau et la refoule sous forme des jets contenus de la partie hydraulique.

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

II.1.4.3. Principe de fonctionnement et débit instantané :

a. Principe de fonctionnement :

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

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

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

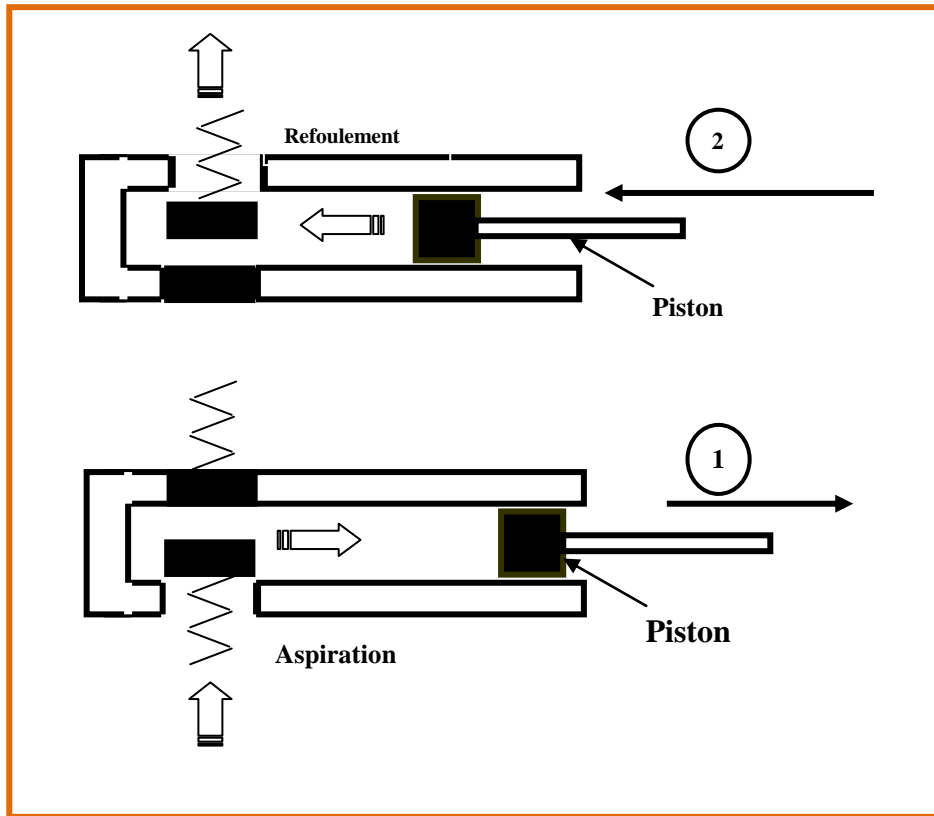


Fig 23 : Principe de fonctionnement des pompes triplex [04]

b. Débit instantané de la pompe :

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

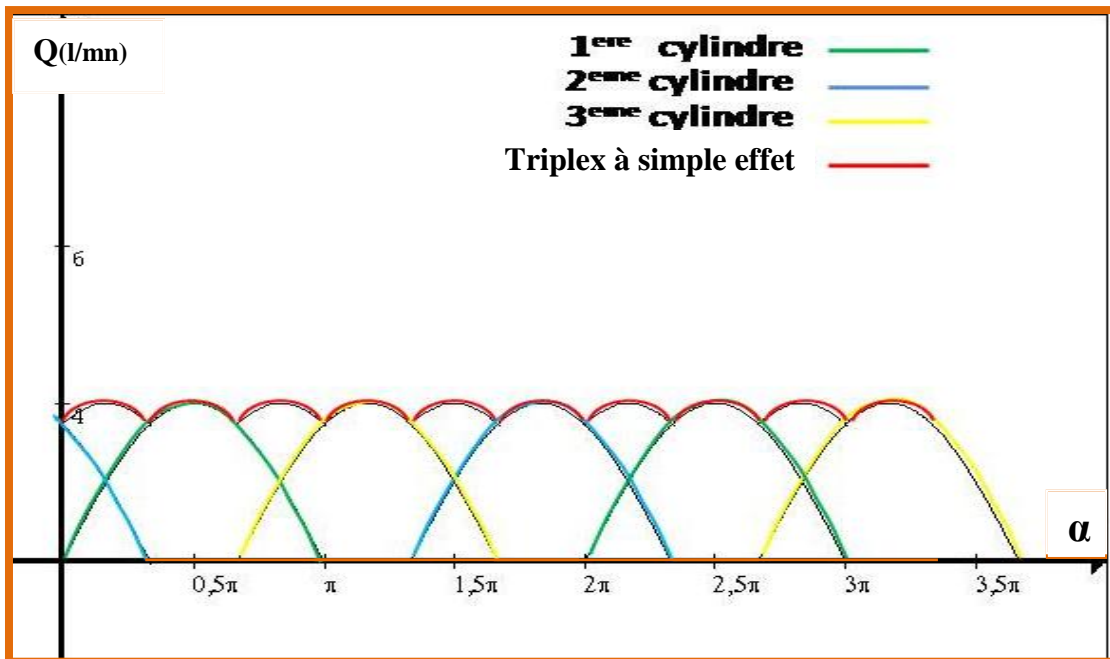


Fig 24 : Débit instantané de la pompe triplex à simple effet [04]

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

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

II.2.LES TREUILS

Dans les chantiers de forage et work over ; il existe deux types de treuils

- ✚ Treuil a air.
- ✚ Treuil de forage.

II.2.1. Les cabestans a air (petite treuil) (figure 25)

C'est un petite treuil à moteur pneumatique accouplé directement sur le tambour, utilise dans levage des :

- Les outils de plancher
- Les tubages et les tiges
- Outil de forage
- Masses tiges
- Équipements auxiliaires
- Raccords divers

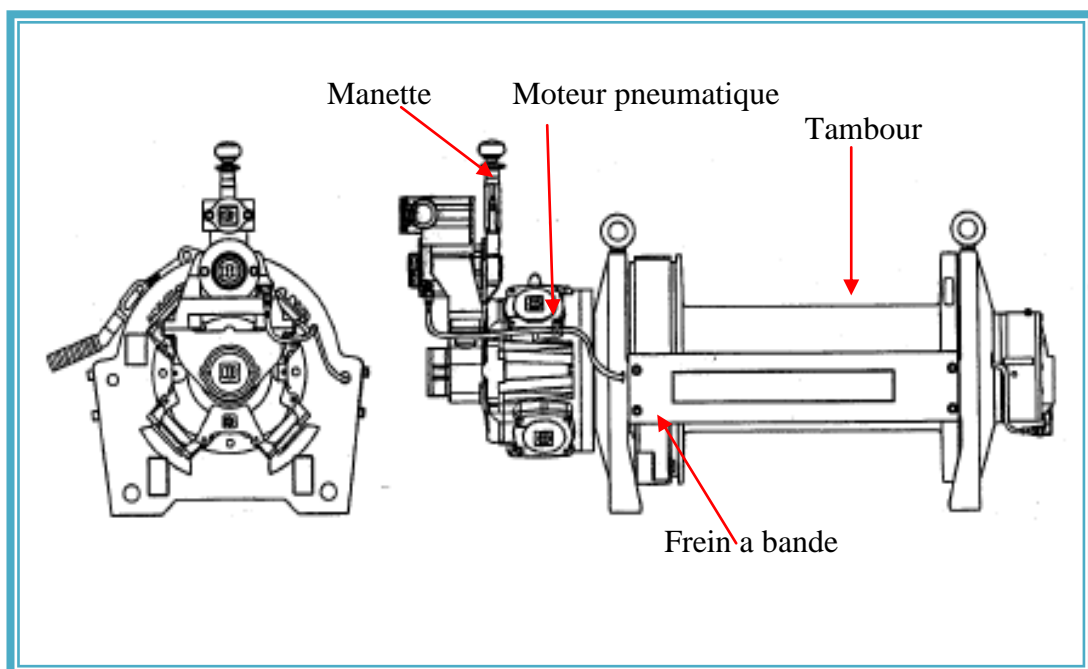


Fig 25 : Cabestan a air [11]

II.2.2.Treuil de forage

Le treuil de forage (drawworks) permet 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. Le treuil entraîne également un arbre secondaire permettant de dévisser et visser les tiges et les tubages (cabestan) [cathead]. Les treuils doivent être capables de déplacer de lourdes charges à de grandes vitesses.

Un treuil de forage est caractérisé par sa puissance maximale de levage.

Principaux éléments d'un treuil de forage:

1. Le châssis du treuil
2. Le tambour de manœuvre
3. Le frein mécanique à bandes
4. Les freins auxiliaires
5. Les cabestans

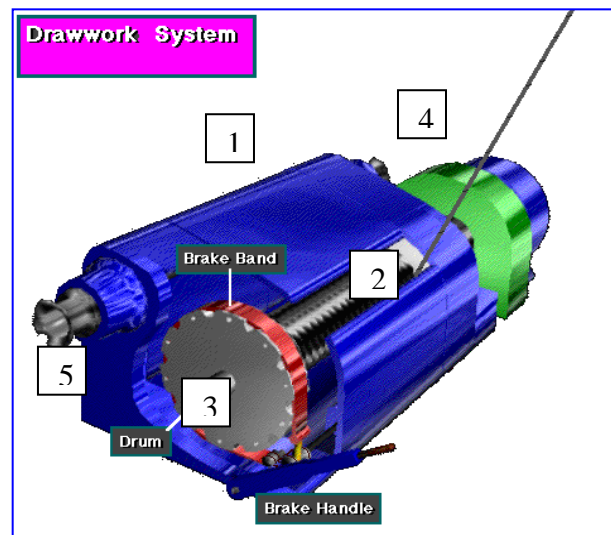


Fig 26 : Treuil de forage [06]

II.2.2.1. Le châssis du treuil

Le châssis du treuil 2000 HP est une conception avancée et équilibrée de structures soudées, sous forme de poutrelles parallèles aux arbres, fabriqué en acier lourd, avec une épaisseur réduite qui a pour conséquence une disposition efficace et appropriée du poids.

Pour assurer un alignement parfait des centres d'axes, la carcasse doit être extrêmement rigide et l'usinage des logements d'arbres se fait après le soudage de la structure.

La solidité dans la construction, qui n'est pas facile à réaliser, est nécessaire, car le treuil est soumis à des efforts pendant le forage et en cours de déménagement.

Le châssis doit prévoir également une aire de travail et être accessible pour les travaux de réparation et contrôle.

II.2.2.2 Le tambour de manœuvre:

Le tambour (figure 27) doit être rigide et solidement construit. Le métal doit être suffisamment dur pour éviter que les indentations créées par un câble ne nuisent au câble qui le remplacera. Il est équilibré afin de réduire les vibrations et de permettre une accélération rapide.

Son diamètre et sa longueur doivent être bien déterminés. Si le diamètre du tambour est trop petit pour le câble, ce dernier subira une tension trop forte et s'usera rapidement.

Plus le diamètre et la longueur du tambour seront grands, plus on pourra y enrouler de câble à chaque couche, ce qui diminue le nombre de couches sur le tambour et prolonge la durée de vie du câble. Donc le tambour doit être aussi allongé que possible sans toutefois être trop long afin de ne pas donner au câble un angle de déflexion trop grand et de ne pas constituer un treuil trop important.

En moyenne, le tambour doit avoir un diamètre au moins égal à 20 fois le diamètre du câble. L'angle de déflexion ne doit pas dépasser 1° à $1^\circ 30'$. Le nombre de couches de câble enroulé sur un tambour doit être le plus réduit possible; il ne dépassera pas 3 de préférence.

Un tambour cannelé est plus cher à l'achat qu'un tambour lisse, mais le câble durera plus longtemps car les cannelures éviteront par un enroulement correct l'écrasement du câble dans le cas de fortes charges

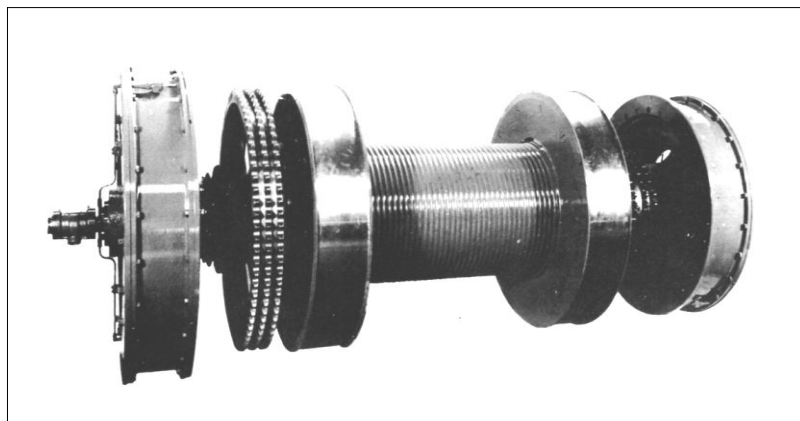


Fig 27: tambour de manœuvre [06]

II.2.2.3. Les freins :

Toute la sécurité du sondage repose sur le bon fonctionnement des freins. Il s'agit donc de mécanismes de toute première importance car une diminution de la capacité de freinage aurait des conséquences graves.

Tous les treuils sont équipés d'un frein mécanique à bandes. Très souvent un frein auxiliaire hydraulique ou électromagnétique est installé en bout de l'arbre tambour. Le frein auxiliaire absorbe la plus grande partie de l'énergie et le frein mécanique à friction sert presque uniquement au moment des mises sur coins pour arrêter complètement la charge.

Le frein mécanique sert également à contrôler la descente du train de sonde au fur et à mesure de l'avancement du trépan lorsque le treuil n'est pas équipé d'un dispositif d'avancement automatique.

a. Les freins mécaniques :

Le frein mécanique à bandes (figure 28) contrôle l'avancement de l'outil pendant le forage et stoppe complètement le treuil pendant la descente de la garniture.

Ce frein est constitué de deux bandes métalliques équipées de garnitures intérieures fixées par des boulons en Cuivre ou en Aluminium à tête noyée. Ces bandes sont reliées par une barre d'équilibrage qui répartit également la force de freinage entre les deux bandes et réduit ainsi l'usure des patins.

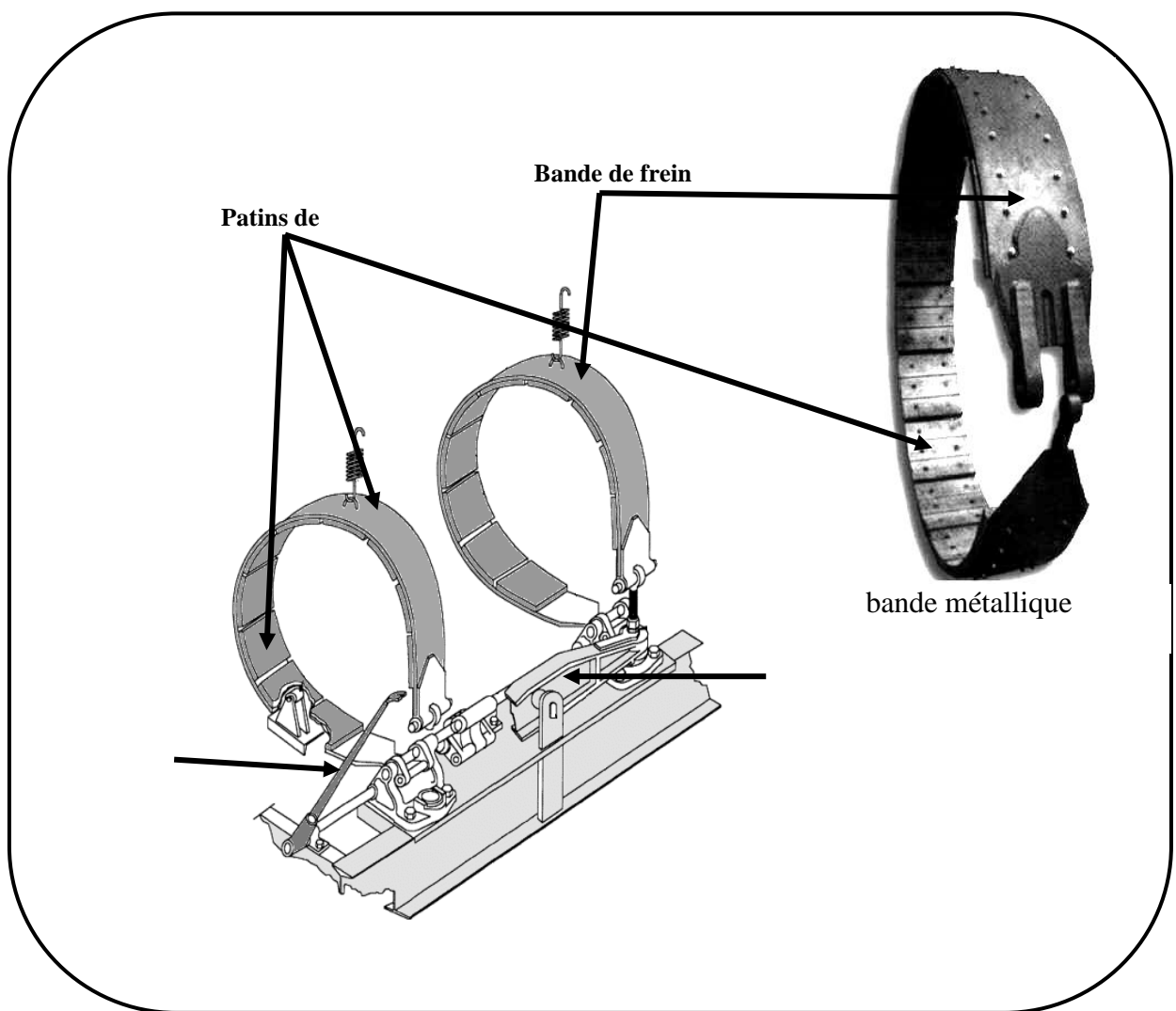


Fig28: Frein mécanique [06]

Chaque bande enveloppe une jante solidaire du tambour. Une extrémité de chaque bande est fixe alors que l'autre est reliée par l'intermédiaire d'un jeu de cames et de biellettes à un levier articulé (appelé frein) qui permet de démultiplier l'effort que l'on exerce sur son extrémité.

Afin d'évacuer la forte quantité de chaleur provoquée par le freinage, les jantes sont creuses et équipées d'un système de refroidissement à eau à circulation perdue ou à circulation sous pression en circuit fermé.

Lors du freinage, les jantes fixées au tambour en tournant, appliquent une traction sur chaque garniture de la bande de frein, traction qui s'ajoute à la tension donnée à la bande lorsqu'une force est appliquée au levier de frein. Ainsi l'extrémité de la bande côté point fixe est soumise à une tension supérieure à l'extrémité côté levier de frein. Le frein du tambour de manœuvre est donc appelé auto – serreur parce qu'une faible force appliquée au levier de frein provoque une grande pression sur les jantes.

b. Les freins électromagnétiques :

Le plus courant est le frein Elmagco fabriqué par la société Baylor (figure.29). Il est constitué d'un rotor qui tourne dans un stator où règne un champ électromagnétique produit par des bobines excitatrices. La capacité du freinage, qui croît beaucoup plus vite que celle d'un frein hydraulique, est contrôlée par le réglage de l'intensité du courant d'excitation.

Le rotor, en tournant à une certaine vitesse dans le champ électromagnétique créé par le courant d'alimentation, est parcouru par des courants de Foucault dont l'intensité est proportionnelle à la vitesse de variation du flux à travers le rotor et par suite, à sa vitesse de rotation. Ces courants induits créent des forces d'amortissement proportionnelles à la vitesse du rotor et dirigées en sens opposé.

L'augmentation de l'intensité permet un freinage particulièrement souple et progressif. Un accouplement à clabots ou à dentures entre le frein et l'arbre tambour donne toute satisfaction puisque le frein est complètement libre lorsque l'alimentation électrique est interrompue.

Dans ce type de frein, l'eau sert uniquement à dissiper la chaleur dégagée. Les conduites d'arrivée et de sortie d'eau doivent être suffisantes, la température inférieure à 100 degrés et un réservoir d'une dizaine de mètres cubes est nécessaire. Le niveau du réservoir de circulation doit être au-dessous du niveau inférieur du frein. Le débit d'eau nécessaire est de 530 l/mn.

Dans le dessin technique de frein électromagnétique on peut avoir :

- La fixation de frein électromagnétique sur le châssis du treuil.
- L'accouplement entre le frein électromagnétique et l'arbre de tambour.

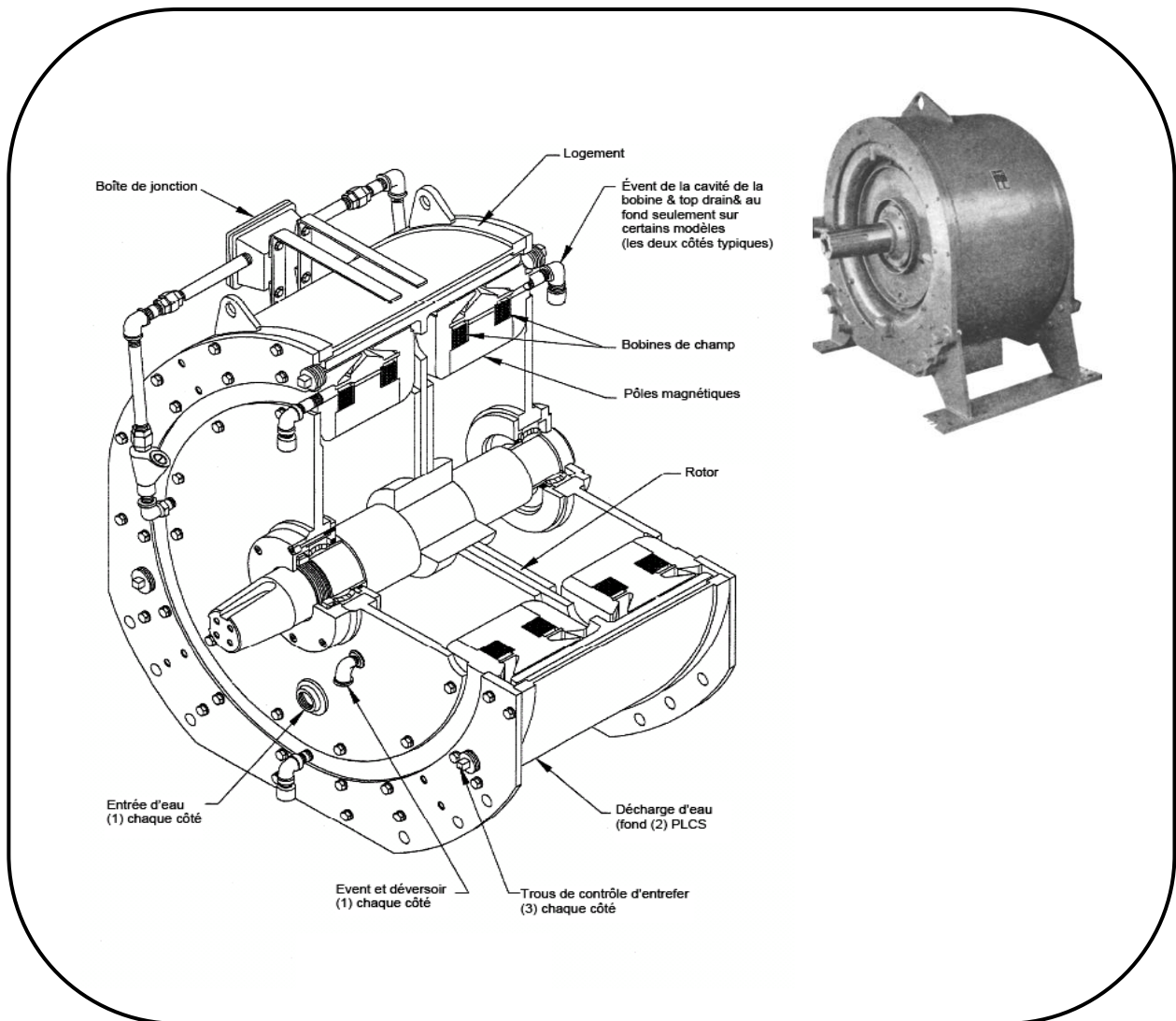


Fig29 : Frein électromagnétique [06]

II.2.2.4. Les cabestans :

Ces accessoires (figure 30) ont deux fonctions : le vissage et le dévissage de la garniture de forage, à l'aide des clés, et la manutention des charges sur le plancher.

Tous les treuils modernes sont équipés de deux cabestans à commande pneumatique. Ils sont installés sur un arbre situé à la partie supérieure du treuil. L'un à gauche pour le dévissage, l'autre à droite pour le vissage. La position de ce dernier doit permettre à une seule personne de manoeuvrer, à la fois, le cabestan et le treuil.

Un cabestan est constitué d'un tambour coulissant et d'une poupée clavetée sur l'arbre. La traction sur la clé de vissage, ou de dévissage, est assurée par le tambour sur lequel est monté à demeure un câble métallique. La rotation du tambour est obtenue par un embrayage à air qui plaque le tambour sur un disque de friction. La vanne de commande doit permettre un embrayage

très doux et progressif, ce qui facilite les opérations de vissage en particulier quand elles sont faites à l'aide d'une chaîne. La force de traction d'un cabestan doit permettre d'obtenir largement les couples de serrage nécessaires aux blocages et déblocages de la garniture de forage.

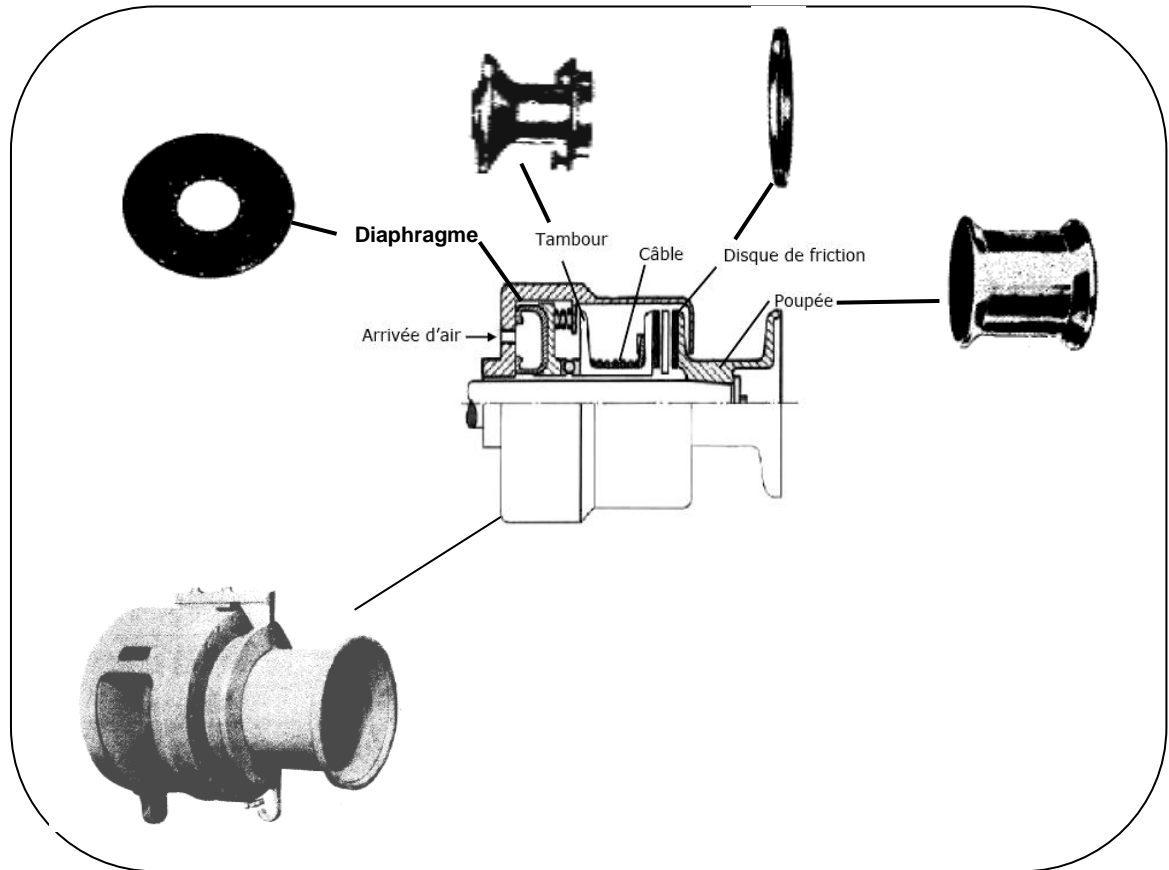


Fig30 : les composants d'un cabestan [06]

II.3.UNITE KOMMEY (UNITE D'ACCUMULATION):

Cette unité permet de disposer en permanence d'une réserve de fluide sous pression pour opérer et maintenir en pression les différents composants du stack BOP.

L'unité de commande comprend :

- un réservoir de stockage contenant le fluide hydraulique à pression atmosphérique,
- au moins deux systèmes de pompage qui aspirent le fluide hydraulique dans le réservoir pour le porter à la pression de fonctionnement de l'unité (en général 3 000 psi),
- un ensemble de bouteilles (accumulateurs oléopneumatiques) pour stocker ce fluide à la pression de fonctionnement de l'unité,

- Des régulateurs pour régler la pression du fluide hydraulique dirigé vers les différents composants du stack BOP,
- Des distributeurs 4 voies – 3 positions pour opérer les différentes fonctions.



Fig31: Unité hydraulique de commande [15]

II.3.1. Description d'une unité standard [15]

La figure 32 représente une unité standard avec ses différents composants.

- 1 Arrivée d'air (pression de l'ordre de 120 psi).
- 2 Huileur.
- 3 Vanne qui permet de by-passer la vanne d'admission automatique d'air n°4. En position ouverte, elle permet d'alimenter en continu les pompes à air. Elle doit être normalement en position fermée.
- 4 Vanne d'admission hydropneumatique automatique. Elle permet de régler la pression de démarrage et l'arrêt des pompes à air.
- 5 Vannes manuelles d'isolement des pompes pneumatiques. Normalement, elles doivent être en position ouverte.
- 6 Pompes à air.
- 7 Vannes manuelles d'isolement de l'aspiration des pompes à air. Normalement, elles doivent être en position ouvertes.
- 8 Filtre à huile équipé d'une crépine sur la ligne d'aspiration.
- 9 Clapet anti-retour.
- 10 Pompe triplex entraînée par moteur électrique.

- 11 Mano-contact : permet de régler les pressions de démarrage et d'arrêt de la pompe électrique. Il est réglé de telle façon que le moteur électrique démarre lorsque la pression dans l'unité chute sous un certain seuil (en général, 2700 psi) et s'arrête lorsque la pression atteint un certain seuil (3 000 psi).
- 12 Coffret de démarrage contenant un commutateur à 3 positions (OFF, ON,AUTO).Le interrupteur doit être normalement sur la position AUTO.
- 13 Vanne manuelle d'isolement de l'aspiration de la pompe électrique. Normalement, elle doit être en position ouverte.
- 14 Filtre à huile équipé d'une crépine sur la ligne d'aspiration.
- 15 Clapet anti-retour.
- 16 Vanne manuelle d'isolement des bouteilles. En fonctionnement normale, cette vanne doit être ouverte.
- 17 Accumulateur. La précharge en azote doit être de 1000 psi \pm 10 %.
- 18 Soupape de sécurité, tarée entre 3300 et 3500 psi. Le retour est connecté au réservoir.
- 19 Filtre à huile sur le circuit haute pression.
- 20 Régulateur de pression : Il réduit la pression de 3000 psi à 1500 psi pour le circuit "manifold". Son réglage se fait manuellement.
- 21 Clapet anti-retour.
- 22 Distributeurs 4 voies - 3 positions. Ces distributeurs, équipés de vérins pneumatiques, peuvent être pilotés à distance.

Elles permettent l'envoi du fluide hydraulique sous pression vers les BOP ou les opérateurs de vannes, pour ouvrir ou fermer ceux-ci.
- 23 Vanne de by-pass : permet de by-passer la régulation 3 000 - 1500 psi et d'envoyer directement dans le manifold le fluide hydraulique à la pression des accumulateurs (3 000 psi). Cette vanne doit être normalement en position fermée. Elle peut être commandée à distance.
- 24 Soupape de sécurité avec retour au réservoir de stockage du fluide hydraulique. Elle est réglée vers 5 500 psi.
- 25 Vanne de purge de la partie HP. Elle est normalement en position fermée.

- 26 Sélecteur à 2 positions : Il permet de sélectionner le point de commande du régulateur de pression du BOP annulaire n° 27. Lorsqu'il est sur Remote, 27 peut être réglé à partir du panel de commande à distance. Lorsque le sélecteur est sur Local, 27 ne peut pas être réglé à distance.
- 27 Régulateur de pression annulaire : Il permet de régler la pression du fluide hydraulique envoyer vers le BOP annulaire afin d'ajuster la pression de fermeture de celui-ci. Ce régulateur est piloté pneumatiquement et peut être ajuster à distance.
- 28 Manomètre de pression de la partie "accumulateur".
- 29 Manomètre de pression de la partie "manifold".
- 30 Manomètre de pression de la partie "annulaire".
- 31-32-33 Transmetteurs pneumatiques de pression de l'accumulateur, du manifold et de l'annulaire vers le ou les panneaux de commande à distance.
- 34 Filtre à air.
- 35 Régulateur permettant de régler la pression d'air envoyée vers le régulateur
- 36 – 37 - 38 Régulateurs à air pour les transmetteurs pneumatiques de l'annulaire, de l'accumulateur et du manifold.
- 39 Platine de connexion du faisceau de télécommande pneumatique.
- 40 Indicateur de niveau de fluide hydraulique dans le réservoir.
- 41 Bouchon de remplissage et de mise à l'air du réservoir.
- 42 Vannes 4 voies - 3 positions.
- 43 Clapet anti-retour.
- 44 Soupape de sécurité sur la ligne auxiliaire avec retour au réservoir de stockage du fluide hydraulique.
- 45 Ligne auxiliaire qui peut être utilisée pour le skidding.
- 46 Ligne auxiliaire qui peut être utilisée pour tester des équipements en pression.
- 47 Retour vers le réservoir lors de l'utilisation d'une ligne auxiliaire.
- 48 Bouchon d'inspection du réservoir de stockage de fluide hydraulique

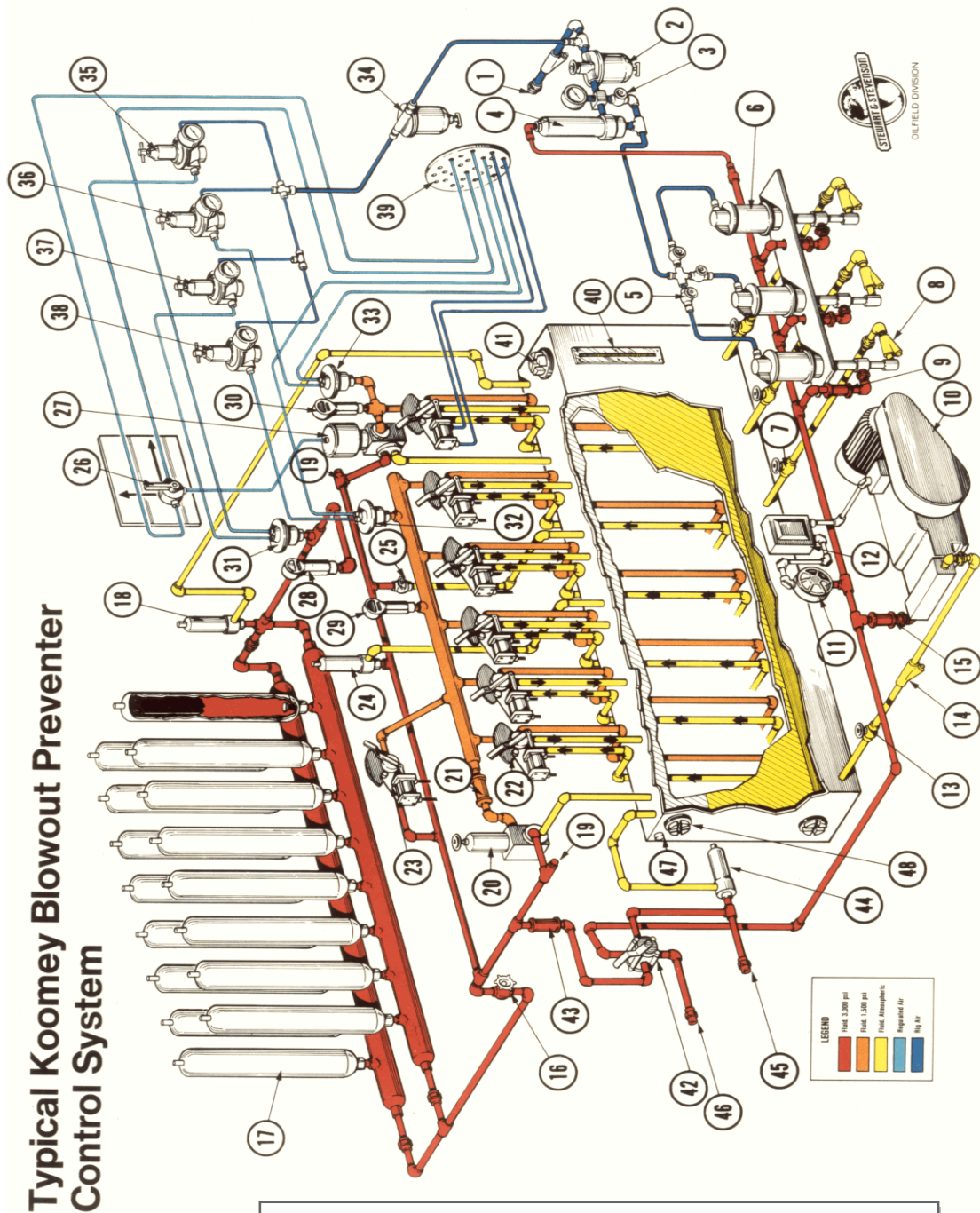


Fig32: Description d'une unité KOMMEY [15]

II.3.2.Principe de fonctionnement de l'unité

L'unité doit être placée dans un endroit protégé à distance du plancher de forage (hors du périmètre de sécurité) et facilement accessible au personnel du chantier en cas d'urgence.

II.3.2.1. Systèmes de pompage

L'unité doit être équipée d'au moins deux systèmes de pompage ayant des sources d'alimentation (électrique, pneumatique,...) indépendantes. Un système de pompage se compose d'une ou de plusieurs pompes.

Les pompes aspirent le fluide hydraulique dans le réservoir et doivent être capables de le refouler au moins à la pression (maximum) de fonctionnement de l'unité. Le fluide hydraulique est stocké sous pression dans les accumulateurs oléopneumatiques.

Des vannes (items 7 et 13) permettent d'isoler le réservoir des pompes. Chaque ligne d'aspiration est équipée d'un filtre (items 8 et 14). Les pompes sont protégées par des clapets anti-retour (items 9 et 15).

Chaque système de pompage est équipé d'un dispositif lui permettant de démarrer automatiquement lorsque la pression dans l'accumulateur est en dessous d'un certain seuil et de s'arrêter automatiquement lorsque cette pression atteint la pression de fonctionnement de l'unité. En situation normale, les systèmes de pompage doivent être alimentés en puissance et prêts à démarrer et à s'arrêter automatiquement.

Les recommandations de l'API 16 E sont : **[15]**

- Démarrage des pompes lorsque la pression dans l'unité d'accumulation est tombée approximativement à 90 % de sa pression de fonctionnement (soit environ 2 700 psi pour une unité fonctionnant à 3 000 psi).
- Arrêt lorsque la pression de l'unité est comprise entre sa pression de fonctionnement et cette pression moins 100 psi (soit entre 2 900 psi et 3 000 psi).

a. Système de pompage pneumatique

La figure 32 montre un système composé de trois pompes à air (item 6). La vanne d'admission automatique de l'air (item 4) permet de régler le seuil de démarrage et d'arrêt des pompes. Lorsque la pression dans l'unité descend sous le seuil de démarrage (en général un peu en dessous de 2 700 psi), cette vanne s'ouvre et permet la mise en route des pompes. Elle ferme l'arrivée d'air lorsque la pression dans l'unité atteint le seuil d'arrêt. Ce seuil est en général de 2 900 psi lorsque le système pneumatique est utilisé avec un système électrique et de 3 000 psi (pression de fonctionnement de l'unité) si l'on utilise uniquement des systèmes pneumatiques.

La vanne 3 permet de by-passer cette vanne d'admission automatique de l'air. Les vannes 5 permettent d'isoler les pompes du circuit d'air. En fonctionnement normal, la vanne 3 doit être

fermée, les vannes 5 ouvertes et la vanne automatique 4 doit permettre le démarrage et l'arrêt automatiquement aux seuils voulus.

Les pompes à air ont en général un rapport de fonctionnement de 50 à 60 pour 1. C'est-à-dire qu'avec une pression d'alimentation de 100 psi, elles fournissent une pression de refoulement de 5 000 à 6 000 psi. Ces pompes doivent être capables de fonctionner avec une pression d'air de 75 psi.

b. Système de pompage électrique

Les pompes électriques sont des pompes triplex. Le manocontact (item 11) enregistre la pression dans l'unité et actionne le contacteur électrique (item 12). Ce contacteur a trois positions :

- Position **OFF** : le moteur électrique n'est pas sous tension quel que soit la pression dans l'unité d'accumulation,
- Position **ON** : le moteur électrique est en permanence sous tension quel que soit la pression dans l'unité d'accumulation,

Position **AUTO** : le moteur démarre lorsque la pression dans l'unité d'accumulation mesurée par le manocontact est en dessous du seuil fixé pour le démarrage (90 % de sa pression de fonctionnement, soit 2 700 psi pour une unité standard), le moteur s'arrête lorsque la pression atteint le seuil fixé pour l'arrêt (3 000 psi).

III.1. GENERALITES SUR LA MAINTENANCE

III.1.1 Introduction de la maintenance

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

III.1.2. Définition de la maintenance [08]

D'après LAROUSSE :

« Ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement ».

D'après AFNOR (NFx 60 - 010) :

« 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 des opérations de conservation du potentiel du matériel (Dépannage, visites, graissage, réparation, modernisation). Afin d'assurer la continuité de marche et la qualité de production.

III.1.3. Objectifs de la maintenance

Les objectifs de la maintenance peuvent être classés en deux types :

III.1.3.1. Objectifs opérationnels

- Maintenir l'équipement dans un état acceptable ;
- Assurer la disponibilité maximale de l'outil de production à un prix raisonnable ;
- Créer un service qui élimine les pannes à tout instant ;
- Augmenter à la limite la durée de vie de l'outil de production ;
- Obtenir un rendement maximal ;
- Maintenir les installations dans une priorité.
- Diminuer la probabilité de défaillance en service ;
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;

- Permettre de décider la maintenance corrective dans les bonnes conditions ;
- Supprimer les causes des accidents graves ;
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production (ambiance de maintenance).

III.1.3.2. Objectifs économiques

- Réduire au maximum les coûts de la maintenance ;
- Réduire les temps d'arrêt de production.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective coûteuse ;
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc...

III.1.4. Types de maintenance: On distingue deux types :

- La maintenance préventive ;
- La maintenance corrective.

III.1.4.1. La maintenance préventive

C'est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Les objectifs de la maintenance préventive sont :

- Augmenter la durée de vie de matériels et de la sécurité ;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions (gestion de la maintenance) ;
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants, etc. ;
- Supprimer les causes d'accidents graves ;
- Diminuer les travaux urgents.

Il y a deux types de maintenance préventive, qui sont les suivants :

a. La maintenance préventive systématique :

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage.

condition d'application :

Ce type de maintenance nécessite de connaître :

- Le comportement de matériel ;

- Les usures ;
- Les modes de dégradation ;
- Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) entre deux avaries.

+ cas d'application :

- Equipement à la législation en vigueur (sécurité réglementée) ;
- Equipement dont la panne risque de provoquer des accidents graves (sécurité des biens et des personnes) ;
- Equipement ayant un cout de défaillance élevée.

b. La maintenance Préventive Conditionnelle

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto-diagnostique, information d'un capteur, mesure d'une usure...), elle consiste à surveiller et de façon continue l'état de fonctionnement d'un équipement et son comportement avec le temps. On l'appelle aussi la maintenance prédictive.

Les Objectifs de la maintenance préventive conditionnelle sont :

- Eviter les démontages inutiles liés au systématique qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances ;
- Accroître la sécurité des biens et des personnes ;
- Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

+ condition d'application

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles suivant le cas. Il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles reste systématique et font partie des moyens de contrôle non destructif.

+ cas d'application

Tous les matériels sont concernés. Ce type de maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

III.1.4.2. La maintenance corrective

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

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

a. la maintenance palliative

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction ou partie d'une fonction. Elle est appelée couramment dépannage.

b. la maintenance curative

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent.

Les activités pouvant être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances.

III.1.5. Les opérations de la maintenance [08]

❖ Les inspections

Ces sont des activités de surveillance (ronde à fréquence courte), consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

Elle assure une surveillance quotidienne de l'ensemble des équipements, évitant ainsi, l'apparition d'un grand nombre de défaillances mineures, qui pourraient à long terme avoir des conséquences majeures.

Les rondes, sur matériel en service, comprennent :

- La lubrification (contrôles, pleins, vidanges,);
- Des contrôles de pressions de températures, de vibrations ;
- Des examens sensoriels : Détection visuelle de fuites, détection d'odeur, des bruits anormaux, etc...
- Des travaux mineurs : dépannages simples, réglages ;
- Ecoute des cognements de pompage ou des chocs hydrauliques à l'aide d'un casque et avec l'ouïe.

❖ Les visites : Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée. Ces interventions correspondant à une liste d'opérations définies au préalable et qui peuvent entraîner des montages d'organes et une immobilisation du matériel.

❖ **Le dépannage** : Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement compte tenu de l'objectif. Ainsi le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

❖ **La réparation** : Intervention définitive et limitée à la maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident, ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

❖ **Les révisions** : Ensembles des actions d'examen, de contrôle, et des interventions effectués en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unité d'usage donné.

❖ **Le contrôle** : Il correspondre à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivie d'un jugement.

Le contrôle peut être une activité d'information, inclure une décision, déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

III.1.6. Les niveaux de maintenance

- **1^{er} niveau**

Réglages simples au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité (voyants, fusibles...etc).

- **2^{ème} niveau**

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive telles que les graissages ou contrôles de bon fonctionnement (rondes).

- **3^{ème} niveau**

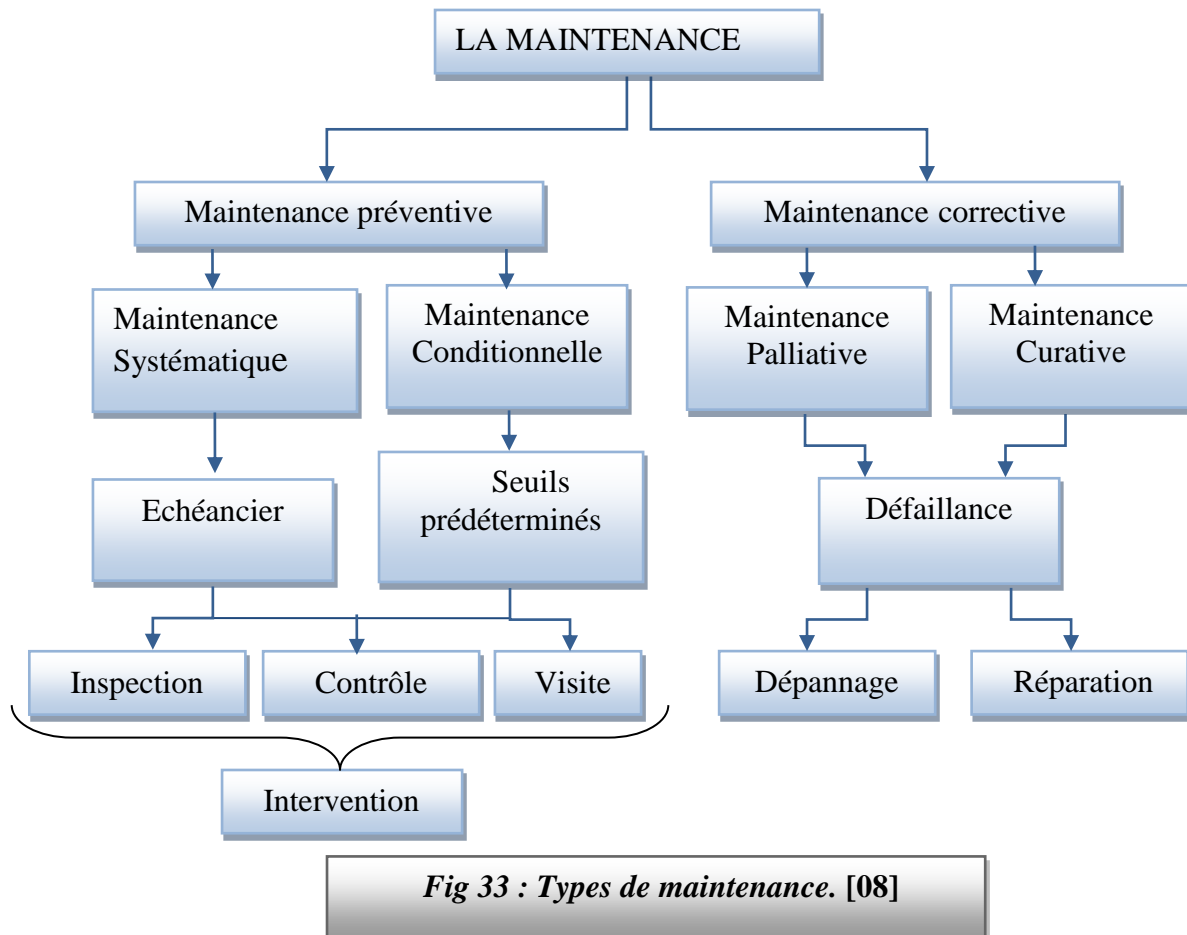
Identification et diagnostic des pannes réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure.

- **4^{ème} niveau**

Tous les travaux de maintenance corrective ou préventive sauf rénovation et reconstruction. Avec réglages des appareils de mesure utilisés. Au besoin vérification des étalons de mesure par des organismes spécialisés.

• 5^{ème} niveau

Rénovation, reconstruction, et toutes les opérations importantes confiées à un atelier central ou à des unités extérieures.



III.2.MAINTENANCE DE LA POMPE :

III.2.1. Maintenance préventive :

Dans le chantier on utilise deux pompes en parallèles, pour assurer la sécurité et la continuité de production 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 :

- Contrôle de la qualité et le niveau d'huile dans le carter et le changer lorsqu'il est nécessaire ;
- Contrôle de la température de refroidissement de l'eau ;

- Contrôle de la pression de refoulement, du débit refoulé et de la vitesse de rotation par le chef de poste ;
- Contrôle de la pression d'huile de lubrification ;
- Nettoyage de la pompe ;
- Voir les fiches de contrôle.

III.2.2. Maintenance corrective :

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

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

III.2.2.1. Entretien au niveau du chantier :

Avant de travailler sur une pompe et pour éviter tout accident du personnel, il faut s'assurer que :

- La pompe est bien isolée du circuit haute pression est en forage et que l'on utilise l'autre pompe ;
- Les vannes à l'aspiration sont fermées, sinon risque de perte importante de boue ;
- La pression du circuit de refoulement a bien été purgée ;
- La pompe ne peut être embrayée accidentellement (couper ou verrouiller le système d'embrayage), placer un petit panneau ou un "autocollant" sur la commande au tableau de commande ;
- Tout le matériel nécessaire se trouve sur place (palan, clé pneumatique ou à frapper, masse, etc.)
- Avant de sortir une porte de fond de cylindre, il faut dévisser le dispositif de blocage des chemises ainsi que le dispositif de serrage des joints.
- Lors du changement de chemise, il faut nettoyer à fond l'intérieur du corps de pompe, surtout la partie inférieure où il y a toujours un dépôt de sables et de baryte :
- Vérifier que l'alésage se trouvant en face de l'anneau lanterne de chemise n'est pas bouché ;
- Graisser tout l'ensemble, chemise et joints, avant l'introduction dans le corps de pompe ;

CHAPITRE III: MAINTENANCE DES MACHINES INDUSTRIELLES

- Le montage des tiges et pistons doit se faire à sec après dégraissage des portées coniques ;
- Les corps de piston ont une gorge dite "d'usure". Selon la profondeur de cette gorge, le piston doit être changé, etc.

III.2.2.2. Pannes de la pompe à boue et leurs remèdes : [16]

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.	✓ Remplacer celui-ci ; ✓ Eliminer le corps qui provoque l'ouverture de la conduite ; ✓ Déboucher la conduite d'aspiration ; ✓ Le remplacer ; ✓ Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; ✓ Diminuer la vitesse de la pompe ; ✓ Amorcer les chambres hydrauliques ; ✓ Remplacer les pistons et les chemises.
b) Baisse de pression d'aspiration	1) Bas niveau d'aspiration ; 2) Capacité insuffisante de la pompe de suralimentation ; 3)) Ecoulement lent de fluide de forage ; 4) Manomètre défectueux ;	✓ Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; ✓ Eliminer les anomalies éventuelles de la pompe de suralimentation ; ✓ Eliminer les restrictions dans la conduite d'aspiration ; ✓ Le remplacer.
c) Chocs hydraulique	1) Aspiration défectueuse ; (existence d'air dans la conduite d'aspiration) ; 2) Présence d'air ou des gaz dans la boue.	✓ Eliminer l'air de la conduite ; ✓ Ajuster l'amortisseur d'aspiration.
d) Vibration de la conduite de refoulement	1) Anomalie au niveau de l'amortisseur de pulsation ; 2) Boulons desserrés ; 3) Manque de support sous la conduite.	✓ Réparer ou recharger ou le remplacer ; ✓ Il faut resserrer les boulons ; ✓ La munir d'un support.

CHAPITRE III: MAINTENANCE DES MACHINES INDUSTRIELLES

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 ; 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"> ✓ Vérifier et ajouter l'huile si nécessaire ; ✓ 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 contaminé ; 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.
i) 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 dérégulé. 	<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.

CHAPITRE III: MAINTENANCE DES MACHINES INDUSTRIELLES

m) Portée de chemise coupée ou faussée	1) la portée de cylindre peut être usée ; 1) Le sur blocage peut avoir faussé la chemise.	✓ Sortir les vis de serrage avant de bloquer la portée de cylindre ; ✓ Ne serrer les vis qu'en dernier lieu.
n)) Portée de clapet «sifflée»	1) Matériaux étrangers dans la boue ; 2)) Montage de vieux matériel sur du neuf.	✓ Vérifier l'usure de toutes les pièces ; ✓ Remplacer toutes les pièces usées.
o) «sifflage» entre le siège de clapet et le corps de la pompe	1) présence de sable ou de rouille derrière le siège.	✓ Vérifier que la portée du clapet n'est pas percée ; ✓ Le siège et la portée conique doivent être

III.3.ANALYSE DES TYPES D'USURE DE LA POMPE

La mise hors service des pièces constituant la pompe à boue résulte de plusieurs formes d'usures, rupture par fatigue et corrosion des pièces et plus souvent encore, de la combinaison (l'action commune) de deux et parfois des trois facteurs précédents.

III.3.1 Usure abrasive

L'usure par abrasion est caractérisée par la dégradation des surfaces des pièces résultant de l'action de coupe ou de rayage des particules solides, ce déplacement par rapport à la surface des pièces avec l'augmentation de la granulométrie (les grains) des particules solides et de la pression, celles-ci effectuent d'une façon plus intense la surface des pièces, et la profondeur d'usure s'accroît.

Si les particules abrasives sont soumises à des pressions considérables et se déplacent à des vitesses élevées, les couches superficielles des pièces de frottement sont fortement échauffées. Il se produit des décollages, et la pièce sera détériorée.

L'usure abrasive, causée par la boue de forage qui contient parfois des particules plus dures que les matériaux de construction des pièces de la pompe à boue constituent un facteur de destruction rapide des pièces : chemises, pistons, clapets, et leurs sièges, tiges...etc.

Ainsi le couple chemise-piston est mis hors service par suite de ces défauts d'étanchéité. Cela résulte du fait que les particules abrasives usent progressivement la chemise, puis sous l'action du filet du liquide érosif s'infiltrant entre la chemise et le piston et se produit de profonds sillons longitudinaux.

Une usure de type analogue se produit dans le couple siège-disque du clapet dont la durée de vie dépend également de l'étanchéité.

III.3.2. Usure par corrosion

La corrosion s'amorce à la surface pour se propager progressivement aux profondeurs du métal. La forme de corrosion la plus répandue est la rouille.

Pendant le fonctionnement de la pompe, la boue qui contient des réactifs chimiques circule dans la partie hydraulique et provoque ce type de corrosion. Les pièces touchées par cette corrosion sont celles qui sont en contact direct avec le liquide : les chemises, les pistons, les sièges des clapets.

III.3.3. Usure par fatigue

Les pressions spécifiques et les charges dynamiques élevées agissant sur les surfaces de puis les clapets au cours de l'application du disque sur le siège provoquent la destruction par fatigue des surfaces de travail, l'écrasement du siège et le décollement des bordures du disque.

Ce type d'usure se présente aussi sur le couple pignon d'attaque d'entrée, les dents travaillent à des sollicitations (efforts alternatifs) donc ils sont soumis à la fatigue, ce qui provoque l'arrachement du métal des surfaces en contact, et la fissuration des dents quand les charges, auxquelles sont soumises, sont supérieures à celles prévues.

III.4. OPERATIONS DE REPARATION DES POMPES A BOUE :

III.4.1 Définition :

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

Elle comprend :

- Les réparations menues ;
- Les réparations moyennes ;
- Les réparations complètes.

III.4.2. Réparation apportée à la pompe à boue :

En fonction de la durée de vie et 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 :

❖ 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.

❖ 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'ensembles entières (unité de montage) dont la durée de service est égale à une période entre eux, réparations moyennes. Elle s'effectue à l'atelier.

❖ Réparation générale (Complète) :

Se caractérisant 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.

III.4.3.Méthode de lancement des travaux de réparation de la pompe à boue:

❖ 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, ils établissent leur 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.

❖ 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 suivi 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 rebouter, 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 et les coûts de réparations réalisées et la date de sortie de la pompe sur la fiche technique de suivi de la pompe à boue.

III.4.4. Montage et démontage de la pompe à boue :

Les opérations de démontage et remontage sont des opérations très importantes et nécessitent une exécution bien correcte et soignée. Le personnel qui exécute ces opérations doit être qualifié et connaître bien la pompe à boue parce qu'une simple erreur peut engendrer la détérioration des pièces qui sont très coûteuses.

III.4.4.1 Démontage de la pompe à boue :

Le démontage de la pompe s'effectue comme suit :

❖ Démontage de la partie hydraulique :

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

❖ Démontage de la partie mécanique :

- Vidange de l'huile du carter de la pompe ;
- Démontage du bâti supérieur de la pompe ;
- Enlever les caches des excentriques crosses et chaînes ;
- Démontez la chaîne de transmission ;
- Enlever les pieds des bielles en retirant les boulons de fixation de l'axe de crosse ;
- Démontez le pignon d'attaque ;
- Démontez le système de guidage (crosse glissière) ;

- Démontez les palières (roulements coniques) de l'excentrique sous pression de l'huile ;
- Extraire les cages des palières
- Enlever l'ensemble bielles excentrique à l'aide d'un élévateur ;
- Démontez les bielles en enlevant les boulons de fixation sur l'excentrique ;
- Démontez la roue dentée ;
- Nettoyer et faire le diagnostic de tous les organes démontés.

III.4.4.2. Remontage de la pompe à boue :

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

- Le bon déplacement des pièces ;
- L'alignement soigné du système de guidage avec la tige et la partie hydraulique ;
- Le bon serrage des boulons ;
- L'ordre de montage de la pompe se fait à l'aide des documents techniques de la pompe.

IV.1.GENERALITES

La sécurité, la santé et le bien être des employés figurent parmi les préoccupations majeures de l'entreprise.

Les règles et instructions de sécurité sont édictées pour permettre aux travailleurs d'observer des attitudes à même de leurs éviter les risques d'accidents de travail et de maladies professionnelles, générées par les activités qu'ils exercent.

Ces règles et instructions permettront également d'éviter les dégâts matériels dont les conséquences, parfois trop lourdes, ne peuvent être supportées par l'entreprise.

Les perceptions du paramètre environnement dans la gestion de l'entreprise ont considérablement évolués depuis le développement du mouvement écologistes des années 1960.

Aujourd'hui autour des entreprises de toute taille, de plus en plus on se rend compte qu'effectivement le mot environnement coûte beaucoup plus chère qu'une gestion responsable de l'environnement. A titre d'exemple, le coût de traitement des déchets qui ne cesse d'augmenter d'une année à une autre.

A cet effet une solution s'impose, mieux vaut économiquement et écologiquement, éviter de générer des déchets à la source que de s'en débarrasser à des prix exorbitants, ce qui implique le changement de matière première et de processus, donc innover. Il en va de même pour la consommation d'eau et d'énergie.

La protection de l'environnement est du devoir collectif qui suscite l'attention et la préoccupation de chacun de nous, pour une meilleure qualité de vie.

IV.2. DEFINITIONS

- **Sécurité**

C'est l'immunité contre un risque inacceptable pour l'homme et l'environnement.

- **Environnement**

C'est un ensemble de contraintes, d'obstacles mais aussi de chances, tant externes qu'internes que chaque système doit prendre en compte lors de sa création et au cours de son développement. Les considérations prises en compte peuvent être :

- Abiotique (physique, chimique, force d'interaction).
- Biotique (l'ensemble du système vivant considéré).

Ainsi au même titre que l'eau, sol et l'air, l'homme de part ses activités est un acteur imminent dans les considérations environnementales.

CHAPITRE IV: SECURITE DANS UN CHANTIER DE FORAGE

IV.3. SECURITE DANS LES HYDROCARBURES [07]

L'installation de l'appareil de forage à terre est une opération délicate impliquant la manutention de colis lourds et de grandes dimensions. Par la suite, sa mise en œuvre implique l'utilisation d'équipements pouvant générer également d'autres risques, tels que ceux qui sont liés aux hydrocarbures, à la haute pression, au travail en hauteur, aux produits chimiques ou à l'électricité.

IV.3.1. Sécurité du personnel

Le port du casque est obligatoire pour toute personne accédant au chantier, des casques seront tenus en réserve sur le chantier à la disposition des visiteurs

Le chantier sera doté de matériel de protection individuelle : masques filtrants et matériel de réanimation.

L'équipe de forage portera obligatoirement : casque, vêtement de travail, chaussures de sécurité et gants de protection qui lui devront être fournis

Pour certains travaux particuliers, nettoyage des bacs, utilisation des produits corrosifs, soudage, etc... des équipements spéciaux (gants caoutchouc, imperméables, tabliers, lunettes, écrans, etc...) devront être utilisés.

IV.3.2. Dangers et risques liés au forage

L'activité du forage comporte plusieurs risques auxquels sont soumis les travailleurs. Ceux-ci sont regroupés en différentes catégories :

- Les risques physiques;
- Les risques chimiques;
- Incendie;
- Electrocutation;
- Brûlures;
- Accidents de travail et maladies professionnelles.

IV.3.2.1. Les risques physiques

Le bruit pouvant atteindre des niveaux très importants à des sources sonores est à l'origine d'une atteinte de l'ouïe. Son action est sournoise et ne se manifeste qu'après plusieurs mois ou années d'exposition. Il est aussi source d'atteinte du système nerveux, d'asthénie, d'altération de la tension artérielle, des troubles digestifs, etc...

IV.3.2.2. Les radiations ionisantes

Lors de travaux de soudure et de contrôle de métallographie, utilisation de sources radioactives lors de certaines opérations inhérentes au forage pétrolier

IV.3.2.3. Les risques électriques

Il existe du fait de l'utilisation des générateurs électriques de haut voltage. Ce risque peut entraîner des phénomènes aller jusqu'à la fibrillation ou des brûlures à des degrés divers.

IV.3.2.4. Les risques mécaniques et de manutention

Les travaux en hauteur (plate-forme du plancher passerelle d'accrochage) présentent des risques de chutes des personnes ou d'objets. Les travaux effectués au moyen d'engins spéciaux ou de chariots élévateurs et de grues sont sources d'accidents. De même que le travail de foreur comporte des risques d'accidents, plus ou moins grave parfois mortels.

IV.3.2.5. Les risques de brûlures

La chaleur (incendie, éruption, explosion) produit chimiques, l'électricité, les radiations etc...

IV.3.2.6. Les risques chimiques

Ils sont très nombreux du fait de la manipulation d'une foule de produits au cours des différentes phases du forage pétrolier. Ces produits sont à l'origine d'intoxications aiguës ou chroniques pouvant aboutir à des maladies professionnelles respiratoires ou cutanées (érythème, dermite)

IV.3.3. Prévention

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

Casques, masques, stop bruit, lunettes, écrans, combinaisons, harnais de sécurité, chaussures, etc...

IV.3.4. 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.

IV.3.4.1. Registre de sécurité

Chaque appareil de forage doit être muni d'un registre de sécurité tenu à jour à la disposition de l'administration.

Ce registre contient en particulier, les caractéristiques essentielles de l'appareil, les consignes de sécurité, une copie des textes réglementaires et des éventuelles dérogations, les transformations ou réparations importantes ayant éventuellement été effectuées, les rapports

CHAPITRE IV: SECURITE DANS UN CHANTIER DE FORAGE

des contrôles réglementaires par les sociétés agréent.

IV.3.4.2. Consignes de sécurité

Elles doivent être présentes sur le chantier et être adressées au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement avant le début des travaux :

- Consigne en cas d'incendie
- Consigne en cas de venue ou perte de fluide de forage
- Consigne en cas d'accident grave
- Consigne en cas de pollution accidentelle
- Consigne en cas de présence d'H₂O
- Consigne pour les essais du B.O.P
- Consigne pour chaque opération spéciale (acidification, utilisation d'explosif, de source radioactive).

IV.3.4.3. Affichage

Pouvant être affichées dans le bureau du chef de chantier :

- Un plan de masse de l'appareil de forage
- Un plan des liaisons équipotentielles
- Un plan des moyens de lutte contre l'incendie
- La liste des noms des personnes et services à contacter en cas d'accident : Pompier, service de l'exploitant est de l'entrepreneur
- Si nécessaire, un plan des issues de sécurité en cas de venue d' H₂O
- Les consignes d'interdiction de fumer et de faire des feux nus seront clairement indiquées sur ces plans

IV.3.4.4. Information du personnel

Les règlements et instructions édictés par l'administration en vue d'assurer la sécurité et l'hygiène sur les chantiers doivent être portés à la connaissance du personnel ainsi que ceux établis par la société ou par des organismes spécialisés dans le même but.

IV.4. SECURITE D'ENVIRONNEMENT DUE AUX HYDROCARBURES

Aucun employé ne doit porter ou laisser porter atteinte aux règles de l'entreprise, relatives à la santé, la sécurité et la protection de l'environnement.

Tous les employés doivent être informés des risques liés aux activités dont ils ont la charge et de toutes ces règles et mesures de sécurité s'y rapportant.

CHAPITRE IV: SECURITE DANS UN CHANTIER DE FORAGE

Les employés du maître d'œuvre, les fournisseurs et les tiers qui interviennent sur les sites d'ENAFOR sont tenus de respecter les règles de l'entreprise relatives à la santé, la sécurité et la protection de l'environnement, ainsi que les règles de leurs sociétés respectives.

La hiérarchie opérationnelle doit connaître et se conformer aux réglementations externes s'appliquant à leurs domaines d'activité.

Les résultats de sécurité font partie intégrante de matière de santé, sécurité et protection de l'environnement à chaque fois que cela s'avérerait nécessaire.

L'ENAFOR par sa grandeur d'action, ses activités et son potentiel humain utilisé un domaine d'action très vaste. Toute cette force, matérielle et humaine que possède l'entreprise prévoit des débordements sur l'équilibre naturel qui constitue son environnement. Le déversement des quantités importantes d'agents chimiques, physique ou danger à la santé humaine, a endommagé les ressources hydriques (nappes phréatiques biologiques (chameaux) ou encore à détériorer les biens matériels.

IV.5. SECURITE DANS LE TREUIL [06]

IV.5.1. Tambour et frein

Les tambours et les garnitures de frein seront en bon état, protégés des projections d'huiles, de graisse et de même d'eau afin que le freinage soit sûr et progressif.

Le frein doit pouvoir être maintenu bloqué par un dispositif d'immobilisation (chaîne ou contrepoids de préférence).

Un frein électromagnétique ou un dispositif ralentisseur équivalent équipera le treuil pour les appareils de forage moyens et lourds.

IV.5.2. KEMS et Crown-O-Matique

La vérification périodique de position de crown-o-matic est nécessaire.

Chaque opération de filage de câble le KEMS sera réglée avant de compléter le forage.

IV.5.3. Cabestan

La corde du cabestan sera en chanvre, convenablement toronnée, d'un diamètre minimum de 40 mm. Elle sera d'un seul tenant sur la partie en contact avec la poupée.

La longueur de ce cordage sera suffisante, mais sans excès afin que l'opérateur ait toujours une bonne prise et ne soit pas entravé. Il est recommandé d'installer un dispositif d'enroulement de l'extrémité libre de la corde.

Le cabestan sera muni d'un couteau diviseur et d'un dispositif de retenue de la corde (catline -grip) si le montage de ces dispositifs est techniquement réalisable.

Les poupées ne doivent pas présenter d'irrégularités ; leur surface doit être lisse.

CHAPITRE IV: SECURITE DANS UN CHANTIER DE FORAGE

IV.5.4.Moteurs et transmissions

Tous les organes en mouvement tels que la chaîne devront être protégés par des carters. Les moteurs doivent être équipés de stops permettant l'arrêt des moteurs. La commande de ces stops, afin de permettre une manœuvre immédiate doit être à portée du conducteur du treuil.

Les bouteilles de lancement et autres réservoirs d'air comprimé seront conformes à la réglementation en vigueur sur les appareils à pression de gaz.

Isolez toujours la source d'énergie de l'équipement. Avant d'inspecter les chaînes.

Détachez toujours les dispositifs de tension.

Soutenez toujours la chaîne pour éviter un mouvement inattendu de la chaîne ou de l'un de ses composants.

Ne réutilisez jamais une chaîne ou une pièce endommagée de chaîne.

IV.6.SECURITE DANS LA POMPE : [01]

Les moteurs de pompes doivent être consignés avant tout démontage des parties hydrauliques ; les volants, courroies, ou chaîne de pompes seront munies 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.

IV.6.1.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 manière telle que le jet de boue ne présente aucun danger. Les soupapes, si elles sont à piston, seront avec capuchon protecteur.

IV.6.2.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.

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.1.CRITERE DE CHOIX D'UN APPAREIL DE FORAGE:

Le choix d'un appareil de forage est basé sur les valeurs des capacités et puissances requises par le programme de forage.

Un appareil trop lourd entraîne un surcoût en consommations et en frais de location journalière, tandis qu'un appareil sous – dimensionner conduit à accroître les risques et à limiter les possibilités de traction.

Chaque appareil de forage est donc conçu pour forer dans une gamme de Profondeurs donnée. Il s'agit alors de définir en fonction des valeurs calculées les capacités et les puissances requises des principaux équipements en tenant compte de coefficients de sécurité et des marges de traction préalablement choisi

V.2. FONCTION DE LEVEGE:

Calcul de la charge maximale au crochet [13]

A partir du programme de forage ci-dessous on détermine :

- Le poids de la colonne de tubage la plus lourde.
- Le poids de la garniture de forage la plus lourde.

On donne : Poids moufle et top drive et accessoires : 20 tonnes

Mouflage en 10 brins.

Soit le puits **WTP1** notre cas d'étude. (ce puit a été foré en 2017) [14]

La charge à manipuler est exprimée par la formule suivante :

$$P = m \cdot L \cdot \cos i \cdot ff$$

Avec:

P : Le poids de la garniture ou casing (10^3 daN);

m : La masse linéaire de la garniture ou casing (**kg/m**);

L : Longueur mesurée de la garniture ou casing (**m**);

i : L'angle d'inclinaison (°);

ff : Le facteur de flottabilité(=1-D boue / D acier).

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

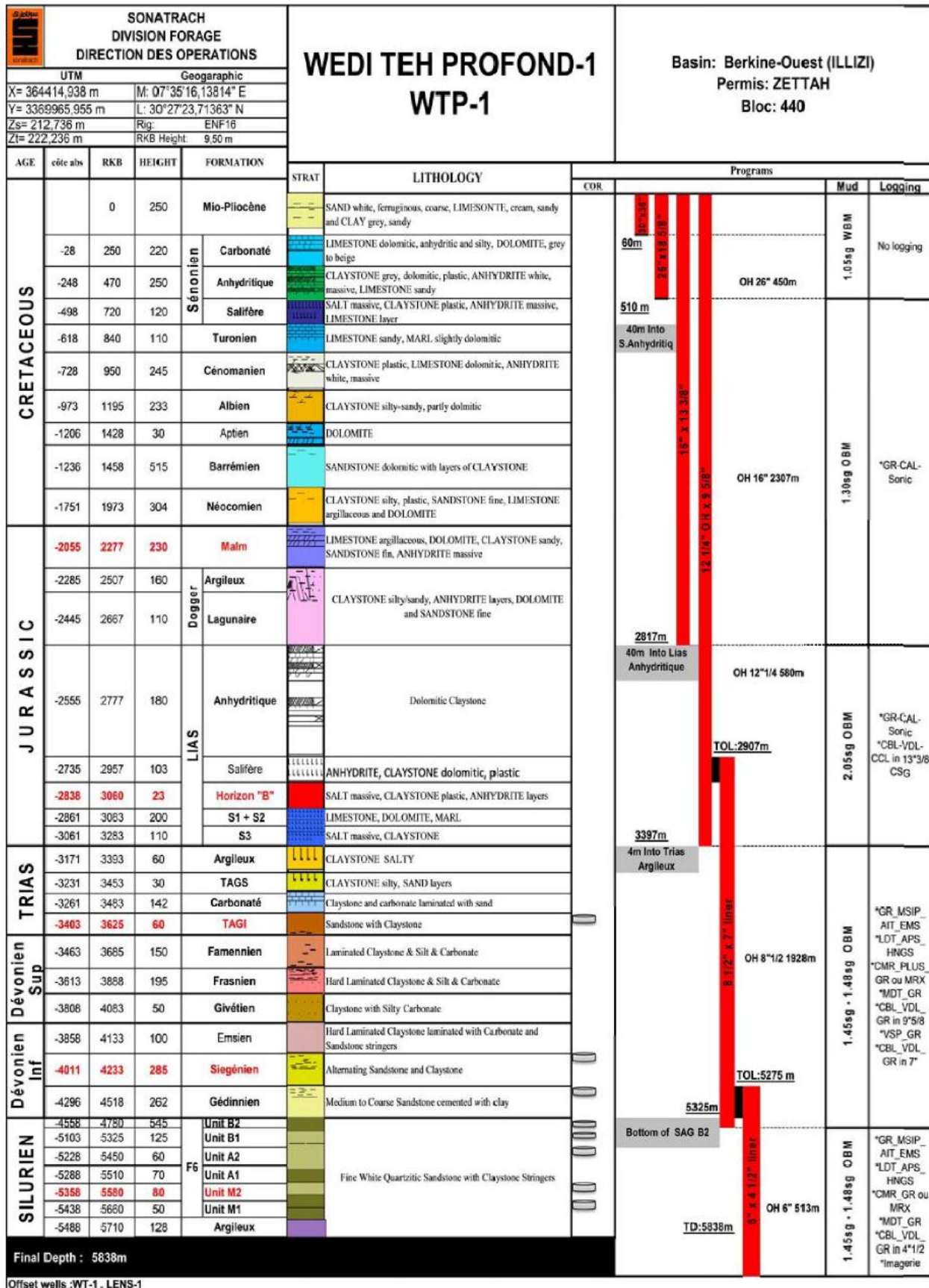


Fig 34 : programme forage de puits WTP1 [14]

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

PHASE PROF.	DENSITE DE LA BOUE	GARNITURE DE FORAGE	TUBAGE
phase 26" 511m	d = 1.05,	- Outil dusé en 3 x 20/32e, - 33 m DC 9"1/2 x 3", - 150 m DC 8" x 3", - 60 m HWDP 5", 50 # , range 2, - 268 m DP 5, 19,50 #	18"5/8, 87.5#, K55
phase 16" 2817 m	d = 1,30	Outil dusé en 3 x 16/32e, - 33 m DC 9"1/2 x 3", - 150 m DC 8" x 3", - 60 m HWDP 5", 50 # , range 2, 2574m DP 5, 19,50 #	13"3/8, 68#, N80
phase 12"1/4 3397 m	d = 2.05,	Outil dusé en 8 x 12/32e, - 33 m DC 9"1/2 x 3", - 150 m DC 8" x 3", - 60 m HWDP 5", range 2, (Dint = 3"), - 3154 m DP 5", 19,50 # Class P	9"5/8, 47#, P110
phase 8"1/2 5325 m	d = 1.47	Outil dusé en 6 x 14/32e, - 200 m DC 6"1/2 x 2.8", - 60 m HWDP 5", range 2, (Dint = 3"), - 5065 m DP 5", 19,50# Class P	7", 29#, P110
phase 6" 5838m	d = 1.47,	Outil dusé en 8 x 12/32e, - 230 m DC 4"3/4 x 2.25", - 60 m HWDP 3"1/2, - 5548 m DP 3"1/2, 13,50 #- G105	Liner 4"1/2, 13.5#, P110

<i>Outil dusé en 8 x 12/32e</i>	<i>Outilnombre de duse (trous) 8, daimètre de dusé 12/32e</i>
<i>S/DC 4"3/4 x2.25",</i>	<i>Petit messetig</i>
<i>DC 8"x3",</i>	<i>Messetigdaimeterextrérieur 8" daimètreintérieur 3"</i>
<i>HWDP 3"1/2,</i>	<i>Tige toured diameter extérieur 3"1/2</i>
<i>DP</i>	<i>Tige de forage</i>
<i>50 #</i>	<i>Poids linéaire du tubage</i>
<i>P110</i>	<i>Nuances d'acier.</i>

Tableau 1: paramètre chaque phase de puits WTP1 [14]

❖ **1^{er} Phase 26":**

$$Pc = 130.25 \times 511 \times 0.866 = 44\text{Ton}$$

$$Pg = (33 \times 323.2 + 150 \times 223.1 + 60 \times 73.4 + 268 \times 32.55) \times 0.866 = 49.6 \text{ T}$$

❖ **2^{ème} Phase 16":**

$$Pc = 2817 \times 101.18 \times 0.834 = 237.7\text{T}$$

$$Pg = (33 \times 323.2 + 150 \times 223.1 + 60 \times 73.4 + 2574 \times 32.55) \times 0.834 = 110\text{T}$$

❖ **3^{ème} Phase 12"1/4:**

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

$$P_c = 3397 \times 79.66 \times 0.74 = 200.25T$$

$$P_g = (33 \times 323.2 + 150 \times 223.1 + 60 \times 73.4 + 3154 \times 32.55) \times 0.74 = 111.88T$$

❖ 4^{ème} Phase 8''1/2:

$$P_c = (2418 \times 47.63 + 2907 \times 32.55) \times 0.812 = 170.35T$$

$$P_g = (200 \times 147.9 + 60 \times 73.4 + 5065 \times 32.55) \times 0.812 = 161.46T$$

❖ 5^{ème} Phase 6'':

$$P_c = (563 \times 20.1 + 5275 \times 21.89) \times 0.812 = 102.95T$$

$$P_g = (230 \times 69.6 + 60 \times 37.3 + 5548 \times 21.89) \times 0.812 = 113.4T$$

La phase	Poids garniture (tf)	Poids casing (tf)
26"	50	44
16"	110	238
12" ^{1/4}	201	112
8" ^{1/2}	163	171
6"	114	103

Tableau 2: paramètre chaque phase de puits WTP1[14]

D'après ce tableau récapitulatif, on constate que :

-La garniture la plus lourde pour faire ce forage à WTP1 est celle de la phase 12"^{1/4}, elle pèse 201T

Ceci nous permet d'évaluer la puissance minimale du treuil requis pour la réalisation de ce forage ;

-La charge la plus lourde à manipuler lors de ce forage est celle du casing 16'', elle pèse 238 T.

Ceci nous permet d'évaluer les capacités minimales du moufle mobile et crochet, du moufle fixe et du mât requis pour la réalisation de ce forage.

V.3. CHOIX DU MOUFLE:

Un système de mouflage est un ensemble d'éléments citant principalement le câble, qui est la liaison souple reliant deux types de séries de poulies, une fixe dite moufle fixe (Krown block) située au sommet de la tour et

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

le moufle mobile (Traveling block), l'une des extrémités est fixe au Réa servant comme témoins de traction (charge), l'autre s'enroule sur le tambour du treuil qui est l'organe de puissance.

Ce complexe donne en finalité un efficace système de répartition de charges à soulever. Pour le calcul de la capacité de moufle on retient une réserve de traction de 50 tonnes et un coefficient de sécurité compris entre 1,2 et 1,5 ($1,2 < S < 1,5$).

V.3.1 Choix du moufle mobile et crochet: [14]

$$C_{mm} = (F + P_0 + M_t) * S$$

Avec:

C_{mm} : Capacité de levage du moufle mobile (Tonnes)

F : Charge maximale (garniture de forage ou colonne du tubage)

P_0 : Poids du moufle et accessoire

M_t : Marge de sécurité

S : Coefficient de sécurité

Dans notre cas la capacité du mouflage se calcul, on prend comme charge maximale celle de la colonne de tubage 9"5/8.

On a :

$F=238T$, $P_0 =20 T$, $M_t=50 T$, $S= 1,20$

Donc : $C_{mm} = (238+20+50) * 1,20$

$C_{mm} = 370T$.

V.3.2 Choix du moufle fixe :

la capacité du moufle fixe se déduit de celle du moufle mobile

$$C_{mf} = ((N+2)/N) * C_{mm}$$

avec

C_{mf} : Capacité du moufle fixe

N : Nombre de brin $N=10$

Donc : $C_{mf} = ((10+2)/10) * 370$

$C_{mf} = 444T$

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.4. CHOIX DU TREUIL : [13]

Un treuil de forage est caractérisé essentiellement

- Par sa gamme de vitesse.
- L'effort maximum pouvant exercer sur le brin menant du câble.

V.4.1 Le besoin en puissance de levage :

la charge qui peut être soulevée au crochet, est donnée par la formule suivante :

$$P_c = (1000 * F * V_c) / 75 \quad [13]$$

Avec

P_c : Puissance au crochet (ch)

F : Poids total au crochet (T)

La charge la plus lourde cas de garniture $F = 201 + 20 = 221T$.

La charge la plus lourde cas de tubage $F = 238 + 20 = 258T$.

V_c : Vitesse de crochet (m).

Cas de garniture: $V_c = 0.5$ m/s.

Cas de tubage: $V_c = 0.3$ m/s.

1. cas de garniture: [14]

$$P_c = (1000 * 221 * 0.5) / 75 = 1473 \text{ ch.}$$

2. cas de tubage: [14]

$$P_c = (1000 * 258 * 0.3) / 75 = 1032 \text{ ch.}$$

Alors la puissance au crochet max est **1474ch.**

V.4.2 Puissance entrée treuil:

Cette dernière se calcule d'après la formule suivante :

P_t : Puissance entrée treuil (HP)

P_c : Puissance de levage (HP)

η_m : Rendement de moufle = 0,811

η_t : Rendement de treuil = $(0,97)^3 * 0,98 = 0,8944$

$$P_t = 1474 / (0,811 * 0,8944) = 2030 \text{ ch}$$

Pour assurer le forage de ce puits il nous faut un treuil de forage 2000HP

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.5. CHOIX DES POMPES DE FORAGE :

Les pompes de forage seront dimensionnées en prenant en compte les pressions de refoulement mesurées lors du forage et les débits de circulation les plus élevés pour chaque phase.

Une bonne utilisation des pompes doit assurer

- Une vitesse correcte de remonter des cuttings.
- Une pression de refoulement suffisante pour vaincre les ensembles des pertes de charge du circuit de circulation.

D'où le choix d'une pompe se détermine par le débit max qu'elle peut atteindre et par la puissance maximale qu'elle doit développer pour l'atteindre.

V.5.1 Besoin en pression de refoulement:

Selon le programme prévisionnel, le débit prévu pour cette phase est de $Q = 3000$ l/min, $db = 1,05$, la pression de refoulement nécessaire est la somme des pertes de charge, se calcule donc par les formules suivantes supposant le fluide Binghamien et l'écoulement turbulent

V.5.2 Formules de perte de charge : [13]

Perte de charge:

$$P = N * B$$

À l'intérieur de la garniture:

$$N = \frac{L * Q^{1,8}}{901,63 * D^{4,8}}$$

Dans l'espace annulaire:

$$N = \frac{L * Q^{1,8}}{706,96 * (D_o + D_i)^{1,8} * (D_o - D_i)^3}$$

Coefficient correspondant à la boue en circulation:

$$B = d^{0,8} * \mu_p^{0,2}$$

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

Dans les orifices de l'outil:

$$P_d = \frac{d * Q^2}{2959,41 * C^2 * A^2}$$

V.5.3 Puissance mécanique de pompage nécessaire pour un Q_r et une P :

$$P_m(\text{hp}) = \frac{P * Q_r}{44750 * \eta_m * \eta_t}$$

Avec :

P : Pertes de charge en (Kpa)

P_d : Pertes de charge dans les orifices de l'outil en (Kpa)

N : Coefficient de perte de charge

L : La longueur du tronçon (m)

Q : Le débit du fluide en (l/min)

D : Diamètre intérieur garniture en (in)

D_o : Diamètre de l'espace annulaire (outil) en (in)

D_i : Diamètre extérieur garniture en (in)

d : La densité du fluide en (Kg/l)

A : Surface totale des duses de l'outil en (in²)

C : Coefficient d'orifice

$C = 0,8$ outil sans jet

$C = 0,95$ outil à jets

μ_p : Viscosité plastique en (Cp)

B : Coefficient correspondant à la boue en circulation

P_m : La puissance mécanique de la pompe en HP

Q_r : Débit de circulation en (l /min)

η_m : Rendement mécanique interne de la pompe =0,90

η_t : Rendement mécanique de la transmission =0,95

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.5.4. Calcul de la Puissance mécanique de pompage nécessaire pour chaque phase :

Phase 26'' :

a) Perte de charge à l'intérieur de la garniture :

$$N = \frac{L * Q^{1,8}}{901,63 * D^{4,8}}$$

Pour DP:

$$N_{DP} = (3000^{1,8} * 268) / (901,63 * 3^{4,8}) = 2765$$

Pour DC 8'' :

$$N_{DC 8''} = (3000^{1,8} * 150) / (901,63 * 2.81^{4,8}) = 2119$$

Pour DC 9'' :

$$N_{DC 9''} = (3000^{1,8} * 33) / (901,63 * 3^{4,8}) = 341$$

D'où:

$$N_{(\text{intérieur garniture})} = \sum N_i = 2765 + 2119 + 341 = 5225$$

b) Perte de charge dans l'espace annulaire :

$$N = \frac{L * Q^{1,8}}{706,96 * (D_o + D_i)^{1,8} * (D_o - D_i)^3}$$

Pour DP 5 '' :

$$N_{DP} = (3000^{1,8} * 268) / (706,96 * (26+5)^{1,8} * (26-5)^3) = 0,15$$

Pour DC 8'' :

$$N_{DC 8''} = (3000^{1,8} * 150) / (706,96 * (26+8)^{1,8} * (26-8)^3) = 0,12$$

Pour DC 9 1/2'' :

$$N_{DC 9 1/2''} = (3000^{1,8} * 33) / (706,96 * (26+9,5)^{1,8} * (26-9,5)^3) = 0,03$$

D'où:

$$N_{(\text{extérieur garniture})} = \sum N_i = 0,15 + 0,12 + 0,03 = 0,3$$

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

c) Calcul des pertes de charge dans les orifices de l'outil P_d :

$$P_d = \frac{d * Q^2}{2959,41 * C^2 * A^2}$$

AN : $P_d = (1,05 * 3000^2) / (2959,41 * 0,95^2 * 1,2265^2)$

$P_d = 2352.038 \text{ Kpa}$

d) Calcul de coefficient correspondant à la boue en circulation (B) :

$$B = d^{0,8} * \mu_p^{0,2}$$

AN :

$$B = 1,05^{0,8} * 18^{0,2}$$

$B = 1.853$

e) Calcul de la pression de refoulement :

$$P = N * B + P_d$$

AN : $P = (5225 + 0.3) * 1,853 + 2352.03$

$P = 12035 \text{ Kpa}$

$P = 1745 \text{ psi}$

$1 \text{ Psi} = 0,06897 \text{ bar} = 6,897 \text{ kPa}$

f) Calcul de la puissance mécanique de pompage :

$$P_m(\text{hp}) = \frac{P * Q_r}{44750 * \eta_m * \eta_t}$$

AN : $P_m = (3721.975 * 3000) / (44750 * 0.9 * 0.95)$

$P_m = 944 \text{ HP}$

Remarques:

De la même manière on calcule les autres phases; les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

Tableau donne les caractéristiques des outils utilisés:

Phases	26"	16"	12" ¼	8" ^{1/2}	6"
Type d'outil	Tricône L115J	Tricône XGV	PDC DSX813	PDC MA74PX	PDC DSX711
Dusage	3*20/32 +20/32	3*18/32	8*13/32	4*16/32	4*12/32
Débit(l/mn)	3000	3000	2800	1800	800
Area (in ²)	1.2265	0.7451	1.0364	0.785	0.4415

Tableau 3: les caractéristiques des outils de puits WT1[14]

Résultats finals de calcul des pertes de charge :

Phase (")	Q (l/min)	B	N Eqpts surface	N Int garniture	N Ext. garniture	P _d (Kpa)	P (Kpa)	Pm (HP)
26"	3000	1,85	332	5225	0.3	2352	12035	944
16"	3000	1.91	332	3157.9	2.73	6373.1	12378.4	1022.7
12" ¼	2800	2.25	293	6380.5	114	3552.6	18165.7	1378
8" ^{1/2}	1800	3.53	123	2499.1	878.22	4035.6	15957.6	771.2
6"	1000	2.71	46	9123.6	1957.6	2881.2	32801.4	863.4

Tableau 4: Résultats finals de calcul des pertes de charge de puits WTP1[14]

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

Le choix de la pompe qui doit répondre aux paramètres exigés (puissance, débit, pression) par le forage du puits est la pompe triplex du type NATIONAL OIL WEL 12P160 à simple effet .Avec l'utilisation d'un groupe des pompes on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

V.6. CHOIX DES EQUIPEMENTS DE SECURITE : [15]

Normes de sécurité pour la détermination d'une unité de KOOMY

- Le volume total accumulé à la pression de travail doit permettre :

- ✚ Pour les têtes de puits série 2000 à 3000psi la fermeture de toutes les unités opérationnelle plus une réserve de 50% de ce volume qui restera dans les accumulateurs sous une pression de 1200 psi
- ✚ Pour les têtes de puits série 5000psi et plus, la fermeture et l'ouverture de toutes les unités opérationnelle plus une réserve de 25% de ce volume qui restera dans les accumulateurs sous une pression de 1200 psi.

Comme dans notre cas les BOP utilisés sont de série 5000 psi le volume accumulé nécessaire correspond à la norme (2)

Composition du BOP	Volume de fermeture en (gal)	Volume d'ouverture en (gal)
HYDRIL 13 5/8-5000 TYPE GK	17.98	14.16
CAMRON 13 5/8-5000 TYPE U PR	5.80	5.4
CAMRON 13 5/8-5000 TYPE U BR	5.80	5.40
Vanne hydraulique (KL, CL)	2.0	2.0
Total (V_t)	31,58	26,96

Tableau 5: le volume accumulé nécessaire pour chaque BOP

D'où - Le volume total nécessaire égal à 58,54 gal.

- Le volume de réserve à 1200 psi égal à 25% le volume total (14,63 gal)

- Le volume accumulé nécessaire égal à 73,17 gal

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.6.1. Calcul des volumes de fluide de travail

Loi de MARIOT : $PV = C^{cst}$

Pour un même fluide dans les mêmes conditions.

- Conditions initiales : L'accumulateur est pré chargé avec de l'azote à une pression de travail de 1000 psi.

Donc : $P_1 = 1000$ psi

$V_1 = 10$ gal

-Conditions de travail (charge) : Par l'intermédiaire de la pompe l'accumulateur sera chargé à une pression de travail de 3000 psi

Soit :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Donc : $V_2 = P_1 V_1 / P_2$

AN : $V_2 = 1000 * 10 / 3000 = 3,33$ gal

Alors : Pour gonfler à 3000 psi le volume de fluide égal :

$$V_{f1} = 10 - 3,33 = 6,66$$
 gal

6,66 gal : Correspond au volume de fluide hydraulique pour une seule bouteille.

- Condition de travail : Après service (fermeture ou ouverture + fermeture) un volume de fluide doit rester dans l'accumulateur à une pression de 1200 psi ;

Soit :

$$P_2 V_2 = P_3 V_3$$

Donc : $V_3 = P_2 V_2 / P_3$

AN : $V_3 = 3000 * 3,33 / 1200 = 8,325$ gal

Alors : Le volume de fluide hydraulique nécessaire V_{f2} :

$$V_{f2} = 10 - 8,325 = 1,675$$
 gal

1,675 gal : Correspond au volume de fluide hydraulique pour une seule bouteille.

CHAPITRE V: CALCULE DE VERIFICATION

V.6.2 Calcul de nombre de bouteilles nécessaire (Nb) :

- La capacité de stockage à 1200 psi
- Le volume nécessaire pour la fonction ouverture fermeture

Condition :

$$Nb * (V_{f1} - V_{f2}) \geq V_t$$

AN :

$$Nb = V_t / (V_{f1} - V_{f2})$$

$$Nb = 58,54 / (6,67 - 1,67)$$

Nb = 12 bouteilles

Conclusion:

Pour que cette unité soit conforme aux normes, on est obligé de prendre le nombre de bouteilles supérieur ou égal à 12 bouteilles.

CONCLUSION

L'étude présentée nous permet d'approfondir nos connaissances dans les domaines des équipements mécanique de forage en générale et sur des organes essentiel dans ce domaine qui sont les système de levage , pompage et accumulateur .

Les pompes et treuil de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage, ils fonctionnent dans des conditions difficiles d'après l'étude que nous avons effectuée , nous pouvons retenir les conclusions suivantes

- Au bout d'une installation de la pompe, treuil et kormey , nous a permit de connaître les différents éléments de construction, avec leur fonctionnement, et différents circuits de graissage, refroidissement et sécurité.
- Le calcul des pertes de charges montre que ces dernières sont plus importantes au niveau de l'outil, à cause de plusieurs facteurs.
- Les puissances hydraulique et mécanique calculées peuvent satisfaire les besoins hydrauliques du puits.
- durant le fonctionnement, les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide est nécessaire pour augmenter la longévité et la fiabilité de la machine.
- Au cour de l'étude de la maintenance effectuée nous avons constaté que pour assurer une grande durée de vie des installation mécanique il faut suivre deux voies de maintenance :
 - ✓ Maintenance préventive : qui consiste à suivre les opérations d'entretien périodiques (journalières, hebdomadaires, mensuelles, semestrielles).
 - ✓ Maintenance corrective : qui se présente comme dépannage, réparation, révision.

Ce mémoire nous permi d'apprendre et d'enrichir nos connaissances sur la sonde de forage et aussi sur la maintenance des équipements mécanique et leurs fonctions.

BIBLIOGRAPHIE

1. « Machines, mécanismes et installation de forage », A. ILSKI, V. KASSIANOV, V. POROCHINE, école supérieur Moscou.
2. « Le forage rotary; planches », Jean NOUGAROU,
3. « Le forage rotary; textes », Jean NOUGAROU,
4. « Forage rotary; les circuits hydraulique », P.MOTARD,.
5. « Forage rotary; la sécurité sur la sonde », P.MOTARD,.
6. «Forage rotary: Le treuil» American Association of Oilwell Drilling Contractors -
7. « sécurité technique dans l'industrie pétrolière », P. TOUMANIAN, institut national des hydrocarbures et de la chimie ; Boumerdes.
8. « la maintenance industrielle », CHAIB Rachid, édition université MENTOURI de Constantine, 2003/2004.
9. « Le forage d'aujourd'hui ; 2^{eme} partie », Publications de l'institut français du pétrole.
10. « formulaire du foreur », Gilles GABOLDE, Jean-Paul NGUYEN, publications de l'institut français du pétrole, édition 1989.
11. «Appareil de levage : Application au cours »
12. «Le forage» J.P. NGUYEN - Institut Français de Pétrole (1993).
13. TOM 1,2,3,4 division forage SONATRACH
14. Programme de forage puit WTP1
15. Document IFP France –institut de pétrole
16. Livre well control
17. Document chantier ENAFOR

RESUME

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER 2 EN GENIE MECANIQUE

OPTION : MAINTENANCE

Dirigé par :

Dr. CHOUKI FARSI

Présenté par

MEKHALFIA REDOUANE

BOUCHELIG AMAR

THEME:

ETUDE SUR LA MAINTENANCE DES SYSTEMES MECANIQUE D'UNE MACHINE DE FORAGE

RESUME :

Dans ce mémoire on trouve une description générale des installations de forage employées pour les puits profonds pour les travaux d'exploitation des richesses naturelles comme le pétrole ou pour les travaux de prospection des sous-sols .le principe de travail se base sur la descente de la colonne de tige de forage dans le puits suivi d'une rotation de l'outil de forage avec une injection du liquide de forage dans le puits afin de remonter les déblais de terrain découpé.

La technologie de forage demande l'emploi d'un équipement mécanique complexe et des outils modernes, ainsi qu'une grande quantité de matériaux, .Ces équipements comprenant des machines et des mécanismes liés entre eux pour accomplir une fonction bien déterminée. Parmi ces équipements on s'intéresse aux pompes à boue, treuil et kormey car elles jouent un rôle important dans l'installation de forage et sont les consommateurs principaux de la puissance, ils fonctionnent dans des conditions difficiles

Le but de notre mémoire est l'étude de système mécanique d'un appareil de forage, plus particulièrement l'étude de système pompage, levage et l'obturateurs.

Le choix d'un appareil de forage est basé sur les valeurs des capacités et puissances requises par le programme de forage Il s'agit alors de définir en fonction des valeurs calculées les capacités et les puissances requises des principaux équipements en tenant compte de coefficients de sécurité et des marges de traction préalablement choisi pour cela un calcul de vérification sera réalisé .

MOTS CLES:

Puits, treuil, kormey, pompes a boue