

Université Kasdi Merbah – Ouargla.

Faculté des Hydrocarbures et Energies Renouvelable et des Sciences de la Terre  
et de l'univers.

Département Forage et Mécanique des Chantiers Pétroliers.



**Mémoire :**

Pour l'obtenir du diplôme de Master.

**Option :**

Mécanique des Chantiers Pétroliers.

**Thème :**

## **Etude et maintenance de la pompe a boue triplex a simple effet BMPT-1600-ACR**

**Soutenu publiquement :**

Le : 14/06/2021.

**Présenté par :**

Mr. Bougherara Housseem Eddine.

Mr. Sliman Betchim Habib.

Mr. Benaissa Wahid.

**Encadré par:**

Mr. Ridha Mebrouk.

**Les membres jurés :**

Pr : Cherif Khalifa.

Ex : Helal Yazid.

**Année universitaire : 2020/2021.**

### **Remerciement :**

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

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

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

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

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

**Dédicace :**

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères et chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Bougherara Housseem Eddine.

Sliman Betchim Habib.

Benaissa Wahid .

## Sommaire :

Remercîment.	I
Dédicace.	II
Sommaire.	III
Liste des figures.	V
Liste des tableaux.	V
Tableau des symboles.	VI

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

### **Chapitre I : La pompe a boue BMPT-1600-ACR – Triplex à simple effet.**

I.1.Définition de la pompe.	2
I.2.Classification des pompes.	2
I.3. Principe de fonctionnement de la pompe triplex a simple effet.	2
I.4. Avantages et inconvénients des pompes triplex a simple effet.	3
I.5.Présentation et construction de la pompe à boue BMPT-1600-ACR.	3
I.5.1.La partie mécanique.	3
I.5.2.Partie hydraulique des pompes de forage.	7
I.7.Suralimentation.	9
I.8.Caractéristiques des pompes à boue.	9

### **Chapitre II : Exploitation et maintenance de la pompe a boue.**

II.1.Exploitation des pompes à boue.	11
II.1.1.Mise en série des deux pompes.	11
II.1.2.Mise en parallèle de deux pompes.	11
II.1.3.Conditions de fonctionnement de la pompe à boue.	11
II.2.Introduction a la maintenance industrielle.	12
II.2.1.Définition de la maintenance (norme NF EN 13306).	12
II.2.2.Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000).	12

II.2.3.Types de maintenance.	12
II.2.3.1.La maintenance préventive.	13
II.2.3.2.La maintenance Corrective.	15
II.2.4. La maintenance de la pompe a boue.	17
II.2.4.1.Maintenance préventive de la pompe a boue.	17
II.2.4.2.Analyse de type d'usure de la pompe à boue.	22
II.2.4.3.Opérations de réparations des pompes à boue.	24
II.2.4.4.Méthode de lancement des travaux de réparation de la pompe à boue.	24
II.2.4.5.Montage et démontage de la pompe à boue.	25

### **Chapitre III : Etude et dimensionnement de la pompe a boue BMPT-1600-ACR**

III.1.Calcul hydraulique.	28
III.1.1.Introduction.	28
III.1.2.Calcul des pertes de charge.	28
III.1.3.Les équations de perte de charge utilisées en forage.	29
III.1.4.Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage.	30
III.2.Calcul de la puissance mécanique.	42
III.3.Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase.	42
III.4.Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase.	43
III.4.1.Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase.	44
III.5.Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase.	44
III.6.Conclusion.	46
Conclusion général.	47
Bibliographie.	
Résumé.	

### Liste des figures :

<b>Figures</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure I.1	Arbre grande vitesse.	3
Figure I.2	Arbre petit vitesse.	4
Figure I.3	La crosse et la rallonge de crosse.	5
Figure I.4	Le système d'entraînement.	5
Figure I.5	Système de lubrification les roulements et les crosses.	6
Figure I.6	Les roulements des bielles.	7
Figure II.1	Les types de la maintenance.	12
Figure II.2	Applications des méthodes de maintenance.	16
Figure III.1	La 1ère phase de forage.	31
Figure III.2	La 2eme phase de forage.	33
Figure III.3	La 3eme phase de forage.	36
Figure III.4	La 4eme phase de forage.	39

### Liste des tableaux :

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau I.1	Les amortisseurs de pulsation.	8
Tableau I.2	Caractéristiques des pompes à boue.	9
Tableau II.1	Maintenance préventive de la pompe à boue.	17
Tableau II.2	Les pannes de la pompe à boue et leurs remèdes.	19
Tableau II.3	Entretien technique de la pompe à boue.	21
Tableau III.1	Signification des symboles.	28
Tableau III.2	Données de départ.	30
Tableau III.3	Résultats des calculs.	43
Tableau III.4	Comparaison entre les pertes de charges théoriques et réelles.	45

**Tableau des symboles :**

<b>Symbole</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>
<b>A</b>	Aire totale des duses	[in <sup>2</sup> ]
<b>B</b>	Coefficient correspond à la boue en circulation	
<b>C</b>	Coefficient d'orifice	
<b>C</b>	Course de piston	mm
<b>D</b>	Diamètre intérieur garniture	[in]
<b>D<sub>i</sub></b>	Diamètre intérieur de la chemise	[m]
<b>D<sub>o</sub></b>	Diamètre extérieur annulaire	[in]
<b>d</b>	Masse volumique de la boue	[kg/l]
<b>d<sub>t</sub></b>	Diamètre de la tige.	[m]
<b>F<sub>p</sub></b>	Force du piston	[N]
<b>F<sub>f</sub></b>	Force de frottement du piston	[N]
<b>K</b>	Coefficient pour les pompes triplex	<b>K= 25,4</b>
<b>L<sub>p</sub></b>	Longueur du piston	[m]
<b>N</b>	Nombre des coups par minute,	<b>n=120[coups/min]</b>
<b>p<sub>mec</sub></b>	La puissance d'entrée des pompes	[KWH]
<b>P<sub>max</sub></b>	Pression maximal de service	[bars]
<b>P<sub>hy</sub></b>	Puissance hydraulique	[P]
<b>P<sub>ref</sub></b>	La pression de refoulement	[KPa]
<b>Q<sub>i</sub></b>	Débit de la boue de chaque phase	[m <sup>3</sup> /s]
<b>Q<sub>r</sub></b>	Le débit réel mesuré	[L/min]
<b>R</b>	Rayon de la manivelle.	[m]
<b>S</b>	Section transversal du piston:	[m <sup>2</sup> ]
<b>V</b>	Vitesse du piston	[m/s]
<b>φ</b>	La vitesse angulaire de la manivelle.	[tour/min]
<b>λ</b>	L'élongation de la tige	
<b>η<sub>m</sub></b>	Rendement mécanique interne de la pompe	

---

## Introduction :

---



## **Introduction générale :**

Dans le domaine du forage pétrolier, où les risques sont majeurs et les capitaux sont énormes, le rôle de la pompe à boue est décisive. La circulation de boue nécessite un matériel robuste comme la pompe à boue (la pompe volumétrique) pour assurer la pression et le débit nécessaires.

Les pompes de forage les plus utilisées dans les chantiers sont les pompes à piston triplex à simple effet. L'utilisation intensive et continue ou presque sans arrêt de ces pompes dans les opérations de forage provoque plusieurs pannes, C'est pour cela qu'on a choisi d'étudier la construction et la maintenance de la pompe triplex à simple effet de marque BMPT-1600-ACR.

Pour mener à bien cette étude, ce présent mémoire est divisé en cinq chapitres comme suit:

Le chapitre I présente les détails sur : La pompe à boue BMPT-1600-ACR.;

Le deuxième chapitre illustre l'exploitation et la maintenance de la pompe à boue BMPT-1600-ACR.

Le troisième chapitre présente le dimensionnement de la pompe à boue BMPT-1600-ACR.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale.

---

Chapitre I : La pompe à boue BMPT-1600-  
ACR triplex à simple effet.

---

### I.1. Définition de la pompe :

La pompe est une appareil utilisée pour augmenter la pression d'un liquide ou un mélange d'un liquide. Cette opération permet de faire circuler ce liquide d'un niveau à un autre.

### I.2. Classification de la pompe :

On classifie les pompes selon leur principe de fonctionnement, il existe deux types essentiels :

I.2.1. **Turbopompes** : Il se classe selon la trajectoire de l'écoulement en trois classes :

- Les pompes centrifuges à écoulement radial.
- Les pompes centrifuges à écoulement axial.
- Les pompes hélico centrifuge à écoulement mixte (Diagonal). [1]

I.2.2. **Pompes volumétriques** : Une transformation de l'énergie mécanique en énergie de pression, ils se divisent en deux types :

- pompe rotation : Le déplacement de fluide résulte du mouvement rotatif circulaire.
- pompes alternative : L'effet du mouvement alternatif de la pièce mobile résulte le déplacement du fluide. On a :
  - Pompe à piston.
  - Pompe à membrane. [4]

### I.3. Principe de fonctionnement de la pompe triplex a simple effet :

Elles sont des pompes qui comportent trois cylindres avec trois pistons qui aspirent et refoulent d'un seul côté, et chaque cylindre a un clapet d'aspiration et un autre de refoulement, le déplacement du piston vers l'arrière résulte : l'ouverture du clapet d'aspiration, la fermeture de celui de refoulement et le remplissage de la chambre par la boue. L'arrivée du piston au fin de course et le retour vers l'avant résulte la fermeture du clapet d'aspiration, l'ouverture de celui de refoulement, et la boue est refoulée dans la conduite de refoulement. [2]

#### I.4. Avantages et inconvénients des pompes triplex à simple effet :

##### I.4.1. Les avantages :

Elles sont applicables pour faire la maintenance dans une façon très facile et rapide car :

- L'apparence des chemises qui permet la détection vite des toutes fuites
- Les pièces sont légères : La facilité d'installation et la réparation.

##### I.4.2. Les inconvénients :

- La nécessité d'avoir une bonne pompe centrifuges de sur alimentation.
- La nécessité de refroidir et lubrifier de la chemise et de l'arrière des pistons.
- La nécessité de doubler le circuit de refroidissement. [3]

#### I.5. Présentation et construction de la pompe à boue OIL WELL BMPT-1600-ACR :

C'est une pompe volumétrique alternative à mécanisme bielle manivelle, de type triplex à simple effet. Pour ce type de pompe les manivelles sont décalées à 120° degrés, et le nombre de clapets est de 6 (3 à l'aspiration et 3 au refoulement).

Elle se compose de deux parties principales montées sur un châssis skid qui sont : la partie hydraulique et la partie mécanique.

- La partie mécanique qui sert à transformer le mouvement de rotation au mouvement de -translation alternatif communiqué au piston ;
- La partie hydraulique qui est l'ensemble de tous les éléments qui permettent la circulation du fluide de forage. [2], [3]

I.5.1. **La partie mécanique** : qui sert à transformer le mouvement de rotation au mouvement de translation alternatif communiqué au piston, elle se compose de :

- **L'arbre grand vitesse** : c'est l'arbre d'entraînement de la pompe celui sur lequel sont accouplés les moteurs d'entraînement.

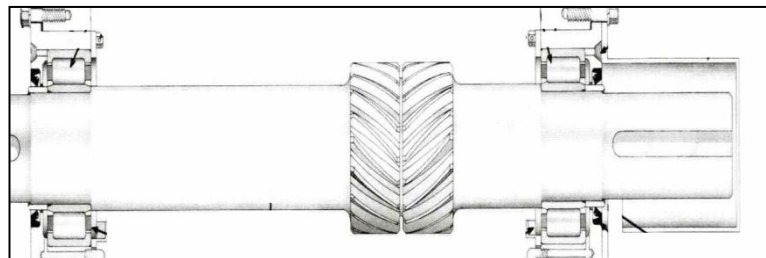


Figure I.1 : Arbre grande vitesse. [1]

Il 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.

- **L'arbre petite vitesse** : est un arbre à forme coudée (excentrique) pour permettre le décalage des courses du piston dans les chemises (ce décalage est de  $120^\circ$  pour les triplex).

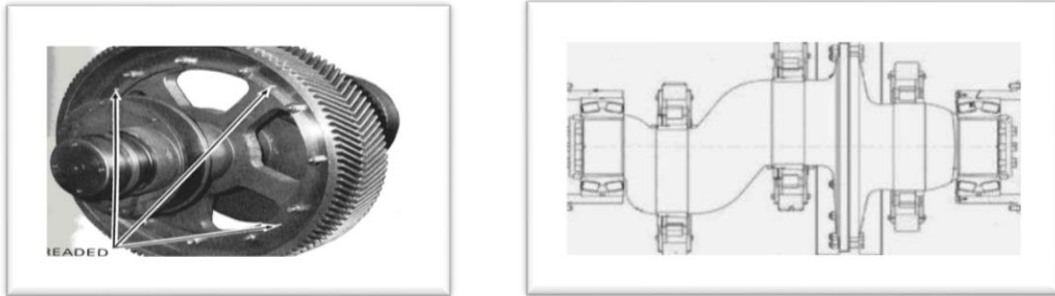


Figure I.2 : Arbre petit vitesse. [2]

- **Système bielle manivelle** : sur le vilebrequin sont montrés trois bielles, les têtes des bielles sont montées sur le vilebrequin, le poids des bielles sur le crosse, l'articulation de ces derniers sur les croses se fait par l'intermédiaire de roulement.

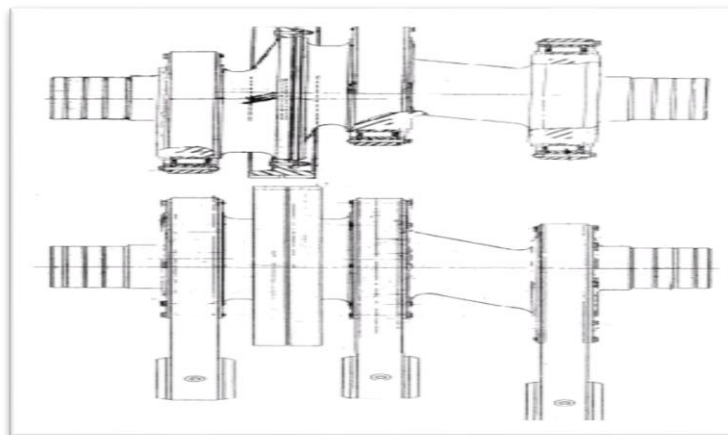


Figure I.3 : Système bielle-manivelle. [2]

- **La crosse et la rallonge de crosse** : Les croses sont placées sur les pieds des bielles par l'utilisation de roulement, ils sont guidés par des tuiles. Les rallonges des croses sont vissées sur les croses, ce qui permettra la liaison avec les tiges des pistons par l'intermédiaire de clamps (colliers de serrage).

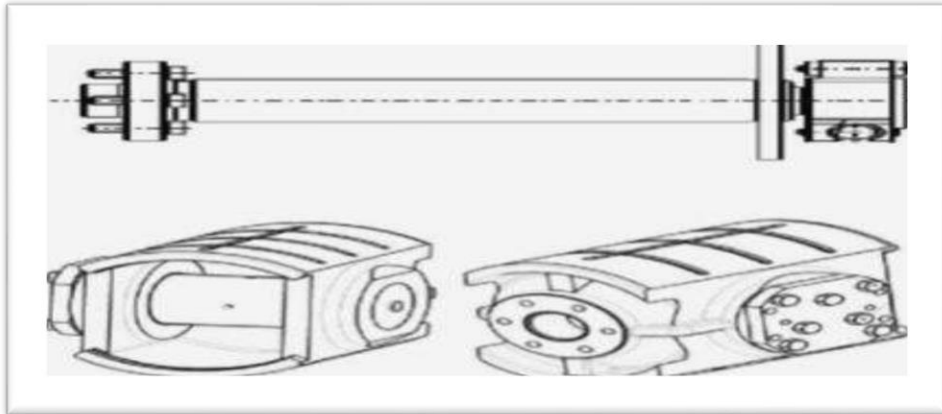


Figure I.4 : La crosse et la rallonge de crosse. [7]

- **Le système d'entraînement :** L'entraînement de la pompe est réalisé par deux moteurs électriques. La transmission de la puissance est assurée avec un système d'entraînement à chaînes multiple sur l'arbre de commande principale. Ce dernier, complet avec pignon, se trouve via un engrenage à denture chevronnée en engagement direct au vilebrequin.



Figure I.5 : Le système d'entraînement. [2]

- **Le circuit de lubrification :** Le système de lubrification est réalisé par écoulement d'huile situé dans le carter et qui est déplacée par la rotation de la roue dentée du vilebrequin vers la cavette qui retient l'huile et le distribuer vers les roulements et les crosses.
- L'huile utilisée est de type tassilia 90

- La lubrification des chaines se fait à l'aide d'une pompe à huile.
- L'huile du carter est contrôlée périodiquement par un indicateur de niveau d'huile à l'extérieur et un reniflard pour éviter l'excès de chaleur dans le carter.

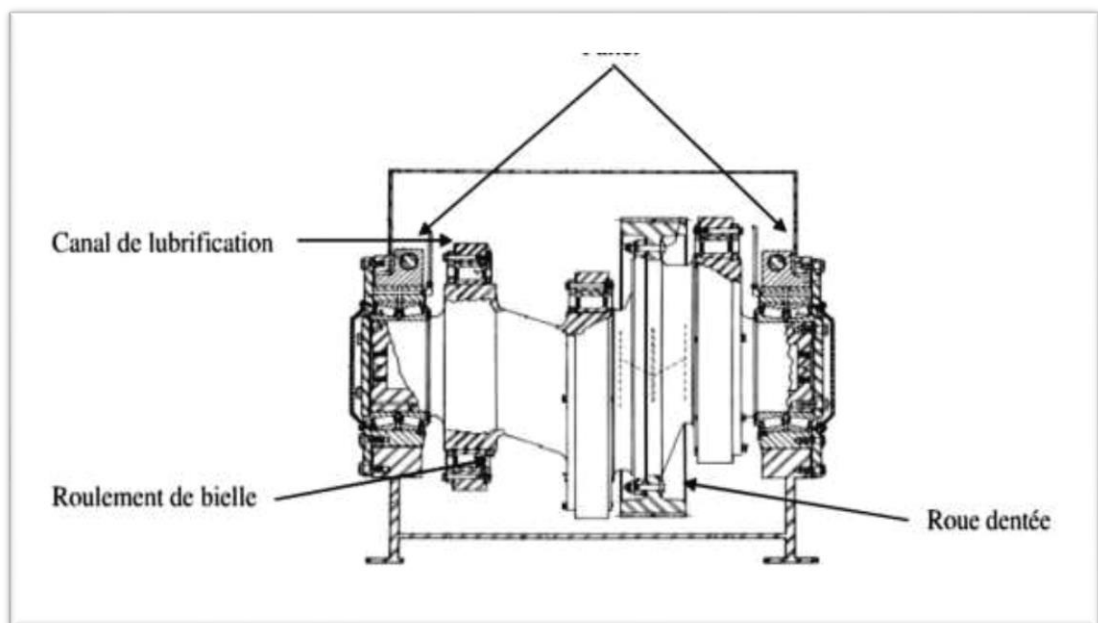
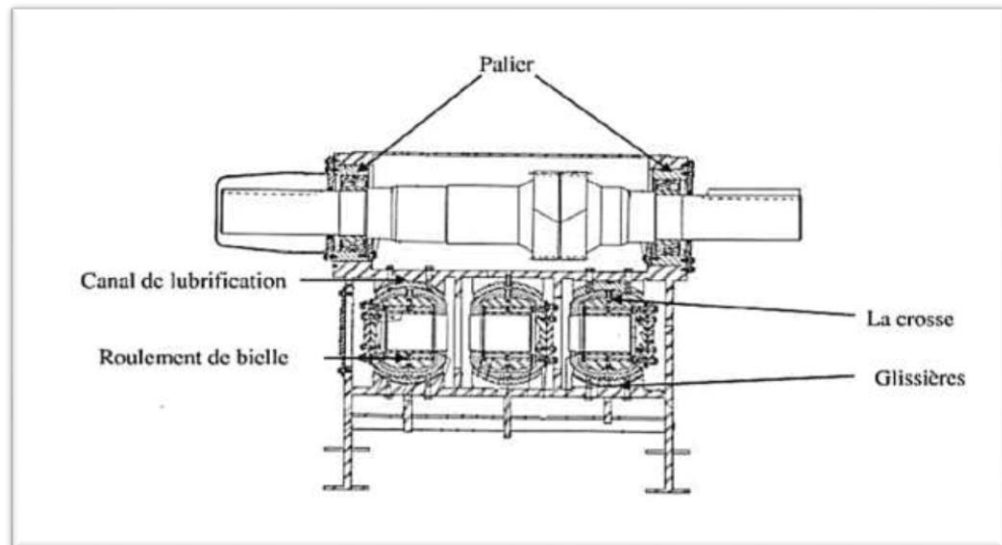


Figure I.6 : Système de lubrification les roulements et les crosses. [2]

- **Les roulements :** On a :
  - Les roulements des bielles.
  - Les roulements des crosses.
  - Les roulements de l'arbre grand vitesse.
  - Les roulements de l'arbre petit vitesse. [9]



Figure I.7 : Les roulements des bielles. [7]

## **I.5.2. Partie hydraulique :**

### **I.5.2.1. Le corps hydraulique :**

C'est une structure fabriquée en acier moulé, placé sur le châssis et dessus de carter, il représente une couverture pour toutes les pièces d'usure, la chemise, clapets, et les tiges de piston.

### **I.5.2.2. Chemise :**

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

### **I.5.2.3. Les Sièges Et Les Clapets :**

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

- Leur principe avantage est d'être le diamètre plus faible donc :
- Plus résistant pour des pressions identiques.
- Moins lourds donc moins sujets au choc.
- Plus aisés à extraire.
- Moins coûteux à l'achat.



**I.5.2.4. Le Piston Et La Tige De Piston :**

Dans les pompes triplex, le piston est monté avec une seule garniture (cycle simple effet), une coupelle et un circlips en assurant la fixation sur le corps. Très simple et sans traitement, le corps du piston a un alésage cylindrique qui permet un montage et surtout un démontage aisé. (Un simple joint torique assure l'étanchéité). La tige de piston classique est éliminée pour être remplacée par une tige courte et légère, dont les caractéristiques principales sont :

- L'absence de finition extérieure puisqu'il n'y a plus de presse-étoupe.
- L'absence de filetage d'extrémité côté rallonge de crosse remplacé par un talon et un clamp de montage et démontage aisé.
- Le poids et les dimensions faibles.
- Une durée de vie très longue (absence de presse-étoupe), et un remplacement très aisé de l'ensemble piston et tige de piston.

**I.5.2.5. Les amortisseurs de pulsation :**

<b>Sur le refoulement</b>	<b>Sur l'aspiration</b>
<p>La pompe de forage est équipée d'un amortisseur de pulsation sur le refoulement pour les effets suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irrégulation de débit instantané de la pompe.</li> <li>• La présence de variation de pressions importantes qui provoquent des vibrations et des chocs néfastes sur la pompe.</li> <li>• Ces amortisseurs préchargent à l'air, on à l'azote.</li> </ul>	<p>La pompe est équipée d'un amortisseur de la pulsation sur l'aspiration pour réduire la variation rapide de la pression de la boue causée par le mouvement des clapets d'aspiration.</p>

**Tableau I.1 : Les amortisseurs de pulsation**

**I.5.2.6. Les soupapes de sécurité :**

Placées sur la canalisation de refoulement au départ de la pompe, elles ont pour but déprotéger la pompe, et toute l'installation haute pression jusqu'au flexible d'injection, contrôles surpressions. Il existe plusieurs types de ces soupapes, parmi lesquelles on distingue:

**A. Soupapes de décharge à ressort :**

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

**B. Soupapes de décharge à clou :**

Elle comprend un piston avec une tige fixée sur le corps par un clou qui passe dans la tige de piston. A la pression critique, le piston se soulève et cisaille le clou et laisse le passage pour le liquide qui revient au bac. Le diamètre du clou est choisi en fonction de la pression critique de la chemise utilisée.

**I.5.2.7. Système de refroidissement :**

La pompe à boue est équipée d'une pompe centrifuge à eau qui sert à refroidir la partie hydraulique.

Cette pompe aspire l'eau à partir des bacs d'eau et la refoule sous forme des jets continue sur l'ensemble (chemise - piston). En suite l'eau va s'écoule dans un bac au-dessus de la partie hydraulique. [2], [3]

**I.6. Suralimentation :**

Les pompes à boue ne sont pas alimentées par aspiration directe dans les bacs, mais par l'intermédiaire d'une pompe centrifuges de suralimentation : pour assurer un fonctionnement mécanique plus doux et parfait, et pour obtenir une utilisation maximale de la puissance hydraulique.

Le choix de la pompe de suralimentation est basé sur sa caractéristique (débit, pression, puissance fournit) qui doit être suffisant pour répondre au besoin de la pompe à boue à débit maximal. [9]

**I.7. Caractéristiques des pompes à boue :**

<p><b>Cylindre</b></p>	<p>La cylindrée est le volume théorique refoulé par la pompe en cycle :</p> $V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times C$ <p><b>Q<sub>th</sub></b>: Débit théorique de la pompe (l/mn).  <b>C</b> : Course de piston (mm).  <b>D</b> : Diamètre de la chemise (mm).</p>
<p><b>Vitesse</b></p>	<p>C'est la vitesse max de travail pour laquelle la pompe est conçue, il est recommandé pour éviter le décollement de la veine liquide dans</p>

	l'aspiration de ne pas dépasser des vitesses linéaires de piston de 45,5 m /min.
<b>Débit</b>	Le débit requis en forage se change d'une phase à une autre d'une façon Décroissante, alors, ils dépendent de leur diamètre.
<b>Débit théorique</b>	<p>c'est la quantité de fluide qui peut être fournis par la pompe divisé par l'unité de temps à une vitesse d'entraînement donné :</p> $Q_{TH} = \frac{3\pi \times D^2 \times C}{4}$ <p><math>Q_{th}</math>: Débit théorique de la pompe (l/mn).  <math>C</math> : Course de piston (mm).  <math>D</math> : Diamètre de la chemise (mm).</p>
<b>Rendement volumétrique</b>	<p>C'est le rapport entre le débit réel et le débit théorique d'une pompe. Le débit réel est inférieur au débit théorique à cause du mauvais remplissage et des fuit dans le circuit d'aspiration.</p> $\eta_v = \frac{Q_P}{Q_{TH}}$ <p><math>Q_P</math> : Débit réel.  <math>Q_{TH}</math> : Débit théorique.</p>
<b>Rendement mécanique</b>	C'est le rapport entre la puissance hydraulique et la puissance mécanique il est l'ordre de 90% pour les pompes triplex
<b>Pression</b>	La valeur de cette pression se traduit par l'ensemble des pertes de charge dans le circuit de refoulement.
<b>Puissance hydraulique</b>	<p>C'est la puissance fournie par la pompe pour faire circuler le fluide de forage à travers circuit.</p> $P_h = P_r \cdot Q_r$ <p><math>P_h</math>: La puissance hydraulique.  <math>P_r</math>: La pression de refoulement.  <math>Q_r</math>: Le débit réel.</p>
<b>Puissance mécanique</b>	Indiquée par le constructeur est la puissance mécanique maximale admissible sur l'arbre d'entrée dans la pompe.

Tableau I.2 : Caractéristiques des pompes à boue. [3] , [9]

---

## Chapitre II : Exploitation et maintenance de la pompe à boue.

---

## II.1. Exploitation des pompes à boue :

Au démarrage de forage, les pompes à boue sont équipées avec des chemises de diamètre maximal. Pendant que le forage s'approfondie, la pression de refoulement augmente jusqu'à la valeur critique par rapport au débit qui reste plus faible, donc on doit équiper la pompe avec des chemises de diamètre inférieur.

Lorsqu'une seule pompe ne peut pas fournir le débit voulu, on peut utiliser deux pompes à boue en les faisant fonctionner en parallèle.

### II.1.1. Mise en série des deux pompes :

- Les deux pompes doit être identiques et parfaitement synchronisées.
- La première pompe refoule dans l'aspiration de la seconde.
- La pression va être doublée, mais le débit reste constant.

### II.1.2. Mise en parallèle :

- Les deux pompes aspirent par une conduite différente et refoulent dans la même conduite.
- Le placement en parallèle permet d'additionner les débits.
- La pression est égale à la plus faible des pressions maximale des deux pompes. [6]

### II.1.3. Conditions de fonctionnement de la pompe à boue :

Les pompes de forage travaillent dans les conditions difficiles et rudes.

- La boue de forage contient des particules de terrain découpées qui provoquent une usure par abrasion des pièces en contact direct avec le liquide.
- Le sable et la rouille sur le siège de la soupape peuvent provoquer la détérioration de la soupape.
- Les fuites causées par la dégradation de la bague d'étanchéité peuvent entraîner des grandes pertes de la boue, et la détérioration de la pompe.
- La diminution du diamètre extérieur des chemises résulte le refoulement des matériaux d'étanchéité dans l'espace libre et enfin engendre une dégradation graduelle de cette étanchéité.
- Le fonctionnement de la pompe se caractérisé par des surcharges de courtes durées qui sont inévitables et se forment à des accroissements irréguliers de la pression.

Les pompes à boue doivent s'adaptées à ces conditions rudes, et avoir un fonctionnement sur et une durée de service longue. Elles doivent permettre d'effectuer facilement les opérations de la maintenance. [3]

**II.1.4. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306) :**

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné. [5]

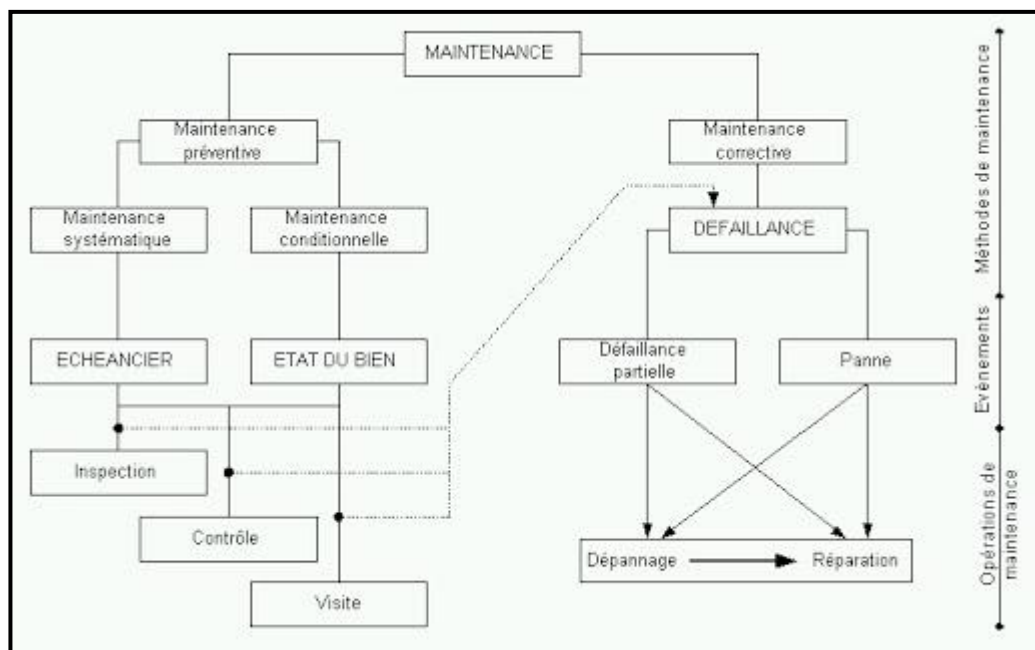
**II.1.5. Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000) :**

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- La disponibilité et la durée de vie du bien ;
- La sécurité des hommes et des biens ;
- La qualité des produits ;
- La protection de l'environnement ;
- L'optimisation des coûts de maintenance... [5]

**II.1.6. Types de maintenance :**

Les types de maintenance sont présentés à la figure :



**Figure II.1 : Les types de la maintenance. [5]**

### II.1.6.1. La maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

Objectifs de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

#### A. La maintenance préventive systématique :

Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage (d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.).

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries.

Cas d'application :

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.....
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : transport en commun des personnes, avions, trains, etc.....

- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée.
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevés au cours de leur temps.

### **B. La maintenance préventive conditionnelle :**

Maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure...).

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles (surveillance de ces points et décision d'une intervention si certains seuils sont atteints).

Contrôles systématiques avec des moyens de contrôle non destructifs.

Tout le matériel est concerné ; cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.
- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

### **C. Opérations de la maintenance préventive :**

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.



- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. [5]

#### II.1.6.2. La maintenance Corrective :

Définition AFNOR (norme X 60-010) : «Opération de maintenance effectuée après défaillance ».

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (**subir**) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.

Après apparition d'une défaillance, la mise en œuvre d'un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **Test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **Détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **Localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **Diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **Dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **Contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **Amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **Historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

#### Le temps en maintenance corrective :

Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Faible (de quelques secondes pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible à quelques minutes pour changer un joint qui fuit).
- Très importante (de 0,5 à plusieurs heures) dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation).
- Majeure en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

Le responsable maintenance doit donc tenir compte de ces distorsions et avoir à sa disposition une équipe « réactive » aux événements aléatoires. Pour réduire la durée des interventions, donc les coûts directs et indirects (coûts d'indisponibilité de l'équipement), on peut :

- Mettre en place des méthodes d'interventions rationnelles et standardisées (outillages spécifiques, échanges standards, logistique adaptée, etc..).
- Prendre en compte la maintenabilité des équipements dès la conception (trappe de visites accessibles, témoins d'usure visible, etc..). [5]

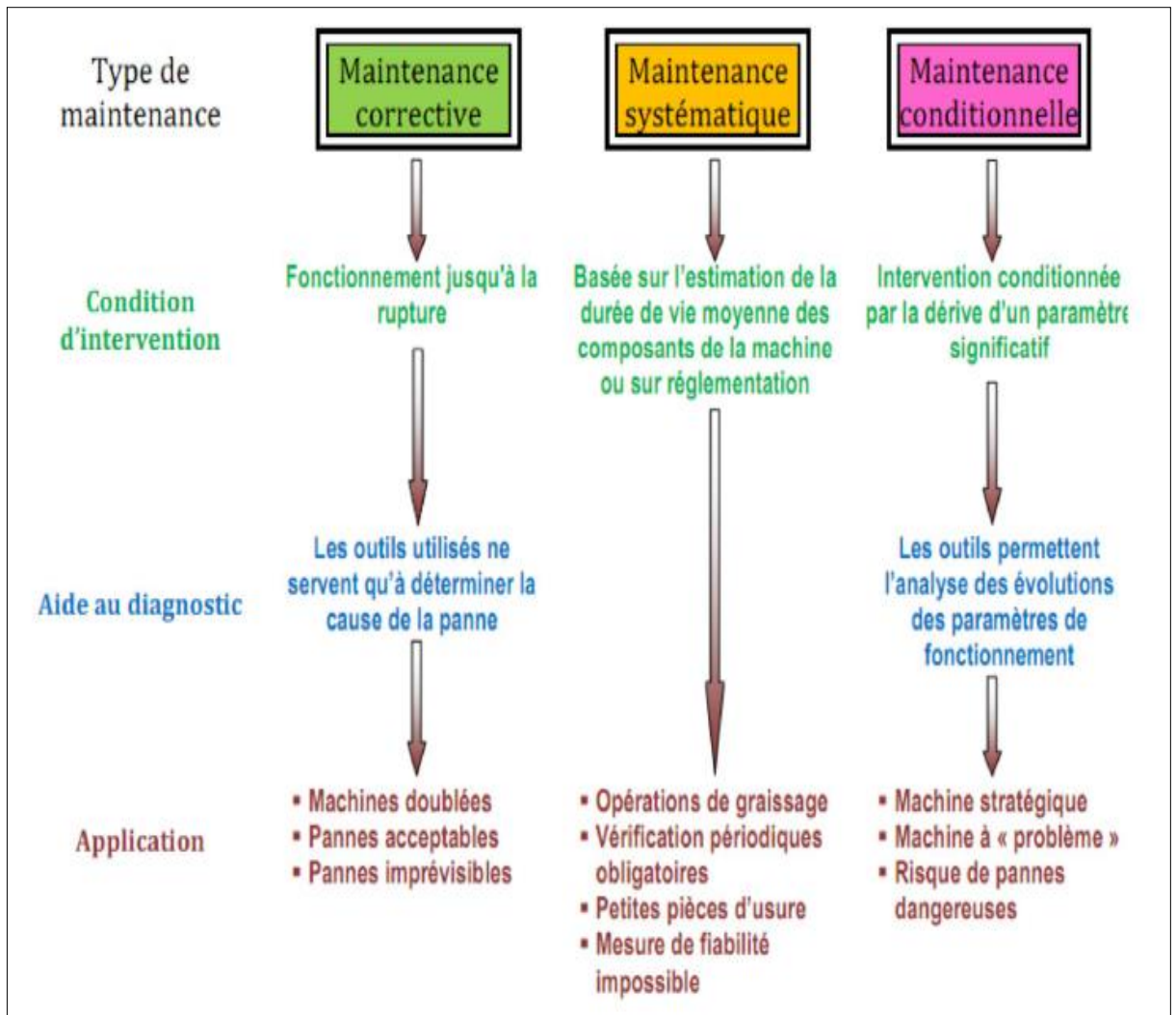


Figure II.2 : Applications des méthodes de maintenance. [5]

**II.1.7. La maintenance de la pompe a boue:**

**II.1.7.1. Maintenance préventive de la pompe a boue :**

Operations	Fréquence (chaque)					
	Jour	Semaine	Mois	6 mois	année	5 ans
Inspection visuelle des traces de corrosion sur les surfaces extérieures.	x					
Inspection visuelle du niveau d'huile sur la pompe.	x					
Inspection visuelle des dommages mécaniques de la pompe.	X					
Inspection visuelle des raccords desserrés sur la pompe	X					
Inspection des bruits de fonctionnement anormaux et des températures.	X					
Contrôler l'étanchéité des pistons et douilles de vérin.	X					
Contrôler la précontrainte correcte des boulons des rotas du serrage de la douille de vérin.		X				
Contrôler le filtre gros du système d'huile de graissage et le nettoyer éventuellement		X				
Contrôler le sécheur à ventilation, le remplacer si nécessaire.			X			
Contrôler la précontrainte de vis de la partie hydraulique d'aspiration et de pression.			X			
Nettoyage des tamis de rinçage.			X			
Nettoyage du piège à encrassement du réservoir d'eau de refroidissement.			X			
Nettoyage les reniflards (carter des pignons et carters des chaines de transmission).			X			
Contrôler l'entraînement des pompes de graissage (pompe de graissage des chaines et			X			

pompe de graissage des pignons).						
Contrôler la tension des chaînes de transmission.				X		
Vidanger l'huile de graissage du « carter des pignons » et de « carter des chaînes » et remplir de nouveau la quantité préconisée TASSILIA 140.				X		
Contrôler le jeu entre crosses et glissières.				X		
Contrôler la denture du couple d'engrenage.				X		
Vérifier l'état des roulements des moteurs électriques.				X		
Inspecter les accouplements et remplacer au besoin.				X		
Vérification des raccordements de câble à la recherche de fils électrique lâches ou brisés.					X	
Contrôler le jeu des crosses.					X	
Renouveler le joint de tige des crosses.					X	
Contrôler la grue pivotante sur colonne.					X	
Contrôle MP1 des cordons de soudure sur les supports de couple de rotation.					X	
Remplacement des paliers à rouleau de transmission.						X
Inspection des fissures de l'arbre de manivelle et de la bielle.						X
Inspection des fissures sur le boîtier.						X
Inspection du jeu des paliers.						X

**Tableau II.1. : Maintenance préventive de la pompe à boue.**

Les pompes à boue subissent une opération de révision générale périodiquement (8 ans de service), cette révision se fait au niveau de l'atelier mécanique dans la base opérationnelle.

**[6]**

Les pannes de la pompe à boue et leurs remèdes présentés dans le tableau suivant :

Incident	Cause	Remède
Baisse de pression de refoulement.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usure de l'ensemble du clapet.</li> <li>• Clapet totalement couvert.</li> <li>• Mauvais remplissage.</li> <li>• Fuite de fluide.</li> <li>• Manomètre défectueux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminer le corps qui provoque l'ouverture de la conduite.</li> <li>• Déboucher la conduite d'aspiration.</li> <li>• Le remplacer.</li> <li>• Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration.</li> <li>• Diminuer la vitesse de la pompe.</li> <li>• Amorcer les chambres hydrauliques.</li> <li>• Remplacer les pistons et les chemises.</li> </ul>
Baisse de pression d'aspiration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bas niveau d'aspiration.</li> <li>• Capacité insuffisante de la pompe de suralimentation.</li> <li>• Ecoulement lent de fluide de forage.</li> <li>• Manomètre défectueux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration.</li> <li>• Eliminer les anomalies éventuelles de la pompe de suralimentation.</li> <li>• Eliminer les restrictions dans la conduite d'aspiration.</li> <li>• Le remplacer.</li> </ul>
Chocs hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspiration défectueuse ; (existence d'air dans la conduite d'aspiration).</li> <li>• Présence d'air ou des gaz dans la boue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminer l'air de la conduite.</li> <li>• Ajuster l'amortisseur d'aspiration.</li> </ul>
Vibration de la conduite de refoulement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anomalie au niveau de l'amortisseur de pulsation.</li> <li>• Boulons desserrés.</li> <li>• Manque de support sous la conduite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réparer ou recharger ou le remplacer.</li> <li>• Il faut resserrer les boulons.</li> <li>• La munir d'un support.</li> </ul>
Cognement dans la partie mécanique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotation incorrecte de la pompe à boue.</li> <li>• Piston-tige desserré.</li> <li>• Rallonge de crosse desserrée.</li> <li>• Roulements principaux usés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le fonctionnement du mécanisme.</li> <li>• Vérifier et serrer.</li> <li>• Il faut les resserrer.</li> <li>• Changer.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Axe de crosse usé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régler les guides ou les remplacer.</li> </ul>
haute température d'huile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mauvais réglage de la crosse.</li> <li>• Roulement mal ajusté.</li> <li>• Diminution de la pression de refoulement de la pompe à l'huile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier et ajuster les jeux.</li> <li>• Ajuster bien les bagues de roulement.</li> <li>• Réparer la pompe ou la remplacer.</li> </ul>
Basse pression d'huile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de niveau d'huile.</li> <li>• Lubrification contaminée.</li> <li>• Fuite dans le circuit d'huile.</li> <li>• Pompe à huile défectueuse.</li> <li>• Crépine d'aspiration colmatée.</li> <li>• Manomètre défectueux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier et ajouter l'huile si nécessaire.</li> <li>• Changer l'huile.</li> <li>• Eliminer toutes les fuites.</li> <li>• Réparer ou remplacer celle-ci.</li> <li>• Le nettoyer et changer l'huile.</li> <li>• remplacer.</li> </ul>
Haute pression d'huile.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huile contaminé.</li> <li>• Colmatage des conduites.</li> <li>• Manomètre défectueux.</li> <li>• Filtres à l'huile bouchés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changer l'huile.</li> <li>• Changer le cartouche d'huile.</li> <li>• Le remplacer.</li> <li>• Les nettoyer.</li> </ul>
Chemises et garniture de pistons rayés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excès de sable ou de matériaux étrangers dans la boue.</li> <li>• Course de piston déréglé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dessabler, vérifier souvent.</li> <li>• Régler la course.</li> <li>• Réparer le système d'arrosage.</li> </ul>
Rayure de l'alésage d'une chemise.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piston usé ou abîmé.</li> <li>• Des pistons endommagés peuvent provoquer de telles rayures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monter un nouveau piston et une chemise neuve.</li> </ul>
Portée de chemise coupée ou faussée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La portée de cylindre peut être usée.</li> <li>• Le sur blocage peut avoir faussé la chemise.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sortir les vis de serrage avant de bloquer la portée de cylindre.</li> <li>• Ne serrer les vis qu'en dernier lieu.</li> </ul>
Portée de clapet «sifflée».	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux étrangers dans la boue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'usure de toutes les pièces.</li> <li>• Remplacer toutes les pièces usées.</li> </ul>

Tableau II.2 : Les pannes de la pompe à boue et leurs remèdes. [6]

**A. Entretien technique de la pompe :**

<p><b>Entretien technique de la pompe</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changer la chemise ayant des égratignures &gt; 2 mm.</li> <li>• Enduire toutes les pièces d'usure changées.</li> <li>• Serrage des goujons en croix pour le centrage.</li> <li>• Les fissures criques ne sont pas admises pour le piston et la tige.</li> <li>• Au changement des douilles, il faut changer les pistons.</li> <li>• Respecter les coûts de serrage.</li> <li>• Pour une nouvelle tige, il faut de nouveaux dispositifs d'étanchéité.</li> <li>• Pour un nouveau siège, il faut mettre un nouveau plateau.</li> <li>• Remplacement des ressorts s'ils sont affaiblis.</li> </ul>
<p><b>Période d'inactivité de courte durée</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen extérieur de la pompe et l'engrenage.</li> <li>• Vérification de l'huile.</li> <li>• Vérification du serrage des pièces de fixation.</li> </ul>
<p><b>Période d'inactivité de longue durée</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification de l'usure des appliques des crosses et des corps.</li> <li>• Vérification de l'usure de chemise, jeu entre axe de crosse et de chemise <math>\square</math> 0,3mm.</li> <li>• Vérification de l'amenée d'huile aux pièces de crosse.</li> <li>• Vérification des températures.</li> <li>• Les pièces de la partie hydraulique sont protégées par une couche de graisse ainsi que tous les assemblages.</li> <li>• L'amortisseur doit être rechangé chaque deux mois.</li> <li>• Nettoyage des appareils de mesure.</li> <li>• Graisser les pièces stockées et tous les filetages.</li> </ul>
<p><b>Entretien technique de la partie hydraulique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le bon état technique de la partie hydraulique de la pompe dépend de son entretien tant pendant le fonctionnement qu'au stockage.</li> <li>• Les tiges couvertes de graisse doivent être les déformations des pièces enlever le sable pénétré dans la couche de</li> </ul>

	<p>graisse et éviter les déformations des pièces en caoutchouc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces dernières doivent être protégées contre l'action d'une température dépassant 70°C.</li> </ul>
<p><b>Entretien technique de la partie mécanique :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le graissage est important pour la partie d'entraînement d'huile pure est versée le carter de la pompe jusqu'à 1/3 du diamètre du bac.</li> <li>• Les paliers, des dents de pignons et les guides de crosse encrassée doit être changée, il faut les régler ou bien les remplacer.</li> </ul>

**Tableau II.3 : Entretien technique de la pompe à boue. [6]**

### II.1.7.2. Analyse de type d'usure de la pompe à boue :

#### A. Usure abrasive :

C'est la dégradation de la surface, elle est résulté de l'action de coupe ou de rayage des particules dures qui peut être contenue dans la boue de forage qui se déplacent par rapport a la surface des pièces, et qui constituent un facteur de destruction rapide des pièces de la pompe : chemise, pistons, clapets, tige...

#### B. Usure corrosive :

Elle touche les pièces qui sont en contact direct avec la boue d'eau (Chemise, les pistons, les sièges des clapets) qui contient des réactifs chimique et du gas-oil et qui circule dans la partie hydraulique et provoque ce type de corrosion.

Sa forme la plus répandue est la rouille.

#### C. Usure par frottement :

Les surfaces conjuguées en mouvement qui sont exposées à des efforts qui résultent la formation des micros soudures au niveau des aspérités en contact, qui provoquent des grippages et enlèvements du métal.

L'usure par frottement résulte du travail des forces de frottement.

Elle peut avoir deux types :

- **Frottement de glissement :**



- La roue portée par l'arbre a palier lisse.
- Crosse glissière.
- Clapets en son siège.
- Roue et pignons...

- **Frottement de roulement** : concerne tous les roulements de la pompe de forage.

#### **D. Usure par fatigue :**

La destruction prématurée est causée par la fatigue et la rupture du métal des pièces qui sont soumis à un régime d'alternance des charges.

Les pièces concernées par cette usure sont :

- Les surfaces d'appuis des clapets.
- Les dents des pignons.

#### **E. Moyens possible pour diminuer la vitesse d'usure :**

- Fabriquer des pièces qui résistent mieux et fonctionnent bien le plus longtemps possible sans un entretien important.
- Appliquer à la fabrication des traitements adéquats et des procédés d'usinage et de finition avec un grand soin et une grande précision.
- Appliquer certaines demandes de durcissement pour améliorer la longévité des chemises.
- Recommandation des mesures consécutives (modification de la conicité des surfaces de portée des pistons...) pour améliorer la durée de vie de la tige.
- Améliorer la qualité de l'entretien et de la maintenance pour assurer le bon fonctionnement.
- Contrôler périodiquement les systèmes de graissage de différentes pièces de la pompe, et vérifier le système d'arrosage de l'arrière piston.
- Analyser l'huile s'il contient des particules abrasives, elle doit être changée.
- Installer des équipements de dessablage et d'épuration finie de la boue à fin d'éliminer ces particules pour protéger les pièces de la partie hydraulique.
- Vérifier la stagnation du liquide dans les jeux entre, pour protéger les pièces contre la corrosion. [6]

### II.1.7.3. Operations de réparation des pompes a boue :

#### A. Définition :

C'est un ensemble d'opérations ayant pour le but de rétablir un bien dans un bon état d'accomplir un service voulu.

#### B. Réparations apportées à la pompe à boue :

Les réparations effectuées sur la pompe à boue sont en fonction de sa durée de vie, le volume des travaux, et l'utilisation des mécanismes et pièces de la pompe.

Ces réparations sont planifiées et organisées :

##### 1. Réparations menues :

- Ces opérations sont effectuées sur le chantier de forage et en dehors du fonctionnement de la pompe à boue.
- Elles consistent à remplacer les pièces de courtes durées de vie (Joints d'étanchéité, filtres, pistons...)

##### 2. Réparations moyennes :

- Ces opérations sont effectuées à l'atelier central de Hassi Messaoud.
- Elles consistent à la dépose des organes défectueux de la pompe et le remplacement des pièces d'usure ou d'ensemble entières.

##### 3. Réparations complètes :

- Ces réparations se réalisent dans l'atelier de réparation centralise de Hassi Messaoud.
- Elles consistent à la dépose de tous les groupes et organes de la pompe.
- Puis, le remplacement ou la réparation des groupes défectueux.
- Ensuite, la pompe est remontée.
- Enfin, la pompe est rodée et essayée. [6]

### II.1.7.4. Méthode de lancement des travaux de réparation de la pompe a boue :

#### A. Sur le chantier :

- Le chef mécanicien transmet les programmes de révision et réparation périodique à effectuer au mécanicien de chantier.
- Le mécanicien reçoit les messages et exécute les ordres et réalise toutes les opérations nécessaires (vérification de niveau d'huile, température, pression...)
- Ils réalisent leur rapport de vérification en exprimant l'état générale de la pompe.

- S'il y a une panne, le chef mécaniciens et le mécanicien vérifier la pompe et prends la décision de réparation sur atelier ou sur chantier.

### **B. Sur l'atelier :**

- Le chef de chantier signe un ordre de mission et bon de sortie de la pompe pour la transmettre à l'atelier.
- Les mécaniciens de l'atelier exécute le démontage de la pompe, le nettoyage et le contrôle des pièces pour juger celle a remplacé ou bien a réparer.
- La partie hydraulique est renouveler avec des pièces neuves (garniture d'étanchéité, clapet, tiges, chemise...), ces pièces sont fournies par le magasin âpre l'accord du chef d'atelier.
- Apres le remontage et avant la livraison de la pompe vers le chantier, le chef d'atelier doit réaliser la fiche technique de suivi de la pompe a boue qui doit contient :
  - Les réparations réalisées,
  - Les pièces rechangées,
  - Les couts de réparations réalisées,
  - La date de sortie de la pompe. [6]

### **II.1.7.5. Démontage et montage de la pompe à boue :**

Les opérations de démontage et remontage sont des opérations très importantes et nécessitent une exécution bien correcte et soignée.

#### **A. Démontage de la pompe à boue :**

Le démontage de la pompe s'effectue comme suit :

#### **1. Démontage de la partie hydraulique :**

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

**B. Remontage de la pompe à boue :**

Le remontage est une opération très difficile et il lui faut un mécanicien qualifié, il se fait dans le 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. **[6]**

---

Chapitre III : Etude et dimensionnement de la  
pompe à boue BMPT-1600-ACR.

---

Le calcul de la pompe comprend :

- Calcul hydraulique.
- Calcul mécanique.

### **III.1 Calcul hydraulique :**

#### **III.1.1. INTRODUCTION :**

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

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

Pour cela on détermine les pertes de charge pour un puits de 3445 m.

Dimension	Unité	Signification
A	in <sup>2</sup>	Surface totale des duses d'outil.
d	Kg/l	Masse volumique du fluide.
D	in	Diamètre intérieur garniture.
D <sub>0</sub>	in	Diamètre extérieur annulaire.
D <sub>i</sub>	in	Diamètre intérieur annulaire (extérieur garniture).
L	m	Longueur.
P	KPa	Pertes de charges, pression.
Q	l/mn	Débit de fluide.
μ	cP	Viscosité de fluide.

**Tableau III.1:Signification des symboles.**

#### **III.1.2. Calcul des pertes de charge :**

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

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

Cette partie d'énergie est appelée perte de charge et s'exprime par la différence de pression du fluide entre deux points de la conduite. Par exemple, la boue de forage en circulation possède au départ une énergie représentée par la pression à la sortie de la pompe.

Cette énergie est entièrement perdue dans le circuit boue puisque, au retour dans les bassins, la pression de la boue est nulle. La pression à la sortie de la pompe exprime, dans ce cas, la somme des pertes de charge dans le circuit.

Ces pertes de charge se produisent :

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

– Trou / tige lourde

On prend en considération la perte de charge à l'intérieur de tool-joint des tiges de forage, tel que la somme des longueurs des tool-joint correspond 5% la somme des longueurs des tiges, ainsi que le diamètre intérieur du tool-joint égale à (3" ¼).

On néglige la différence du diamètre entre les tool-joint et les tiges de forage dans le cas du calcul des pertes à l'intérieur de l'espace annulaire, c.-à-d. ont le même diamètre extérieur.

D'après le formulaire du foreur et en supposant que le fluide est un modèle de BINGHAM, nous nous sommes basés sur les équations suivantes :

### III.1.3. Les équations de perte de charge utilisées en forage :

#### III.1.3.1. Les pertes de charge aux installations de surface :

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

Avec

$P$  : pertes de charge

$B$  : Coefficient correspond à la boue en circulation

$N_1$  : Coefficient des pertes de charge

$$B = d^{0.8} \cdot \mu^{0.2} \dots\dots (2)$$

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

$\mu$  : Viscosité en [cp]

#### III.1.3.2. Les pertes de charge dans les orifices de trépan :

Avec :

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

$A$  : aire totale des duses en [in<sup>2</sup>]

$C$  : coefficient d'orifice :  $C=0,80$  pour les outils sans jet

$C=0,95$  pour les outils à jet

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

#### III.1.3.3. Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture :

$$P = \frac{Q^{1.8} \cdot L \cdot B}{901.63 \cdot D^{4.8}} \dots\dots (4)$$

Avec :

$L$  : longueur en [m]

$D$  : diamètre intérieur garniture [in]

#### III.1.3.4. Les pertes de charge dans l'espace annulaire :

$$P = \frac{Q^{1.8} \cdot L \cdot B}{706,96 \cdot (D_o + D_i)(D_o - D_i)^3} \dots\dots (5)$$

Avec :

$D_o$  : diamètre extérieur annulaire [in].

$D_i$  : diamètre intérieur annulaire (extérieur garniture) [in]. [8]

**III.1.4.Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage :**

↪ **Données de départ :**

Trou fore	Diamètre (in)	Phase 26 "	Phase 16 "	Phase 12½"	Phase 8½"
	Profondeur forée (m)	313	854	2540	3445
Tubage	Diamètre extérieur (in)	18 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	7
	Poids linière (lb/ft)	85,5	68,00	47,00	29,00
	Diamètre inter (in)	17,755	12,415	8,681	6,184
	Longueur du tubage (m)	312	852,5	2539	3421
Paramètre hydraulique de forage	Débit (l /min)	3700	3300	3061	2270
	Masse volumique (kg/ l)	1,05	1,3	1,3	2,03
	Viscosité (cP)	77	53	64	69
Tige de forage	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	4,276	4,276	4,276	4,276
	Longueur(m)	75	603	2308	3095
Tige lourde	Diamètre extérieur (in)	5	5	5	5
	Diamètre inter (in)	3	3	3	3
	Longueur(m)	106	106	106	106
Masse tige	Diamètre extérieur (in)	8	8	8	6 ½
	Diamètre intérieur (in)	2,81	2,81	2,81	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
	Longueur(m)	124	143	124	244
Trépan	TFA (in²)	1,052	0,994	1,037	0,902

**Tableau III.2 : Données de départ. [9]**



I. Première phase :

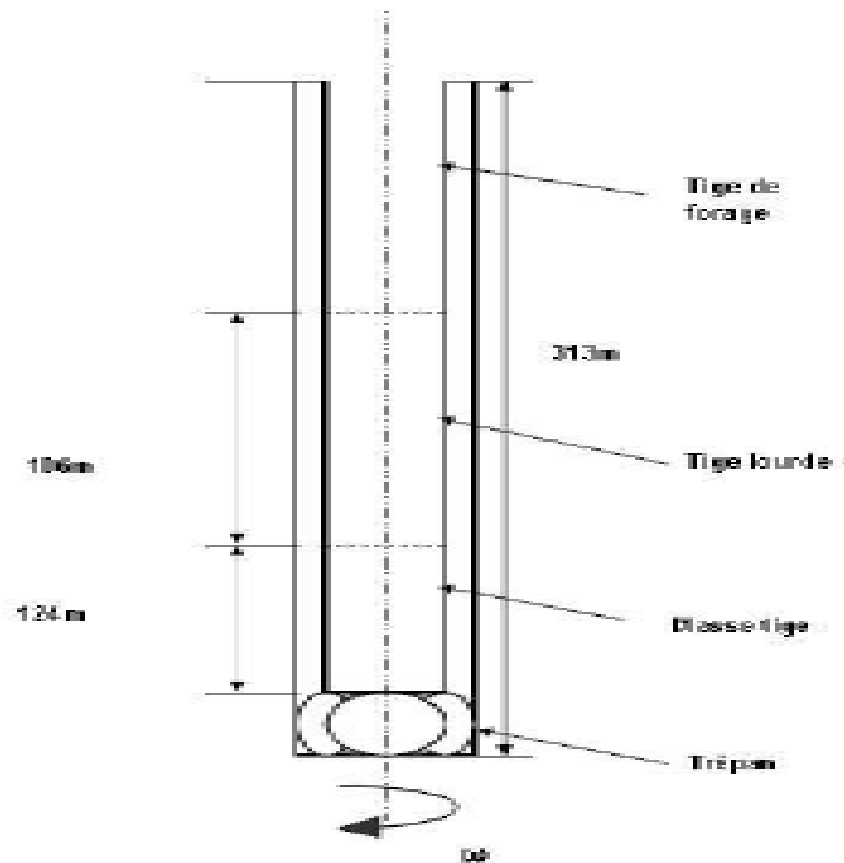


Figure III.1 : La 1 ère phase de forage.

III.1.4.1. Intérieur de la garniture :

A. Tool-joint :

$$P_{Tj} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{Tj} \cdot B}{901,63 \cdot D_{Tj}^{4.8}} \dots \dots (4)$$

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

$L_{Tj} = 0,05 \cdot 313 = 15,65 \text{ m}$  et  $D_{Tj} = 3" \frac{1}{4} = 3,25"$

$$P_{Tj} = \frac{15,65 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{901,63 \cdot 3,25^{4.8}} =$$

$$397,61 \text{ KPa}$$

B. Tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4.8}} \dots \dots (4)$$

$L_{DP} = 313 - 15,65 = 297,35 \text{ m}$

$$P_{DP} = \frac{297,35 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{901,63 \cdot 4,276^{4.8}} =$$

$$2024,28 \text{ KPa}$$

**C. Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4.8}} \dots \dots (4)$$

$$P_{HW} = \frac{106 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{901,63 \cdot 3^{4.8}} = 3954,65 \text{ KPa}$$

**D. Masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4.8}} \dots \dots (4)$$

$$P_{DC} = \frac{124 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{901,63 \cdot 2,81^{4.8}} = 6333,09 \text{ KPa}$$

**III.1.4.2.Espace annulaire :****A. Trou / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DP} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3} \dots \dots (5)$$

$$P_{DP} = \frac{75 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{706,96 \cdot (26+5)^{1.8} (26-5)^3} = 0,15 \text{ KPa}$$

**B. Trou / tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3} \dots \dots (5)$$

$$P_{HW} = \frac{106 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{706,96 \cdot (26+5)^{1.8} (26-5)^3} = 0,22 \text{ KPa}$$

**C. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3} \dots \dots (5)$$

$$P_{DC} = \frac{124 \cdot 1,05^{0.8} \cdot 3700^{1.8} \cdot 77^{0.2}}{706,96 \cdot (26+8)^{1.8} (26-8)^3} = 0,29 \text{ KPa}$$

**D. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{1,05 \cdot 3700^2}{2959,41 \cdot (0,95)^2 (1,052)^2} = 4863,05 \text{ KPa}$$

**E. Equipement de surface :**

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

$N_1=378$  (cas n°04) est déduite en fonction des équipements de surface dans le chantier qui correspond au cas n°04 d'après le formulaire du foreur.

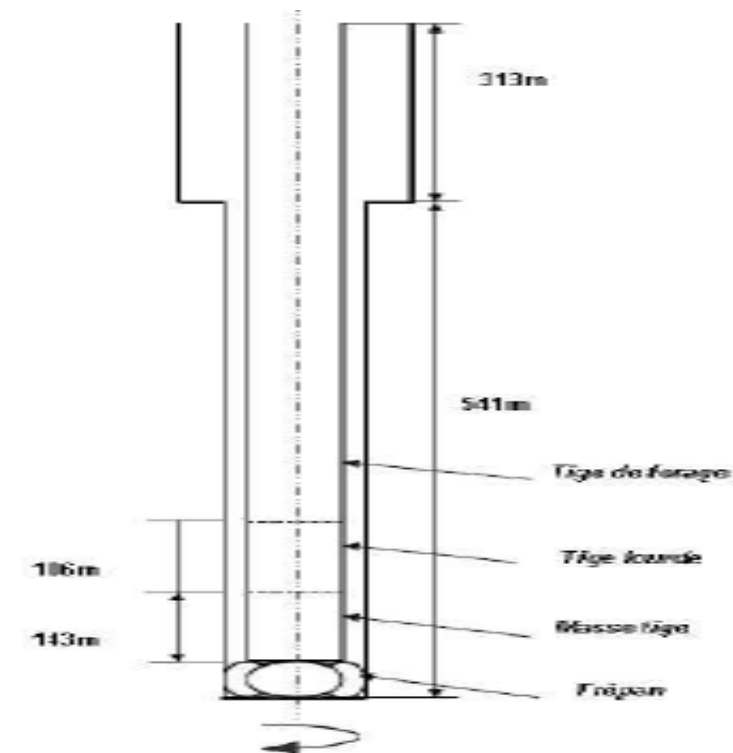
$$P_s = 378 \cdot 1,05^{0,8} \cdot 77^{0,2} = 937 \text{ KPa}$$

↳ **La perte de charge totale :**

$$P_{tot} = 397,61 + 2024,28 + 3954,65 + 6333,09 + 0,15 + 0,22 + 0,29 + 4863,05 +$$

$$P_{tot} = 18510,34 \text{ KPa}$$

**II. Deuxième phase :**



**Figure III.2 : La 2<sup>ème</sup> phase de forage.**

### III.1.4.1. Intérieur de la garniture :

#### A. Tool-joint :

$$P_{Tj} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{Tj} \cdot B}{901,63 \cdot D_{Tj}^{4.8}}$$

$$L_{Tj} = 0,05 \cdot 603 = 30,15 \text{ m et } D_{Tj} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{Tj} = \frac{30,15 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{901,63 \cdot 3,25^{4.8}} = 977,5 \text{ KPa}$$

#### B. Tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4.8}}$$

$$L_{DP} = 603 - 30,15 = 572,85 \text{ m.}$$

$$P_{DP} = \frac{572,85 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{901,63 \cdot 4,276^{4.8}} = 5403,53 \text{ KPa}$$

#### C. Tige lourde :

$$P_{HW} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4.8}}$$

$$P_{HW} = \frac{106 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{901,63 \cdot 3^{4.8}} = 4926,82 \text{ KPa}$$

#### D. Masse tige :

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4.8}}$$

$$P_{DC} = \frac{143 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{901,63 \cdot 2,81^{4.8}} = 8922,04 \text{ KPa}$$

### III.1.4.2. Espace annulaire :

#### A. Tubage / tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{tu\beta 1} \cdot B}{706,96 \cdot (D_{tu\beta 1} + D_i)^{1.8} \cdot (D_{tu\beta 1} - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{312 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{706,96 \cdot (17,755+5)^{1.8} \cdot (17,755-5)^3} = 4,51 \text{ KPa}$$

**B. Trou / tige de forage:**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{HW} = \frac{603 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{706,96 \cdot (16+5)^{1.8} (16-5)^3} = 15,7 \text{ KPa}$$

**C. Trou / Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{106 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{706,96 \cdot (16+5)^{1.8} (16-5)^3} = 2,76 \text{ KPa}$$

**D. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{143 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3300^{1.8} \cdot 53^{0.2}}{706,96 \cdot (16+8)^{1.8} (16-8)^3} = 7,61 \text{ KPa}$$

**E. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{1,3 \cdot 3300^2}{2959,41 \cdot (0,95)^2 (0,994)^2} = 5364,7 \text{ KPa}$$

**F. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \cdot B$$

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

$$P_s = 307 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 53^{0.2} = 837,81 \text{ KPa}$$

↳ **La perte de charge totale :**

$$P_{tot} = 977,5 + 5403,53 + 4926,82 + 8922,04 + 4,52 + 15,7 + 2,76 + 7,61 + 5364,7 + 837,81$$

$$P_{tot} = 26462,99 \text{ KPa}$$

**III. Troisième phase :**

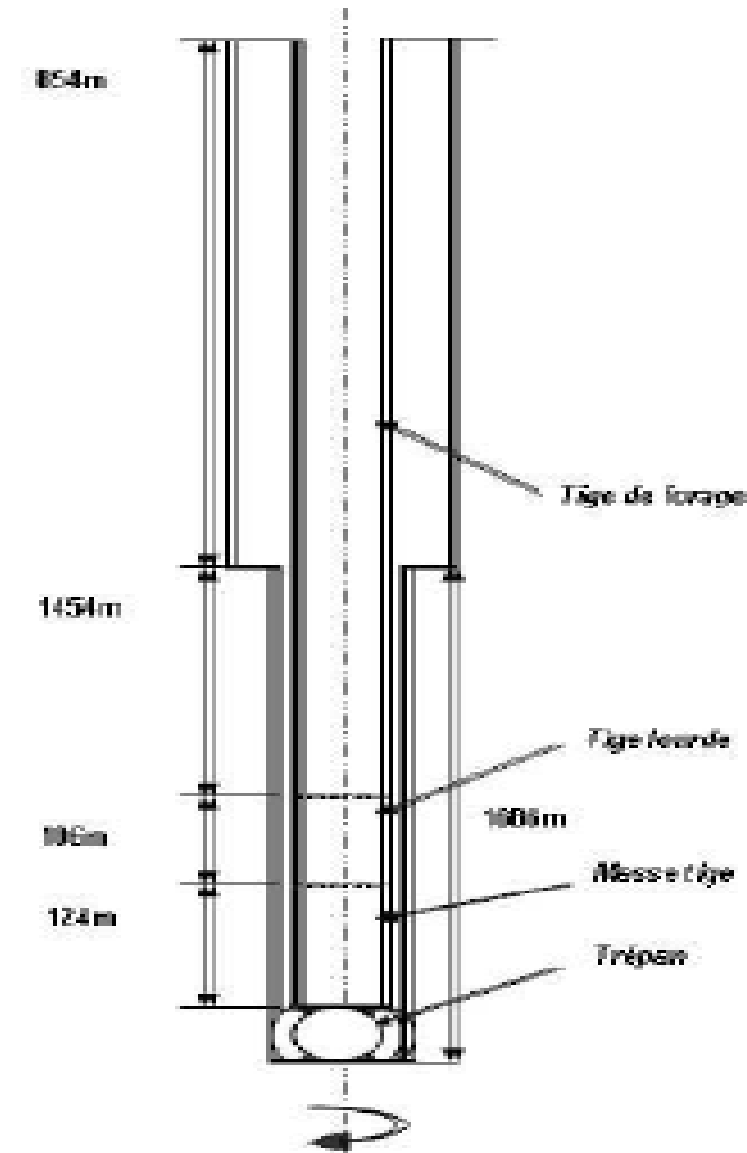


Figure III.3 : La 3<sup>ème</sup> phase de forage.

**III.1.4.1. Intérieur de la garniture :**

**A. Tool-joint :**

$$P_{Tj} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{Tj} \cdot B}{901,63 \cdot D_{Tj}^{4.8}}$$

$L_{Tj} = 0,05 \cdot 2540 = 127 \text{ m}$  et  $D_{Tj} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''$ .

$$P_{Tj} = \frac{1,3^{0.8} \cdot 127 \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{901,63 \cdot 3,25^{4.8}} = \boxed{2622,28 \text{ KPa}}$$

**B. Tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4.8}}$$

$$L_{DP} = 2308 - 127 = 2181 \text{ m.}$$

$$P_{DP} = \frac{1,3^{0.8} \cdot 2181 \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{901,63 \cdot 4,276^{4.8}} =$$

$$12066,77 \text{ KPa}$$

**C. Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{HW} \cdot B}{901,63 \cdot D_{HW}^{4.8}}$$

$$P_{HW} = \frac{1,3^{0.8} \cdot 106 \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{901,63 \cdot 3^{4.8}} =$$

$$3213,95 \text{ KPa}$$

**D. Masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DC}^{4.8}}$$

$$P_{DC} = \frac{1,3^{0.8} \cdot 124 \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{901,63 \cdot 2,81^{4.8}} =$$

$$5146,92 \text{ KPa}$$

**III.1.4.2.Espace annulaire :****A. Tubage / tige de forage :**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{tu\beta 2} \cdot B}{706,96 \cdot (D_{tu\beta 2} + D_i)^{1.8} \cdot (D_{tu\beta 2} - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{852,5 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{706,96 \cdot (12,415+5)^{1.8} \cdot (12,415-5)^3} =$$

$$92,09 \text{ KPa}$$

**B. Trou / tige de forage:**

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{HW} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DP} = \frac{2308 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{706,96 \cdot (12,5+5)^{1.8} \cdot (12,5-5)^3} =$$

$$238,85 \text{ KPa}$$

**C. Trou / Tige lourde :**

$$P_{HW} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{HW} = \frac{106 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{706,96 \cdot (12,5+5)^{1.8} (12,5-5)^3} = \boxed{10,97 \text{ KPa}}$$

**D. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{124 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 3061^{1.8} \cdot 64^{0.2}}{706,96 \cdot (12,5+8)^{1.8} (12,5-8)^3} = \boxed{12,83 \text{ KPa}}$$

**E. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{1,3 \cdot 3061^2}{2959,41 \cdot (0,95)^2 (1,037)^2} = \boxed{4240,92 \text{ KPa}}$$

**F. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \cdot B$$

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

$$P_s = 267 \cdot 1,3^{0.8} \cdot 64^{0.2} = \boxed{756,66 \text{ KPa}}$$

↳ **La perte de charge totale :**

$$P_{tot} = 2622,28 + 12066,77 + 3213,95 + 5146,92 + 92,09 + 238,85 + 10,97 + 12,83 + 4240,92 + 756,66$$

$$P_{tot} = \boxed{28402,24 \text{ KPa}}$$



### IV. Quatrièmes Phase :

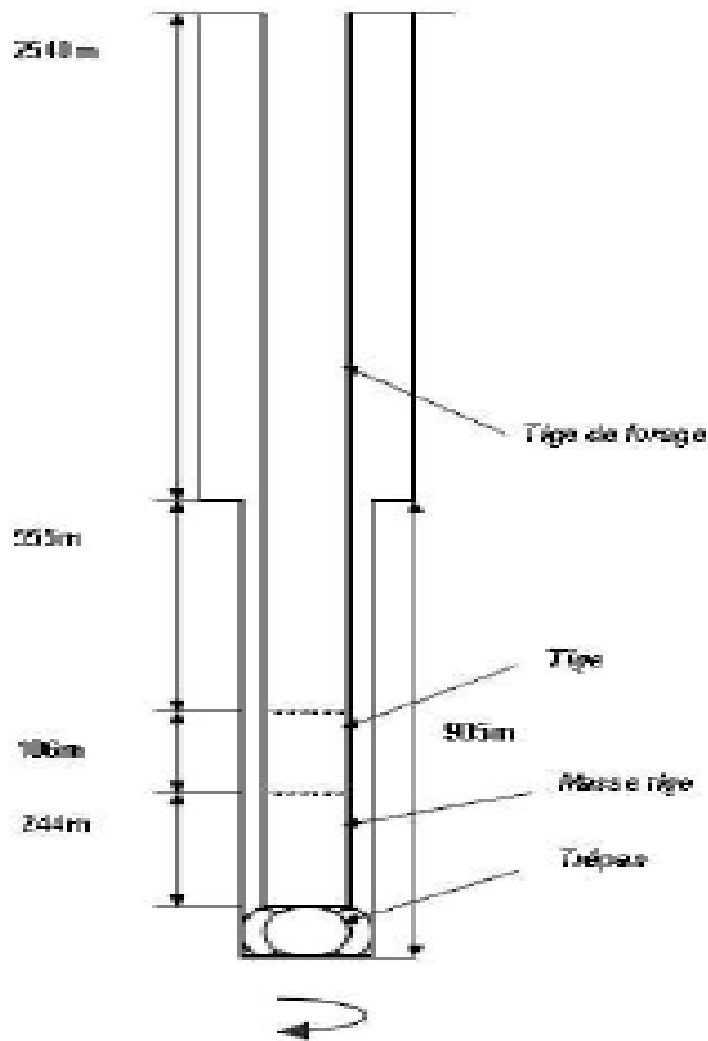


Figure III.4 : La 4<sup>ème</sup> phase de forage.

#### III.1.4.1. Intérieur de la garniture :

##### A. Tool-joint :

$$P_{TJ} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{TJ} \cdot B}{901,63 \cdot D_{TJ}^{4.8}}$$

$$L_{TJ} = 0,05 \cdot 3445 = 172,25 \text{ m et } D_{TJ} = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25''.$$

$$P_{TJ} = \frac{2,03^{0.8} \cdot 2270^{1.8} \cdot 172,25 \cdot 69^{0.2}}{901,63 \cdot 3,25^{4.8}} = 3010,95 \text{ KPa}$$

##### B. Tige de forage :

$$P_{DP} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DP} \cdot B}{901,63 \cdot D_{DP}^{4.8}}$$

$$L_{DP} = 3309 - 172,25 = 3136,75 \text{ m.}$$

$$P_{DP} = \frac{3136,75 \cdot 2,03^{0,8} \cdot 2270^{1,8} \cdot 69^{0,2}}{901,63 \cdot 4,276^{4,8}} = 14692,09 \text{ KPa}$$

**C. Tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{106 \cdot 2,03^{0,8} \cdot 2270^{1,8} \cdot 69^{0,2}}{901,63 \cdot 3^{4,8}} = 2720,87 \text{ KPa}$$

**D. Masse tige :**

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

$$P_{DC} = \frac{2,03^{0,8} \cdot 2270^{1,8} \cdot 244 \cdot 69^{0,2}}{901,63 \cdot 2,81^{4,8}} = 8574,01 \text{ KPa}$$

**III.1.4.2.Espace annulaire :****A. Tubage / tige de forage :**

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

$$P_{DP} = \frac{2539 \cdot 2,03^{0,8} \cdot 2270^{1,8} \cdot 69^{0,2}}{706,96 \cdot (8,681+5)^{1,8} (8,681-5)^3} = 2930,7 \text{ KPa}$$

**B. Trou / tige de forage:**

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

$$P_{DP} = \frac{2309 \cdot 2,03^{0,8} \cdot 2270^{1,8} \cdot 69^{0,2}}{706,96 \cdot (8,5+5)^{1,8} (8,5-5)^3} = 3175,68 \text{ KPa}$$

**C. Trou / Tige lourde :**

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

$$P_{HW} = \frac{106 \cdot 2,03^{0,8} \cdot 2270^{1,8} \cdot 69^{0,2}}{706,96 \cdot (8,5+5)^{1,8} (8,5-5)^3} = 145,79 \text{ KPa}$$

**D. Trou / masse tige :**

$$P_{DC} = \frac{Q^{1.8} \cdot L_{DC} \cdot B}{706,96 \cdot (D_0 + D_i)^{1.8} \cdot (D_0 - D_i)^3}$$

$$P_{DC} = \frac{244 \cdot 2,03^{0.8} \cdot 2270^{1.8} \cdot 69^{0.2}}{706,96 \cdot (8,5+6,5)^{1.8} (8,5-6,5)^3} = 1487,83 \text{ KPa}$$

**E. Trépan :**

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

$$P_t = \frac{2,03 \cdot 2270^2}{2959,41 \cdot (0,95)^2 \cdot (0,902)^2} = 4813,73 \text{ KPa}$$

**F. Equipement de surface :**

$$P_s = N_1 \cdot B$$

$N_1 = 154$  (cas n°04) d'après le formulaire du foreur.

$$P_s = 154 \cdot 2,03^{0.8} \cdot 69^{0.2} = 632,83 \text{ KPa}$$

↳ **La perte de charge totale :**

$$P_{tot} = 3010,95 + 14692,09 + 2720,87 + 8574,01 + 2930,7 + 3175,68 + 145,79 + 1487,83 + 4813,73 + 632,83$$

$$P_{tot} = 42184,48 \text{ KPa}$$

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

- ↳ 1<sup>er</sup> phase :  $P_{tot} = 18510,34 \text{ KPa}$ .
- ↳ 2<sup>ème</sup> phase :  $P_{tot} = 26462,99 \text{ KPa}$ .
- ↳ 3<sup>ème</sup> phase :  $P_{tot} = 28402,24 \text{ KPa}$ .
- ↳ 4<sup>ème</sup> phase :  $P_{tot} = 42184,48 \text{ KPa}$ .

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

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

### III.2. Calcul de la puissance mécanique :

#### A. Première phase :

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

$$P_{m1} = \frac{18510,34 \cdot 3700}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 44750} = 1790,01 \text{ HP}$$

**HP** : Hors Power (puissance en chevaux) ;

1HP = 1.013 chevaux vapeurs.

#### B. Deuxième phase :

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

$$P_{m2} = \frac{26462,99 \cdot 3300}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 44750} = 2282,41 \text{ HP}$$

#### C. Troisième phase :

$$P_{m3} = \frac{P_{ref3} \cdot Q_{r3}}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750}$$

$$P_{m3} = \frac{28402,24 \cdot 3061}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 44750} = 2272,25 \text{ HP}$$

#### D. Quatrième phase :

$$P_{m4} = \frac{P_{ref4} \cdot Q_{r4}}{\eta_m \cdot \eta_t \cdot 44750}$$

$$P_{m4} = \frac{42184,48 \cdot 2270}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 44750} = 2502,76 \text{ HP}$$

### III.3. Calcul de la puissance hydraulique pour chaque phase :

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

#### A. Première phase :

$$P_{hr1} = 1530,46 \text{ HP}$$

#### B. Deuxième phase :

$$P_{hr2} = 1951,46 \text{ HP}$$

#### C. Troisième phase :

$$P_{hr3} = 1942,77 \text{ HP}$$

#### D. Quatrième phase :

$$P_{hr4} = 2139,86 \text{ HP}$$

On désigne le tableau des résultats de calcul :

Phases	Débit [l/mn]	Puissance hydraulique [HP]	Puissance mécanique [HP]	Perte de charge [kPa]
Phase 1 : 26"	3700	1530,46	1790,01	18510,34
Phase 2 : 16"	3300	1951,46	2282,41	26462,99
Phase 3 : 12"1/2	3061	1942,77	2272,25	28402,24
Phase 3 : 8"1/2	2270	2139,86	2502,76	42184,48

**Tableau III.3 : Résultats des calculs.**

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 **BMPT-1600-ACR** à simple effet. Avec l'utilisation d'un groupe des pompes on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

### III.4. Détermination de nombre de coups par minute pour chaque phase :

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

$$N = \frac{Q}{Q_{\text{unitaire}}} \quad 1 \text{ coup} \longrightarrow 16,68 \text{ l (volume/course)}$$

#### A. Première phase :

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{3700}{16,68} \approx 222 \text{ coup / min}$$

#### B. Deuxième phase :

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{3300}{16,68} \approx 198 \text{ coup / min}$$

#### C. Troisième phase :

$$N_3 = \frac{Q_3}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{3061}{16,68} \approx 184 \text{ coup / min}$$

#### D. Quatrième phase :

$$N_4 = \frac{Q_4}{Q_{\text{unitaire}}} = \frac{3061}{16,68} \approx \boxed{137 \text{ coup / min}}$$

### III.5. Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase :

Phase	26''	16''	12'' <sup>1/2</sup>	8'' <sup>1/2</sup>
(Coups / mn)	222	198	184	137

Mais la vitesse maximale de la pompe est 120 coups/mn, donc il faut diviser le nombre de coups de chaque phase par l'utilisation de deux pompes installées en parallèle pour assurer le débit requis.

### III.6. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase :

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

- Où :
- D<sub>i</sub> : Diamètre intérieur de la chemise [m].
  - K : Coefficient pour les pompes triplex, K= 25,4.
  - Q<sub>i</sub> : Débit de la boue de chaque phase (m<sup>3</sup>/s).
  - C : Course de piston c = 0,3048 m.
  - α : Coefficient du débit de la pompe, α = 0,90.
  - N : Nombre des coups par minute, n=120 coups/mn.  
(Nombre des coups Maximal de la pompe).

#### A. Première phase :

$$Q_1 = \frac{3700}{2} = 1850 \text{ } \ell / \text{mn} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

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

#### B. Deuxième phase :

$$Q_2 = \frac{3300}{2} = 1650 \text{ } \ell / \text{mn} \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{25,4 \cdot 1650 / 60 \cdot 1000}{0,9 \cdot 0,3048 \cdot 120}} = \boxed{0,145 \text{ m}} = \boxed{145,2 \text{ mm}}$$

**C. Troisième phase :**

$$Q_3 = \frac{3061}{2} = 1530,5 \ell/mn \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_3 = \sqrt{\frac{25,4 \cdot 1530,5 / 60 \cdot 1000}{0,9 \cdot 0,3048 \cdot 120}} = \boxed{0,140 \text{ m}} = \boxed{140 \text{ mm}}$$

**D. Quatrième phase :**

$$Q_4 = \frac{2270}{2} = 1135 \ell/mn \quad (\text{Débit de la boue pour une seule pompe})$$

$$D_4 = \sqrt{\frac{25,4 \cdot 1135 / 60 \cdot 1000}{0,9 \cdot 0,3048 \cdot 120}} = \boxed{0,113 \text{ m}} = \boxed{113 \text{ mm}}$$

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

Les phases \ P tôt	Les pertes de charges totale théorique (KPA)	Les pertes de charges réel (KPA)
Phase 26''	18510,34	14502
Phase 16''	26462,99	18348
Phase 12''1/2	28402,24	24161
Phase 8''1/2	42184,48	37610

**Tableau III.4 : Comparaison entre les pertes de charges théoriques et réelles.**

D'après le calcul des pertes de charges théoriques dans chaque phase, on a déterminé les puissances mécanique et hydraulique de la pompe. Dans les dernières phases on cherche une grande pression pour maintenir les fluides de formation a haut pression alors le chemisage de la pompe doit être convenable pour assurer cette pression.

Dans la première phase on cherche un grand débit pour évacuer la grande quantité de déblais.

On a fait une comparaison entre les pertes de charge théoriques et réel, on a remarqué que il y a une différence de 10 à 13 % à cause de différence entre le diamètre calculer et le diamètre normaliser de la chemise et le rendement de la pompe n'est pas à 100%.

### III.7.Conclusion :

- Suivant le calcul de puissances, la phase qui demande la plus grande énergie est la phase 8''<sup>½</sup> avec une puissance hydraulique de 2139,86 HP.
- A partir de cette valeur on doit se conformer à la normalisation adaptée par les sociétés pétrolières tout en respectant les paramètres techniques et économiques.
- Le choix de la pompe qui doit répondre aux paramètres exigés (puissance hydraulique, débit et pression) par le forage de points de vue techno-économique est la pompe de type **BMPT-1600-ACR – Triplex à simple effet.**



---

## Conclusion

---

## **Conclusion générale :**

L'étude présentée nous permet d'approfondir notre connaissance dans le domaine des pompes de forage en particulier les pompes volumétrique circulant la boue de forage ;

Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage, ils fonctionnent dans des conditions difficiles avec des paramètres de fonctionnement (pression et débit) qui doivent être contrôlés et maîtrisés, ces paramètres sont liés aux phases de forage,

Une pompe à boue doit être souple, robuste, facile à entretenir et possédant une durée de service longue. Néanmoins durant le fonctionnement, les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide est nécessaire pour augmenter la longévité et la fiabilité de la machine.

Le calcul des pertes des charges réalisées, conformément au programme de forage du puits donné, montre que le choix de la pompe triplex à simple effet BMPT-1600-ACR est satisfaisant, elle s'adapte convenablement aux conditions de ce forage.

Enfin, nous espérons que l'étude effectuée présente un intérêt pour l'entreprise, et apporte un éclairage aux étudiants qui auront à préparer leur projet de fin d'études ultérieurement.

## **Bibliographie :**

- [1] Utilisation d'outils au service de la maintenance d'un Treuil de forage OIL WELL 840E.
- [2] Etude et dimensionnement de la pompe à boue triplex à simple effet 12P160.
- [3] La pompe à boue OIL WELL A 1400 PT.
- [4] Pompes roto-dynamiques.
- [5] 15 stratégies de la maintenance industrielle.pdf
- [6] [fr.scribd.com/document/338168090/Presentation-de-La-Pompe-a-Boue-Oil-Well-a-1400-Pt](https://fr.scribd.com/document/338168090/Presentation-de-La-Pompe-a-Boue-Oil-Well-a-1400-Pt)
- [7] Etude et maintenance d'une pompe à boue triplex à simple effet national-oil-well 12P160. 2017/2018
- [8] Ghiti. nadjibe « Technique de pompes» Ecole Skikda IAP juillet 2009.
- [9] Mémoire de fin d'études : Etude de la boue de forage et dimensionnement de la pompe à boue triplex à simple effet - HADJEBAR BILLAL - BELOUIS HAKIM - OUERDANE AISSA.
- [10] Mémoire fin d'étude master : Pompe à boue – 2016

## **Résumé :**

Ce travail a été mené dont le but d'étudier la pompe à boue de type triplex à simple effet, cette pompe de type volumétrique joue un rôle important dans l'installation de forage, elle permet la circulation de la boue lors d'un forage à haute pression et débit de travail. Ce travail présente une étude théorique de choix et de vérification des paramètres de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR par le calcul de débit, puissance et des pertes de charge liés aux phases de forage, En plus l'étude de maintenance et les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide sont nécessaires pour augmenter la longévité et la fiabilité de la pompe pour assurer une longue durée de service durant l'opération de forage

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

## **Abstract :**

This work was conducted with the aim of studying the triplex single-acting mud pump, this pump type volumetric plays an important role in the drilling rig, it allows the circulation of mud during a drilling at high pressure and working flow. This work presents a theoretical study of the choice and verification of the operating parameters of the BMPT-1600-ACR pump by calculating the flow rate, power and pressure drops related to the drilling phases. In addition, the maintenance study and the operations of inspection and replacement of fast-wearing parts are necessary to increase the longevity and reliability of the pump to ensure a long service life during the drilling.

**Keywords:** Triplex mud pump, choice and verification, mechanical calculation, maintenance.

## **ملخص :**

تم إجراء هذا العمل بهدف دراسة مضخة الطين ثلاثية المفعول أحادية المفعول ، هذا النوع من المضخات الحجمي يلعب دورًا مهمًا في جهاز الحفر ، فهو يسمح بتدوير الطين أثناء الحفر عند الضغط العالي وتدفق العمل. يقدم هذا العمل دراسة نظرية لاختيار والتحقق من معاملات تشغيل مضخة البئر BMPT-1600-ACR من خلال حساب معدل التدفق، وانخفاض الطاقة والضغط المتعلقة بمراحل الحفر. بالإضافة إلى ذلك ، فإن دراسة الصيانة وعمليات الفحص واستبدال الأجزاء سريعة التلف ضرورية لزيادة عمر وموثوقية المضخة لضمان عمر خدمة طويل أثناء عملية الحفر.

الكلمات المفتاحية: مضخة الطين الثلاثية، الاختيار و التحقق، الحساب الميكانيكي، الصيانة.