

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU

Faculté de génie de la construction

Département de génie mécanique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme du MASTER académique

En Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique et Productique

Thème

**Etude et maintenance de la pompe à boue de
forage pétrolier de type triplex à simple effet
BMPT-1600-ACR-7.5"x12".**

Proposé et dirigé par :

Mr. BELAID Kamel

Dr. BENALIA Karim

Réalisé par :

Mr. KAZMI Amar

Mr. BESSA Riadh

Promotion 2018/2019

Remerciements

En premier lieu, nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur M. BENALIA pour son aide, sa disponibilité et ses conseils pour l'aboutissement de ce travail, qu'il trouve ici notre profonde gratitude toute notre reconnaissance et notre respect.

En remerciement aussi tout personnel de département Génie mécanique, administrateurs, fonctionnaires, professeurs et surtout les enseignants de l'option FMP. En premier le responsable de la formation Mr BELAID.

Nos remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils portent à ce travail en ayant accepté la lourde tâche de l'examiner.

Dédicaces

Je dédie ce travail

*A mes chers parents ainsi que mes chers frères et sœurs et leurs familles
ainsi que leurs enfants chaque un par son nom.*

*A ma deuxième famille la section **FMP** promotion 2019*

*A mon binôme **B. RIADH** et toute sa famille.*

*Aussi, je le dédie a tous mes amis (es), avec qui j'ai passé d'inoubliables
moments, et a tous ce qui ont participé de loin ou de prêt a ce travail.*

A.KAZMI

Dédicaces

Je dédie ce travail

*A mes chers parents ainsi que mes chers frères et sœurs et toute ma
famille.*

A ma deuxième famille la section FMP promotion 2019

A mon binôme A.KAZMI et toute sa famille.

*Aussi, je le dédie a tous mes amis (es), avec qui j'ai passe d'inoubliables
moments, et a tous ce qui ont participé de loin ou de prêt a ce travail.*

R. BESSA

Table des matières

Remerciements	i
Table des matières	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	viii
Liste des symboles	xi
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I : Présentation de l'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits ENTP et champ Hassi Messaoud

I.1. Introduction	4
I.2. Historique de l'ENTP [26]	4
I.3. Normes de l'ENTP [26]	4
I.4. Le Système de Management QHSE de l'ENTP [26]	5
I.4.1. L'infrastructures de l'ENTP	5
I.5. Les moyens de l'entreprise ENTP	6
I.5.1. Parc des appareils de forage	6
I.5.2. Transport et logistique	6
I.5.3. Moyens humains	7
I.6. Organigramme de l'ENTP	8
I.7. Champ de Hassi Messaoud	9
I.7.1. Situation Géographique du Champ.....	9
I.7.2. Description du champ d'étude (puis MDZ664)	10

CHAPITRE II : Généralités sur les appareils de forage et les pompes

II.1. Introduction.....	12
II.2. Descriptions de l'appareil de forage	12
II.2.1. Classification	12
II.2.2. Description	12
II.3. Fonctions d'un appareil de forage.....	13
II.3.1. DTM d'un Appareil de Forage	15
II.3.2. Définition d'un DTM.....	15
II.4. Généralités sur les pompes	16
II.4.1. Définition et rôle	16
II.4.2 Différents types des pompes	16
II.4.3.Les pompes volumétriques	17
II.4.3.1.. Les pompes volumétriques rotatives	17
II.4.3.2. Les pompes volumétriques alternatives	20
II.4.4. Les pompe roto dynamique	20

CHAPITRE III : Description et fonctionnement de la pompe BMPT-1600

III.1. Introduction	23
III.2. Description de la pompe à boue triplex à simple effet BMPT-1600- ACR-7.5"x12"	23
III.2.1 Description générale	23
III.2.2. Fiche technique de la pompe à boue triplex à simple effet BMPT-1600- ACR-7.5"x12"	24
III.3. Construction de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	25
III.3.1. Partie mécanique de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	25

III.3.1.1.L'arbre à grande vitesse (pignon shaft).....	26
III.3.1.2. L'arbre à petite vitesse (crankshaft) ou vilebrequin.....	27
III.3.1.3. Système bielle-manivelle	27
III.3.1.4. La crosse et la rallonge de crosse	28
III.3.1.5. Les roulements	28
III.3.1.6. Le système d'entraînement.....	29
III.3.1.7 Le circuit de lubrification	29
III.3.1.8. Transmission et le couple d'engrenage	30
III.3.1.9.Le bâti	31
III.3.2. La partie hydraulique de la pompe.....	32
III.3.2.1. Le corps hydraulique	32
III.3.2.2. Chemises	32
III.3.2.3. Les sièges et les clapets	33
III.3.2.4.Le piston et la tige du piston	33
III.3.3. Partie électrique de la pompe à boue.....	34
III.4. Principe de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	34
III.5. Caractéristiques des pompes à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	35
III.5.1 La cylindrée.....	35
III.5.2 La vitesse.....	35
III.5.3 Le débit.....	36
III.5.4. Pression	36
III.5.5. La puissance	36

CHAPITRE IV : Généralité sur la maintenance industriel

IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Quelques notions fondamentales sur la fiabilité	38
IV.2.1. Définition	38
IV.2.2. Evolution des coûts en fonction de la fiabilité	40.

IV.2.3. La défaillance	40
IV.3. Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	41
IV.3.1. Avantages de la méthode AMDEC :	42
IV.3.2. Mise au point de la fiche AMDEC :	42
IV.3.4. Analyse de la défaillance	43
IV.3.5. Critères	44
IV.3.6. Mesures	45
IV.3.7. Modes des défaillances	45
IV.4. Maintenance des machines industrielles	46
IV.4.1. Définition	46
IV.4.2. Présentation du besoin	46
IV.4.3. But de la maintenance	48
IV.4.4. Les différents Types de maintenance	48
IV.4.4.1. La Maintenance Corrective	49
IV.4.4.2. La Maintenance Préventive	49

CHAPITRE V : Analyse de la fiabilité et maintenance des machines industrielles

V.1. Maintenance de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“	53
V.1.1 Maintenance préventive	53
V.1.1.1. Les travaux journaliers	53
V.1.1.1.2. Les travaux hebdomadaires	53
V.1.1.1.3. Les travaux mensuels	54
V.1.1.1.4. Les travaux semestriels	54
V.1.1.1.5. Les travaux annuels	54
V.1.2. Maintenance corrective	55
V.1.2.1. Les différentes pannes de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“ sur chantier de H.M et leurs remèdes	55

V.1.2.2. Opérations de réparation de la pompe à boue BMPT-ACR-7.5"x12"	55
V.2. Application de la Méthode AMDEC sur la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	57
V.2.1. Décomposition fonctionnelle de la pompe à boue.....	59
V.2.2. Organigramme de la décomposition fonctionnelle	60
V.2.2.1. Le sous système de lubrification	60
V.2.2.2. Le sous système hydraulique	61
V.2.2.3. Le sous système en mouvement.....	62
V.2.3. Résultats de l'application de la méthode AMDEC	63
V.2.4. Tableau des actions correctives du la pompe à boue	67
V.2.5. Interprétation des résultats	68
V.3 Etude de la puissance mécanique à installer sur la pompe à boueBMPT-1600-ACR-7.5"x12"	70
V.3.1 Initialisation.....	70
V.3.2. Résultats du calcul	74
V.3.3. Nombre de pompe dans chaque phase	74
V.3.4 .Calcul du diamètre de la chemise de chaque phases	75
V.3.5. Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge Réel dans chaque phase	75
V.4. Programme de calcul avec MTLAB	77
Conclusion Générale	80

LISTE DES FIGURES

Chapitre I		
Figure	Titre	Page
Figure I.1	L'organigramme de l'entreprise ENTP.	8
Figure I.2	Situation géographique du HMD et Nezla SONATRACH].	9
Figure I.3	Plan de position du puit MDZ664	10
Chapitre II		
Figure	Titre	Page
Figure II.1.	Description de l'appareil de forage	13
Figure. II.2.	Schéma de fonctionnement de l'appareil de forage	14
Figure II.3.	DTM de l'ENTP –TP 179	15
Figure II.4.	Différents types des pompes	17
Figure II.5.	Pompes à palettes libres	18
Figure II.6.	Pompes à palettes flexibles	18
Figure II.7.	Pompes à engrenages extérieurs	19
Figure II.8.	Pompes à vis	19
Figure II.9.	Pompes à piston	20
Figure II.10.	Schéma d'une pompe centrifuge	21
Chapitre III		
Figure	Titre	Page
Figure III.1.	Description de la pompe à boue triplex à simple	24
Figure III.2.	Spécification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	25
Figure III.3.	Arbre à grande vitesse	26
Figure III.4.	Arbre à petite vitesse	27
Figure III.5.	Système bielle-manivelle	27
Figure III.6.	La crosse et la rallonge de crosse.	28
Figure III.7.	Les roulements des bielles.	28
Figure III.8.	Le système d'entraînement	29
Figure III.9.	Système de lubrification les roulements et les crosses	30
Figure III.10.	La lubrification	30
Figure III.11.	Couple d'engrenage.	31
Figure III.12.	Le bâti d'engrenage	31

Figure III.13.	Le corps hydraulique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	32
Figure III.14.	Chemise de corps hydraulique d'une pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	32
Figure III.15.	Les sièges et les clapets BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	33
Figure III.16.	Le piston et la tige du piston	33
Figure III.17.	Moteur à courant continu(DC).	34
Figure III.18	Principe de fonctionnement de la pompe BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	35
Chapitre IV		
Figure	Titre	Page
Figure IV.1.	Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité	38
Figure IV.2.	Fonction de défaillance	39
Figure IV.3	Diagramme d'Ishikawa	41
Figure IV.4.	Les différents Types de maintenance	48
Figure IV.5.	Diagramme d'une maintenance corrective	48
Figure IV.6.	Evaluation de coût de la maintenance	49
Figure IV.7.	Diagramme d'une maintenance préventive systématique	49
Figure IV.8.	Diagramme d'une maintenance préventive conditionnelle	50
Chapitre V		
Figure	Titre	Page
Figure V.1.	L'organigramme de réparation de la pompe à boue	58
Figure V.2.	Décomposition fonctionnelle de la pompe à boue	59
Figure V.3.	Organigramme de la décomposition fonctionnelle de sous système de lubrification	60
Figure V.4.	Organigramme de la décomposition fonctionnelle de sous système hydraulique	61
Figure V.5.	Organigramme de la décomposition fonctionnelle de sous système de en mouvement	62
Figure V.6.	Opération de réparation de la chemise de la pompe à boue sur le site H.M [21].	69
Figure V.7.	Clapet de refoulement ou aspiration avant assemblage pompe à boue	69
Figure V.8.	Phase 1 : 26"	72
Figure V.9.	Phase 2 : 16"	72
Figure V.10.	Phase 3 : 12" ^{1/4}	73
Figure V.11.	Phase 4 : 8" ^{1/2}	73
Figure V.12.	Comparaison entre les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase.	76

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I		
	Titre	Page
Tableau I.1.	Les bases de l'ENTP	5
Tableau I.2	Les sites occupés par l'ENTP	6
Tableau I.3	Etat du parc appareil de l'entreprise ENTP au fin 2017	6
Tableau I.4	Matériel de transport de l'entreprise ENTP	7
Tableau I.5	Moyens humains 2012-2017	7
Chapitre II		
	Titre	Page
Tableau II.1.	Classification des appareils de forage	12
Chapitre III		
	Titre	Page
Tableau III.1.	Identification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	24
Tableau III.2.	Spécification de la pompe à simple effet BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	25
Chapitre IV		
	Titre	Page
Tableau IV.1.	Exemple de type AMDEC – moyen de production	40
Tableau IV.2.	Critères de gravité	42
Tableau IV.3.	Critères d'occurrence	43
Tableau IV.4.	Critères de non détection	43
Tableau IV.5.	Critères de criticité	44
Tableau IV.6.	Modes de défaillance	45
Chapitre V		
	Titre	Page
Tableau V.1.	Les différentes pannes de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12"	57
Tableau V.2.	L'AMDEC de Sous système : lubrification	64
Tableau V.3.	L'AMDEC de Sous système : Hydraulique	65
Tableau V.4.	L'AMDEC de Sous système : Mouvement	66
Tableau V.5	Tableau des actions correctives du la pompe à boue BMPT-1600-ACR	67
Tableau V.6.	Données de départ pour le calcul et vérification	71
Tableau V.7.	Résultats du calcul et vérification pour les 4 phases de forage	74

Tableau V.8	Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase	74
Tableau V.9.	Les résultats de calcul du diamètre de chemise pour chaque phase	75
Tableau V.10.	Les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase de forage	76

LISTE DES NOTATIONS ET SYMBOLES

LISTE DES NOTATIONS SYMBOLES

Notation	Désignation
AMDEC	L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
AC	Alternatif courant (kw)
ACR	American College of Radiology
BMPT	Buren, Mosset, Parmentier et Toroni
C	la course du piston (mm).
C.C	Courant continu (kw)
Di	Diamètre intérieur de la chemise [mm]
DTM	(démontage, transport, montage).
ENTP	Entreprise nationale des travaux aux puits
F(t)	représente la fonction de densité ou deffailance
HM	Hassi Messaoud
K	Coefficient pour les pompes triplex
N	Nombre de coups par minute
Ph	la puissance hydraulique.(Kw/h)
Pr	la pression de refoulement (Psi)
Qi	Débit de la boue de chaque phase (m ³ /s)
Qr	le débit réel (m ³ /s)
Qth	Débit théorique de la pompe (l/min).
R	Montage arrière (kw)

LISTE DES NOTATIONS ET SYMBOLES

R(t)	Fiabilité du système (kw)
α	Coefficient du débit de la pompe
7.5"	Taille de piston maximale (mm)
12"	Longueur de course (mm)
1600	puissances en cheval (ch)

Introduction générale

L'activité des hydrocarbure joue un rôle très important dans l'économie de notre pays. Sa prise en charge par Sonatrach a nécessité, la mise en place des moyens organisationnels, humains et matériels au sein de l'ensemble de ses branches, à savoir :

- Recherche et exploitation ;
- Développement ;
- Transport vers les points de traitement ou de vente ;
- Commercialisation.

Sonatrach emploie près de 42 000 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PIB de l'Algérie, elle est le 12^{ème} groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, le 4^{ème} exportateur de GNL, le 3^{ème} exportateur de GPL et le 5^{ème} exportateur du gaz naturel . Pour la réalisation de son plan de charge, la sonatrach fait appel à d'autres entreprises, entre autres ENTP, qui est une filiale de la sonatrach et qui détient 60% des part du marché de forage en Algérie. [1]

Dans l'industrie pétrolière les travaux de forage des puits de pétrole et de gaz sont les plus difficiles et exigeant beaucoup de main d'œuvre et nécessitent de grands investissements des capitaux. Avec l'augmentation de la profondeur de forage le volume des travaux de forage et la consommation des pièces d'équipement, d'outils et de matériaux croient considérablement.

Le forage à trios dont les paramètres essentiels sont: le Poids sur l'outil, la Rotation de l'outil et l'injection d'un fluide dont la boue est l'un de ces derniers; par conséquent la pompe est une pièce maitresse dans l'opération de forage; d'où l'importance de notre sujet : Etude et maintenance d'une pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"**.

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.

Durant notre étude pratique sur chantier de Hassi Messaoud, nous avons constaté une fréquence anormale de panne de pompe à boue qui monte à (quatre pannes/mois), ce qui se répercute par une usure rapide de pièces vivantes et une perte de temps excessive, par conséquent une augmentation du cout de forage.

Un calcul de vérification mécanique sera également réalisé pour s'assurer que le dimensionnement de la chemise lui permet de résister à l'éclatement. Par ailleurs, nous effectuerons une analyse AMDEC afin de détecté les points critiques de la pompe, et proposer des recommandations de maintenance.

Introduction générale

Notre travail se présente comme suit :

Le premier chapitre regroupe la présentation de l'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits (ENTP) et le Champ de Hassi Messaoud.

Le deuxième chapitre rapporte la description et le fonctionnement de l'appareil de forage et quelques généralités sur les pompes

Le troisième chapitre, est consacré à l'étude technologique de la pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"**;

Le quatrième chapitre, est consacré aux différentes méthodes de diagnostic de la maintenance industrielle,

Enfin, le dernier chapitre, est consacré à l'étude et maintenance de la pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"**;

Une conclusion générale clôt ce mémoire.

CHAPITRE I

Présentation de l'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits ENTP et le Champ de H.M

*« Au grandes portes de l'entreprise
S'ouvre la pratique pleine de surprise. »*

Jean Dieudonné

I.1. Introduction

Le pétrole et le gaz sont les secteurs dominants de l'économie algérienne et constituent 98 % des exportations.

Sonatrach étant la clés de l'économie algérienne, elle est constituée d'un groupe pétrolier et gazier qui intervient dans l'exploration, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés.

Sonatrach emploie près de 42 000 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie, elle est le 12^{ème} groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, le 4^{ème} exportateur de GNL, le 3^{ème} exportateur de GPL et le 5^{ème} exportateur du gaz naturel [2].

Pour la réalisation de son plan de charge, la sonatrach fait appel à d'autres entreprises, entre autres ENTP, qui est une filiale de la sonatrach et qui détient 60% des part du marché de forage en Algérie [3].

I.2. Historique de l'ENTP

L'ENTP est une Entreprise Publique Economique dont la forme légale d'une Société par actions « spa » au capital Social de 14 800 000 000 Da, dont la totalité de ses actions est détenue par le Holding Services Para Pétroliers – Spa. SONATRACH.

- **En Juillet 1972** : DSP prend le nom de : Direction des Travaux Pétroliers (DTP).
- **1er Août 1981** : la Restructuration de SONATRACH au début des années 80, émergeait **ENTP** (Entreprise Nationale des Travaux aux Puits) héritière de la DTP pour les activités de forage et de Work – Over (entretien des puits) Créée par décret n° 81-171, ENTP est devenue opérationnelle le premier janvier 1983.
- **Juin 1989** : transformation du statut juridique de l'ENTP en société par actions.
- **30 Mars 1998**: ENTP fait partie du Groupe Services Hydrocarbures (GSH) Sonatrach.

Ses actionnaires sont :

1. Sonatrach : Holding SPP 51% ;
 2. Société de gestion des participations des travaux énergétiques «TRAVEN» 49%.
- **04 Avril 2003** : ENTP a obtenu avec brio la certification ISO 9001 : 2000 pour l'ensemble de ses activités.
 - **01 janvier 2005** : transfert des actions détenues par la Société de gestion des participations TRAVEN dissoute, vers la Société de Gestion des participations dénommée "INDJAB"
 - **28 décembre 2005** : cession à titre gratuit des actions détenues par la SGP INDJAB (49%) en faveur du Holding Sonatrach "SPP Spa". ENTP devient 100% Sonatrach. Le siège social est situé à HASSI MESSAOUD, wilaya d'OUARGLA, au Sud- Est d' Alger environ de 900 km. [2]

I.3. Normes de l'ENTP

Elle est triplement certifiée en QHSE :

➤ **Norme ISO9001V 2000**

1. Démontrer son aptitude à fournir régulièrement un produit conforme aux exigences réglementaires.
2. Accroître la satisfaction de ses clients par l'application efficace du système, y compris les processus pour l'amélioration.

➤ **Norme ISO14001V 2004**

1. Elle s'applique aux aspects environnementaux que l'organisme (ENTP) a identifiés comme étant ceux qu'il a les moyens de maîtriser et ceux sur les quelles il a les moyens d'avoir une influence.
2. Donner l'assurance aux parties intéressées (clients, partenaires, société civile, etc....) qu'un système approprié de management environnemental est mis en place dans le respect des exigences légales applicables.

➤ **OHSAS 18001V2007 :**

Prévenir, voir, éliminer les conditions et les facteurs qui affectent l'hygiène, la santé et la sécurité du personnel, des travailleurs temporaires, du personnel de fournisseurs, des visiteurs et toute autre personne présente sur le lieu du travail dans le respect des exigences légales. [3]

I.4. Le Système de Management QHSE de l'ENTP .

Après avoir certifié son système de Management qualité aux exigences de la norme ISO 9001/2000 (avril 2003), L'ENTP a engagé une démarche d'intégration de l'ensemble des systèmes :

- Pour la qualité : **ISO 9001/2008.**
- Pour l'environnement : **ISO 14001/2004 .**
- Pour la santé et sécurité : **OHSAS 18001/2007**..... [2,3]

I.4.1. L'infrastructures de l'ENTP

L'ENTP dispose de plusieurs bases et ateliers à Hassi Messaoud et dispose de bases régionales à Hassi R'mel, In Aménas et Tin Fouyé Tabankort, immobilisées actuellement.

Tableau I.1. : Les bases de l'ENTP [4].

Bases	Superficies	Fonctions
Base 20/8/55	594 930 m^2	Siège social et dépendances administratives Ateliers et parc matériel de logistique
Base 11/12/60	349 520 m^2	Hébergement capacité principale
Base T 32	37 000 m^2	Hébergement capacité complémentaire
Base 17/2/60	148 957 m^2	Parcs matériels
Unité Tubulaire	2170 m^2	Réparation stockages matériels tubulaires
Centre FP	1 2000 m^2	Bloc pédagogique de 17 classes (150 places) Laboratoire de langues Salle de conférences (50 places)

Tableau I.2 : Les sites occupés par l'ENTP [4].

Sites	Ateliers	Fonctions
Base 20/8/55	9 (12 530 m ²)	Maintenance du parc véhicules et engins
	14 (9 750 m ²)	Maintenance des équipements de forage
	49 800 m ²	Zone de stockage a l'air libre
Base 17/2/60	148 959 m ²	Logistique de work over
Unité tubulaire	2170 m ²	Traitement des équipements tubulaire

I.5. Les moyens de l'entreprise ENTP

I.5.1. Parc des appareils de forage

L'ENTP dispose d'un parc de 43 appareils dont 24 destinés pour le forage et 19 pour le Work-over. Certains de ces appareils sont dotés d'équipements modernes : SCR, Top Drive, Wireless Net Work Communication.

Tableau I.3 : Etat du parc des appareils de l'entreprise ENTP à la fin de 2017[4].

Marque et type	Sigle	Puissance	Nombre
National 110 UE	TP 127-128-129-130	1500 HP	04
National 1320 UE	TP 137-139-194-202-203-130	2000 HP	06
Oil Well 2000 E	TP 169	2000 HP	01
Wirth 2000	TP 198-199	2000 HP	02
Wirth 1200	TP 200-201	1200 HP	02
NOW(Dreco) 1250 E	TP 196-197	1200 HP	02
OW.840 E	TP 158-160-161-162-180-181-182-183-184-185	1500 HP	10
National 80 UE	TP 195	1000 HP	01
National 840 E	TP 181 NEW	1500 HP	01
NOV Idéal Rig	TP 204-205	1200 HP	02
Cabot 1200	TP 179-186-187-188-189-190-192	1200 HP	07
Cabot 750	TP 170-172-173-178	750 HP	04
Cabot 500	TP 175-176-177	500 HP	03
TOTAL			45

I.5.2. Transport et logistique

La division transport est assignée selon les points suivants :

- ✓ Déménagement des appareils et camp de forage.
- ✓ Livraison des équipements consommable aux appareils de forages.
- ✓ maintenance des véhicules et engins de l'entreprise.

L'entreprise dispose d'un matériel de transport selon le tableau I.4 :

Tableau I.4 : Matériel de transport de l'entreprise ENTP [5].

Véhicules et engins	Capacité	Nombre	Activité
Tracteur kenworth953	40T	54	DTM
Tracteur mercadess3863	20a 30T	60	DTM et livraison
S R elder + leddel	30T	48	DTM
Port engin	40T	09	DTM
Chariots élévateurs	14T	82	Chantiers de forage
Chariots élévateurs	<14T	24	Chantiers de forage
Grues	20 à 30T	08	DTM
Grues	35 à 40T	12	DTM et MAO chantier
Grues	50 à 55T	34	DTM
Mercedes frigo	10T	11	DTM
Renault ME 160	-----	25	DTM
Chargeur	30T	05	Chantiers de forage

I.5.3. Moyens humains

Avec 6657 agents, l'effectif de l'ENTP est en croissance suite au recrutement de plusieurs ingénieurs, notamment en maintenance et forage.

Les agents de statut permanent sont au nombre de 3477. L'encadrement représente une fraction de 2/3 des permanents.

Le forage et Work-over occupent à eux deux plus de 50% de l'effectif global. [3],[4]

Tableau I.5 : Moyens humains 2012-2017 [4].

Structures de l'effectif	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cadres dirigeants	21	12	14	14	19	22
Cadres supérieurs	93	94	101	98	89	95
Cadres moyens	1440	1400	1510	1629	1991	2234
Agents de maîtrise	2055	1912	1970	2012	1904	2060
Agents d'exécution	2334	2140	2109	2274	2336	2246
Total	5943	5558	5704	6027	6339	6657

I.6. Organigramme de l'ENTP

L'organigramme de l'entreprise se présente selon la forme définie par la figure I.1.

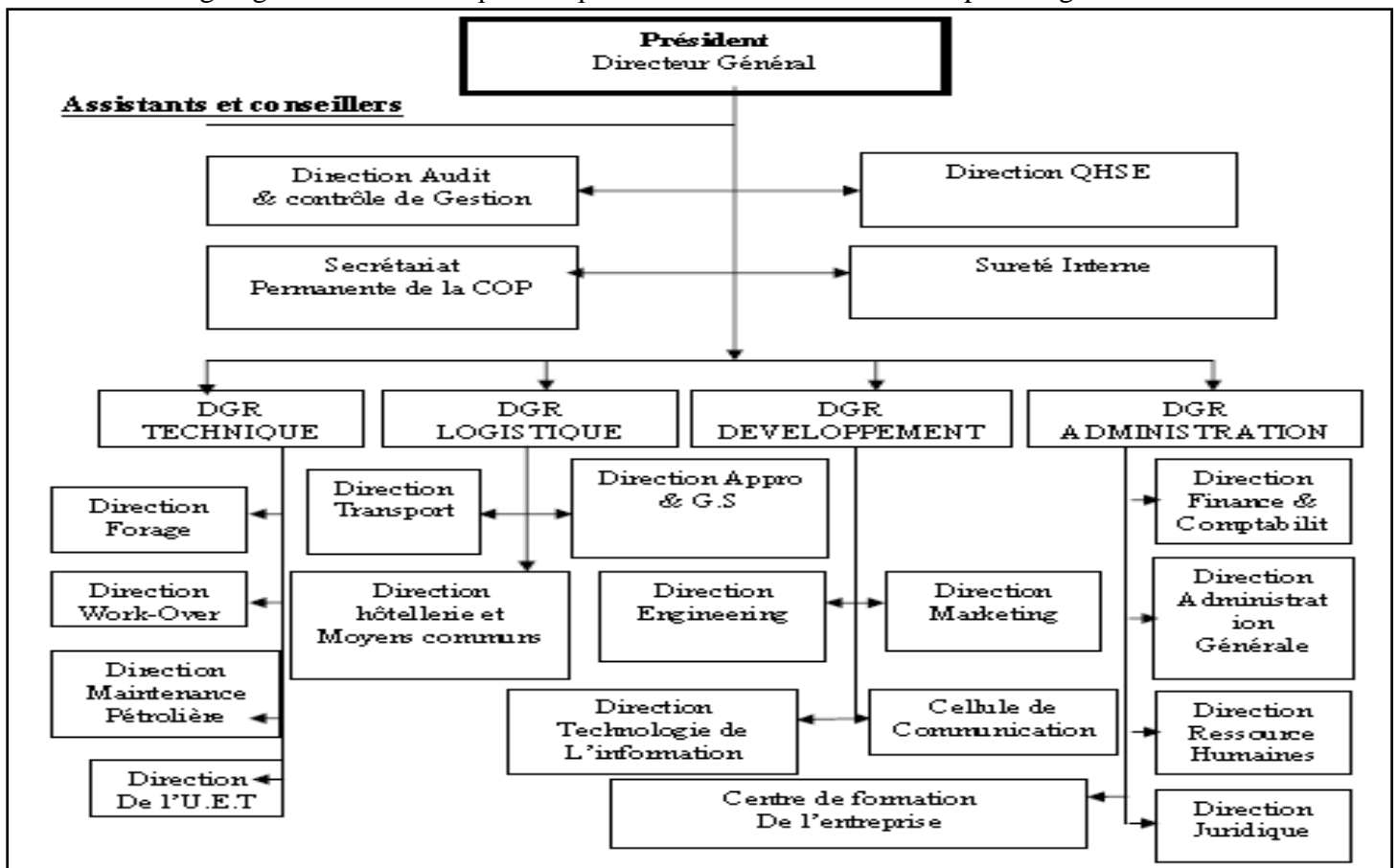


Figure I.1. : L'organigramme de l'entreprise ENTP [4].

I.7. Champ de Hassi Messaoud (H.M)

Le champ de Hassi Messaoud représente l'un des champs les plus complexes du monde. Durant l'histoire géologique, ce champ a subi d'une part une évolution tectonique intense caractérisée par des phases compressives et distinctives. D'autres part, par la transformation dia-génétique dans le réservoir lors de son enfouissement au cours du temps géologique, jusqu'à ce que le gisement a pris forme tel que représentée par la configuration actuelle. Ces évènements peuvent quelques fois améliorer les paramètres pétro-physiques comme ils peuvent les détériorer [6].

I.7.1. Situation Géographique du Champ

Le champ de Hassi Messaoud est situé à 850 Km au Sud-Est d'Alger, à 350Km de la frontière Algéro-Tunisienne. Il est limité au Nord par Touggourt, au Sud par Gassi-Touil, Ouaregla par l'Ouest et l'Est par Bourma. Il fait parti d'un ensemble de structures formant la partie Nord oriental de la province Triasique,

Le champ de Hassi Messaoud s'étend sur une surface de 2500 km². Sa localisation en coordonnées Lambert est la suivante :
 X = [790.000-840.000] Est
 Y = [110.000-150.000] Nord.
 Il est encadré par les latitudes 31°.30'et 32°.00' et les longitudes 5°.40'et 6°.20' [6], [7].

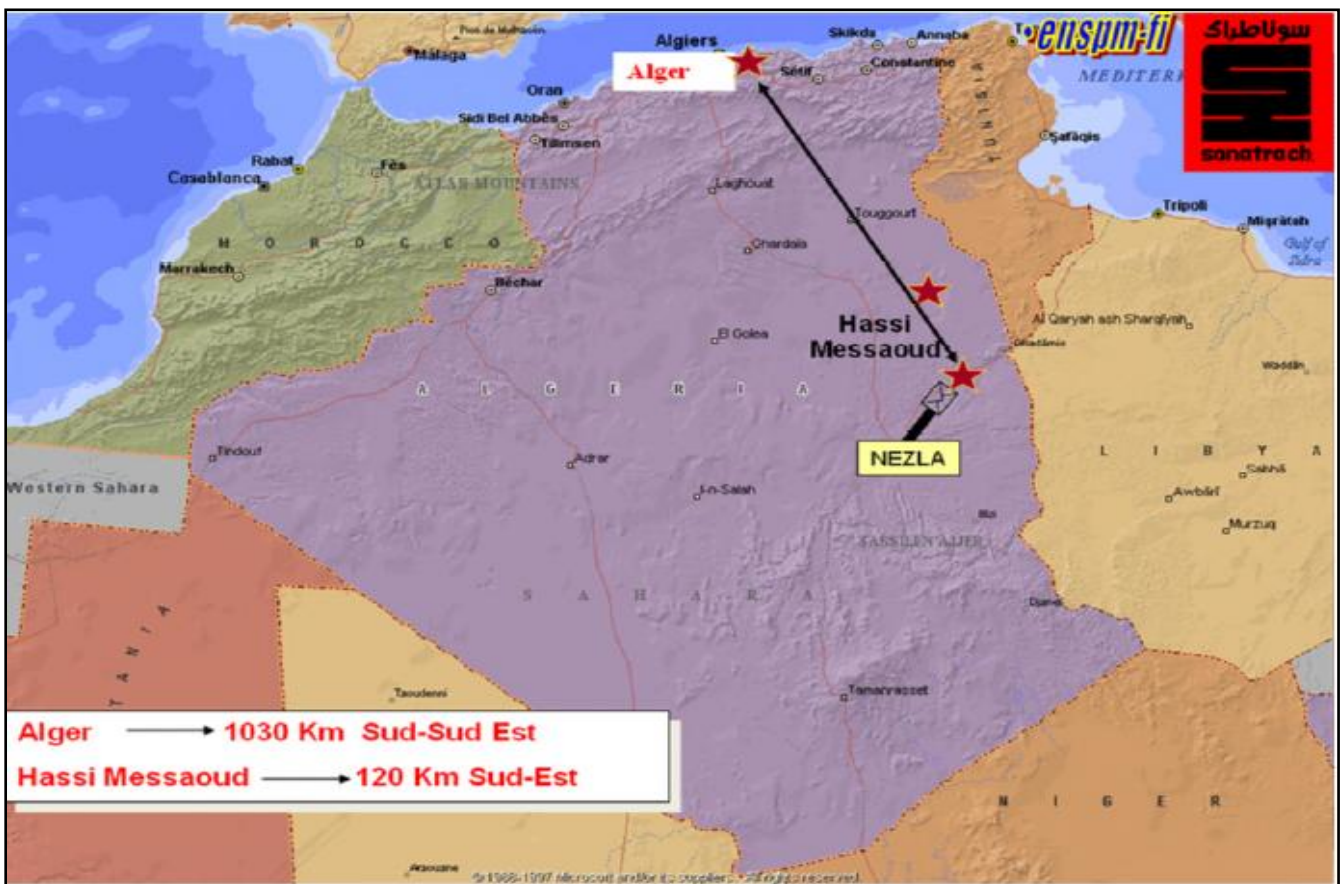


Figure I.2. Situation géographique du HM et Nezla SONATRACH .

I.7.2. Description du champ d'étude (puits MDZ664)

Localisation du puits MDZ664 :

Ce puits est localisé dans un secteur faillé à proximité d'une grande faille de 316 m Sud Est du puits MDZ664, précisément au SSE de la zone 20A à 750m environ de l'installation UTBS, et s'inscrit dans le cadre de développements de champ de Hassi Messaoud. Ce dernier est situé dans une zone où la densité du réservoir est importante avec une profondeur de 3360m et avec un avancement de 650m dans le drain, suivant l'inclinaison de la trajectoire qui atteints un angle de 90° et selon un Azimut Nord 320° [6].

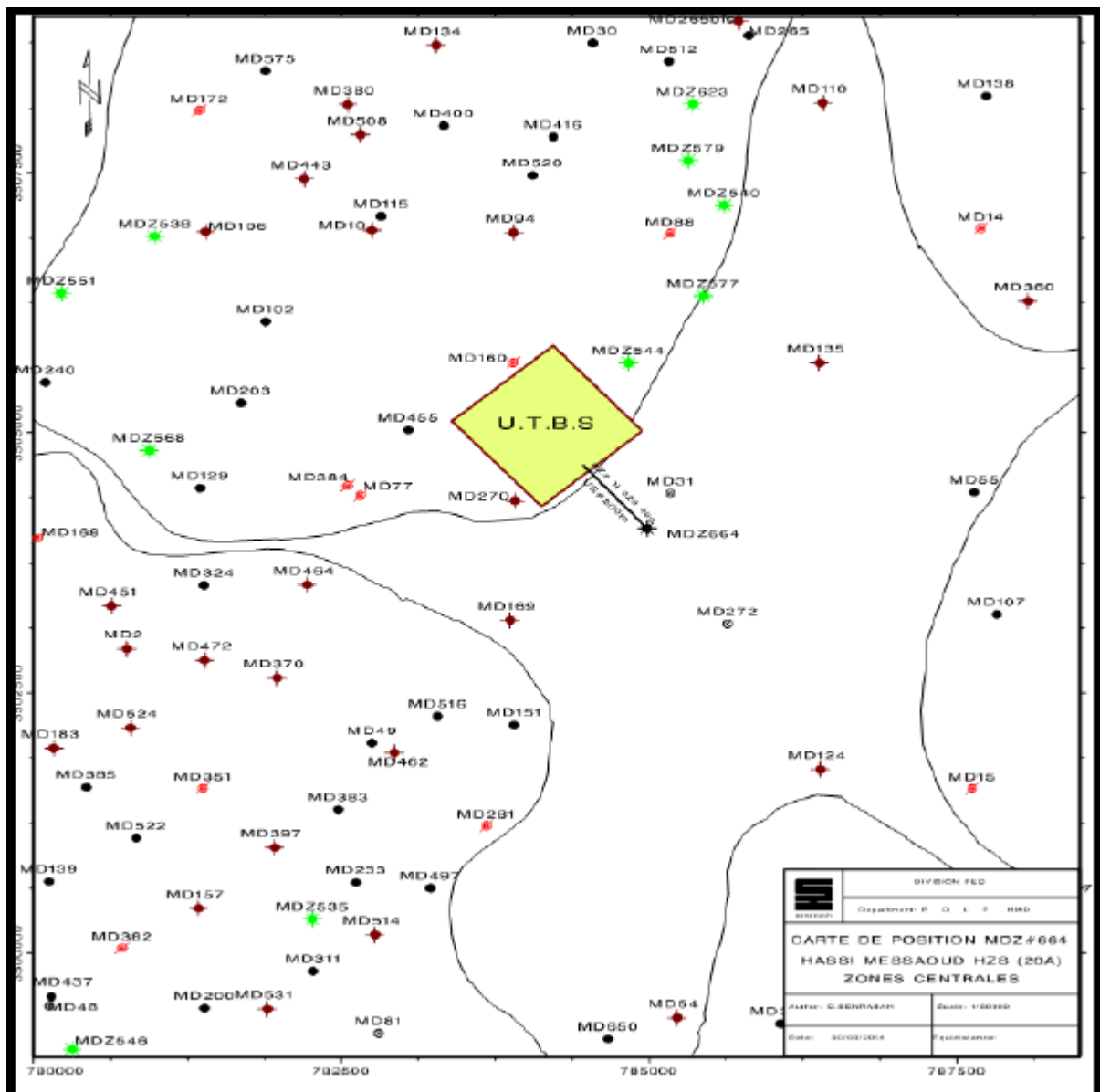


Figure I.3. Plan de position du puits MDZ664 [6].

CHAPITRE II

Généralités sur les Pompes et les appareils de forage

*« Avoir une stratégie de travail, c'est effectuer la recherche la plus
logique, la plus exhaustive et la plus rapide »
Marie Hélène Prévotiaux Jean Claude Ultard*

II.1. Introduction

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. [5].

L'objectif de ce chapitre est de mettre en exergue dans un premier lieu, le principe de forage, ses principales opérations et le matériel utilisé.

II.2. Descriptions de l'appareil de forage

Un appareil de forage doit accomplir dans les meilleures conditions techniques et de sécurité, la réalisation d'un puits reliant un gisement à la surface.

II.2.1. Classification

Deux caractéristiques relativement liées interviennent dans la classification d'un appareil de forage :

1. La capacité de profondeur de forage maximale ;
2. La puissance au treuil ;

La règle du pouce donne d'une manière pragmatique : Pour 100 foot de forage, il faut 10 HP de puissance au treuil (Tableau II.1).....[8]

Tableau II.1. Classification des appareils de forage [9].

Appareil léger	4921 foot – 6561foot	1500 m- 2000 m	650 HP
Appareil moyen	11482 foot	3500 m	1300 HP
Appareil lourd	19685 foot	6000 m	2000 HP
Appareil super lourd	26246 foot	8000m-10000m	3000 HP

II.2.2. Description

L'appareil de forage est constitué d'un ensemble d'équipement. La figure II.1 montre les différents organes constituant un appareil de forage standard.

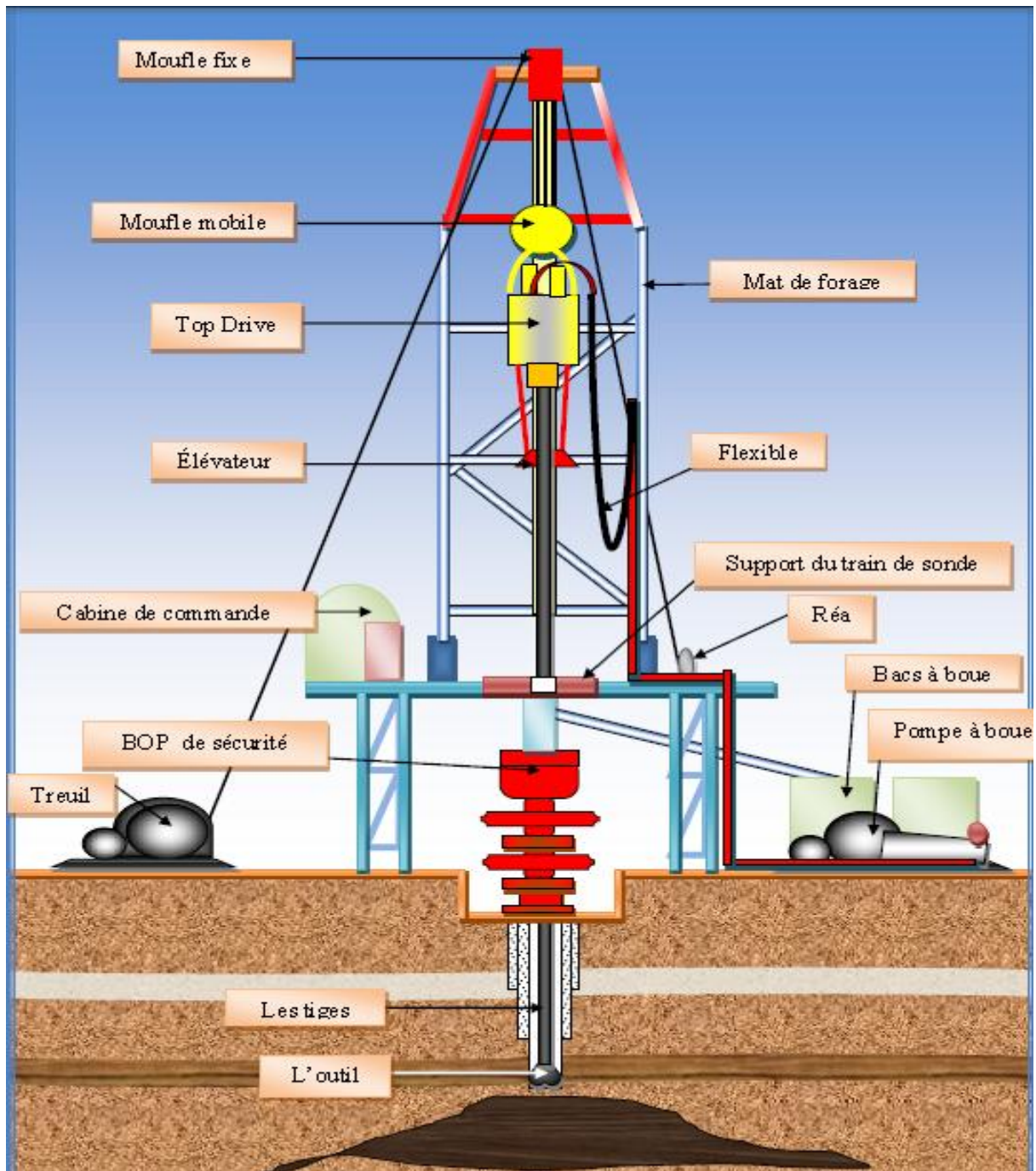


Figure II.1. Description de l'appareil de forage [8].

II.3. Fonctions d'un appareil de forage

Les installations de forage employées pour le forage rotatif des puits profonds représentent un ensemble de différentes machines, mécanismes et bâtiments.

Au cours de forage rotatif 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 consolider les parois du puits.
- ✓ Rallongement de la colonne de tiges de forage par la mesure de l'augmentation de la profondeur du puits.
- ✓ Montée de la colonne des tiges pour remplacer un outil de forage utilisé.
- ✓ Evacuation de déblais du terrain par le liquide de forage et préparation d'un nouveau liquide.
- ✓ Descente des colonnes de tubage.....[9]

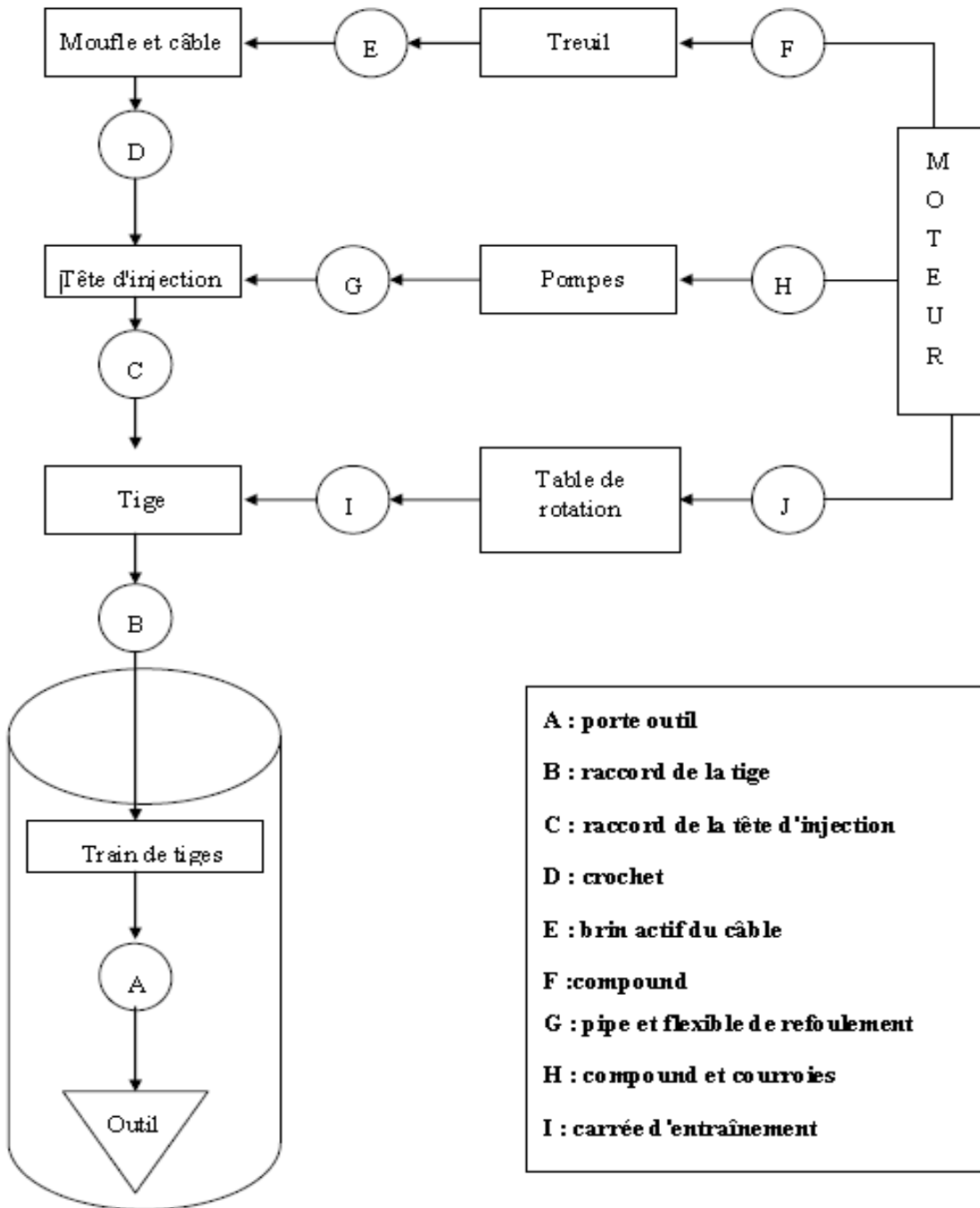


Figure. II.2. Schéma de fonctionnement de l'appareil de forage [8].

II.3. DTM d'un Appareil de Forage

L'exploitation d'un gisement pétrolier ou gazier nécessite de forer plusieurs puits et de maintenir les puits producteurs en bon état. L'appareil de forage n'est pas une installation fixe, elle déplace d'une plate forme à une autre.[5]

Définition d'un DTM

Le DTM (démontage, transport, montage), d'un appareil est l'opération qui consiste à assurer le transfert de cette appareil, d'un site a un autre, cette opération s'effectue à l'amont et à l'aval d'un forage, ce qui nous mène a dire que c'est une opération autonome de l'activité de l'appareil, elle se réalise en trois phases :

1. **Démontage** : c'est la première phase durant laquelle les éléments constitutifs de l'appareil sont regroupés en colis transportable.
2. **Transport** : c'est le transfert des colis constitués, de site du départ au nouveau site de forage Work-Over.
3. **Montage** : il s'effectue sur le nouveau site de forage ou de Work-Over et a pour but de rendre l'appareil opérationnel.



Figure II.3. DTM de l'ENTP –TP 179 [5].

II.4. Généralités sur les pompes

II.4.1. Définition et rôle

Une pompe est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile, l'essence, les liquides alimentaires etc....) d'un point à un endroit voulu.

La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé. La charge ou l'énergie est la somme de trois catégories d'énergies :

- Energie cinétique ;
- Energie potentielle ;
- Energie de pression.

La pompe est une machine qui fournit de l'énergie à un liquide pour le déplacer d'un niveau à un autre, on peut l'utiliser pour:

- Transférer le liquide d'un réservoir situé à un certain niveau vers un réservoir situé à un niveau plus élevé ;
- Transférer le liquide d'un réservoir à une certaine pression vers un autre réservoir à une pression plus grande.
- Augmenter la quantité de liquide qui traverse une conduite d'une autre manière, et de point de vue physique la pompe transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique «de pression, potentiel, cinétique». [10]

II.4.2. Différents types des pompes

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique convenable. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide.

L'énergie requise pour faire fonctionner ces machines dépend donc des nombreux facteurs rencontrés dans l'étude des écoulements :

- ✓ Les propriétés du fluide : masse volumique, viscosité, compressibilité.
- ✓ Les caractéristiques de l'installation : longueur, diamètre, rugosité, singularités ...
- ✓ Les caractéristiques de l'écoulement : vitesse, débit, hauteur d'élévation, pression ...

Devant la grande diversité de situations possibles, on trouve un grand nombre de machines que l'on peut classer en deux grands groupes:

- 1- les pompes volumétriques dont l'écoulement résulte d'une variation de volume de l'espace occupé par le liquide.
- 2- les pompes centrifuges où le mouvement du fluide est généré par la force centrifuge.....[11]

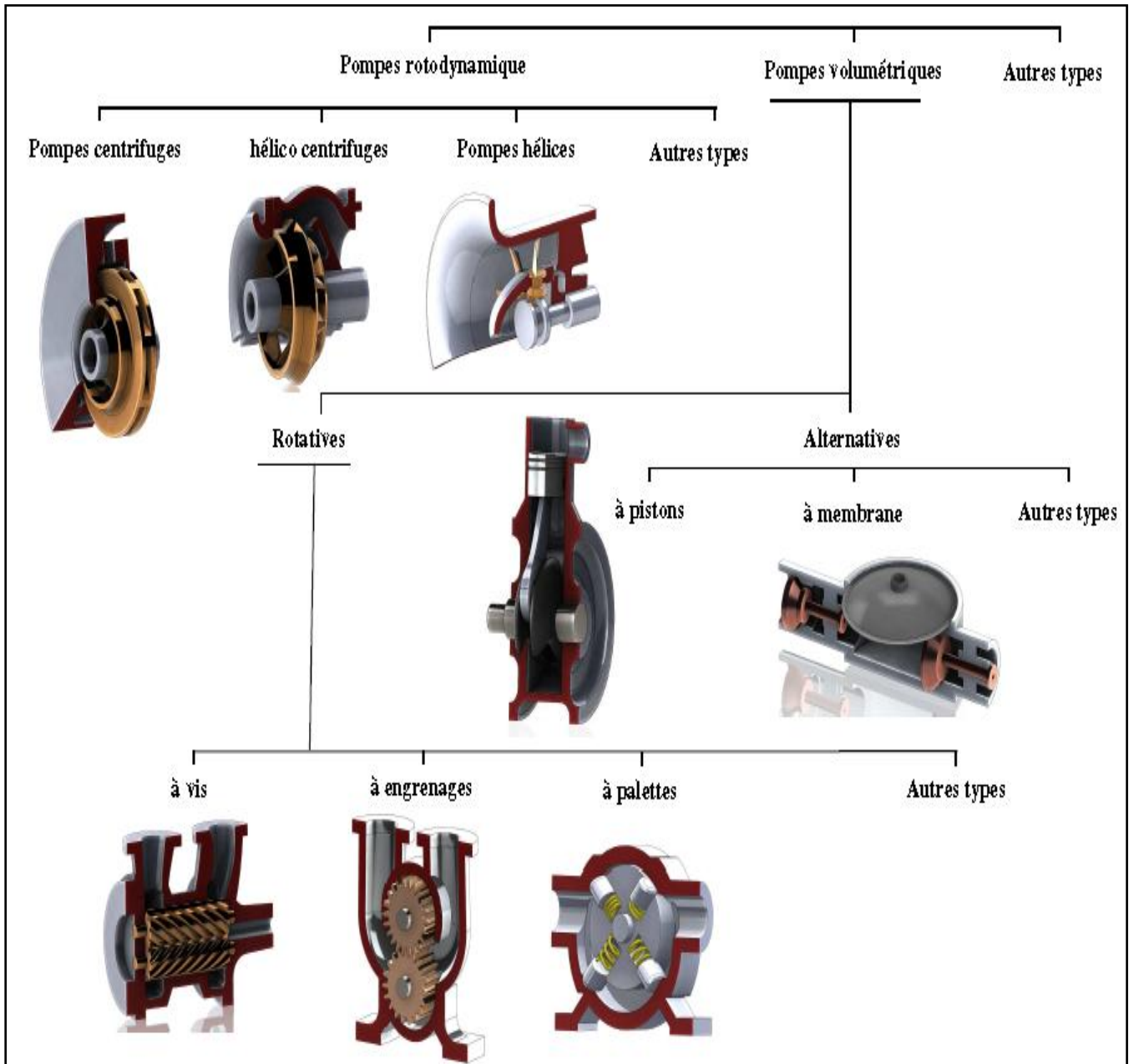


Figure II.4. Différents types des pompes [10]

II.4.3. Les pompes volumétriques

On distingue deux groupes des pompes volumétriques : les pompes volumétriques rotatives et les pompes volumétriques alternatives.

II.4.3.1. Les pompes volumétriques rotatives

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation circulaire autour d'un axe, qui tourne dans une enveloppe (le corps) et crée le mouvement du fluide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. Les principaux types de pompes volumétrique rotatives sont les suivants : à palettes, engrenages, et à vis.[10]

➤ **Pompes à palettes libres (Figure II.5)**

Le principe est le suivant : un corps cylindrique dans lequel tourne un tambour excentré par rapport au corps de pompe entraîne des palettes libres (généralement six). Celles-ci sont plaquées contre le corps par la force centrifuge développée par la rotation du tambour ou par des ressorts qui poussent les palettes.

Ces pompes sont caractérisées par des débits de quelques dizaines de m^3/h , des vitesses de rotation de quelques dizaines de tours à 1 500 trs/min et des pressions au refoulement de quelques bars (sauf pour les pompes hydrauliques pour lesquelles la pression peut atteindre 150 à 200 bar). Elles conviennent aux liquides peu visqueux et sont de maintenance aisée.

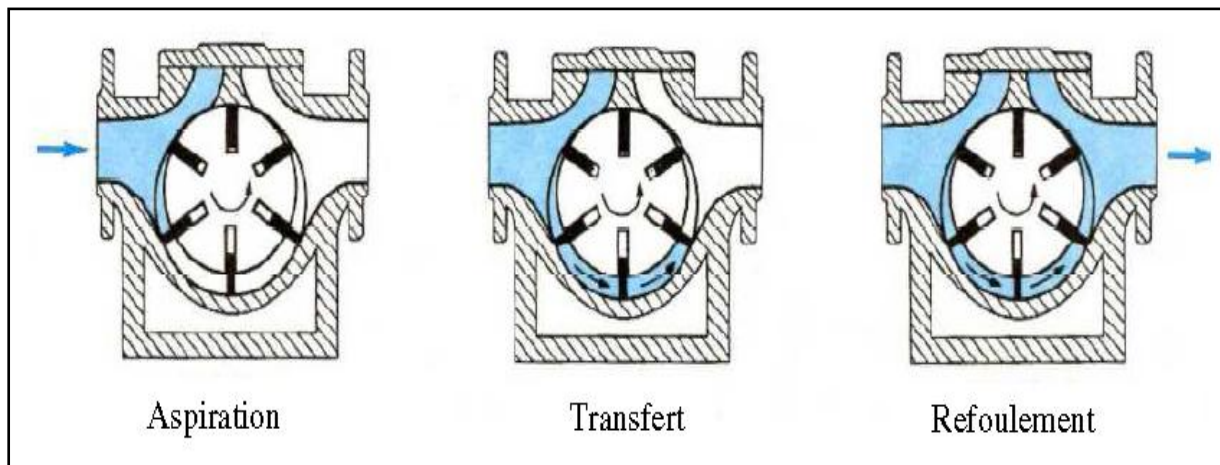


Figure II.5. Pompes à palettes libres[11]

➤ **Pompes à palettes flexibles (Figure II.6)**

L'ensemble rotor-palettes est en élastomère. Il entraîne le liquide jusqu'au refoulement où les palettes sont fléchies par la plaque de compression et permettent l'expulsion du liquide. Comme toutes les pompes à palettes, ces pompes n'entraînent ni brassage, ni laminage, ni émulsion du produit. Elles peuvent également pomper des particules solides. Les caractéristiques débits, vitesse, pression sont sensiblement identiques aux précédentes.

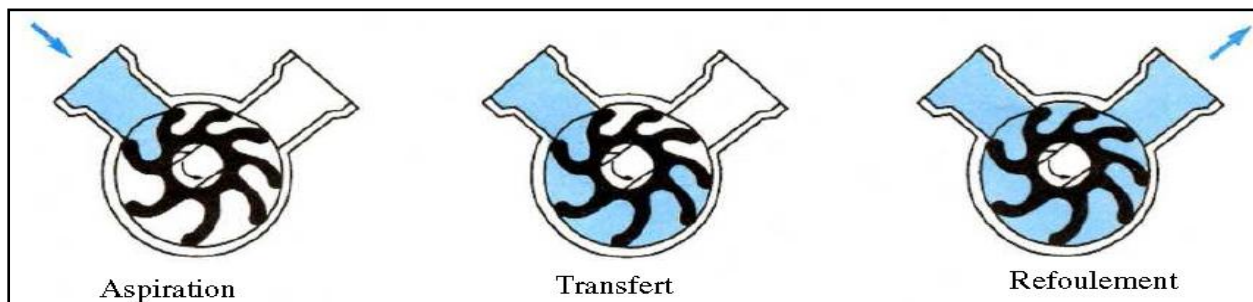


Figure II.6. Pompes à palettes flexibles[11]

➤ **Pompes à engrenages extérieurs (Figure II.7)**

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

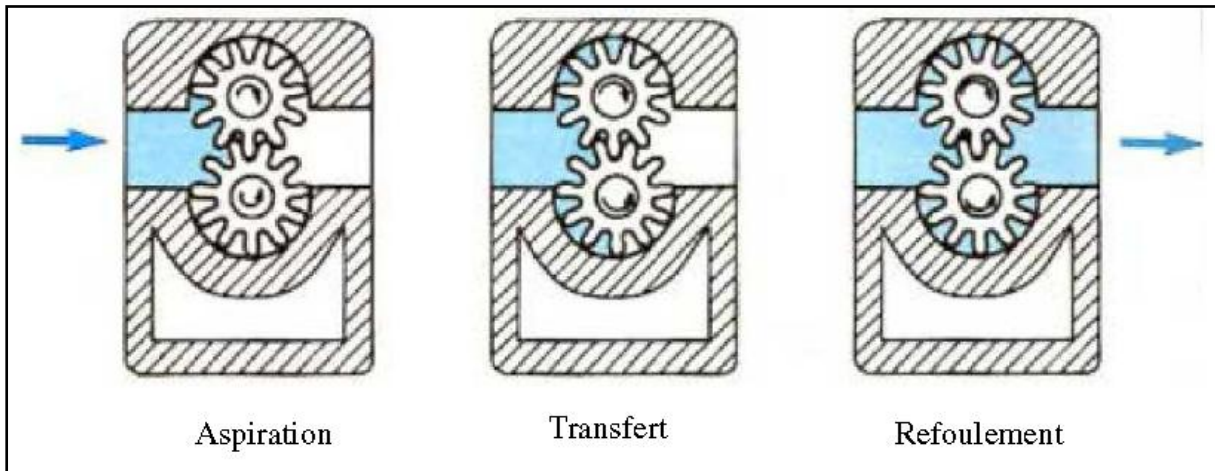


Figure II.7. Pompes à engrenages extérieurs [11]

➤ **Pompes à vis (Figure II.8)**

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles. Dans le cas d'une pompe à trois vis, la vis centrale seule est motrice, les deux autres sont entraînées par la première. Dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes deux entraînées par un jeu de pignons extérieurs. Ces pompes peuvent tourner vite (3 000 tr/min). Elles sont silencieuses et permettent d'atteindre des pressions assez élevées (100 bar). Par contre, elles n'admettent pas de particules solides.

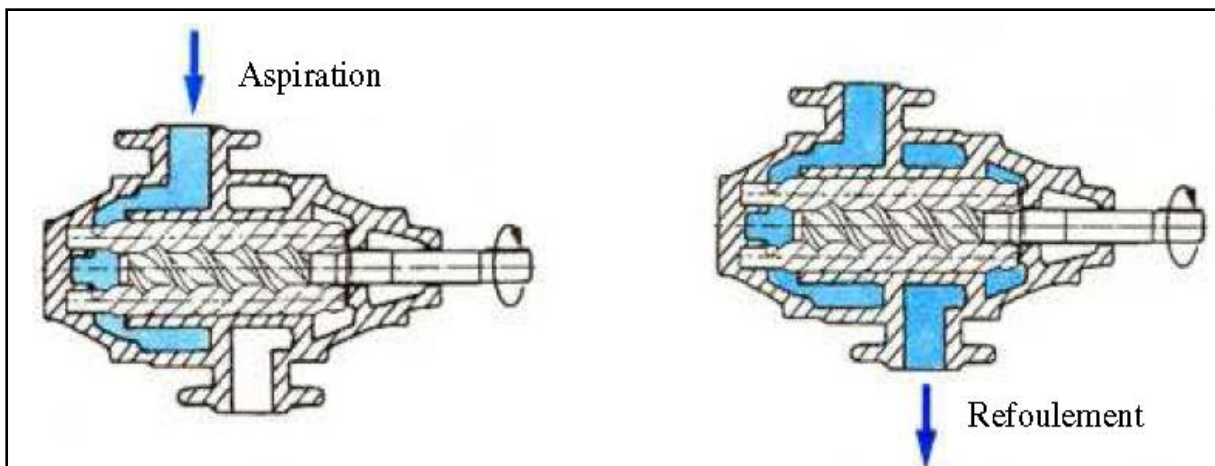


Figure II.8. Pompes à vis[11]

II.4.3.2. Les pompes volumétriques alternatives

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Les principaux types de pompes sont les suivants : à membrane ou à piston.[10]

➤ Pompe à piston (Figure II.9)

Elles peuvent être à simple effet et, dans ce cas, le piston n'a qu'une seule phase active (premier temps : aspiration, deuxième temps : refoulement) sur les deux que comporte le cycle. Elles peuvent être à double effet et, dans ce cas, le piston est actif dans les deux phases, celles-ci étant à la fois phase d'aspiration et phase de refoulement. Cela permet un débit deux fois plus important et une régularité plus grande dans le débit.

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

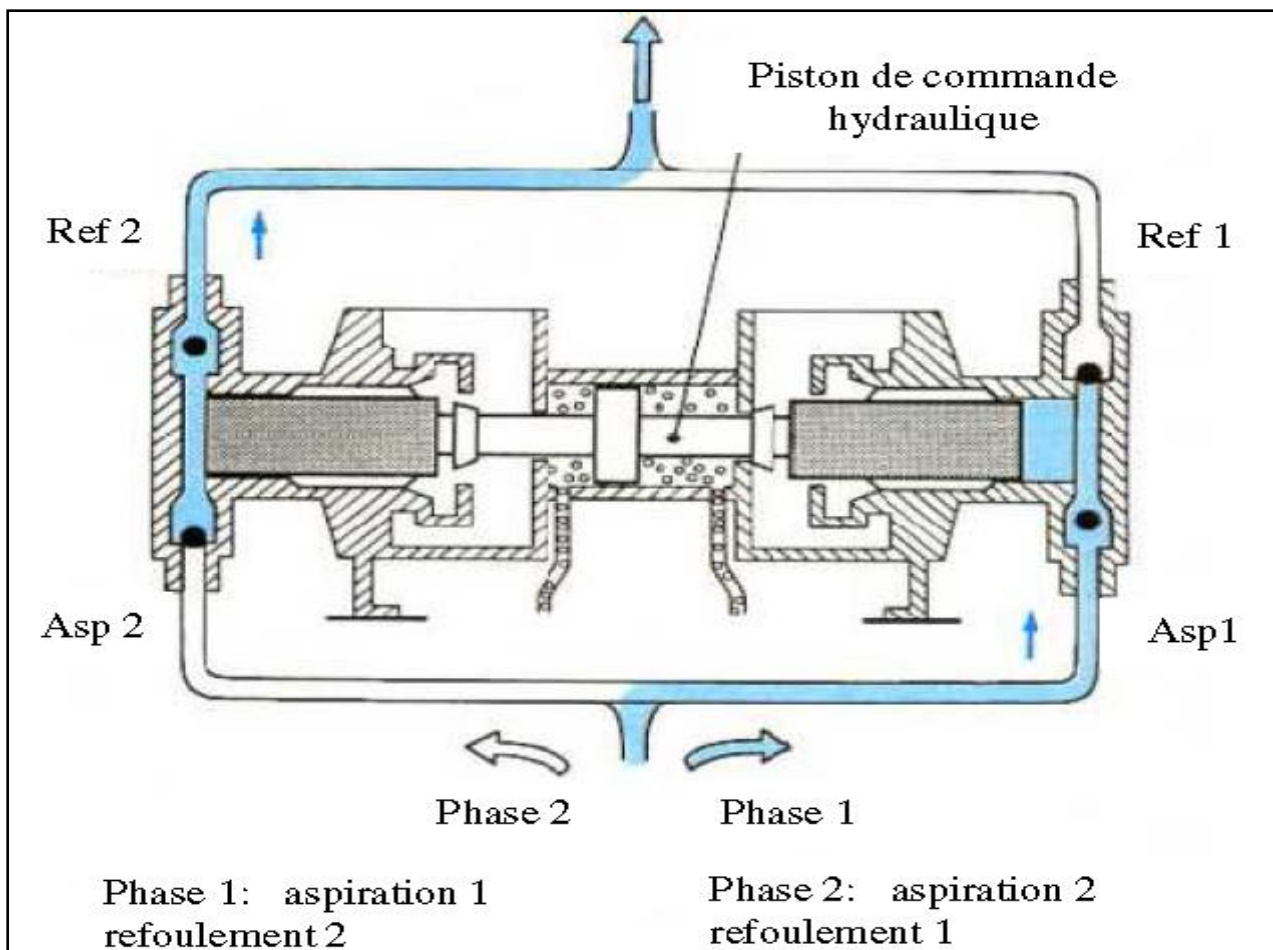


Figure II.9. Pompes à piston [11]

II.4.4. Les pompe rotodynamique

Les pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices. Cette famille peut être caractérisée par le fait que la pression y est générée soit par l'action des forces centrifuges, soit par la conversion en pression de l'énergie cinétique communiquée au fluide (en le ralentissant).

Dans la pratique, ces deux modes de génération de pression sont associés, même pour une pompe hélice, lorsque l'on s'écarte du point nominal. Les pompes rotodynamique constituent un système ouvert et en équilibre, où le fluide n'est jamais enfermé dans un volume totalement clos.

Cette famille de pompes est capable d'atteindre des débits Q très élevés, allant jusqu'à 10^5 m³/h. Encore convient-il de remarquer que cette limite n'est pas de caractère technologique, et que des débits sensiblement plus grands seraient réalisables, s'il y avait un appel du marché dans ce sens.[10]

➤ **Pompes centrifuges (figure II.10)**

les pompes centrifuges sont composées d'une roue à aubes qui tourne autour de son axe, d'un stator constitué au centre d'un distributeur qui dirige le fluide de manière adéquate à l'entrée de la roue, et d'un collecteur en forme de spirale disposé en sortie de la roue appelé volute.

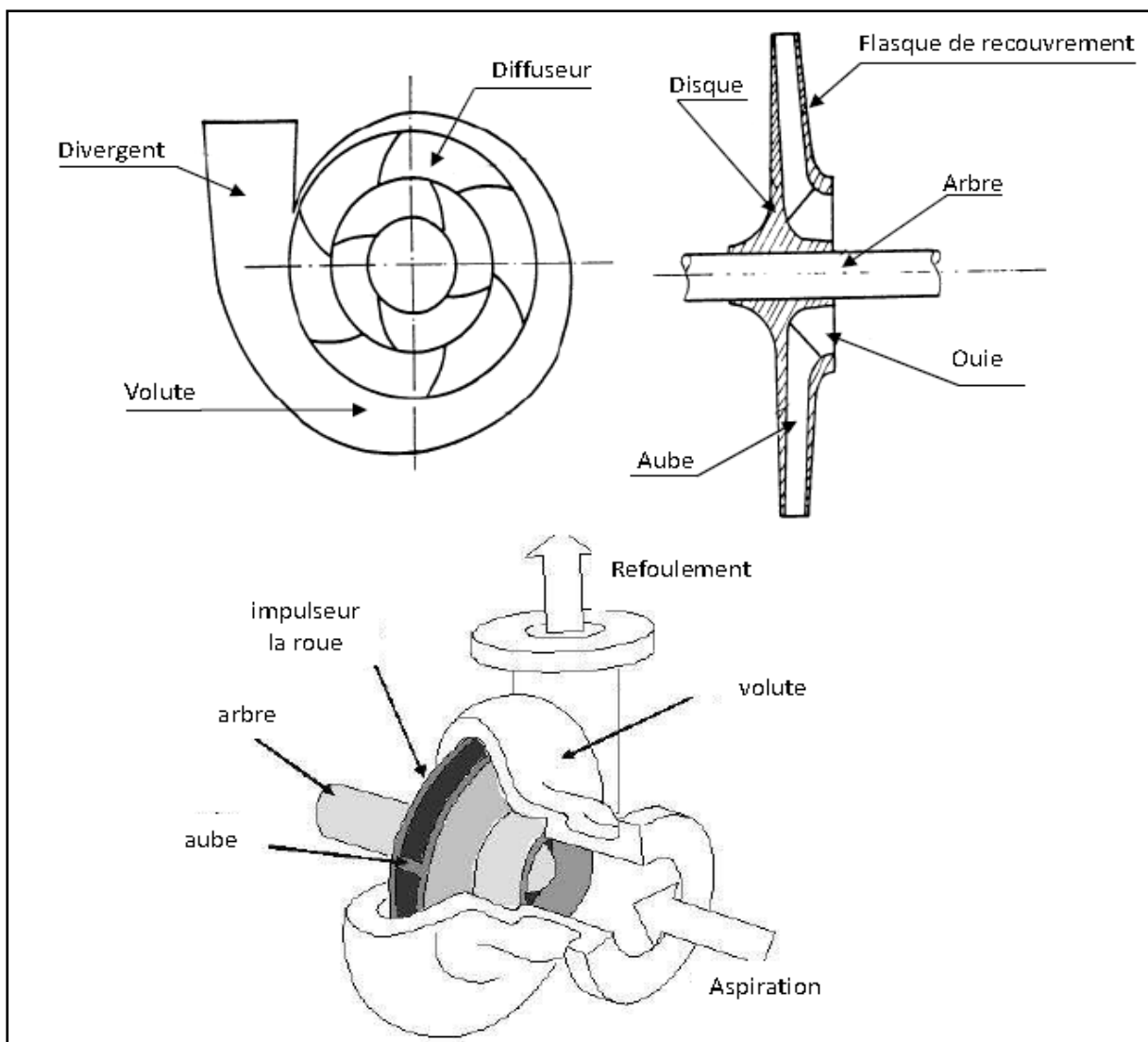


Figure II.10. Schéma d'une pompe centrifuge [11].

CHAPITRE IV

Généralités sur la maintenance industrielle.

*« Finalement, nous arrivons au paradis des mathématiciens :
Ce sont les problèmes qui, à force de réflexion, ont engendré
des idées nouvelles qui, souvent, dépassent de façon
incommensurable le problème qui leur a donné
naissance. »*

Jean Dieudonné

IV.1. Introduction

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné [16].

La fiabilité a sans doute pris son développement depuis la dernière guerre mondiale. Elle est vite devenue une science à part entière dans les applications appartenant à de nombreux domaines. Elle a pour fondements mathématiques la statistique et le calcul des probabilités qui sont nécessaires à la compréhension et à l'analyse des données de fiabilité [17].

La défaillance (la non fiabilité) augmente les coûts d'après-vente (application des garanties, frais judiciaires, ...etc.).

Construire plus fiable augmente les coûts de conception et de production, en pratique, le coût total d'un produit prend en compte ces deux tendances.

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 [18].

IV.2. Quelques notions fondamentales sur la fiabilité

IV.2.1. Définition

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné. C'est donc une grandeur comprise entre 0 et 1. Nous la désignons, dans ce qui suit par $R(t)$. La désignation R provient du fait que l'expression anglo-saxonne correspondant à fiabilité est "Reliability". [16]

Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique :

L'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. A l'origine, la fiabilité concernait les systèmes à haute technologie (centrales nucléaires, aérospatial). Aujourd'hui, la fiabilité est devenue un paramètre clés de la qualité et d'aide à la décision, dans l'étude de la plupart des composants, produits et processus "grand public": Transport, énergie, bâtiments, composants électroniques, composants mécaniques.... De nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité de leurs produits au cours de leur cycle de développement, de la conception à la mise en service (conception, fabrication et exploitation) afin de développer leurs connaissances sur le rapport Coût/Fiabilité et maîtriser les sources de défaillance.

L'analyse de la fiabilité dans le domaine de la mécanique est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission.

Fonction de fiabilité : $R(t) = P \{ \text{durée de vie du système } T > t \}$

On l'exprime par la fonction du temps suivante :

$R(t)$ est une fonction non croissante du temps t car la probabilité de bon fonctionnement est d'autant plus faible que t est plus grand où t désigne la durée de la mission.

Rappelons que la durée de vie d'un système est une mesure de la quantité de service rendu. Selon le système étudié, elle s'exprime en termes de temps, de kilomètres, d'heures de fonctionnement ou autre. [17]

V.2.2. Evolution des coûts en fonction de la fiabilité :

Le non fiabilité augmente les coûts d'après vente (garanties, frais judiciaires). Construire plus fiable, augmente les coûts de conception et de production. Le coût total prend en compte ces deux contraintes.

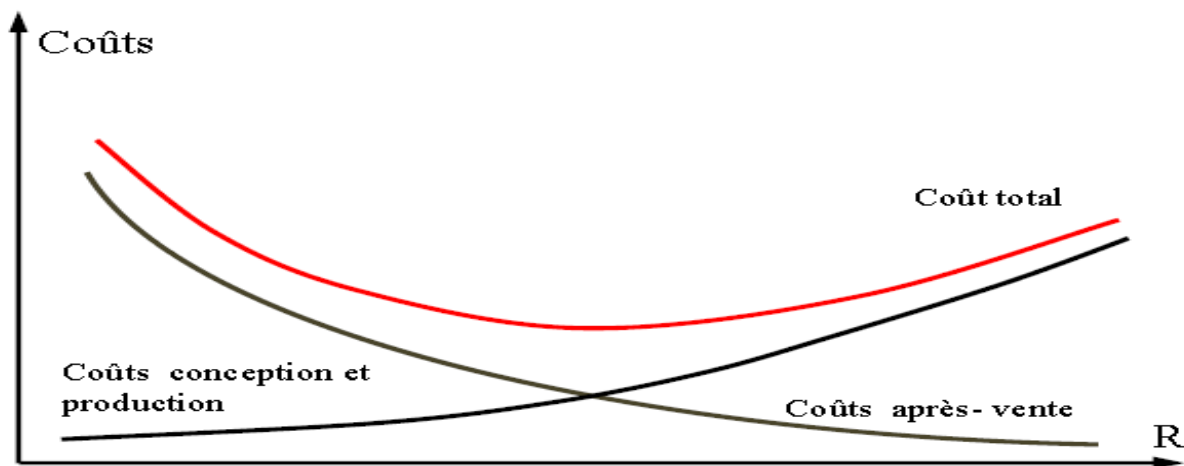


Figure IV.1. Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité [16].

IV.2.3. La défaillance

Définition

La défaillance désigne l'apparition d'un défaut correspondant à un non-fonctionnement total du dispositif considéré. Il existe plusieurs classifications des défaillances; on en retiendra deux :

La première est fondée sur la rapidité d'apparition de la défaillance :

- Défaillance progressive ou par dérive lorsqu'il existe des signes avant-coureurs, détectés ou non.
- Défaillance catalectique lorsque l'apparition est brutale (l'éclatement d'un pneu résultant d'une usure correspond à la première, celui dû à une crevaison correspond à la seconde).

Remarque

À la fiabilité, la probabilité de bon fonctionnement, s'oppose à la probabilité de défaillance, la somme de ces deux probabilités pour un même dispositif étant égale à l'unité si l'on admet que le dispositif ne possède que deux états : bon et mauvais. Étudier le bon fonctionnement revient bien souvent à étudier les pannes et leurs causes ; c'est en cela que la fiabilité a pu être appelée la science des défaillances .

Dans ce qui suit, nous la désignons par $F(t)$ où :

$$F(t) = 1 - R(t)$$

Elle représente la probabilité que la défaillance du système se produise avant l'instant t , ou probabilité de défaillance.

Pour la cohérence avec les considérations physiques, on pose :

$$F(t) = 0 \text{ pour } t < 0 \text{ et } f(0) = \lim_{t \rightarrow 0} F(t) = 0 \text{ (f représente la fonction de densité)}$$

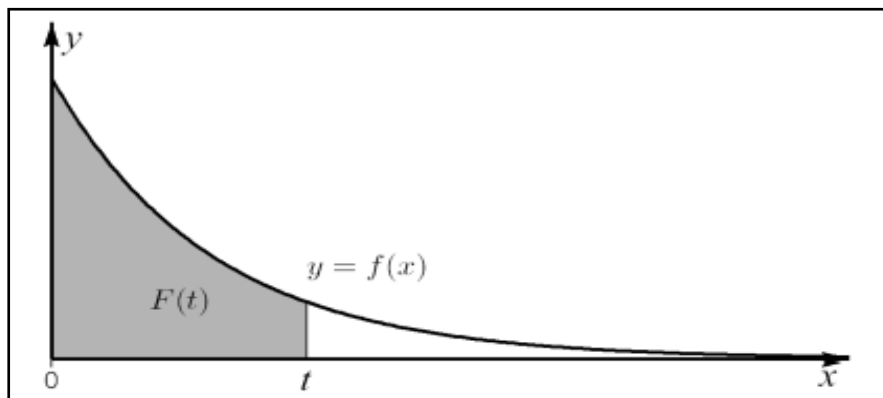


Figure IV.2. Fonction de défaillance [17]

IV.3. Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

L'AMDEC est l'acronyme de l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités. C'est une méthode de prévention pour une meilleure gestion de la maintenance. Grâce à cette méthode d'amélioration continue, le responsable va pouvoir identifier les problèmes qui pouvant survenir et mieux les pauser pour les résoudre.

L'AMDEC permet d'identifier, de rationaliser les problèmes potentiels pour ensuite les résoudre. Attention, en aucun cas il est possible d'identifier tous les problèmes potentiels. L'AMDEC est donc d'autant plus importante qu'il faut sans cesse renouveler l'expérience pour arriver à une détection convenable mais qui ne sera jamais complète. L'intérêt économique est d'anticiper des problèmes au sein d'une entreprise. En effet, cela entre dans la

cadre de la limitation des risques, pour un intérêt bien compris par de nombreuses entreprises qui utilisent l'AMDEC depuis sa création par l'industrie aéronautique américaine et l'ajout de la notion de criticité par l'Europe [19].

IV.3.1. Avantages de la méthode AMDEC

La méthode AMDEC confronte les connaissances de tous les secteurs d'activité de l'organisation, pour obtenir, dans un ordre que nous avons cherché à rendre significatif, les résultats suivants :

- La satisfaction de la bonne maintenance est l'objectif majeur de l'AMDEC, un objectif contre lequel personne ne peut aujourd'hui s'élever. S'il n'y avait que ce seul argument en faveur de l'AMDEC, il devrait suffire à la rendre indispensable dans nos organisations.
- Le pilotage de l'amélioration continue par la gestion. L'élaboration et la gestion de ces plans seront, avec les mises à jour régulières de l'AMDEC, un des moyens majeurs de faire vivre l'amélioration continue et de démontrer sa mise en œuvre.
- Contrairement à ce que certains prétendent, l'AMDEC vous aide à réduire les coûts internes d'obtention de la qualité, à condition de travailler aussi sur les effets internes (dans le cadre de l'AMDEC procédé, sur la réduction des rebuts et des retouches) : c'est un des objectifs majeurs de la méthode.
- Un des objectifs majeurs de l'AMDEC se traduira par la mise en place de mesures préventives, voire par l'élaboration de plans d'actions pour l'élimination des causes de défaillances. [18]

IV.3.2. Mise au point de la fiche AMDEC

La fiche AMDEC réparties en quatre grandes familles:

1. Analyse fonctionnelle,
2. Analyse de défaillance potentielle,
3. Estimation de la criticité,
4. Mesures à appliquer.

Prenez un exemple standard de feuille AMDEC .

Tableau IV.1. Exemple de type AMDEC – moyen de production [19].

Analyse fonctionnelle		Analyse de la défaillance				Estimation de criticité				Mesures
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet local	Effet système	gravité	Occurrence	Non détection	criticité	Mesures envisagées
Nom	Rep									

IV.3.3 Analyse fonctionnelle

Les composants :

Dans la première colonne figurent tous les organes composant le système, un composant est, pour un système simple, un élément intègre non dissociable.[19]

Les fonctions

Les fonctions d'un composant sont des actions souvent discrètes par rapport au système complet mais elles permettent la réalisation de la fonction globale. Un composant peut avoir plusieurs fonctions.[19]

IV.3.4. Analyse de défaillance

L'AMDEC a pour but premier de déceler les défaillances probables ou les points faibles. Il est donc naturel que les événements soient davantage précisés. Ainsi nous considérerons qu'une défaillance se caractérise par son mode d'apparition, sa cause et ses effets sur le système ainsi que sur les autres composants.[19]

Modes de défaillance

La norme (NF X60-510), relative à la procédure d'analyse des modes fonctionnement et de leurs effets (une AMDE diffère essentiellement d'une autre AMDEC par l'absence d'évaluation de la criticité), propose une liste de trente trois modes de défaillance génériques suffisamment ouvert pour cerner tous types d'élément.

Les modes de défaillance sont étroitement liés à l'environnement et aux conditions de fonctionnement. Une analyse fine de la situation est indispensable.[19]

Causes de défaillance

La recherche des causes de défaillance peut être facilitée par l'emploi de la méthode connue dite les cinq (5) M (méthode Ishikawa ou causes-effets), cette méthode montre qu'une cause d'anomalie peut être très éloignée de l'organe dans le temps et dans l'espace et avoir des origines sans lien apparemment direct [19].

Le diagramme Ishikawa permet aux responsables de la maintenance de bien-cerner le problème de la dégradation des équipements (figure IV.3).

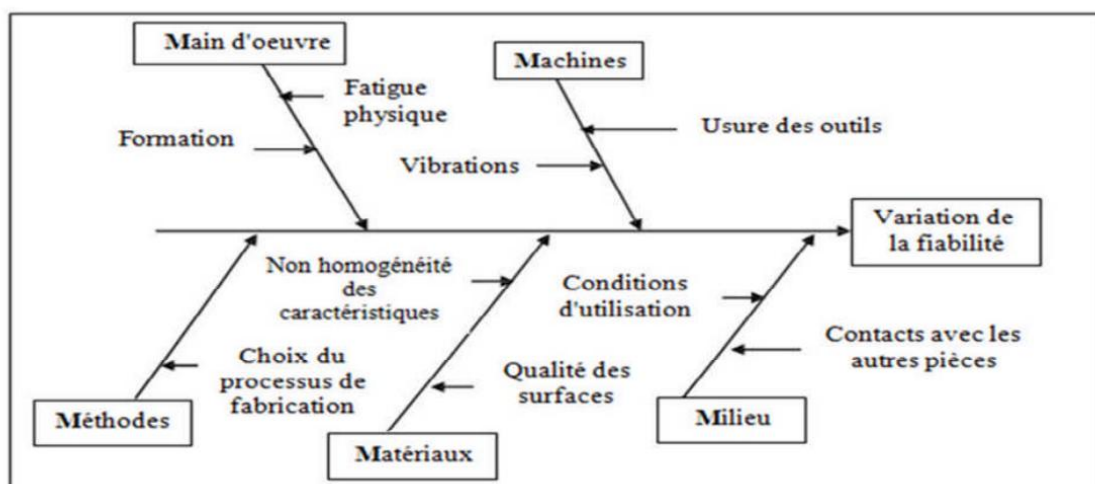


Figure IV.3. Diagramme d'Ishikawa [20]

Effets de défaillance :

Il est important pour la précision de l'AMDEC de répartir les effets d'une défaillance selon deux catégories :

- Les effets sur le système : Ils sont les conséquences directes du dysfonctionnement sur l'ensemble du dispositif. Contrairement aux moyens de détection, ils ne sont pas toujours perceptibles mais néanmoins jamais sans conséquence à plus ou moins long terme.
- Les effets locaux : Logiquement et évidemment ces cas se rencontrent lorsque l'on n'a pas pu détecter les défaillances plus tôt.

IV.3.5. Critères

La définition de ces critères doit être absolument rigoureuse pour ne laisser aucune place à l'interprétation afin que quiconque les utilise de manière identique. Généralement, chaque critère reçoit un indice sur une échelle qui varie de 1 à 4 en fonction de son importance.

Cependant, il est tout à fait logique de se détourner de cet ordinaire et augmenter ou diminuer le découpage selon ses propres besoins ou objectif. Ainsi une entreprise qui privilégierait la fiabilité pourrait découper plus finement le critère «occurrence» en 5,6, ou 7 niveaux ou même plus.

1. **Critère G (gravité) :** Le critère de gravité évalue le risque pour l'utilisateur ainsi que pour le système et le service rendu. A chacun des effets d'une défaillance correspond un indice de gravité. Le critère de gravité, comme celui de l'occurrence, doit être très précis dans ses définitions, la sévérité et la gravité étant des notions subjectives (Tableau IV.2) .

Tableau IV.2. Critères de gravité [19].

Niveau	Définition
1	Mineure : défaillance ne provoquant pas l'arrêt de production supérieur à 5 minutes. Aucune dégradation ni production défectueuse
2	Moyenne : défaillance provoquant pas l'arrêt de 5 à 30 minutes et nécessitant une réparation se site.
3	Importante : défaillance provoquant un arrêt de 30 à 60 minutes et/ou nécessitant le remplacement d'un matériel défectueux.
4	Grave : défaillance provoquant un arrêt supérieur à 1 heure et/ou impliquant des risques potentiels pour la sécurité des personnes et des biens.

2. **Critère O (occurrence) :** Le critère d'occurrence indique le niveau de probabilité d'apparition d'une défaillance, donc, de la fiabilité en quelque sorte. La définition des niveaux d'occurrence doit être précise comme le montre le tableau suivant. Se limiter à des termes tels que : faible, possible, certaine, ou forte consiste à prendre le risque d'écarts d'interprétation entre les différents lecteurs ou utilisateurs de l'analyse (tableau IV.3).

Tableau IV.3. Critères d'occurrence.[19]

Niveau	Définition
1	Faible : moins de 1 fois par semestre.
2	Possible : en moyenne 1 fois par mois.
3	Certaine : en moyenne 1 fois par semaine.
4	Forte : possible 1 fois par jour.

3. **Critère D (non détection) :** Le critère D est l'indice de non détectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance par une note estimée allant de 1 (dégradation élémentaire) à 4 (défaillance soudaine) [19].

Tableau IV.4. Critères de non détection [19].

Niveau	Définition
1	Elémentaire : défaillance possible à éviter
2	Aisée : apparition d'une défaillance avec recherche et action corrective évidente
3	Moyenne : apparition d'une défaillance, recherche et action corrective menée par un technicien de maintenance
4	Délicate : défaillance difficilement détectable et nécessite le démontage et un technicien spécialisé

4. Critère C (criticité) :

La criticité s'obtient en faisant le produit des indices des critères précédents. Cette valeur de criticité s'établit souvent sur une échelle de 1 à 64 (4x4x8), elle permet de connaître à partir de ses propres critères d'évaluation le caractère critique de chacune des causes de pour défaillance potentielle chacun des composants d'un système.

Dans le cadre d'une conception, ces indices de criticité mettent en évidence la faiblesse de certains points appelant ainsi à une amélioration. Mais dans le cadre de l'exploitation d'un système, les indices de criticité élevés orientent les actions à mettre en œuvre (modification, type de maintenance, conduite...) dans le but d'éviter d'un événement fâcheux.

Il est possible et même souhaitable de ne pas tenir compte uniquement des valeurs importantes de l'indice C pour engager une action. Un indice isolément très élevé, généralement un indice de 4 pour le critère G peut à lui seul conduire à une décision, alors que l'indice C n'est pas particulièrement important [19].

Tableau IV.5. Critères de criticité [19].

Niveau	Définition
C < 9	Faible : aucun problème particulier. Surveillance habituelle
9 < C < 25	Acceptable : nécessite une surveillance particulière et / ou une révision de la politique de maintenance
C > 25	Forte : surveillance accrue. Remise en cause de la maintenance. Eventuellement, arrêt pour amélioration
S=4	Dangereuse : révision de la politique de maintenance et / ou modification du système. (arrêt si sécurité est menacée)

IV.3.6. Mesures

Elle est souvent décomposée suivant les rubriques possibles :

- Modifications de conception.
- Moyens de détection ou consignes de surveillance ou inspections périodiques.
- Dispositif de remplacement, reconfiguration, repli.
- Observations, recommandations.

Il appartient au groupe de travail de tirer le maximum de préconisations du travail long et fastidieux, mais riche d'enseignements avec une AMDEC appliquée [19].

IV.3.7. Modes des défaillances

Selon la norme AFNOR (X 60510), le tableau suivant donne les modes de défaillances.

Tableau IV.6. Modes de défaillance [20].

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique ou coincement	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)

7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Dépasse la limite inférieure tolérée	30	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif (inopportun)	31	Court-ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent (discontinu)	32	Fuite (électrique)
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles.
16	Indication erronée		
17	Ecoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

IV.4. Maintenance des machines industrielles

IV.4.1. Définition

La maintenance est définie comme étant « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

Maintenir c'est donc effectuer des opérations (Dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimum.

Il est à noter que la définition de la maintenance n'est pas limitée aux deux définitions précédentes qui lui donnent l'aspect d'entretien.

Nous pouvons définir la maintenance comme étant un état d'esprit, une manière de penser, ensuite une discipline nouvelle.

IV.4.2. Présentation du besoin

Quelle que soit la complexité d'un produit ou d'un système, qu'il s'agisse par exemple d'une automobile ou d'une centrale nucléaire ou d'un camion, la connaissance des caractéristiques de fiabilité est essentielle : elle conditionne la maintenance et décrit les durées de vie. L'usure, la présence inévitable de défauts et les impératifs de renouvellement des équipements engendrent des coûts.

Parmi les questions sur lesquelles nous sommes à même d'intervenir :

1. Comment établir une maintenance optimale pour les systèmes à longue durée de vie ? Comment améliorer la maintenance existante ? Si on sait que telle pièce va normalement tomber en panne au bout d'un an, alors que l'appareil tout entier est supposé durer trois ans, on prévoit un remplacement systématique. Cette maintenance préventive est couramment réalisée dans les secteurs du Nucléaire et de l'Aéronautique.
2. Comment planifier ces remplacements pour qu'ils coûtent le moins cher possible ? Si l'on remplace certaines pièces, il peut être avantageux d'en remplacer d'autres en même temps, plutôt que de tout redémontrer (en immobilisant à nouveau la machine) quelques mois plus tard.
3. Est-il possible de prolonger le fonctionnement d'une installation au delà de sa durée nominale ? Une idée se fait jour petit à petit : mettre en place des « indicateurs dynamiques » qui viendraient montrer que le système commence à donner des signes d'usure, de fatigue : sans attendre la panne, ces indicateurs préviendraient qu'une maintenance va devenir nécessaire. C'est ce que font les indicateurs d'usure dont les pneus sont munis.
4. Comment fixer les garanties pour les équipements à grand volume de diffusion, afin d'améliorer l'impact commercial et de réduire le risque lié au coût d'appel de la garantie ?

Les machines et les équipements nécessaires vont naturellement tomber en panne, ce que l'utilisateur aimerait éviter. Jusqu'à présent, on se contentait d'une période de garantie, et, dans les cas les plus critiques, on prenait un contrat d'assistance, de maintenance, de dépannage.

Mais maintenant chacun, que ce soit le fabricant ou l'utilisateur, souhaite connaître la durée de vie des appareils. Le fabricant ne veut pas assurer pour trois ans la garantie d'un appareil dont la qualité ne permet qu'un an de bon fonctionnement. A l'inverse, l'utilisateur ne désire pas payer un supplément de garantie (par exemple pour trois ans) pour un appareil qui a peu de chances de tomber en panne.

Les grands principes de la maintenance

Pour un objet vieilli, la maintenance est l'art de le garder en état de marche. Si on savait comment l'objet vieillit, on pourrait évidemment améliorer les maintenances : on saurait quelles pièces doivent être remplacées, avec quel délai. On voit donc immédiatement l'impact que peut avoir une amélioration des connaissances fondamentales sur le vieillissement, car les maintenances sont nécessaires au quotidien, que ce soit pour les appareils ménagers, les

réseaux domestiques, l'énergie, etc. Une maintenance pose en vérité deux problèmes, assez distincts :

- 1- **Un problème scientifique** : quelles pièces doivent être remplacées, et pourquoi ?
- 2- **Un problème d'organisation**, lié au coût : lorsqu'on démonte pour remplacer une pièce, ne faut-il pas mieux remplacer aussi la pièce voisine ? Comment planifier ces maintenances, pour réduire le coût et réduire l'immobilisation ou l'indisponibilité de l'objet ?

Ces actions diffèrent selon les techniques mises en œuvre, à savoir :

- ❖ La maintenance corrective (palliative ou curative).
- ❖ La maintenance préventive (systématique. Conditionnelle ou préventive)

Une maintenance consiste à mettre en œuvre, pour chaque ensemble; voir chaque sous ensemble, voir chaque élément, la technique la mieux adaptée et la technique optimale.

Ce choix se fera en fonction des critères suivant

- Comportement du matériel ;
- Historique ;
- Pannes totalement aléatoires.

De l'analyse de ces critères et de leur confrontation à la réalité, on est amené à choisir une technique de maintenance.

IV.4.3. But de la maintenance

La maintenance a pour but de :

- ✓ Empêcher et surveiller avant l'apparition de la défaillance ce que l'on appelle la maintenance préventive.
- ✓ Réparer la défaillance ce qui est la maintenance corrective (ou curative).

Maintenir, c'est donc effectuer des opérations permettant de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production.

La préoccupation principale de l'entreprise doit donc viser à réduire le coût de production en minimisant le temps d'immobilisation du matériel roulant.

L'existence d'une organisation de la maintenance se justifie par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente des équipements pour que les services puissent remplir leur fonction en obtenant un rendement maximum.

IV.4.4. Les différents Types de maintenance .

Dans les ateliers de maintenance où le fonctionnement est quasi continu, les responsables souhaitent des taux de disponibilité très élevés, et le dépannage en maintenance corrective doit être limité le plus possible à cause des conséquences fâcheuses et imprévisibles qu'il peut

y avoir. Les prochains paragraphes décrivent donc les différents types de maintenance, ainsi que leurs applications (Figure IV.4).

Evénement	Défaillance	Echéancier	Seuils prédéterminés
Concepte de maintenance			
Operation de maintenance	Dépannage Réparation	Remplacement	

Figure IV.4. Les différents Types de maintenance [18].

IV.4.4.1. La Maintenance Corrective

Elle s’effectue après défaillance et la caractéristique aléatoire de cette dernière fait qu’il n’est pas possible de planifier les interventions. La qualité du remède est directement liée à la qualité du diagnostique.

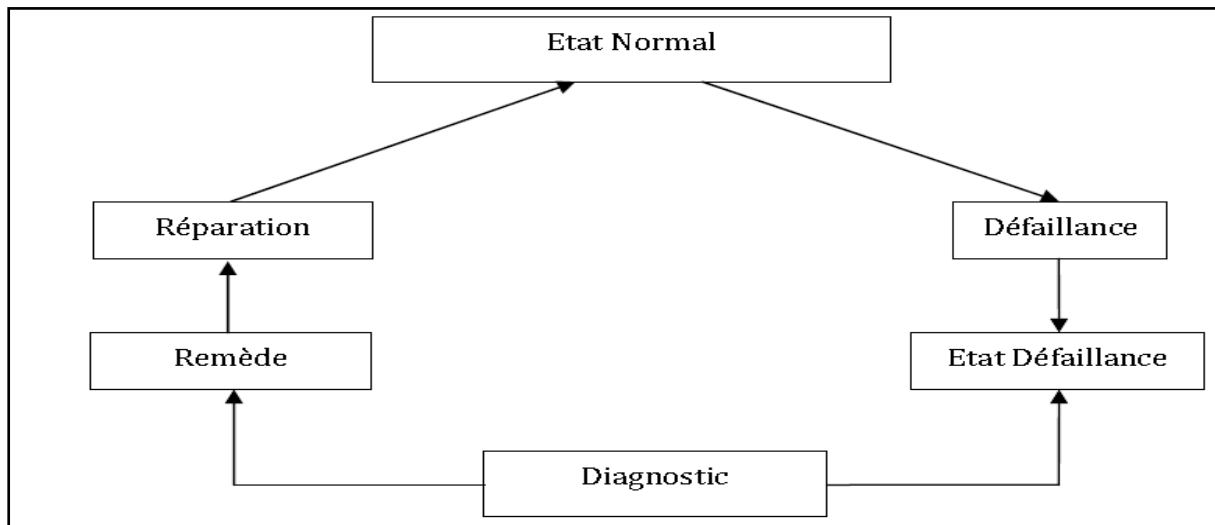


Figure IV.5. Diagramme d’une maintenance corrective [18]

IV.4.4.2. La Maintenance Préventive

C'est une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de la défaillance d'un bien.

Elle s'adresse aux éléments provoquant une perte de production ou des coûts d'arrêts imprévisibles classés comme importants pour l'entreprise.

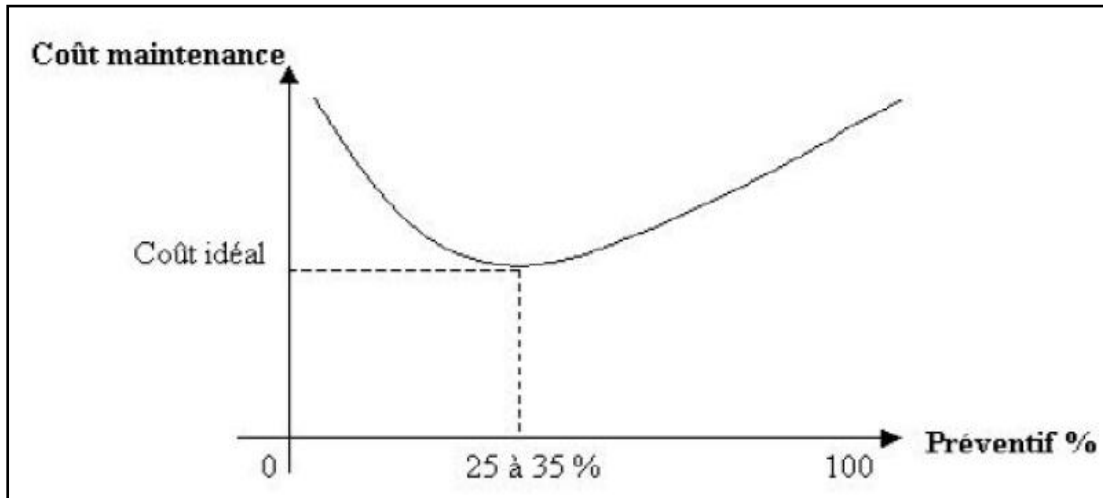


Figure IV.6. Evaluation de coût de la maintenance [18].

La maintenance préventive systématique

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi en fonction du temps et du nombre d'unités. Elle est effectuée en fonction de conditions qui reflètent l'état d'évolution d'une défaillance. L'intervention peut être programmée juste à temps. L'analyse du processus de défaillance peut faire évoluer ce type de maintenance vers une maintenance préventive.

Les étapes de cette politique de maintenance sont schématisées dans la figure IV.7.

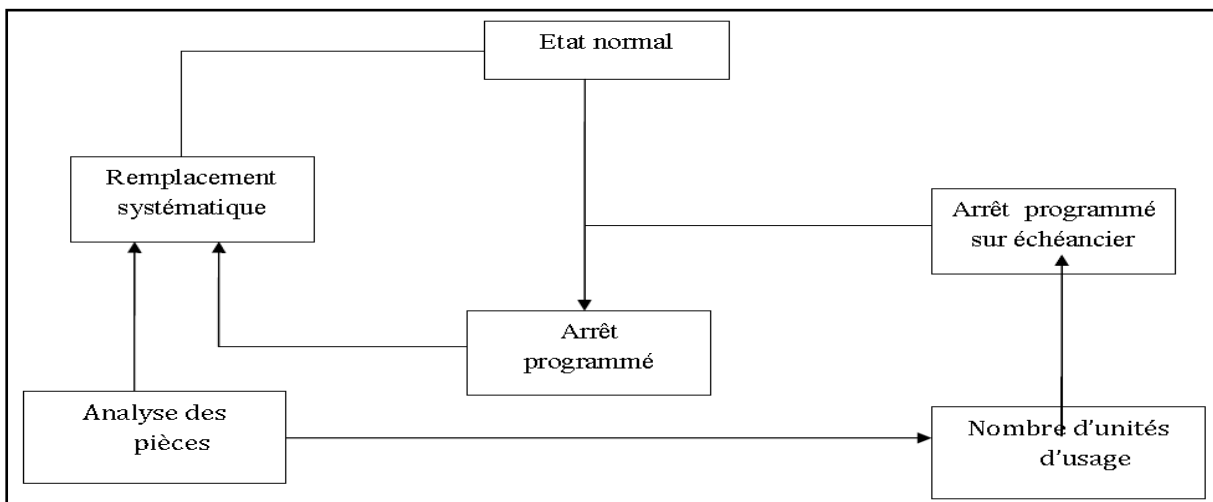


Figure IV.7. Diagramme d'une maintenance préventive systématique [18].

La maintenance préventive conditionnelle

C'est une maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (demande des auto diagnostiques d'information, capteur de mesure etc.). Elle consiste à faire un diagnostic avant de remplacer l'élément concerné par la visite.

Elles s'appliquent pour des grandes machines tournantes qui nécessitent une gamme de démontage.

Les étapes de cette politique de maintenance sont schématisées dans la figure IV.8.

Elle s'adresse à des défaillances arrivant par dérive et détectable et nécessite l'installation de mesure.

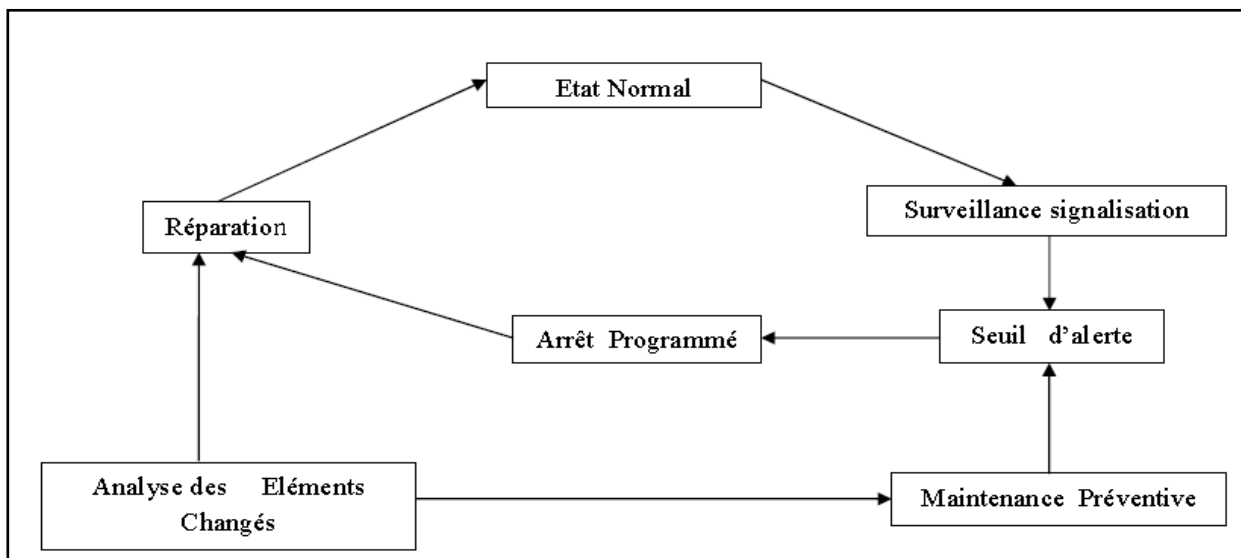


Figure IV.8. Diagramme d'une maintenance préventive conditionnelle [20].

CHAPITRE V

Etude et maintenance de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-
7.5“x12“

*« Finalement, nous arrivons au paradis des mathématiciens :
Ce sont les problèmes qui, à force de réflexion, ont engendré
des idées nouvelles qui, souvent, dépassent de façon
incommensurable le problème qui leur a donné
naissance. »*

Jean Dieudonné

V.1. Maintenance de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“

V.1.1. Maintenance préventive

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

V.1.1. 1. Les travaux journaliers

Les actions préventives journalières comprennent :

Inspection visuelle :

- des fuites de fluide et d'eau de refroidissement de la pompe ;
- des traces de corrosion sur les surfaces extérieures ;
- de la propreté de la pompe ;
- du niveau d'huile dans la pompe ;
- des fuites d'huile sur la pompe ;
- des dommages mécaniques de la pompe ;
- des raccords desserrés sur la pompe ;
- Inspection des bruits de fonctionnement anormaux des roulements de transmission ;
- Inspection des bruits de fonctionnement anormaux de la commande à manivelle ;
- Contrôler l'affichage d'encrassement optique sur le filtre à huile avec la pompe à huile de graissage en marche ;
- Contrôler les bruits de fonctionnement anormaux et les températures de la pompe à huile de graissage ;
- Contrôler les bruits de fonctionnement anormaux et les températures des moteurs ;
- Contrôler l'étanchéité des pistons et douilles de vérin ;
- Contrôler les bruits de fonctionnement anormaux des vannes ;
- Contrôler l'encrassement et le niveau de remplissage suffisant du réservoir d'eau du refroidissement des douilles de vérin ;
- Contrôler et nettoyer le filtre gros du refroidissement des douilles de vérin ;
- Contrôler les dommages sur le tuyau du refroidissement des douilles de vérin ;
- Contrôler les bruits de fonctionnement anormaux et les températures de la pompe à eau de refroidissement ; [21]

V.1.1. 2. Les travaux hebdomadaires

Les actions préventives pour chaque semaine comprennent :

- Contrôler la précontrainte correcte des boulons des rotas du serrage de la douille de vérin ;
- Contrôler le filtre gros du système d'huile de graissage et le nettoyer éventuellement ; [21]

V.1.1. 3. Les travaux mensuels

Les actions préventives mensuelles comprennent :

- Contrôler le sécheur à ventilation, le remplacer si nécessaire ;
- Contrôler la précontrainte de vis de la partie hydraulique d'aspiration et de pression ;
- Nettoyage des tamis de rinçage ;
- Nettoyage du piège à encrassement du réservoir d'eau de refroidissement ;
- Nettoyer les reniflards (carter des pignons et carters des chaînes de transmission) ;
- Contrôler l'entraînement des pompes de graissage (pompe de graissage des chaînes et pompe de graissage des pignons). [21]

V.1.1. 4. Les travaux semestriels

La mise en œuvre d'un plan de maintenances préventives semestrielles comporte les étapes suivantes passées successivement en revue :

- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque mois). Contrôler la tension des chaînes de transmission.
- Vidanger l'huile de graissage du " carter des pignons " et remplir de nouveau la quantité préconisée d'huile **TASSILIA 140**.
- Vidanger l'huile des " carter des chaînes " et remplir de nouveau la quantité préconisée d'huile **TASSILIA 90**.
- Contrôler les jeux de roulement des crosses.
- Contrôler le jeu entre crosses et glissières.
- Contrôler la denture du couple d'engrenage.
- Serrage au couple des boulons des paliers de l'excentrique.
- Contrôler l'état de surface des glissières.
- Vérifier l'état des garnitures d'étanchéité des rallonges de crosse.
- Vérifier l'état des 2 pompes de graissage (pompe de graissage des chaînes et pompe de graissage des pignons).
- Vérifier l'état des roulements des moteurs électriques.
- Inspecter les accouplements et remplacer au besoin.
- Vérifier l'état des pignons et des roulements des pompes de graissage et le remplacer au besoin. [21]

V.1.1. 5. Les travaux annuels

Les actions préventives pour chaque année comprennent :

- Vérification des raccordements de câbles à la recherche de fils électriques lâches ou brisés
- Contrôler le jeu des crosses,
- Renouveler le joint de tige des crosses
- Contrôler la grue pivotante sur colonne
- Contrôle MPI des cordons de soudure sur les supports de couple de rotation.
- Remplacement des paliers à rouleau de transmission
- Inspection des fissures de l'arbre de manivelle et de la bielle
- Inspection des fissures sur le boîtier
- Inspection du jeu des paliers. [21]

V.1.2. Maintenance corrective

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

On distingue deux types d'intervention de la maintenance corrective, qui sont :

- 1- Les dépannages, c'est-à-dire une remise en état de fonctionnement effectuée sur place, cette pratique est très fréquente en cours de fin de vie du matériel, elle possède un caractère provisoire ;
- 2- Les réparations, faites sur place, ou en atelier central, parfois après dépannage, ont un caractère définitif. [22]

V.1.2.1. Les différentes pannes de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“ sur chantier de H.M et leurs remèdes

Tableau V.1. Les différentes pannes de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“[22]

Pannes	Causes	Remèdes
Bruits cognement dans la partie hydraulique	1) ajustement affaibli des pistons sur tiges, fixation relâchée des douilles 2) assemblage contre tige crosse 3) ressorts des soupapes affaiblies ou cassées	*resserrer l'écrou ; *remplace les ressorts puce usés ; *éliminer les entrées d'air.
Chauffage des axes des appliques de crosse et du corps chauffage excessif des roulements, des arbres de manivelle et de transmission	1) Faible arrivage d'huile en quantité insuffisante 2) huile peu visqueuse, pelottage de conduite 3) quantité d'huile insuffisante 4) Serrage excessif de l'assemblage à manchon conique de l'arbre	*nettoyage des conduites ; *ajouter l'huile ou le remplacer par une huile plus visqueuse.
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	*Éliminer le corps qui provoque l'ouverture de la conduite ; Déboucher la conduite d'aspiration *Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; *Amorcer les chambres hydrauliques ; *Remplacer les pistons et les chemises. *Diminuer la vitesse de la pompe ;

<p>Baisse de pression de d’aspiration</p>	<p>1) Bas niveau d’aspiration ; 2) Capacité insuffisante de la pompe de suralimentation ; 3) Ecoulement lent de fluide de forage ; 4) Manomètre défectueux ;</p>	<p>*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.</p>
<p>Les chocs hydrauliques</p>	<p>1) Aspiration défectueuse ; 2) existence d’air dans la conduite d’aspiration; 3) Présence d’air ou de gaz dans la boue.</p>	<p>*Eliminer l’air de la Conduite, *Ajuster l’amortisseur d’aspiration.</p>
<p>Vibration de la conduite de refoulement</p>	<p>1) Anomalie au niveau de l’amortissement. 2) Boulons desserrés ; 3) Manque de support dans la conduite.</p>	<p>*Réparer ou recharger la conduite. * Resserrer les boulons de la conduite. *La munir d’un support</p>
<p>Cognement dans la partie mécanique</p>	<p>1) Rotation incorrecte de la pompe à boue ; 2) Piston-tige desserré ; 3) Rallonge decrosse desserrée ; 4) Roulements principaux usés ; 5) Axe de crosse usé.</p>	<p>*Vérifier et régler la rotation de la pompe à boue. *resserrer piston-tige *régler et vérifier le roulement et axe de crosse.</p>
<p>Débit nul</p>	<p>1) vanne d’aspiration fermée 2) prise d’air (aspiration d’air importante) 3)mauvaise étanchéité à l’aspiration 4) soupapes défectueuses 5) piston usé</p>	<p>*ouvrir la vanne *vérifier l’étanchéité raccords *contrôler les soupapes *changement de piston</p>
<p>Sifflement, débit et pression réduits. Sortie du fluide de l’orifice du corps</p>	<p>1) usures des douilles ou piston 2) défauts du dispositif d’étanchéité</p>	<p>*remplacer ou resserrer le dispositif d’étanchéité</p>
<p>Haute pression d’huile</p>	<p>1) Huile contaminée ; 2) Colmatage des conduites ; 3) Manomètre défectueux ; 4) Filtres à l’huile bouchés.</p>	<p>* Changer l’huile ; *Changer le cartouche d’huile *Le remplacer ; *Les nettoyer.</p>

1) Excès de sable ou de matériaux étrangers dans la boue ; 2) Course de piston déréglée.	*Dessabler, *vérifier souvent *Régler la course ; *Réparer le système d'arrosage	
Chemise piquée	1) Corrosion excessive	*Les nettoyer.
Usure décentrée de la chemise ou du piston chemise coup ou Faussée.	1) Manque d'alignement. 2) Le sur blocage peut avoir faussé la chemise	*Vérifier l'usure de la crosse, le blocage de la tige de piston, de cylindre ; * Ne serrer les vis qu'en dernier lieu.
Rayure de l'alésage d'une chemise	1) Piston usé ou abîmé ; 2) Des pistons endommagés peuvent provoquer de telles rayures.	* Monter un nouveau piston et une chemise neuve. * Sortir les vis de serrage avant de bloquer la portée.

V.1.2.2. Opérations de réparation de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“

La réparation est un ensemble d'opérations ayant pour but le rétablissement du bon état, de l'aptitude au travail, et les ressources de l'équipement. [22]

Méthode de lancement des travaux de réparation de la pompe à boue:

➤ Sur chantier

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

Par la suite, il établit son rapport de vérification en exprimant l'état général de la pompe à boue.[22]

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 rebuter, ou à remplacer par d'autres neuves, ou bien à réparer.

Toutes les pièces d’usure de la partie hydraulique sont remplacées par d’autres neuves (garniture d’étanchéité, clapets, tiges, chemises, etc...), ces pièces sont fournies par le magasin des pièces de rechange, après la prise d’accord du chef d’atelier par un bon de réquisition des matériels. Après le remontage et avant la livraison de la pompe vers le chantier le chef d’atelier, doit mentionner toutes les réparations réalisées, les pièces rechangées, les coûts de réparations réalisée set la date de sortie de la pompe sur la fiche technique de suivi de la pompe à boue. [22]

L’organigramme de réparation de la pompe est le suivant.

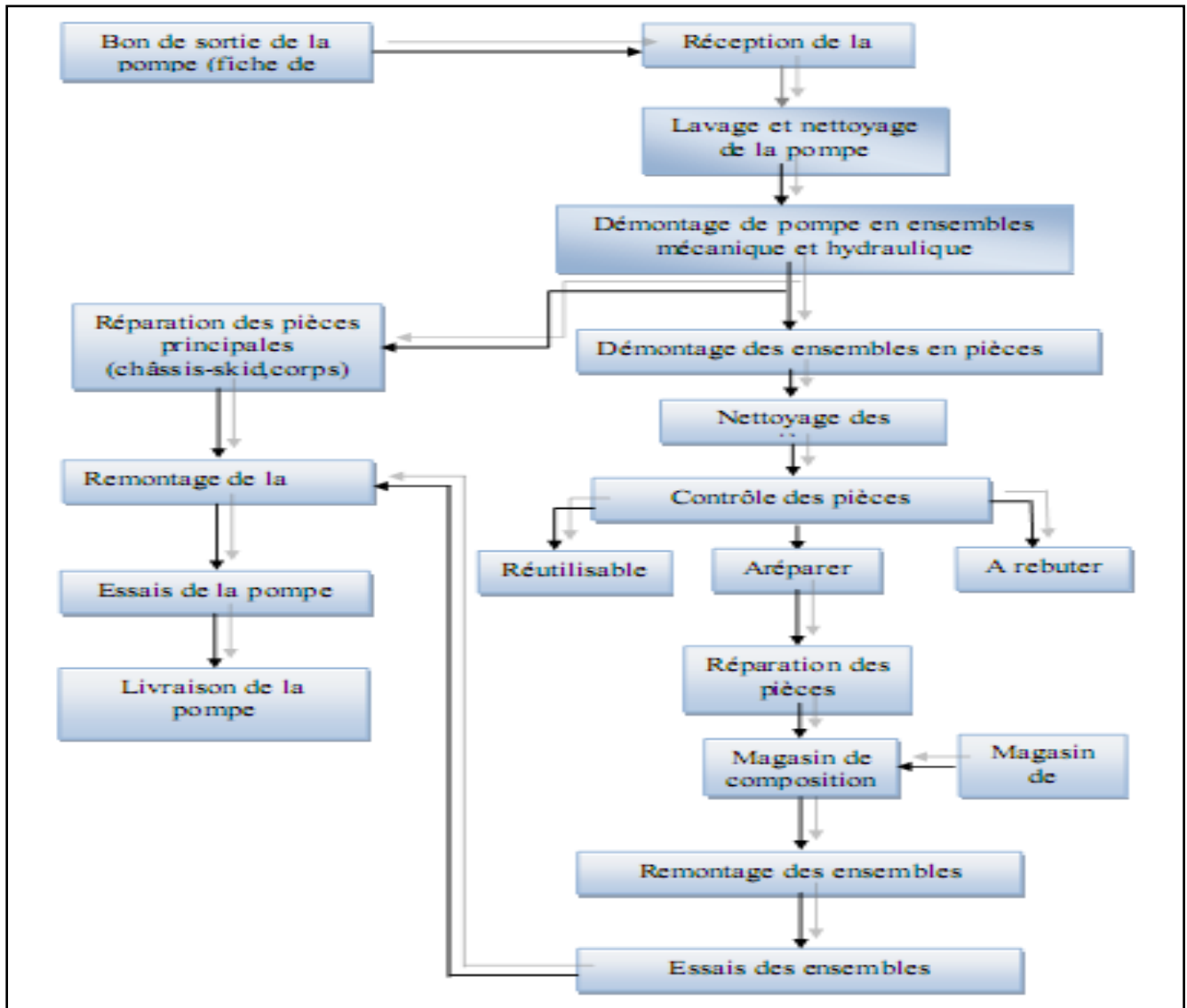


Figure V.1. L’organigramme de réparation de la pompe à boue[22]

V.2. Application de la Méthode AMDEC sur la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12"

Dans cette partie nous allons appliquer la méthode AMDEC sur notre pompe à boue, ce qui veut dire remplir les tableaux AMDEC par les résultats de l'analyse que nous avons effectué sur la pompe et mentionner les recommandations possibles pour les défaillances critiques que nous avons trouvées. [22]

V.2.1. Décomposition fonctionnelle de la pompe à boue

Nous allons appliquer cette analyse sur la pompe à boue que nous avons décrit dans le chapitre trois.

Le système à étudier est une pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"**, elle est utilisée pour assurer la fonction de pompage dans le chantier de forage

La pompe à boue **BMPT-1600-ACR-7.5"x12"** est décomposée en trois sous systèmes.

1- Le sous système mouvement

Englobe tous les éléments qui participent à la génération du mouvement pour avoir un mouvement de translation pour le piston.

2- Le sous système hydraulique

Englobe tous les éléments qui participent à aspirer et refouler la boue de forage.

3- Le sous système lubrification

Comprend les éléments qui interviennent dans le but de réduire les frottements, l'inertie des organes en mouvement soit en rotation ou en translation.

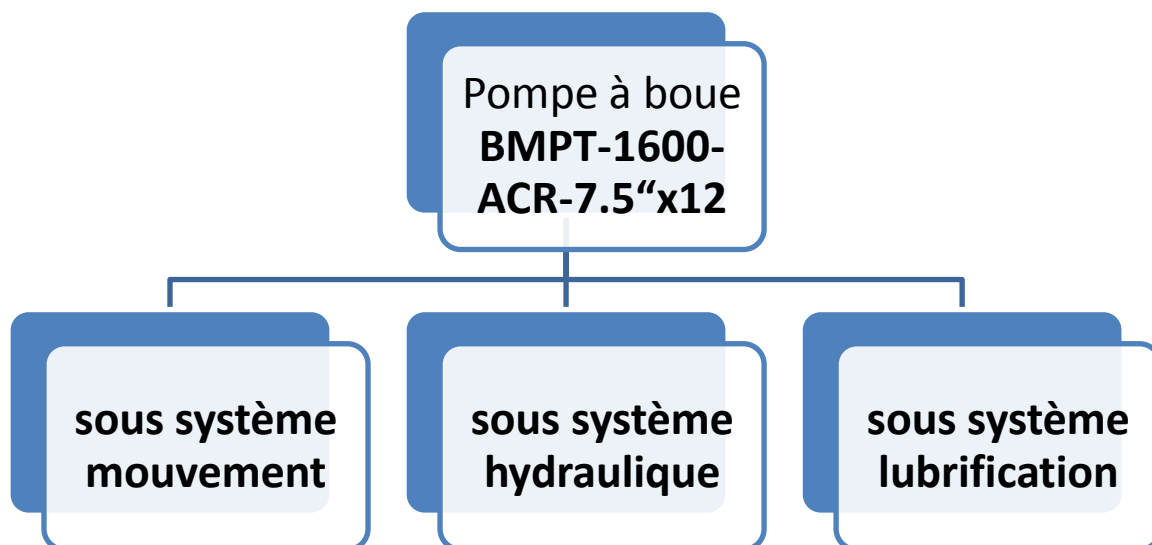


Figure V.2. Décomposition fonctionnelle de la pompe à boue [22]

V.2.2. Organigramme de la décomposition fonctionnel

V.2.2.1. Le sous système lubrification

L'organigramme de la décomposition fonctionnel de sous système lubrification de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“ est donné dans la figure ci-dessous :

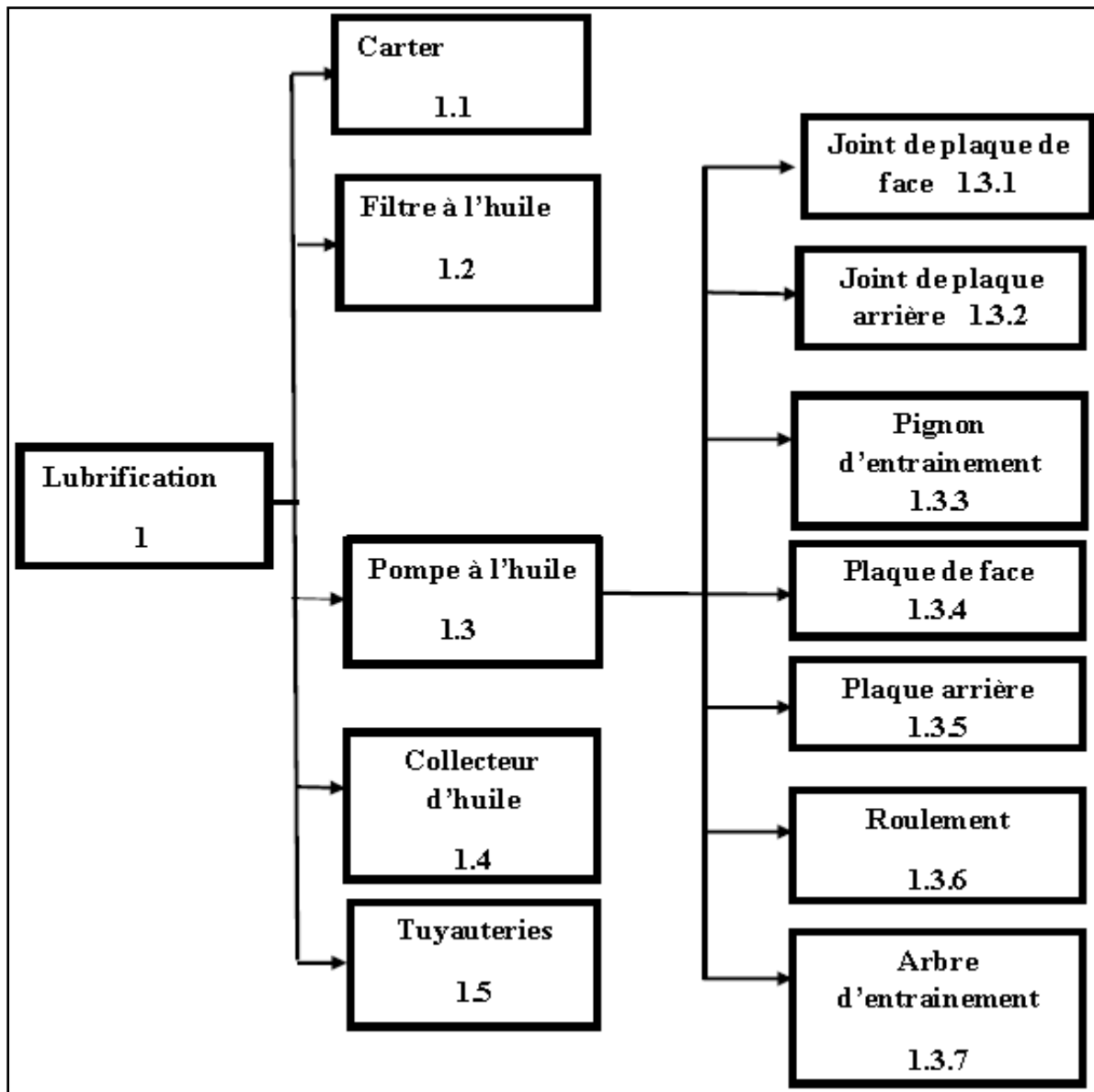


Figure V.3.Organigramme de la décomposition fonctionnel de sous système lubrification[22]

V.2.2.2. Le sous système hydraulique

L'organigramme de la décomposition fonctionnel de sous système hydraulique de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5"x12" est donné dans la figure ci-dessous :

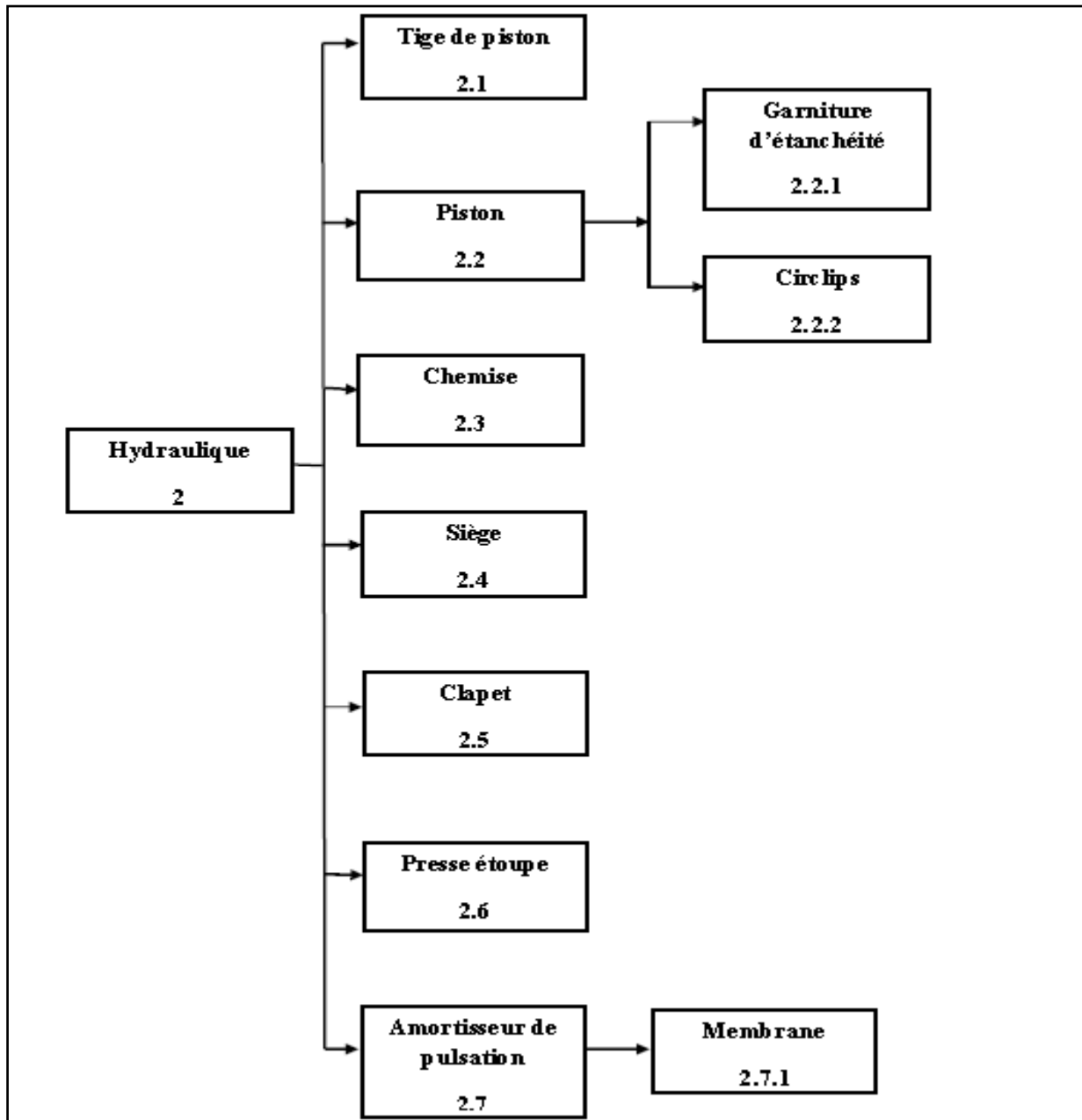


Figure V.4. Organigramme de la décomposition fonctionnel de sous système hydraulique [22]

V.2.2.3. Le sous système en mouvement.

L'organigramme de la décomposition fonctionnel de sous système mouvement de la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12“ est donné dans la figure ci-dessous :

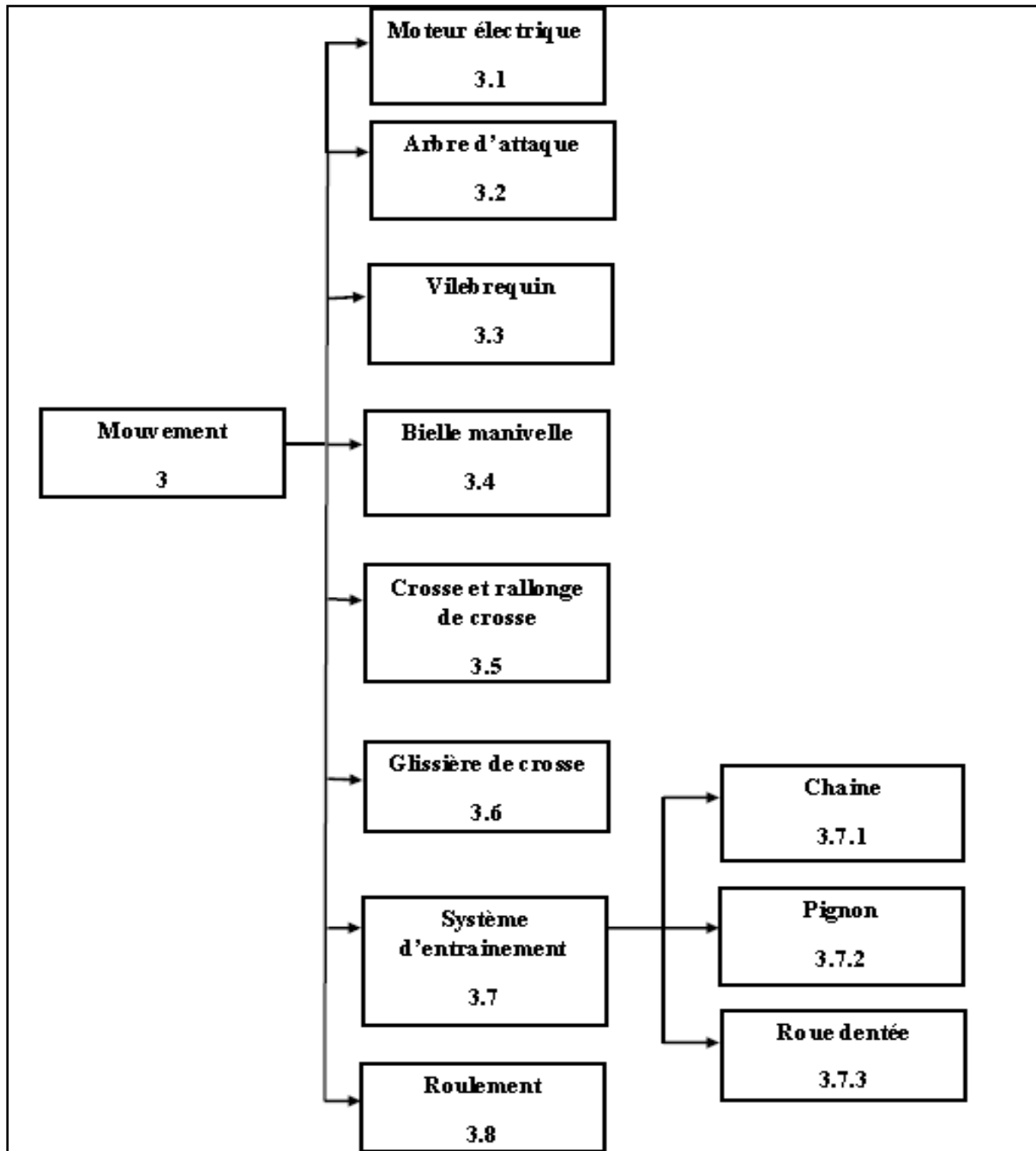


Figure V.5. Organigramme de la décomposition fonctionnelle de sous système mouvement [22]

V.2.3. Résultats d'application de la méthode AMDEC

Tableau V.2. L'AMDEC de Sous système : lubrification [22]

Désignation		Analyse de mode de défaillance de leurs effets et de leur criticité								
		Système : pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12								
		Sous système : lubrification								
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
1.1	Carter	Réservoir d'huile	Fissure	Vibration	Perte d'huile	1	4	2	8	Soudure
1.2	Filtre à l'huile	Filtre l'huile des impuretés	Usure	Dépôt des impuretés	*Mauvaise circulation de l'huile. *Risque d'encrassements des canalisations d'huile	1	2	2	4	Echange
1.3 Pompe à l'huile										
1.3.1	Joint de plaque de face	Empêche la perte d'huile	Usure	Fatigue	Perte d'huile de graissage	1	4	3	12	Echange
1.3.2	Joint de plaque arrière	Empêcher les fuites de l'huile	Usure	Fatigue	Perte d'huile de graissage	1	4	3	12	Echange
1.3.3	Pignon d'entraînement	Entrainer la pompe à l'huile	Usure	-fatigue -mauvaise lubrification	*mauvais entrainement de la Pompe *risque de grippage des éléments mobile	1	4	3	12	Echange

La suite :

Désignation		Analyse de mode de défaillance de leurs effets et de leur criticité								
		Système : pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12 Sous système : lubrification								
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
1.3.4	Plaqué de face	Éléments de corps de pompe	Usure	Humaine	Pas d'effet majeur					Echange
1.3.5	Plaqué arrière	Éléments de corps de pompe	Usure	Humaine	Pas d'effet majeur					Echange
1.3.6	Roulement	Faciliter la transmission de l'entraîn-ment	Usure	-fatigue -mauvaise lubrification	*Mauvais entraînement de la pompe. *risque de grippage des éléments mobiles	1	3	3	9	Echange
1.3.7	Arbre d'entraî-ment	Entrainer la pompe à l'huile	Usure	-fatigue - jeu -fluage	*mauvais entraînement *risque de grippage.	1	3	4	12	Echange
1.4	Collecteur d'huile	Empêcher l'échappe ment de l'huile de graissage	-dessouder -male positionné	Mauvaise manœuvre	Sans effet notable	1	3	3	9	-soudure -réparation
	Tuyauterie	Canalisation d'huile	Bouchée	Encrassement -Oxydation	*Mauvaise circulation de l'huile *bruit *vibration	1	2	1	2	Echanger

Tableau V.3. L'AMDEC de Sous système : Hydraulique. [22]

Désignation		Analyse de mode de défaillance de leurs effets et de leur criticité								
		Système : pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12 Sous système : Hydraulique								
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
2.1	Tige de piston	Guidage de piston	Usure	Mauvais serrage	Mauvaise fixation du Couvercle	1	2	3	6	Réparation si non Echange
2.2	Piston									
2.2.1	Garniture d'étanchéité	Assure l'étanchéité du volume de la Chemise	Usure	Frottement avec les débris que contient la boue	Perte de la boue	1	4	3	16	Echange
2.2.2	Circlips	Fixation du piston	Détérioration	Désalignement		1	3	3	9	Echange
2.3	Chemise	Acheminer la course de piston	Usure	Frottement	Perte de la boue	2	4	3	24	Echange
2.4	Siege	Porté le clapet	Usure	Présence de matières abrasives	Baisse pression de refoulement	1	3	3	9	Echange
2.5	Clapet	Régularise le débit	Usure	Présence de matières abrasives	Baisse pression de refoulement	2	4	3	24	Echange
2.6	Presse étoupe	Sépare la partie mécanique et hydraulique	Usure	Température Effort de serrage	Perte de l'huile du carter	1	3	3	9	Echange
2.7	Amortisseur de pulsation									
2.7.1	Membrane	Stabilisation du débit de refoulement	Fissure	Température Fatigue normale	Présence des coups de béliers sur la conduite	1	4	1	4	Echange

Tableau V.4. L'AMDEC de Sous système : Mouvement. [22]

Désignation		Analyse de mode de défaillance de leurs effets et de leur criticité								
		Système : pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12 Sous système : Mouvement								
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
3.1	Moteur électrique	Générer un couple de rotation	-blocage -arrêt du moteur	-blocage des roulements -manque d'alimentation électrique	Arrêt de la pompe	1	5	2	15	Changer les roulements Vérifier les câbles
3.2	Arbre d'attaque	Entrainer la pompe	Perte des dents au niveau des chevrons	Usure	-jeu -vibration	1	3	3	9	Echange
3.3	Vilebrequin	Transmission du mouvement	Perte des cotes	Usure	-jeu -vibration	1	4	4	9	rectifier
3.4	Glissière de crosse	Guidage de crosse	Usure	frottement	Vibration	1	4	3	12	Echange
3.5	Crosse et rallonge de crosse	La liaison entre la bielle et le piston	-Usure -cognement dans la partie mécanique	-frottement -mauvaise lubrification	-jeu -mauvais alignement	1	4	3	12	Echange
3.6	Système d'entraînement									
3.7	Chaine	Transmission du mouvement	Usure	Frottement	-mauvais entraînement	1	3	3	9	Echange
3.7.1	Pignon	Entrainé la génératrice	Usure	-fatigue -écrouissage des dents	-jeu	1	4	3	12	Echange
3.7.2	Roue dentée	Transmission de mouvement	Usure	Écrouissage des dents	Mauvais entraînement t -jeu de fonctionnement	1	3	3	9	Réparation sinon échange
3.8	Roulement	Faciliter la transmission de mouvement	Usure	Usure par frottement	Mauvaise indication de tachymètre	1	3	3	9	Echange

V.2.4. Tableau des actions correctives du la pompe à boue

Pour la hiérarchisation des défaillances suivant leurs criticités, nous utilisons le tableau des actions correctives, nous éliminons la matrice de criticités car, on ne peut pas négliger le critère de non détection.

Tableau V.5. Tableau des actions correctives du la pompe à boue BMPT-1600-ACR.[22]

Sous système lubrification		
Niveau de criticité	Organe	Action corrective
Criticité entre $1 \leq C \leq 12$ Criticité négligeable	1.2, 1.2, 1.3.6, 1.4, 1.5	-aucune modification de conception -maintenance corrective
Criticité entre $12 \leq C \leq 16$ Criticité moyenne	1.3.1, 1.3.2, 1.3.7	-amélioration des performances de l'élément. -maintenance préventive systématique
Criticité entre $16 \leq C \leq 20$ Criticité élevé	1.3.3	-Révision de la conception de sous-ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière -maintenance préventive conditionnelle
Sous système hydraulique		
Criticité entre $1 \leq C \leq 12$ Criticité négligeable	2.1, 2.2.2, 2.4, 2.6, 2.7.1, 2.4	-aucune modification de conception -maintenance corrective
Criticité entre $12 \leq C \leq 16$ Criticité moyenne	2.2.1	-amélioration des performances de l'élément -maintenance préventive systématique
Criticité entre $20 \leq C \leq 80$ Criticité interdite	2.3, 2.5	remise en cause complète de la conception
Sous système mouvement		
Criticité entre $1 \leq C \leq 12$ Criticité négligeable	3.2, 3.7, 3.7.2, 3.8, 3.7.1	-aucune modification de conception -maintenance corrective
Criticité entre $12 \leq C \leq 16$ Criticité moyenne	3.4, 3.1, 3.5,	-amélioration des performances de l'élément -maintenance préventive systématique
Criticité entre $16 \leq C \leq 20$ Criticité élevé	3.3	-Révision de la conception de sous-ensembles et chois des éléments pour surveillance particulière -maintenance préventive conditionnelle

V.2.5. Interprétation des résultats

Pour le sous système lubrification

- ✓ Dans ce système, on voit que la criticité des organes 1.1, 1.2, 1.3.6, 1.4, 1.5, est faible, c'est-à-dire que pour tous ces éléments on peut se contenter de la maintenance corrective, et pour les organes repérés par 1.3.1, 1.3.2, 1.3.7, leurs criticités sont moyennes, donc ils nécessitent une maintenance préventive systématique.
- ✓ Pour l'organe 1.3.3, une maintenance préventive conditionnelle est nécessaire.
- ✓ Pour les repères 1.3.1 et 1.3.2 qui sont le joint de plaque face et le joint arrière : contrôle de l'état des joints systématiquement.
- ✓ Pour les repères 1.3.7 et 1.3.3 qui sont l'arbre d'entraînement et le pignon d'entraînement : contrôle trimestriel avec des techniques de l'analyse vibratoire.

Pour le sous système hydraulique

- ✓ Dans ce système, on voit que la criticités de la majorité des organes est faible, ce qui veut dire qu'ils nécessitent une maintenance corrective
- ✓ Pour l'organe 2.2.1 sa criticité est moyenne donc il nécessite une maintenance préventive systématique. Pour cela :
 - Lubrifier avec de l'huile.
 - Ne pas trop serrer les garnitures du piston.
- ✓ Pour les repères 2.3, 2.5 leurs criticités sont interdites.

Pour le sous système en mouvement :

- ✓ Dans ce système, on voit que la criticité des organes 3.2, 3.7, 3.7.1, 3.7.2, 3.8 est faible, ce qui veut dire qu'ils nécessitent une maintenance corrective.
- ✓ Pour le repère 3.1:
 - changement de roulement.
- ✓ Pour le repère 3.4:
 - un contrôle mensuel de l'huile de graissage .
- ✓ Pour le repère 3.5:
 - un contrôle de chaque six mois de l'état de circuit de lubrification.

D'après l'étude AMDEC, précédente on a constaté que les éléments (chemise, clapet) Sont considérés comme les éléments les plus critiques dans notre pompe, soit :

- **La chemise :**
 - Usure au niveau de la paroi intérieure.
- **Le clapet :**
 - Usure dans la partie superficielle.

Les chemises des pompes sont des pièces usinées avec une grande précision, la paroi intérieure est traitée pour lui donner une grande dureté superficielle et la résistance à l'usure désirée, donc on s'éloigne des défauts de conception.



Figure V.6. Opération de réparation de la chemise de la pompe à boue sur le site H.M .[7]



Figure V.7. Clapet de refoulement ou aspiration avant assemblage pompe à boue.[22]

La pompe à boue refoule la boue vers l'outil grâce à la colonne de refoulement, au flexible d'injection, à la tête d'injection, à la conduite intérieure de la tige carrée ou hexagonal des tiges, aux événements de l'outil.

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

On a constaté que le mauvais fonctionnement de ces derniers conduit à une mauvaise épuration de la boue, ce qui peut provoquer l'usure des chemises et des clapets et par conséquent conduire à un dysfonctionnement de la pompe.

Dans ce cas, on propose de tamiser et filtrer le fluide pompé qui est dû au bon fonctionnement du système d'épuration, donc un contrôle semestriel de l'état d'épuration est nécessaire et le changement de tamis si nécessaire.

V.3. Etude de la puissance mécanique à installer sur la pompe à boue BMPT-1600-ACR-7.5“x12

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 puit 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, Le calcul comprend :

- Calcul des pertes de charge.
- Calcul de la puissance mécanique
- Calcul de la puissance hydraulique
- Nombre de pompe dans chaque phase de forage
- Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase.

V.3.1. Initialisation

Le tableau ci-dessous représente les données de départ pour le calcul :

Tableau V.6. Données de départ pour le calcul et vérification [22]

Données de départ pour le calcul et vérification					
Chantier de forage de H.M					
Trou foré	Diamètre (<i>in</i>)	Phase 26 "	phase 16 "	phase 12 ½"	phase 8 ½"
		Profondeur forée (<i>m</i>)	313	854	2540
Tubage	Diamètre extérieur <i>in</i> ()	18 ^{5/8}	13 ^{3/8}	9 ^{5/8}	7
	Poids linière (<i>lb/ft</i>)	85,5	68,00	47,00	29,00
	Diamètre inter (<i>in</i>)	17,755	12,415	8,681	6,184
	Longueur du tubage (<i>m</i>)	312	852,5	2539	3421
Paramètre hydraulique de forage	Débit (<i>l /min</i>)	3700	3300	3061	2270
	Masse volumique (<i>kg/l</i>)	1,05	1,3	1,3	2,03
	Viscosité (<i>cp</i>)	77	53	64	69
Tige de forage	Diamètre extérieur (<i>in</i>)	5	5	5	5
	Diamètre inter (<i>in</i>)	4,276	4,276	4,276	4,276
	Longueur (<i>m</i>)	75	603	2308	3903
Tige lourde	Diamètre extérieur <i>in</i> ()	5	5	5	5
	Diamètre inter (<i>in</i>)	3	3	3	3
	Longueur (<i>m</i>)	106	106	106	106
Masse tige	Diamètre extérieur <i>in</i> ()	8	8	8	6 ^{1/2}
	Diamètre intérieur <i>in</i> ()	2,81	2,81	2,81	2 ^{13/16}
	Longueur (<i>m</i>)	124	143	124	244
Trépan	TFA (<i>in²</i>)	1,052	0,994	1,037	0,902

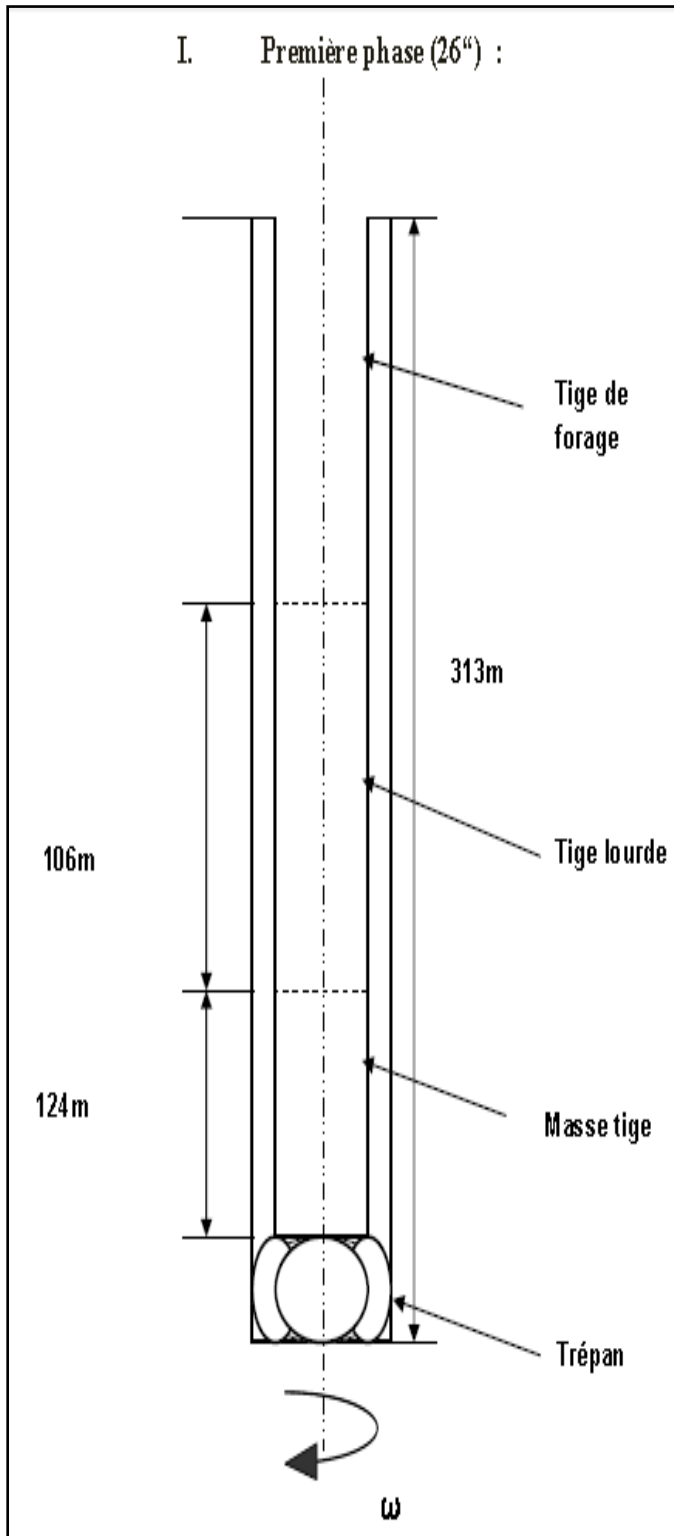


Figure V.8. Phase 1 : 26"

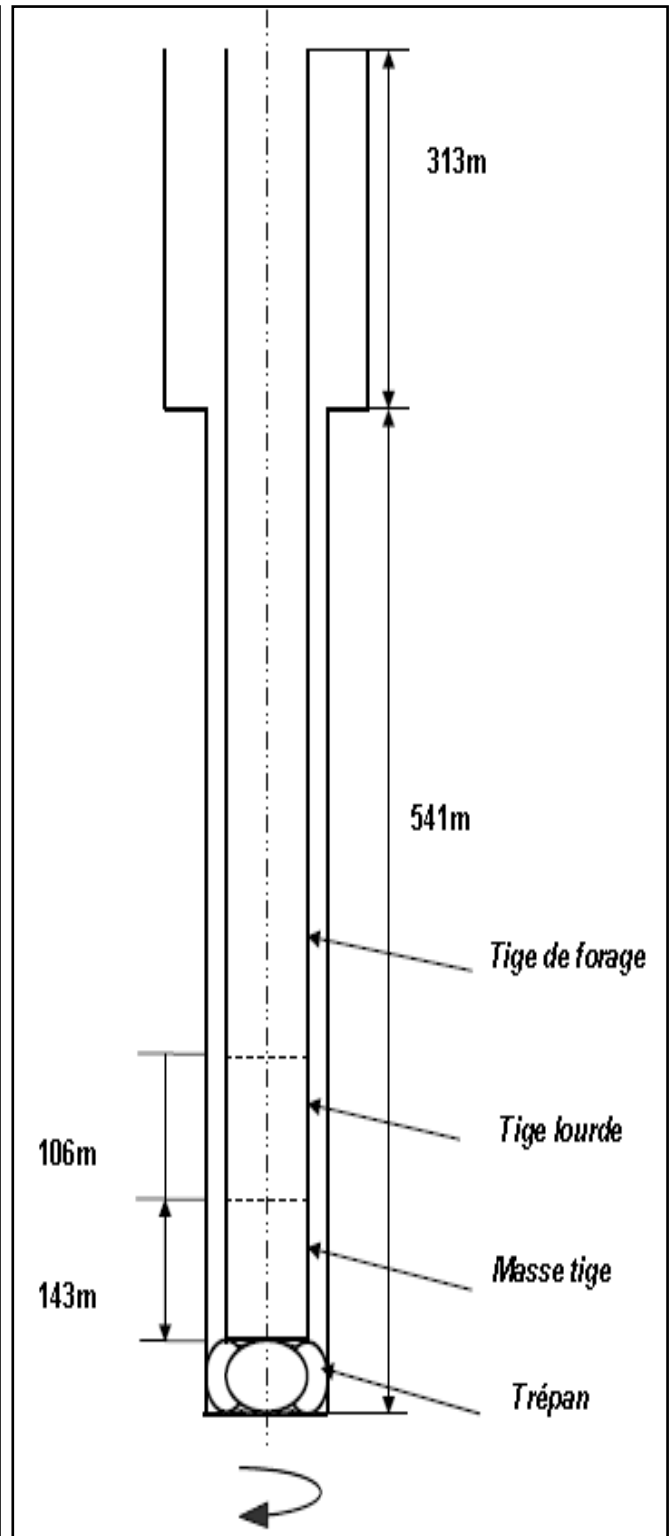


Figure V.9. Phase 2 : 16"

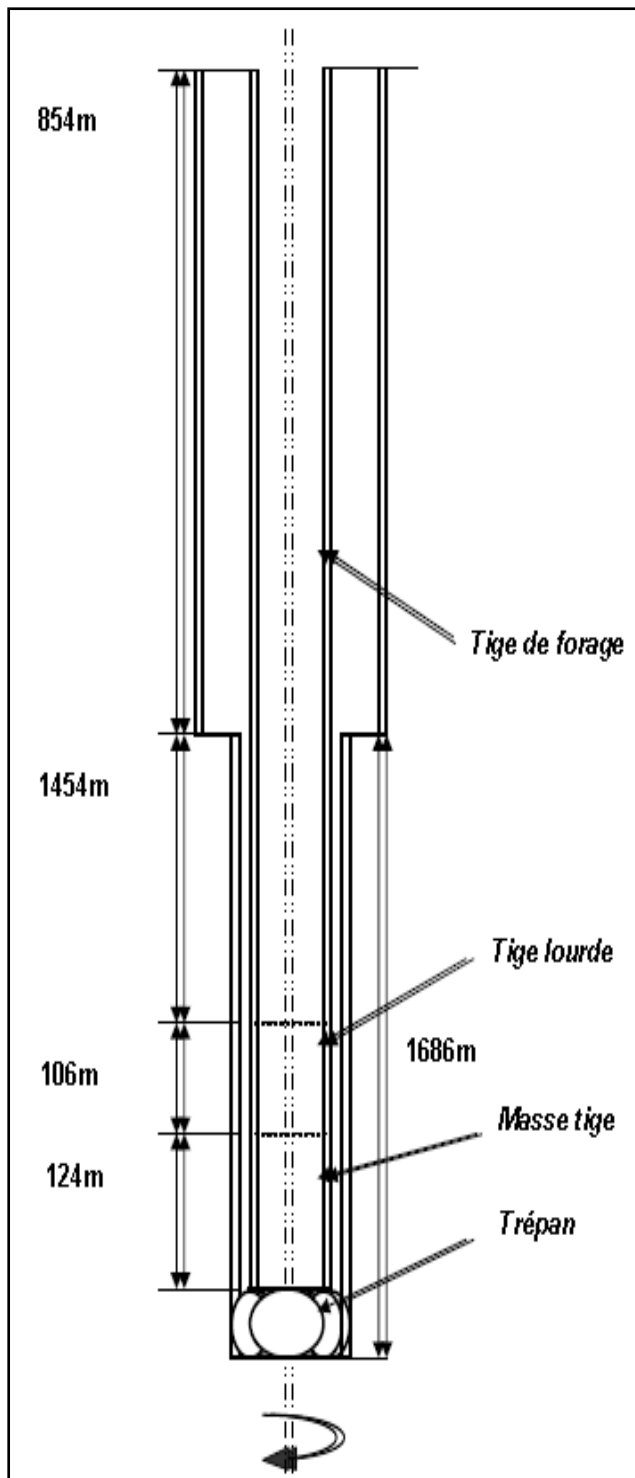


Figure V.10. Phase 3 : 12^{1/4}

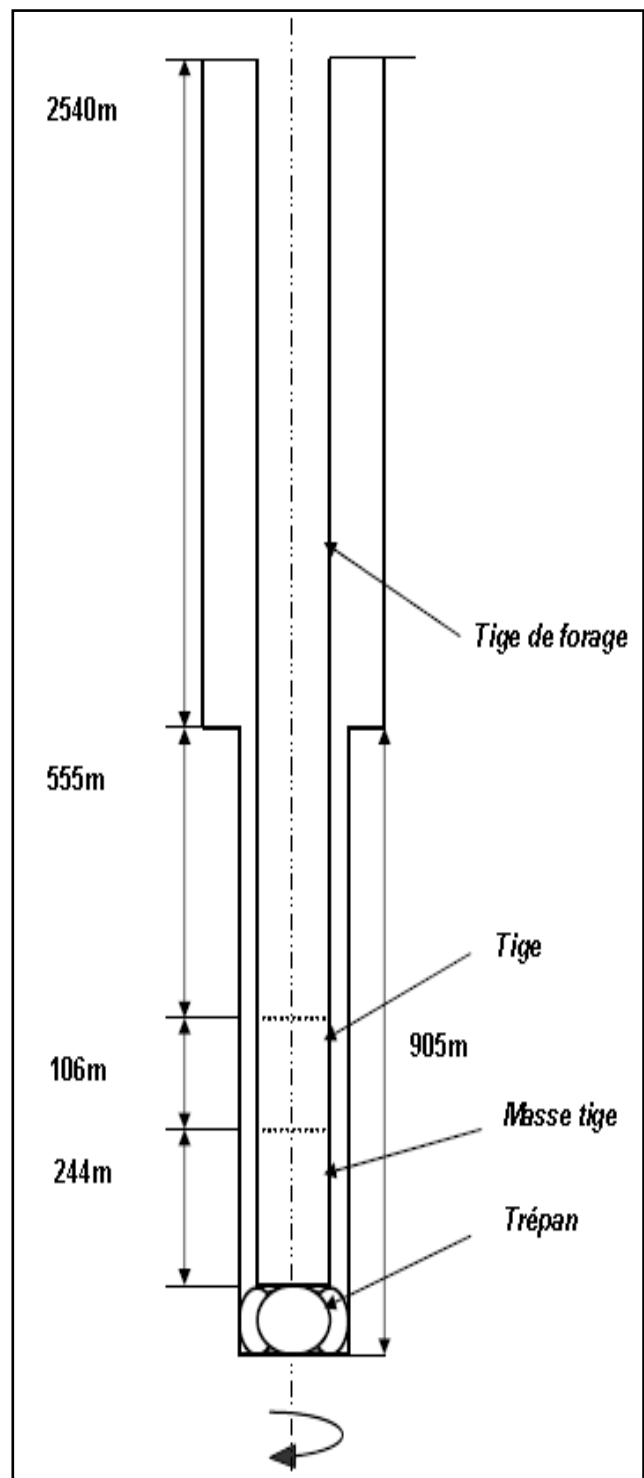


Figure V.11. Phase 4 : 8^{1/2}

V.3.2. Résultats du calcul

On donne les résultats finals du calcul dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.7. Résultats du calcul et de vérification pour les 4 phases de forage

Phases	Débit [l/mn]	Puissance hydraulique [HP]	Puissance mécanique [HP]	Perte de charge [kPa]
Phase 1 : 26"	3700	1332,29	1558,23	16113,46
Phase 2 : 16"	3300	1520,28	1778,1	20615,86
Phase 3 : 12" ^{1/4}	3000	1840,6	2152,75	27455,61
Phase 3 : 8" ^{1/2}	2270	3247,04	3797,71	64011,01

Interprétation des résultats

- On constate que la perte de charge augmente à chaque phase même que le débit réel diminue, à cause de certains facteurs traités après.
- 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-7.5"x12** à simple effet .Avec l'utilisation d'un groupe des pompes on pourra assurer une continuité de la circulation sans arrêt.

V.3.3. Nombre de pompe dans chaque phase :

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 donnée par la formule suivante :

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

Tableau V.8. Résultats de nombre de coups par minute pour chaque phase

Phase	26"	16"	12" ^{1/4}	8" ^{1/2}
(Coups/mn)	222	198	184	136

On note que 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.

V.3.4. Calcul du diamètre de la chemise de chaque phase :

Le diamètre de la chemise est calculé d'après la formule suivante :

$$Di = \sqrt{\frac{K \times Q}{\alpha \times C \times N}}$$

Où,

Di : Diamètre intérieur de la chemise [mm] ;

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

Qi : Débit de la boue de chaque phase (m³/s) ;

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

C : Course du piston C = 0,3048 mm ;

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

Les résultats de calcul du diamètre de chemise pour chaque phase sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.9. Les résultats de calcul du diamètre de chemise pour chaque phase

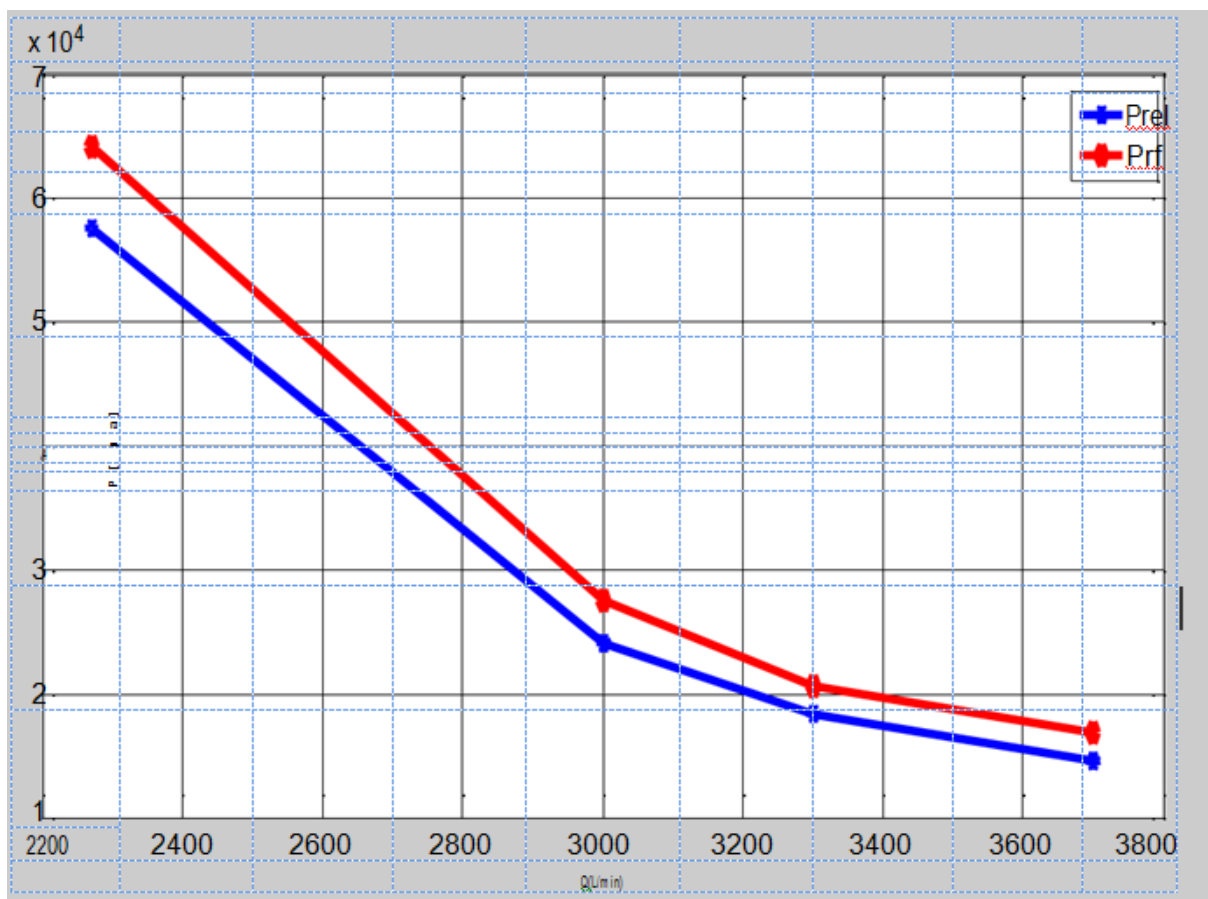
<i>Phase</i>	26"	16"	12" ^{1/4}	8" ^{1/2}
<i>Diamètre de chemise (mm)</i>	154 ,2	147,2	138,89	120,80

V.3.5. Comparaison entre les pertes de charge totale théorique et les pertes de charge réelle dans chaque phase

Le tableau ci-dessous exprime les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase de forage :

Tableau V.10. Les pertes de charge théorique et réelle dans chaque phase de forage

Les Phases	Les pertes de charge théorique (KPa)	Les pertes de charge réelle (KPa)
Phase 26’’	16113,46	14502
Phase 16’’	20615,86	18348
Phase 12’’ ^{1/4}	27455,61	24161
Phase 8’’ ^{1/2}	64011,01	57610



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 a 13 % a cause de différence entre le diamètre calculer et le diamètre normaliser de la chemise et le rendement de la pompe n'est pas a 100%.

V.4. Programme de calcul avec MATLAB

```
%calcul et vérification de la pompe a boue
clear all; clc
format long
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calcul de perte de charge a l'intérieur de la garniture%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% 1-Tool-joint
d=[1.05 1.3 1.3 2.03]
mu=[77 53 64 69]
Dtj=input('Dtj=')
Ldp=[75.05 603.95 2308.7 3903]
Q=[3700 3300 3000 2270]
for i=1:length(Ldp)
Ltj(i)=0.05*Ldp(i)
end
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Ptj(i)=Q(i)^1.8*Ltj(i)*B(i)/(901.63*Dtj^4.8)
end
plot(Ltj,Ptj); grid on
%2Interieur de Tige
Ddp=input('Ddp=')
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pdp(i)=Q(i)^1.8*Ldp(i)*B(i)/(901.63*Ddp^4.8)
End
plot(Ldp,Pdp); grid on
%3Interieur Tigelourde
Dhw=input('Dhw=')
Lhw=input('Lhw=')
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Phw(i)=Q(i)^1.8*Lhw*B(i)/(901.63*Dhw^4.8)
end
```

```
%4Interieur de masse-tige
Ldc=[124.84 143.23 124.48 244.87]
Ddc=input('Ddc=')
for i=1:length(Ldc)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pdc(i)=Q(i)^1.8*Ldc(i)*B(i)/(901.63*Ddc^4.8)
end
```

```

plot(Ldc,Pdc); grid on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%calcul de perte de charge dans l'espace annulaire%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% ltrou-tige
D0=[26 16 12.25 8.5]
Di=input('Di=')
Ldp=[75.05 291 1454 555]
for i=1:length(Ldp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pedp(i)=Q(i)^1.8*Ldp(i)*B(i)/((706.96*(D0(i)+Di)^1.8)*((D0(i)-Di)^3))
end
%trou-tigelourde
D0=[26 16 12.25 8.5]
Di=input('Di=')
Lhw=input('Lhw=')
for i=1:length(D0)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pehw(i)=Q(i)^1.8*Lhw*B(i)/((706.96*(D0(i)+Di)^1.8)*((D0(i)-Di)^3))
end
%tou-masse tige
D0=[26 16 12.25 8.5]
Di1=input('Di1=')
Ldc=[124.84 143.23 124.48 244.87]
for i=1:2
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pedc1(i)=Q(i)^1.8*Ldc(i)*B(i)/((706.96*(D0(i)+Di1)^1.8)*((D0(i)-Di1)^3))
end
Pedc1=[Pedc1 0 0]
Di2=input('Di2=')
for i=3:4
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Pedc2(i)=Q(i)^1.8*Ldc(i)*B(i)/((706.96*(D0(i)+Di2)^1.8)*((D0(i)-Di2)^3))
end
% Tige-tubage
Di=input('Di=')
Ltdp=[0 313 854 2540]
Dt=[0 18.625 13.375 7]
for i=2:length(Ltdp)
B(i)=d(i)^0.8*mu(i)^0.2
Ptdp(i)=Q(i)^1.8*Ltdp(i)*B(i)/((706.96*(Dt(i)+Di)^1.8)*((Dt(i)-Di)^3))
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%calcul de perte de charge au niveau de trépon%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
C=input('C=')
A=[1.052 0.994 1.0370 0.902]
for i=1:length(d)
Pt(i)=d(i)*Q(i)^2/(2959.41*C^2*A(i)^2)

```

```

end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% calcul perte de charge au niveau des équipements du surface %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N1=[378 259 161 161]
for i=1:length(B)
Ps(i)=N1(i)*B(i)
end
disp('%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%')
disp('la somme des pertes de charge')
disp('%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%')
for i=1:length(Ptj)
Prf(i)=Ptj(i)+Pdp(i)+Phw(i)+Pdc(i)+Pedp(i)+Pehw(i)+Pedc1(i)+Pedc2(i)+Ptdp(i)+Pt(i)+Ps(i)
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% puissance mécanique et hydraulique %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
num=input('num=')
nut=input('nut=')
for i=1:length(Prf)
Pm(i)=Prf(i)*Q(i)/(num*nut*44750)
end
for i=1:length(Pm)
Ph(i)=Pm(i)*num*nut
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Diamètre de la chemise %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
k=input('k=')
a=input('a=')
c=input('c=')
N=input('N=')
Qi=[0.03 0.0275 0.025 0.0189]

for i=1:length(Qi)
D(i)=sqrt(k*Qi(i)/(a*c*N))
end
Prel=[14502 18348 24161 57610]
plot(Q,Prel,Q,Prf,'r'), grid on

```

C Conclusion

L'étude présentée nous permet d'approfondir nos connaissances dans les domaines des équipements de forage en général et sur un organe essentiel dans ce domaine qui est la pompe à boue.

Lors du forage des puits de pétrole et du gaz, la circulation de la boue est nécessaire et plus particulièrement avec l'augmentation de la profondeur forée. La boue qui contient des particules de terrains découpées fait provoquer une usure par abrasion des pièces frottantes, ce qui exige le bon fonctionnement des dispositifs d'épuration à chaque remontée de boue à la surface.

Les pompes de forage sont les consommateurs principaux de la puissance consommée par l'installation de forage, il fonctionne dans des conditions difficiles.

En plus des paramètres de fonctionnement (pression et débit) liés aux phases de forage, une pompe à boue doit être souple, robuste, facile à entretenir et possédant une durée de service longue. Néanmoins durant le fonctionnement, les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide est nécessaire pour augmenter la longévité et la fiabilité de la machine.

Le calcul des pertes d'énergies massiques réalisé, conformément au programme de forage du puits donné, montre que le choix de la pompe triplex à simple effet est satisfaisant, elle s'adapte convenablement aux conditions de ce forage.

Bibliographie

Ouvrages et articles :

- [1] Document IFP France –Institut de pétrole
- [2] “Présentation de L’ENTP” Document de SH-ENTP, 2017.
- [3] Les revues (Documents ENTP-SONATRACH) :
N 87 Février 2017
N 89 Mars 2018.
- [4] documentation de l’entreprise ENTP, titre catalogue technique, 2008.
- [5] Livre well control, ENTP-SONATRACH
- [6] Division forage SONATRACH , TOM 1, 2,3,4 division forage SONATRACH
- [7] Document chantier TP127 ENTP-SONATRAH
- [8] A. BLEND.
Cours de forage équipement de forage tome 1- planches,
Édition technip.
- [9] J.P. Bernhard.
Historique et principe du forage Tom I ;
Edition, A.P.I. 1955.
- [10] M, Zinsalo Joël .
Pompes et station de pompage .
- [11] M, Zinsalo Joël .
Pompes et station de pompage .
Ecole polytechnique d’Abomey Calavi.1999
- [12] Baker Hughes INTEQ,
Fluid Facts Engineering Handbook, 1995.
- [13] S. ABBOT et all.
Drilling fluids. Inc Baroid, 1997, 506p
- [14] Bala Abdesselam , Bezai Abdelhamid et Belfar Mohamed lamine,
ETUDE ET DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE A BOUE TRIPLEX ,
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA ,2015
- [15] DRIDI SAMIR et YAKOBI OMAR.
«Etude et maintenance d'une pompe à boue (1400 PT)»
université Mohammad bougera Boumerdes 2005.

Bibliographie

- [16] **R. BOULASSEL, A. TAZDAIT** ;
Etude Et Analyse Statistique De La Fiabilité Dans La Maintenance Aéronautique,
P.F.E Ingéniorat RO ; DPT MATHEMATIQUE, UNI VERSITE DE BLIDA .1996.
- [17] **Z. KLIM** ;
Fiabilité et Maintenance Des Systèmes Mécaniques,
Ecole Polytechnique de Montréal,1995.
- [18] **François MOUCHY,**
La fonction maintenance,
2eme édition, édition MASSON, paris 1996.
- [19] **A. ILSKI, V. KASSIANOV, V.POROCHINE;**
Machines mécanismes et installations de forage ;
Edition, Ecole supérieur Moscou.
- [20] **B. KOHLER, E. SZTRYGLER** ;
Chaînes mécaniques ;
Techniques de l'ingénieur, B 5650.
- [21] **Programme de forage puits WTP1 ; Manuel d'utilisation ENTP**
- [22] **ENAFOR ,Document sur la pompe à boue sur chantier ENF 24**