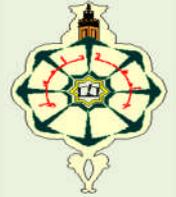




REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN  
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



**MÉMOIRE DE MASTER EN GÉNIE MÉCANIQUE**

Option  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

Présenté par  
Negadi Ali

**THÈME**

**LA MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS  
DE FORAGE (CAS TP127 HASSI  
MESSAOUD)**

**Soutenu : le mois de Juin 2014**

**Devant le jury :**

Encadreur : Kerboua B.

UABB-Tlemcen

Président : Chorfi S M.

UABB-Tlemcen

Examineur : Guezzen S.

UABB-Tlemcen

Examineur : Negadi Y.

Directeur

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2013 - 2014**

## Remerciements

Je remercie mon encadreur le **Dr. KERBOUA BACHIR**, enseignant à l'université de Tlemcen, qui m'a guidé judicieusement durant l'élaboration de ce mémoire. Je garderai en mémoire sa qualité d'encadrement et ses conseils bienveillants. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance et ma profonde gratitude. Je le remercie vivement pour la chance qu'il m'a offert de travailler à ses côtés sur un sujet d'actualité. Je le remercie également pour sa présence très étroite durant l'élaboration de ce travail.

Je remercie chaleureusement le **Dr. CHORFI SIDI MOHAMED**, enseignant à l'université de Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Je remercie également le **Dr. GUEZZENE SAMIR**, enseignant à l'université de Tlemcen, pour son aimable compréhension et l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'évaluer ce travail.

Je remercie également **Mr. NEGADI YAHYA**, directeur de la station de forage TP127, pour son aimable compréhension et l'honneur qu'il m'a fait en acceptant l'invitation d'évaluer ce travail.

Nous tenons à remercier tous les travailleurs de la station TP127 et plus particulièrement les techniciens et ouvriers de l'atelier de maintenance.

Enfin j'adresse mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Dédicace

*Je tiens à dédier ce mémoire :*

*A ma chère mère et à mon cher père, en témoignage de leur gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moral. Ils ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.*

*A mes amies chrif, hadbi, hassini, kadour, rouba, douaimi, maarif, abdelhakim, nosredin.*

*Enfin à tous mes camarades de la classe de la promotion de Génie Mécanique (2013-2014).*

*A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

---

## Résumé

La maintenance industrielle prend une importance croissante et se révèle être une des fonctions clés des entreprises de production moderne. Notre travail est consacré à l'étude théorique et pratique de la fiabilité des équipements au niveau de l'entreprise « ENTP-station TP127 », en l'occurrence, l'analyse de la fiabilité, des éléments critiques, basée sur des méthodes et des outils évolués.

Dans ce projet de fin des études nous avons utilisé les lois de fiabilité et les méthodes d'analyse, en se basant, sur des outils, comme (AMDEC et ABC) très connues en fiabilité, en particulier la loi de "Weibull".

Afin de concrétiser notre étude, nous avons défini les méthodes graphiques et analytiques pour déterminer les paramètres critiques, qui sont utilisés pour l'évaluation du taux de dégradation des équipements au niveau de la station TP127 et déterminer le type de la maintenance à appliquer. Enfin, nous avons validé notre travail par une étude pratique, en choisissant les organes sensibles des équipements stratégiques du système de levage «au niveau du TP127 ».

Cette étude nous a permis de trouver des résultats en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise chose qui a eu un impact positif au niveau de la station et qui sera utilisé et suivi par les autres stations en exploitation.

**Mots clés :** Diagnostic, Fiabilité, Défaillance, Taux de défaillance, Maintenance industrielle, Modèles d'analyse, Outils de fiabilité.

## Abstract

Industrial maintenance is becoming increasingly important and is proving to be a key business functions of modern production. Our work is devoted to the theoretical and practical study of the reliability of the equipment at the company "ENTP-station TP127", in this case, the reliability analysis, critical elements, based on methods and advanced tools.

In this final project studies we used the laws of reliability and methods of analysis, based on tools such as (AMDEC and ABC) very known reliability, in particular the law of «Weibull".

---

To achieve this study, we defined the graphical and analytical methods to determine critical parameters, which are used to evaluate the rate of degradation of equipment and determine the type of maintenance required. Finally, we validated our work through a practical study, choosing the sensitive organs strategic system equipment lifting "at the TP127."

This study has allowed us to find results consistent with the practical reality at the company that thing had a positive impact at the station that will be used and followed by other stations in operation

**Keywords:** Diagnosis, Reliability, failure, failure rate, Industrial Maintenance, Analysis Models, Tools reliability

## ملخص

الصيانة الصناعية أصبحت ذات أهمية متزايدة وتبرهن على أن تكون وظائف الأعمال الرئيسية الإنتاج الحديث . ويتخصص عملنا في الدراسة النظرية والعملية للموثوقية المعدات في الشركة- ENTP " محطة TP127 ، في هذه الحالة، وتحليل الموثوقية، والعناصر الحساسة، على أساس أساليب و أدوات متقدمة في هذه الدراسات النهائية للمشروع استخدمنا قوانين الموثوقية وطرق التحليل، استنادا إلى أدوات مثل( ABC et AMDEC ) الموثوقية المعروفة جدا، ولا سيما قانون "Weibull" لتحقيق هذه الدراسة، حددنا الأساليب البيانية والتحليلية لتحديد المعايير الضرورية، والتي تستخدم لتقييم معدل تدهور المعدات وتحديد نوع الصيانة المطلوبة . أخيرا قمنا بتحقيق من صحة عملنا من خلال دراسة عملية، واختيار الأجهزة الحساسة الاستراتيجية معدات رفع نظام للتوثيق في " TP127 وقد سمحت لنا هذه الدراسة لإيجاد نتائج تتماشى مع الواقع العملي في الشركة، الشيء الذي كان له أثر إيجابي في المحطة التي سيتم استخدامها وتليها محطات أخرى.

**كلمات البحث:** التشخيص، والموثوقية، الفشل، معدل الفشل، الصيانة الصناعية، نماذج التحليل، أدوات الموثوقية.

## Table des matières

	Page
Remerciements .....	I
Dédicace .....	II
Résumé .....	III
Sommaire .....	V
Liste des figures .....	VIII
Liste des tableaux .....	X
Liste des symboles .....	XI
Introduction générale.....	2
 <b>CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE NATIONALE DES TRAVAUX AUX PUIES</b>	
<b>1.1 Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Situation du champ de "Hassi Messaoud" .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Situation géographique.....	4
1.2.2 Situation géologique .....	4
1.2.3 Zones et numérotation des puits .....	6
<b>1.3 Historique de l'entreprise .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Mission de l'entreprise.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Système de Management QHSE .....</b>	<b>8</b>
1.5.1 ISO 9001/ 2000 (Qualité).....	8
1.5.2 ISO 14001/ 2004 (Environnement) .....	8
1.5.3 OHSAS 18001/2007 (Santé – Sécurité) .....	8
<b>1.6 Politique QHSE de l'ENTP .....</b>	<b>8</b>
<b>1.7 Infrastructure .....</b>	<b>9</b>
1.7.1 Parc appareil de forage .....	9
1.7.2 Transports.....	10
1.7.3 Moyens humains et organisationnels .....	10
<b>1.8 Système de gestion de l'entreprise .....</b>	<b>11</b>
1.8.1 Les directions de l'entreprise .....	11
1.8.2 Modernisation de l'organisation et de la gestion .....	11
<b>1.9 Organigramme de l'ENTP .....</b>	<b>12</b>
1.9.1 Fonctions des directions .....	12
<b>1.10 Plan d'intervention du chantier TP127 .....</b>	<b>14</b>
1.10.1 Plan de masse de la station TP127 .....	16
<b>1.11 Spécifications des appareils .....</b>	<b>17</b>

## TABLE DES MATIERES

---

### CHAPITRE 2 GÉNÉRALITÉS SUR LES APPAREILS DE FORAGE

<b>2.1 Introduction</b> .....	19
<b>2.2 Classification des appareils de forage</b> .....	19
<b>2.3 Description</b> .....	20
<b>2.4 Fonction levage</b> .....	21
2.4.1 Structure de la tourde forage .....	21
2.4.2 Mécanique de levage .....	22
2.4.2.1 Treuil de forage (drawworks) .....	22
2.4.2.2 Mouflage .....	29
2.4.2.3 Outils de plancher .....	31
<b>2.5 Fonction rotation</b> .....	32
2.5.1 Table de rotation .....	32
2.5.2 Tête d'injection .....	32
<b>2.6 Fonction pompage</b> .....	33
2.6.1 Pompes de forage .....	33
2.6.1.1 Matériels annexes de la fonction pompage .....	33
<b>2.7 Fonction motrice et transmission</b> .....	33
2.7.1 Sources d'énergie .....	33
2.7.2 Systèmes de transmissions de puissance .....	34
2.7.2.1 Transmission mécanique .....	34
2.7.2.2 Transmission électrique .....	34
<b>2.8 Fonction de sécurité</b> .....	34
2.8.1 Obturateurs de tête de puits .....	34
2.8.2 Différents types d'obturateurs .....	35
2.8.3 Module accumulateurs .....	37
<b>2.9 Répartition des équipements de l'appareil de forage</b> .....	37
2.9.1 Équipements de fond .....	38
2.9.2 Équipements de surface .....	38
2.9.2.1 Équipements de puissance .....	39
2.9.2.2 Équipements de levage.....	39
2.9.2.3 Équipements de rotation .....	39
2.9.2.4 Équipements de pompage et de circulation.....	40
2.9.2.5 Équipements de sécurité .....	40
<b>2.10 Conclusion</b> .....	40

### CHAPITRE 3 ANALYSE DE LA MAINTENANCE ET LA FIABILITÉ

<b>3.1 Introduction</b> .....	42
<b>3.2 Définition et norme de la maintenance</b> .....	42
3.2.1 Définition de la maintenance .....	42
3.2.2 Fiabilité .....	44
<b>3.3 Analyse de la fiabilité par les lois de probabilité</b> .....	44
3.3.1 Analyse de la fiabilité à partir de la loi exponentielle.....	44
3.3.2 Analyse de la fiabilité à partir de la loi Weibull.....	45
<b>3.4 Etude et courbe de la loi de Weibull</b> .....	46
3.4.1 Estimation des paramètres de la loi de Weibull .....	48
3.4.2 Détermination des paramètres .....	48

## TABLE DES MATIERES

---

<b>3.5 Signification des paramètres</b> .....	48
3.5.1 Paramètres de forme $\beta$ .....	48
3.5.2 Paramètre d'échelle $\eta$ .....	49
<b>3.6 Maintenance du treuil</b> .....	49
3.6.1 Maintenance préventive quotidienne .....	49
3.6.2 Maintenance corrective .....	50
3.6.3 Maintenance préventive systématique .....	50
3.6.4 Maintenance conditionnelle .....	52
<b>3.7 Réparation et révision générale</b> .....	52

## CHAPITRE 4 APPLICATIONS DE LA FIABILITÉ

<b>4.1 Introduction</b> .....	54
<b>4.2 Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) ...</b>	54
4.2.1 Avantages de la méthode AMDEC .....	54
4.2.2 Mise au point de la fiche AMDEC .....	55
4.2.2.1 Analyse fonctionnelle.....	55
4.2.2.2 Analyse de défaillance .....	56
4.2.2.3. Critères .....	57
4.2.2.4. Mesures .....	59
4.2.3 Modes des défaillances .....	59
<b>4.3 Découpage de l'entreprise</b> .....	60
<b>4.4 Classification du matériel</b> .....	61
<b>4.5 Application</b> .....	61
4.5.1 Collecte des données .....	61
4.5.2 Analyse des données .....	62
<b>4.6 Sélection de l'équipement</b> .....	62
4.6.1 Principe de la méthode « ABC » .....	63
4.6.2 Description de l'analyse .....	63
<b>4.7 Tracé de la courbe AB C</b> .....	64
<b>4.8 Diagnostic par la méthode l'AMDEC</b> .....	64
4.8.1 Analyse du système .....	64
4.8.2 Tableau de cotation .....	65
4.8.3 Analyse du freinage au niveau du treuil de forage.....	65
<b>4.9 Détermination des paramètres de fiabilité</b> .....	68
4.9.1 Cas de freinage du treuil de forage .....	68
4.9.2. Tracé de la droite de fiabilité.....	68
4.9.3 Analyse des résultats théoriques .....	70
<b>4.10 Analyse des résultats trouvés</b> .....	75
<b>4.11. Conclusion</b> .....	76
<b>Conclusion générale</b> .....	78
<b>Bibliographie</b> .....	79

# LISTE DES FIGURES

---

	Page
<b>Figure 1.1.</b> Situation géographique du champ de "Hassi Messaoud" .....	5
<b>Figure 1.2.</b> Répartition des zones pétrolifères et gazifères .....	5
<b>Figure 1.3.</b> Zones de production.....	6
<b>Figure 1.4.</b> Organigramme de l'entreprise .....	12
<b>Figure 1.5.</b> Plan de situation .....	15
<b>Figure 1.6.</b> Station TP127 .....	15
<b>Figure 1.7.</b> Plan de masse .....	16
<b>Figure 2.1.</b> Classification des appareils de forage.....	19
<b>Figure 2.2.</b> Description simplifiée d'un appareil de forage .....	20
<b>Figure 2.3.</b> Treuil de forage TP127 .....	22
<b>Figure 2.4.</b> Arbre tambour .....	23
<b>Figure 2.5.</b> Schéma de système de frein à bandes .....	24
<b>Figure 2.6.</b> Frein électromagnétique .....	25
<b>Figure 2.7.</b> Chaine de transmission .....	26
<b>Figure 2.8.</b> Schéma simplifié de la boîte à vitesses .....	26
<b>Figure 2.9</b> Circuit de refroidissement.....	27
<b>Figure 2.10.</b> Circuit d'air de Twin-stop.....	28
<b>Figure 2.11.</b> Schéma de mouflage .....	29
<b>Figure 2.12.</b> Moufle fixe.....	29
<b>Figure 2.13.</b> Moufle mobile.....	30
<b>Figure 2.14.</b> Câble de forage .....	30
<b>Figure 2.15.</b> Crochet de levage.....	31
<b>Figure 2.16.</b> Matériels annexe de levage .....	31
<b>Figure 2.17.</b> Table de rotation .....	32
<b>Figure 2.18.</b> Tête d'injection .....	32
<b>Figure 2.19.</b> Pompes de forage TP 127 .....	33
<b>Figure 2.20.</b> Transmission de la puissance diesel .....	34
<b>Figure 2.21.</b> Obturbateur à mâchoires .....	35
<b>Figure 2.22.</b> L'obturbateur annulaire .....	36
<b>Figure 2.23.</b> Module accumulateurs TP 127 .....	37
<b>Figure 3.1.</b> Types de maintenance .....	43
<b>Figure 3.2.</b> Principales propriétés de la distribution exponentielle .....	45
<b>Figure 3.3.</b> Représentation de la fonction de densité pour diverses valeurs de $\beta$ .....	46
<b>Figure 3.4.</b> Influence du facteur de forme $\beta$ sur la fiabilité .....	47
<b>Figure 3.5.</b> Influence du facteur de forme $\beta$ sur le taux de défaillance.....	47
<b>Figure 4.1.</b> Diagramme d'Ishikawa .....	56
<b>Figure 4.2.</b> Découpage de l'entreprise.....	60
<b>Figure 4.3.</b> Découpage des équipements .....	60
<b>Figure 4.4.</b> Découpage de l'atelier des équipements de levage.....	61
<b>Figure 4.5.</b> Histogramme fiabilité .....	62
<b>Figure 4.6.</b> Histogramme fiabilité et Courbe ABC .....	64
<b>Figure 4.7.</b> Découpage fonctionnel de l'appareil de freinage .....	65
<b>Figure 4.8.</b> Histogramme de criticité .....	67
<b>Figure 4.9.</b> Détermination graphique des paramètres de fiabilité .....	69

# LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 4.10.</b> Droite de Weibull«code de calcul».....	70
<b>Figure 4.11.</b> Courbes des fiabilités estimées et théoriques du frein à patin .....	71
<b>Figure 4.12.</b> Courbe de fiabilité «code de calcul».....	72
<b>Figure 4.13.</b> Courbes de réparation estimée et théorique du frein à patin.....	72
<b>Figure 4.14.</b> Fonction cumulative «code de calcul».....	73
<b>Figure 4.15.</b> Taux de défaillance du frein à patin.....	73
<b>Figure 4.16.</b> Taux de défaillance «code de calcul» .....	74
<b>Figure 4.17.</b> Densité de probabilité du frein à patin .....	74
<b>Figure 4.18.</b> Densité de probabilité «code de calcul» .....	75

# LISTE DES TABLEAUX

---

	Page
<b>Tableau 1.1.</b> Bases de l'ENTP .....	9
<b>Tableau 1.2.</b> Sites occupés par l'ENTP .....	9
<b>Tableau 1.3.</b> Appareils de l'ENTP .....	9
<b>Tableau 1.4.</b> Matériel de transport de l'entreprise ENTP .....	10
<b>Tableau 3.1.</b> Maintenance du treuil notionnel 110 UE .....	51
<b>Tableau 4.1.</b> Exemple de type AMDEC – moyen de production.....	55
<b>Tableau 4.2.</b> Critère de gravité .....	57
<b>Tableau 4.3.</b> Critère d'occurrence .....	58
<b>Tableau 4.4.</b> Critère de non détection .....	58
<b>Tableau 4.5.</b> Critère de criticité.....	59
<b>Tableau 4.6.</b> Modes de défaillance .....	60
<b>Tableau 4.7.</b> Récapitulatif des défaillances des équipements levage .....	61
<b>Tableau 4.8.</b> Classement des équipements .....	63
<b>Tableau 4.9.</b> Grille de cotation .....	65
<b>Tableau 4.10.</b> AMDEC du système de freinage .....	66
<b>Tableau 4.11.</b> Préparation des données du frein à patin.....	68
<b>Tableau 4.12.</b> Tableau des résultats .....	71

# LISTE DES SYMBOLES

---

ENTP : Entreprise Nationale des Travaux aux Puits  
SH : Sonatrach  
H.S.E: Santé Sécurité et Environnement  
G.S : Gestion du stock  
E.U.T: Unité équipement tubulaire  
Work over : Nettoyage des puits  
SCR : système électrique  
QHSE : Qualité-Santé-Sécurité et Environnement  
DTM : Démontage, Transport et Montage  
S R: Semi remorque  
GMAO : gestion de la maintenance assistée par ordinateur  
V.SAT : télécommunication par satellite  
Top Drive : organe assistant de forage  
HP : (Horse power)  
Gray valve : vanne de sécurité  
Lowerkelly-valve : vanne de gaz  
Drop in check valve : vanne de sécurité intégrée dans la garniture  
BOP : Obturateur  
MTBF : Moyenne des temps de bon fonctionnement  
MTTR : Moyenne des temps techniques de réparation  
MTTA : Moyenne des temps techniques d'arrêt  
TBF : Temps de bon fonctionnement avant la première défaillance[h]  
TTR : temps des travaux de réparation  
 $\lambda(t)$  : Taux de défaillance.  
 $\mu(t)$  : Taux de réparation.  
N(t) : Nombre des systèmes sur vivants à l'instant t  
F(t) : Fonction de répartition [%]  
m : Indice  
N<sub>0</sub> : Nombre d'éléments à l'instant (t<sub>0</sub>)  
R(t) : Fonction de fiabilité [%]  
f(t) : Fonction de densité de défaillance  
T : variable aléatoire « durée de vie » [h]  
t : temps(h)  
 $\beta$  (beta) : Paramètre de forme de la loi de "weibull"  
 $\eta$  (êta) : Paramètre d'échelle de la loi de "weibull"  
 $\gamma$  (gamma) : Paramètre de position de la loi de "weibull"  
ABC : Méthode de Pareto.  
AMDEC : Analyse des modes de défaillances et études des criticités  
COP : Coopérative  
OMG : Sigle du puits  
MAO : Maintenance assistée par ordinateur

# Introduction Générale

## Introduction générale

---

Le pétrole et le gaz sont les secteurs dominant de l'économie algérienne et constituent 98 % des exportations. Sonatrach étant la clé 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<sup>ème</sup> groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, le 4<sup>ème</sup> exportateur de GNL, le 3<sup>ème</sup> exportateur de GPL et le 5<sup>ème</sup> 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.

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.

Au niveau de la station TP127 le treuil étant l'un des principaux équipements utilisés dans le forage des puits, il est considéré comme le cœur de l'appareil de forage, puisque c'est la capacité du treuil qui caractérise la classe de la profondeur des forages que l'on pourra effectuer. Ce mémoire portant sur l'étude et l'analyse de la fiabilité du treuil de forage, est divisé en quatre chapitres:

- Le chapitre un (01) concerne la présentation de l'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits (ENTP).
- Le chapitre deux (02) se rapporte à la description et le fonctionnement de l'appareil de forage.
- Le chapitre trois (03), est consacré aux différentes méthodes de diagnostic de la maintenance qu'on va appliquer au niveau de la station TP 127,

Enfin, dans le dernier chapitre, nous avons présenté la méthode (AMDC et ABC), pour une étude de cas pratique sur un équipement stratégique du treuil de l'entreprise ENTP. On a utiliser la méthode ABC pour déterminer l'équipement le plus critique du treuil, en suite, on a effectué une optimisation par la méthode AMDEC sur l'équipement déterminé afin de trouver l'organe sensible, et pour cela on a développé des outils de fiabilité, pour la détermination des paramètres et indices de dégradation et, ainsi définir le type de la maintenance à appliquer.

**Présentation de l'entreprise**  
**National des Travaux aux Puits**  
**ENTP**

## **CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE NATIONALE DES TRAVAUX AUX PUIITS**

### **1.1 Introduction**

Dans l'industrie pétrolière les travaux de forage des puits de pétrole et de gaz exigent 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

On présentera l'entreprise nationale des travaux aux puits selon la démarche suivante

- ✓ Identifier l'emplacement de la base industrielle
- ✓ ENTP signifie entreprise nationale des travaux aux puits, créée en 1981 suite à la restructuration de la SH en DTP (direction des travaux pétroliers)
- ✓ Sigle : Carte de l'Algérie avec en son centre un appareil de forage constituée par les premières lettres en arabe de l'ENTP, de couleurs orange et noire
- ✓ Slogan : ENTP, un partenaire de choix à la hauteur de vos exigences
- ✓ Vision : Demeurer leader régional en matière de forage et de « work over »
- ✓ Raison ou mission : forer des puits d'hydrocarbures et des nappes d'eau et opérer aux travaux de « work over »

### **1.2 Situation du champ de "Hassi Messaoud"**

#### **1.2.1 Situation géographique**

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme l'un des plus grands gisements dans le monde. Il se situe à environ 850 km au Sud-Est d'Alger, à 280 km au Sud-Est du gisement de gaz-condensat de HassiR'Mel et à 350 km à l'Ouest de la frontière Tunisienne (figure1.1).

#### **1.2.2 Situation géologique**

Par rapport aux autres gisements, le champ de Hassi Messaoud est limité par les positions suivantes, voir (Figure 1.2):

- au Nord-Ouest, par les gisements de Ouargla (Guellela, Ben Kahla et HaoudBerkaoui)
- au Sud-Ouest, par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb
- au Sud-Est, par les gisements Rhourde El Baguel et Mesdar [1]

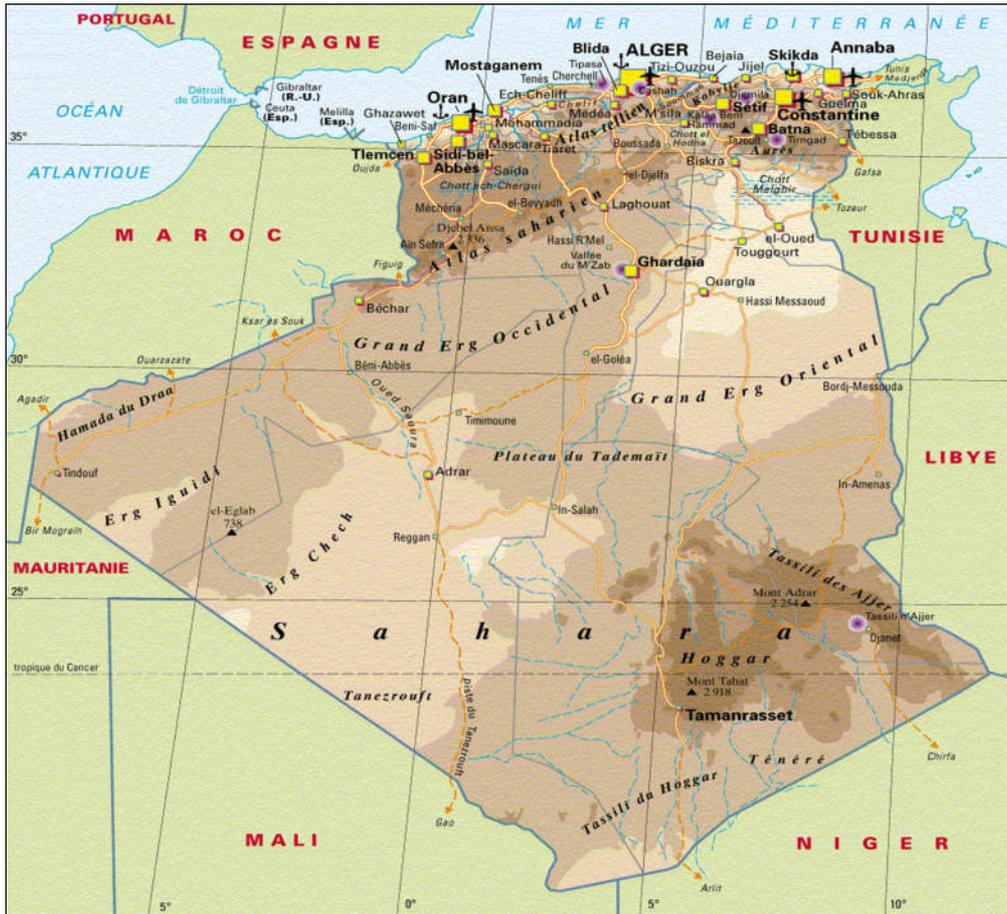


Figure 1.1. Situation géographique du champ de "Hassi Messaoud" [1]

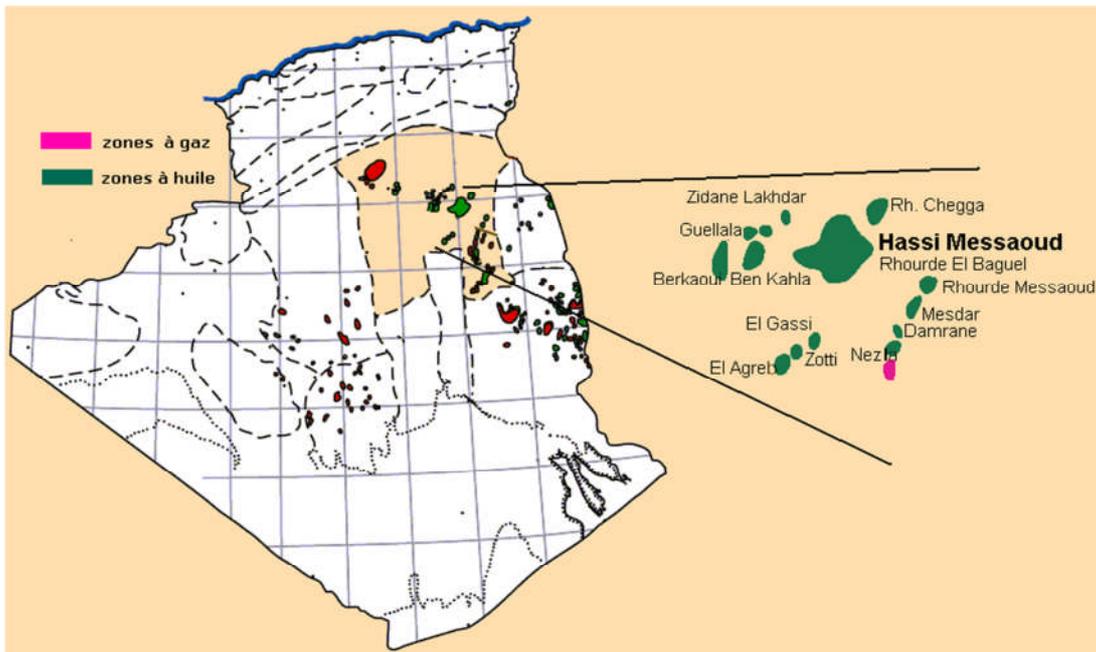
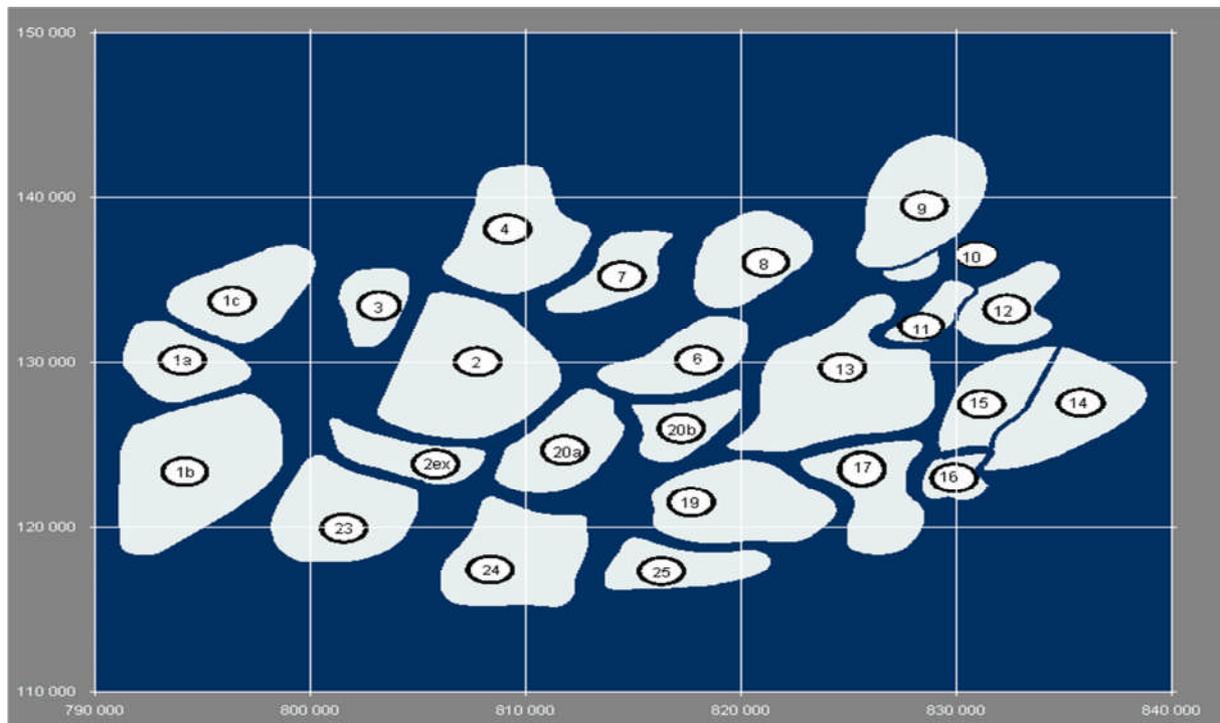


Figure 1.2. Répartition des zones pétrolifères et gazifières [1]

Le môle de Hassi Messaoud est le résultat d'une histoire paléotectonique assez compliquée, c'est le prolongement de la dorsale d'Amguid El Biod de plus de 800 km de long. Sa structure fait partie d'un ensemble de structures formant la province triasique « Nord Orientale ».

### 1.2.3 Zones et numérotation des puits

L'évolution des pressions des puits en fonction de la production a permis de subdiviser le gisement de Hassi Messaoud en (25) zones dites de production et d'extension variable. Ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux et non pas avec ceux des zones avoisinantes, et se comportant de la même manière du point de vue pression de gisement. Toutefois, il est important de souligner que le facteur de pression ne peut être le seul critère de caractérisation des zones (Figure.1.3).



**Figure 1.3.** Zones de production.

Le champ de Hassi Messaoud est divisé en deux parties distinctes qui sont : le champ Nord (ex CFPA) et le champ Sud (ex SN REPAL), ayant chacun sa propre numérotation.

- ✓ Champ Nord : une numérotation géographique complétée par une numérotation chronologique.
- ✓ Champ Sud : une numérotation chronologique complétée par une numérotation géographique basée sur des abscisses et des ordonnées,

### 1.3 Historique de l'entreprise

Le forage algérien est un produit de SONATRACH depuis l'année 1968. Keskassa1, étant le premier puits foré, et sa structure opérationnelle s'appelait « Direction des Services Pétroliers (DSP) » et disposait d'un parc de quatre appareils de forage.

- ✓ **En Juillet 1972** : DSP prend le nom de « Direction des Travaux Pétroliers (DTP) ».
- 1<sup>er</sup> Août 1981** : la Restructuration de SONATRACH au début des années 80, fait émerger **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. L'ENTP est devenue opérationnelle le premier janvier 1983.
- ✓ **Juin 1989** : la transformation du statut juridique de l'ENTP en société par actions.
- ✓ **30 Mars 1998**: l'ENTP fait partie du groupe services hydrocarbures (GSH). Ses actionnaires sont : Sonatrach (Holding SPP 51% et la société de gestion des participations des travaux énergétiques «TRAVEN» 49%).
- ✓ **04 Avril 2003** : l'ENTP a obtenu avec brio la certification ISO 9001-2000, pour l'ensemble de ses activités.
- ✓ **01 janvier 2005** : le transfert des actions détenus par la société de gestion des participations "TRAVEN" dissoute, vers la société de gestion des participations dénommée "INDJAB"
- ✓ **28 décembre 2005** : la cession à titre gratuit des actions détenues par la "SGP INDJAB" avec (49%) en faveur du Holding Sonatrach "SPP Spa". L'ENTP devient alors 100% Sonatrach.

Le siège social est situé à HASSI MESSAOUD, wilaya d'Ourgla, au Sud-Est d'Alger.

### 1.4 Mission de l'entreprise

Sa mission concerne les travaux aux puits, qui est l'exécution des forages de recherche et de développement sur les gisements d'hydrocarbures liquides ou gazeux; c'est aussi l'entretien des puits producteurs d'huile et de gaz (work-over) et accessoirement la réalisation des forages hydrauliques profonds.

Quelque soit le rang hiérarchique, le personnel de l'ENTP, grâce à sa qualité professionnelle et à sa motivation, a grandement contribué aux performances et aux succès de cette entreprise. C'est pour cette raison que l'ENTP est actuellement le premier « contracteur » de forage en Algérie. L'ENTP est devenue membre de l'IADC (International Association of Drillingcontractors) depuis 1993.

### **1.5 Système de Management QHSE**

ENTP a certifié son système de management intégré (QHSE), "Qualité-Santé-Sécurité et Environnement" le 30 mai 2005. La conformité aux exigences des référentiels suivants : [2]

#### **1.5.1 ISO 9001/ 2000 (Qualité)**

- ✓ C'est l'aptitude à fournir régulièrement un produit conforme aux exigences réglementaires.
- ✓ Accroître la satisfaction de ses clients par l'application efficace du système de forage, y compris les processus pour l'amélioration.

#### **1.5.2 ISO 14001/ 2004 (Environnement)**

- ✓ Elle s'applique aux aspects environnementaux que l'organisme (ENTP) a identifiée comme étant les moyens de maîtriser le forage et les moyens d'avoir une influence.
- ✓ Donner l'assurance aux parties intéressées (clients, partenaires, société civile, etc...). Un système approprié de management environnemental est mis en place dans le respect des exigences légales applicables.

#### **1.5.3 OHSAS 18001/2007 (Santé – Sécurité)**

Prévenir, voir éliminer les conditions et 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.

### **1.6 Politique QHSE de l'ENTP**

L'entreprise gère ses activités selon les principes du système intégré "QHSE" et s'engage pour les points suivants :

- Respecter la réglementation actuelle.
- S'améliorer continuellement en matière de QHSE.
- Appliquer et maintenir rigoureusement son système QHSE.
- Assurer une communication efficace avec les parties intéressées.
- Faire respecter et faire appliquer strictement la politique "QHSE" de l'ENTP par ses sous traitants.
- Améliorer son organisation et ses processus par une politique de prévention de non conformité et de résolution des dysfonctionnements.

## 1.7 Infrastructure

L'ENTP dispose plusieurs bases et ateliers à Hassi Messaoud et, de bases régionales à HassiR'mel, à In Amenas et à Tin FouyéTabankort. [3]

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

**Tableau 1.1** Bases de l'ENTP

SITES	ATELIERS	FONCTIONS
Base 20/8/55	9 (12 530 m <sup>2</sup> )	Maintenance du parc véhicules et engins
	14 (9 750 m <sup>2</sup> )	Maintenance des équipements de forage
	49 800 m <sup>2</sup>	Zone de stockage à l'air libre
Base 18/2/ 60	148 957 m <sup>2</sup>	Logistique work over
Unité Tubulaire	2170 m <sup>2</sup>	Traitement des équipements tubulaires

**Tableau 1.2** Sites occupés par l'ENTP

### 1.7.1 Parc des appareils de forage

L'ENTP dispose d'un parc de (58) appareils. Certains de ces appareils sont dotés des équipements modernes comme : "SCR, Top Drive, Wireless Net Work Communication". Le tableau 1.3 présente les différents types d'appareils disponibles.

MARQUE ET TYPE	PUISSANCE	NOMBRE
Oil Well 2000 E, National 1320 UE, Wirth 2000	2000 HP	9
Wirth 1200 E, Dreco 1200 E, Cabot 1200	1200 HP	11
Oil Well 840 E	1500 HP	12
National 80 UE	1000 HP	2
National 110 UE	1500 HP	4
Cabot 750	750 HP	5
Cabot 500	500 HP	3
National /Dreco 1250 E	1250 HP	2
National Oil Well Varco Ideal Ril	1500 HP	10

**Tableau 1.3** Appareils de l'ENTP

### 1.7.2 Transports

La division transport est assignée selon les points suivants :

- ✓ Déménagement des appareils et camps de forage.
- ✓ Livraison des équipements et consommables aux appareils de forage.
- ✓ Maintenance des véhicules et engins de l'entreprise.

L'entreprise dispose d'un matériel de transport classé selon le tableau 1.4 [3]

VEHICULE ET ENGIN	CAPACITE	NOMBRE	ACTIVITE
TracteurKenworth 953	40T	54	DTM
TracteurMarcadess 3863	20à30T	60	DTM et livraison
S R Elder + Leddel	30T	48	DTM
Porte engin	40T	09	DTM
Chariots élévateurs	14T	82	Chantiers de forage
Chariots élévateurs	<14T	24	Chantiers de forage
Grues	20à30T	08	DTM
Grues	35à40T	12	DTM et MAO chanter
Grues	50à55T	34	DTM
Mercedes frigo	10T	11	
Renault ME 160	----	25	
chargeur	30T	05	Chantiers de forage

**Tableau 1.4** Matériel de transport de l'entreprise ENTP

### 1.7.3 Moyens humains et organisationnels

L'effectif global de l'ENTP en 2014 compte plus de 6700agents dont 3774 sont des permanents. La gestion des ressources humaines enregistre un dynamisme défini par :

- ✓ Le redéploiement d'une partie des effectifs.
- ✓ La sélectivité objective et qualitative de recrutement du personnel.
- ✓ Le rajeunissement de l'effectif par le recrutement de (80) ingénieurs par année depuis 2002.

Dans le domaine de la formation, les besoins sont identifiés et analysés pour concevoir une formation adaptée aux besoins exigés. Parmi les grands axes de la formation élaborée pour l'exercice 2003, figurent des programmes spécifiques pour la "QHSE" (Qualité, Hygiène, Sécurité, et Environnement), la GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur) et le PDI (Plan de Développement Informatique).

## **1.8 Système de gestion de l'entreprise**

Le conseil d'administration est formé du président directeur général de l'E.N.T.P et quatre directeurs généraux adjoints (opérateur, logistique, développement et gestion), qui contribuent à la gestion de l'entreprise.

### **1.8.1 Les directions de l'entreprise**

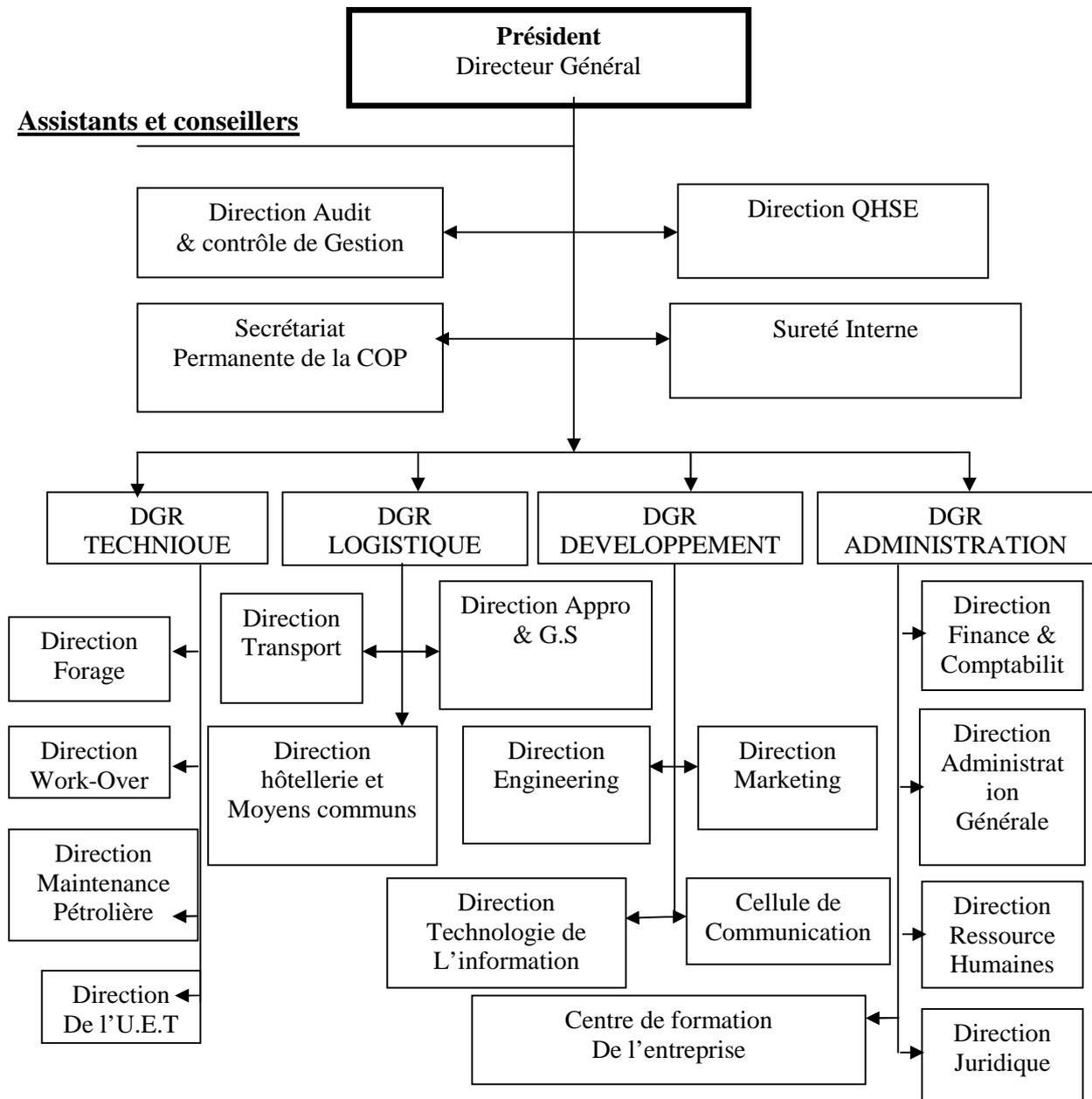
- Direction forage.
- Direction de work over.
- Direction de transport.
- Direction hôtellerie.
- Direction maintenance.
- Direction achat et gestion des stocks.
- Direction contrôle gestion.
- Direction H.S.E.
- Direction sécurité industrielle.
- Direction finance et comptabilité.
- Direction planification et contrôle de gestion.
- Direction marketing et contrat.

### **1.8.2 Modernisation de l'organisation et de la gestion**

Mise en place d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), et la généralisation du système (V.SAT) de télécommunication par satellite, à l'ensemble des chantiers de forage.

**1.9 Organigramme de l'ENTP**

L'organigramme de l'entreprise se présente selon la forme définie par la (Figure 1.4)



**Figure 1.4.** Organigramme de l'entreprise [2]

**1.9.1 Fonctions des directions**

Le forage assure contractuellement l'activité d'exploitation des puits pour le compte des clients, cela en mettant à sa disposition les moyens humains et matériels nécessaires (appareils de forage, personnel,...).

**✓ Direction work over**

Assure, contractuellement, l'activité d'entretien des puits pour le compte du client, cela en mettant à sa disposition les moyens humains et matériels nécessaires (appareils de forage, personnel,...).

**✓ Direction engineering**

Cette fonction est responsable du développement et de la mise en service des nouveaux équipements et moyens de production.

**✓ Direction maintenance pétrolier**

Cette fonction est chargée de la maintenance et de la rénovation de l'ensemble du matériel équipant les appareils de forage, y compris les équipements tubulaires.

**✓ Direction transport**

Cette fonction est responsable du transport, de livraison du matériel de forage par des moyens appropriés (grues, chariots élévateurs, véhicules spéciaux,...), de transport des personnes, de la maintenance et de la rénovation des véhicules et les engins.

**✓ Direction approvisionnement et gestion des stocks**

Cette fonction réalise les achats en consommables, pièces de rechange et des matériels d'investissements pour les structures de l'entreprise, elle gère l'investissement et les stocks des magasins dont elle responsable.

**✓ Direction ressources humaines**

Cette fonction est responsable du recrutement, de la formation et la gestion du personnel, de la bonne application de la législation de travail et de la relation avec les organismes extérieurs officiels

**✓ Direction formation**

Cette fonction assure, selon les conditions requises la réalisation et le suivi des plans de formation.

**✓ Direction business développement**

Cette fonction est responsable des études des marchés, des orientations du développement de nouvelles prestations ou de nouveaux créneaux, des opérations de soumission et de suivi de contrats de prestation devant être réalisés par l'entreprise.

**✓ Direction finances et comptabilité**

Cette fonction est responsable de la gestion, de la disposition des structures de l'entreprise, des moyens financiers nécessaires à leurs activités en accord avec les objectifs fixés.

**✓ Direction planification et control de gestion**

Cette fonction est responsable de l'établissement et de suivi du budget de l'entreprise, de la réalisation des études économiques et de la mise en place des schémas d'organisation.

**✓ Direction qualité-hygiène-sécurité-environnement**

Cette fonction est responsable du fonctionnement et de la gestion du système de management "QHSE" dont elle assure la conformité avec la réglementation. Pour ce faire, la direction dispose d'un département qui s'assure de la conformité du déroulement des opérations de l'entreprise aux dispositions et règles du SM HSE, d'un Dpt sécurité industrielle qui assure la protection du personnel et du patrimoine, d'un Dpt SM QHSE qui assure la gestion des éléments nécessaire au fonctionnement et l'amélioration du système de management Q et HSE.

**1.10 Plan d'intervention du chantier TP127 [1]**

Le plan de situation n'est pas définitif, il peut être changé à chaque nouvelle reconnaissance de la plate forme (DTM), (Figure 1.5).

- N°/DHSE/QHSE/2014
- Appareil : TP127 (Figure 1.6).
- Client : SONATRACH
- Puits de départ : HASSI MESSAOUD
- Date : 06/01/2014
- Distance à HASSI MESSAOUD : 28 KM

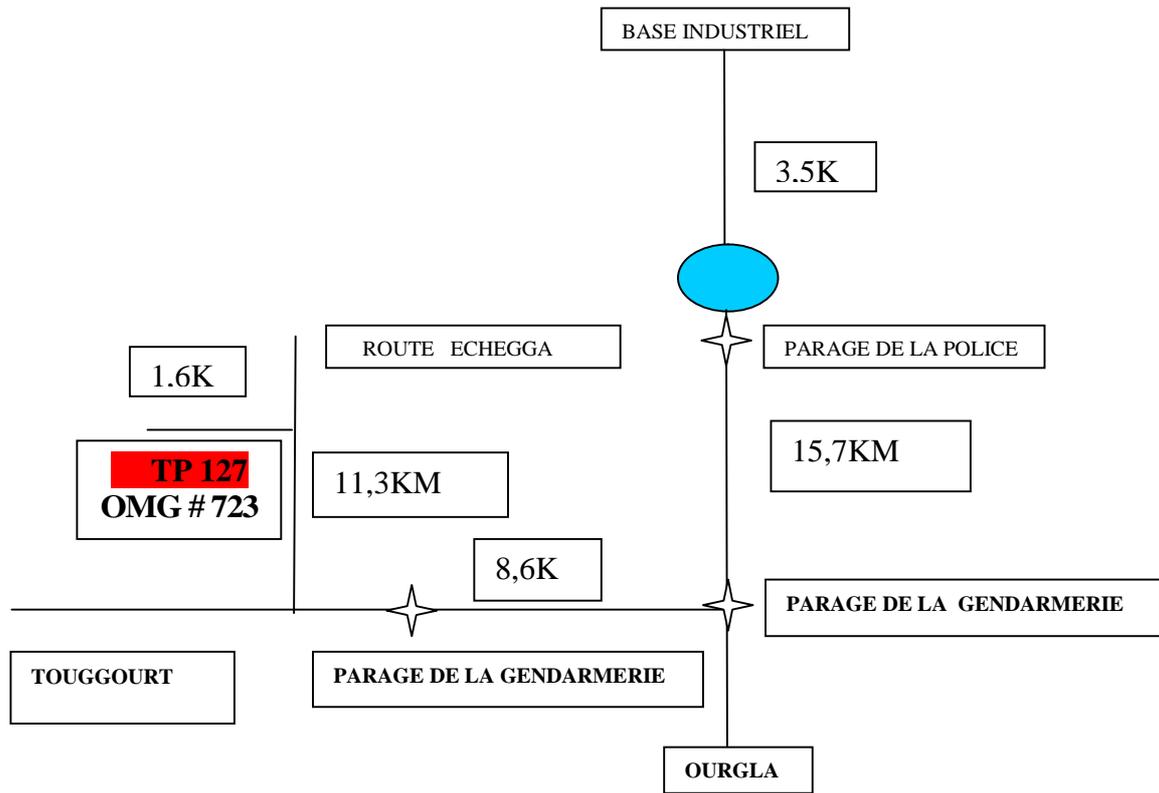


Figure 1.5. Plan de situation



Figure 1.6. Station TP127



## 1.11 Spécifications des appareils : Caractéristiques des appareils de la station TP127

### Mat

Basic mast: LEE-C-MOORE  
 Serial: T-3528  
 Static hook load capacity: 1025000 lbs  
 Max wind speed w/pipe racked: 100 Knots

### Substructure

Manufactured: LEE-C-MOORE  
 Serial: 54C338 54C339  
 Max rotary load of set back: 700.000 lbs  
 Maxi pipe set back load of rotary load: 400.000 lbs

### Treuil

Manufactured : NATIONAL  
 Type : 110-UE  
 Puissance : 1500 HP  
 Tambour : 27" x 49 ¼  
 Range (profondeur max de forage) : 16000 Ft

### Capacité statique au crochet

En 08 brins	→	333	tonnes
En 10 brins	→	416	tonnes
En 12 brins	→	500	tonnes

### Moufle fixe

Manufactured: OIL WELL  
 Max rated static hook load: 760 tonnes

### Moufle mobile

Manufactured: OIL WELL  
 Capacité: 650 tonnes  
 Nombre de poulies : 06

### Crochet

Manufactured : VARCO BJ  
 Type : DYNAPLEX 5500  
 Capacité : 500 tonnes

### Cable de forage

Diamètre : 1 3/8 – 6 x 19 IWRC – EIPS  
 Charge de rupture effective : 87108 Kg F/brin-  
 192000 lbs

### Table de rotation

Manufactured: NATIONAL  
 Serial: C275  
 Static load rating : 500 tonnes  
 Max table speed: 400 RPM  
 Opening: 27 ½

### Tête d'injection

Manufactured: NATIONAL  
 Type : P-400  
 Capacité : 400 tonnes

### Pompe a boue

Nombre : 02  
 Manufactured: national  
 Type : 12P160  
 Puissance d'entree : 1600 HP

### Chemisage et pressions

7" ¼	pression max	3200 Psi
7"	pression max	3430 Psi
6" ½	pression max	3980 Psi
6"	pression max	4670 Psi

5" ½ pression max 5000 Psi

Modèle : 1500

**CAT engine model 3512** (number: 04)

KVA: 1288 – KW: 902 – Volt : 600 – RPM : 1200

**CAT ENGINE MODELE 3508** (number: 02)

KVA: 725 – KW: 580 – VOLT: 400

RPM: 1500 – Hz: 50 – AMP: 1046

**CAT engine model 3406 emergency**

KVA: 400 – KW: 320 – VOLT: 480

RPM : 1800 – Hz : 60

### Equipement de sécurité

Manufactured: ABB SEATEC.INC

Model: TC220 11BT3

Serial: 400 825 / 25709

Acc. Bottle capacity: 11 Gal

Acc. Bottle number: 22

Reservoir capacity: 280 Gal

### BOP

Annular 13 5/8 5000 Psi

Marque: HYDRIL

Type: GK

Latched head

Ram BOP 13 5/8 5000 Psi

Model : Double

Marque : CAMERON

Type: U

Coflexip hose 4 1/16 5000 w/ Hub connection

### Kile line valves

Manuelle : 2 1/16 5000 Psi

R – Check valve: 2 1/16 5000 Psi

### Chocke line valves

HCR : 4 1/16 5000 Psi

Manuelle : 4 1/16 5000 Psi

### Manifold porte duses

Manufactured: CAMERON

P. pressure: 10000 Psi

Duse manuelle 4 1/16 10000 Psi w/ H2 – 2"

Hydraulicchocke : SUPERIOR 4 1/16 10000 Psi

### Vanes de circuit

Manufactured: CAMERON

4 1/16 10000 Psi → number: 11

4 1/16 5000 Psi → number: 03

### Mud tanks

Mud tank N°1 (sand trap & desander  
 comportement) capacity: 47 m<sup>3</sup>

Mud tank N°2 (pill, suction & M/Cleaner  
 comportement) capacity: 82 m<sup>3</sup>

Mud tank N°3 (mixing & reserve tank#1) capacity:  
 74 m<sup>3</sup>

Mud tank N°4 (reserve tank#2) capacity: 74 m<sup>3</sup>

Mud tank N°5 (reserve tank#3) capacity: 74 m<sup>3</sup>

### Mud agitators

Manufactured: BRANDT

Type: MA-15

Number: 10 (08-20HP, ET

# **Généralités sur les Appareils de Forage**

## CHAPITRE 2 GÉNÉRALITÉS SUR LES APPAREILS DE FORAGE

### 2.1 Introduction

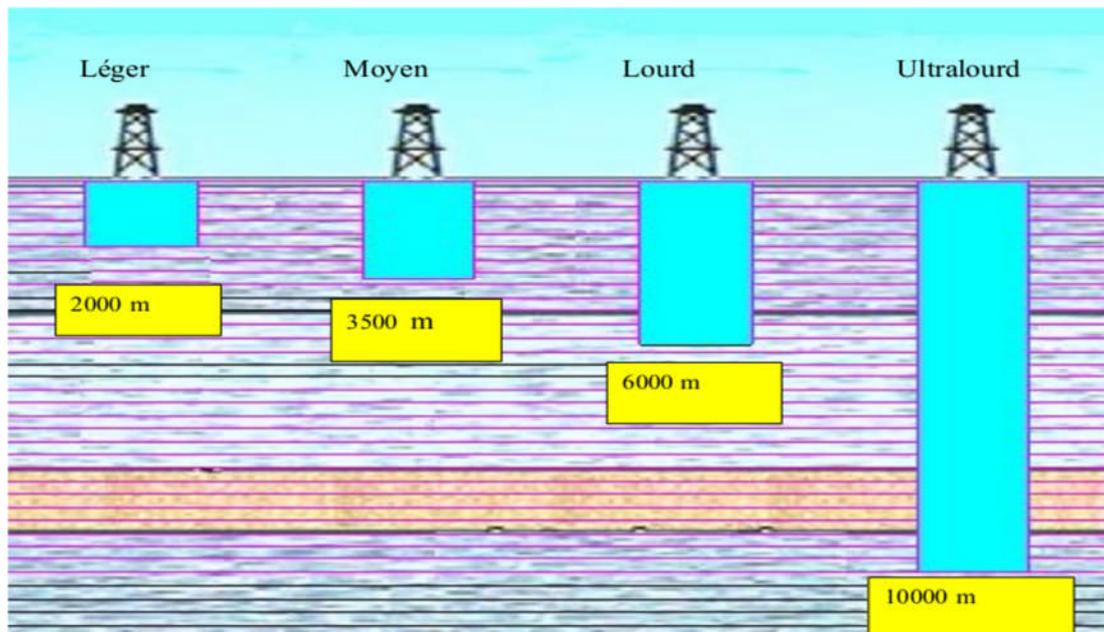
Le forage pétrolier est un domaine de travail très difficile et compliqué, à cause de la diversité des opérations et la complexité du matériel utilisé.

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.

### 2.2 Classification des appareils de forage

La classification des appareils de forage se fait en première approche par la capacité de profondeur de forage maximale (figure 2.1). Les appareils de forage peuvent être classés comme suit :

- ✓ Appareils léger
- ✓ Appareils moyen
- ✓ Appareils lourd
- ✓ Appareils ultra lourd



**Figure 2.1.** Classification des appareils de forage [4]

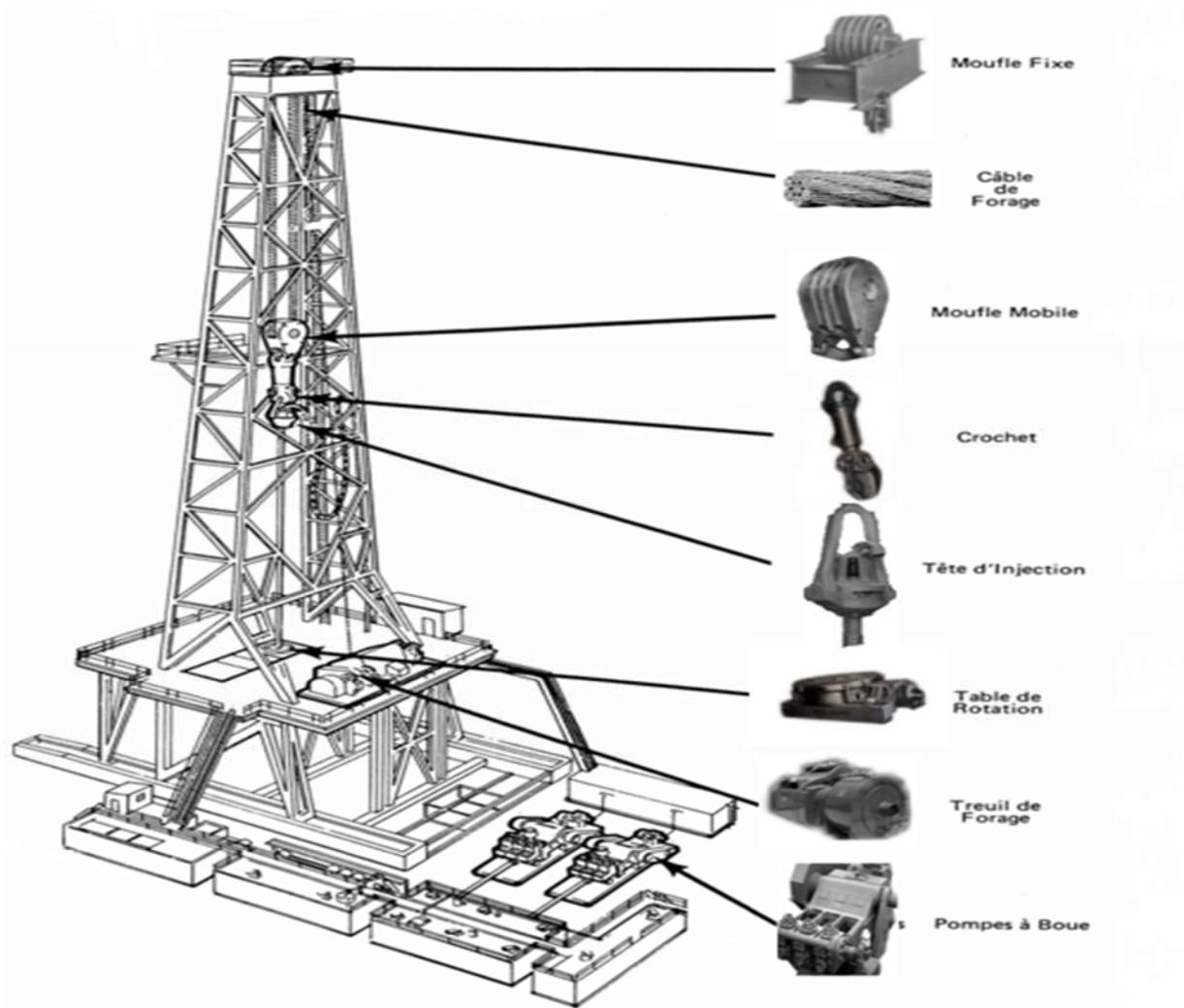
Ces performances de profondeur se traduisent par un poids au crochet de levage compte tenu des poids des garnitures. En prenant en compte les temps de manœuvre, on peut évaluer la puissance maximale que devra développer le treuil de forage.

La puissance du treuil est donc une caractéristique primordiale pour déterminer un appareil de forage (10 HP de puissance au treuil pour chaque 100 pied de forage). Pour les catégories d'appareils cités précédemment, on peut les classer selon la puissance de levage.

- ✓ Appareil léger : 4921' – 6561' (1500–2000 m) 650HP
- ✓ Appareil moyen : 11482' (3500 m) 1300HP
- ✓ Appareil lourd : 19685' (6000 m) 2000HP
- ✓ Appareil super lourd : 26246' – 32805' (8000 – 10000 m) 3000HP

### 2.3 Description [3]

L'appareil de forage est constitué d'un ensemble d'équipements, des techniques opératoires et un personnel très qualifié. La (figure 2. 2) montre les différents organes constituant un appareil de forage standard.



**Figure 2.2.** Description simplifiée d'un appareil de forage [5]

## 2.4 Fonction levage

Cette fonction sert à assurer les manœuvres de descente et de remontée. Elle est principalement composée des éléments suivants :

### 2.4.1 Structure de la tourde forage

Il existe trois grandes catégories de structures : la tour, le mât et le mât haubané monté sur une remorque, ces structures ont des caractéristiques techniques spécifiques qui ont un rôle commun pendant le forage.

#### a) La tour

C'est la plus ancienne forme qui dérive de la tour construite en bois. Elle est en forme de pyramide très pointue, dont les quatre pieds s'appuient sur les sommets d'un carré, cette surface sera le plancher de travail.

#### b) Le mât

Le mât est une structure en forme de A très pointu. Il a la particularité d'être articulé à sa base ce qui lui permet d'être assemblé ou démonté horizontalement puis relevé en position verticale en utilisant le treuil de forage et un câble de relevage spécial.

#### c) Le mât haubané monté sur remorque

C'est le domaine des appareils légers et des appareils spécialisés dans le work-over

#### d) Substructures

Ces constructions répondent au besoin de surélévation du planché de forage pour laisser la place aux empilages de tête de puits ainsi que pour l'obturateur (BOP). Elles pouvant être indépendantes du mât de levage. La substructure comprend quatre supports métalliques principaux destinés à recevoir les quatre fers d'angle du mat et qui reposent sur le sol par des plaques métalliques. Ces quatre supports sont reliés entre eux par des fers horizontaux et des cornières entrecroisées.

## 2.4.2 Mécanique de levage

### 2.4.2.1 Treuil de forage (draw works)

C'est le cœur d'un appareil de forage. Sa capacité caractérise un appareil de forage et indique la classe de profondeur des forages que l'on pourra effectuer. Il doit assurer :

- Le levage de la garniture de forage et du tubage.
- Sur certains appareils, il assure l'entraînement de la table de rotation par l'intermédiaire de cardans ou de chaînes de pignons.
- L'entraînement d'un arbre secondaire permettant de dévisser et visser les tiges et les tubages (cabestan).
- Le déplacement de lourdes charges à de grandes vitesses.

Un treuil de forage est caractérisé par sa puissance maximale de levage. [4]



**Figure 2.3.** Treuil de forage TP 127 [1]

### a) Tambour de manœuvre

Le tambour de manœuvre peut être lisse ou cannelé (Figure 2.4).

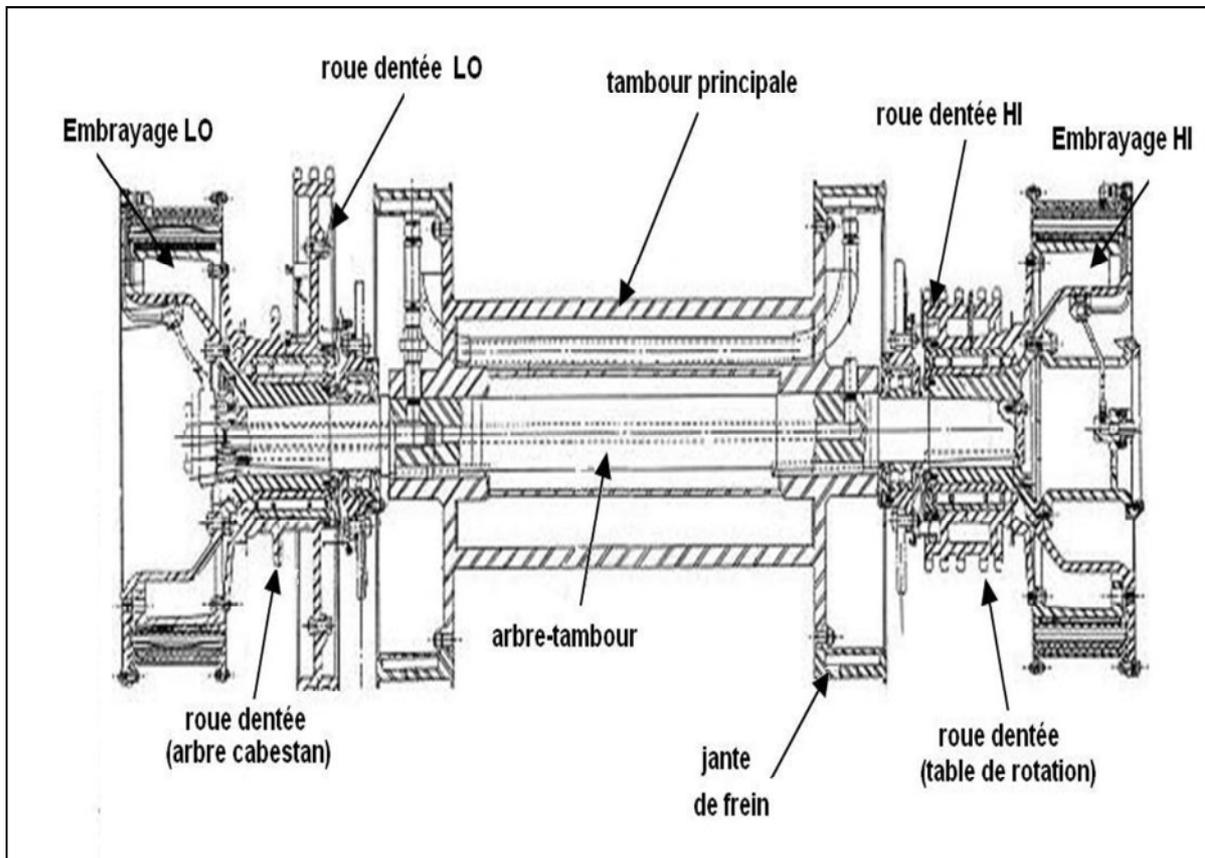


Figure 2.4. Schéma de l'arbre du tambour [3]

Les tambours cannelés permettent un enroulement correct, ce qui réduit le risque d'écrasement du câble si la charge est trop importante. Le diamètre d'un tambour doit être égal au moins à 20 fois le diamètre du câble et la longueur minimale du fût d'un tambour ne doit pas permettre au brin actif un angle de déflexion supérieur à  $1^{\circ}30'$ .

### b) Frein mécanique à bandes

Un frein à deux bandes est schématisé sur la (figure 2.5). Les bandes (1) embrassent les jantes (2) du tambour dans les limites comprises entre  $270^{\circ}$  et  $330^{\circ}$ , elles sont liées par l'un de leurs bouts à la barre d'équilibrage (7) à l'aide du boulon (5) et par l'autre bout, à la manivelle (3) de petit arbre de frein (4). La barre d'équilibrage sert pour distribuer régulièrement l'effort entre les bandes.

Les bandes de freins portent du côté intérieur des sabots en matériau de friction qui adhèrent aux jantes de frein.

L'arbre de frein porte à gauche le levier de frein (8).

Les bouts des bandes attachés aux barres d'équilibrage restent fixes pendant le freinage. Les bouts attachés à la manivelle de l'arbre de frein sont tendus lorsqu'on actionne le levier, alors que les patins serrés contre les jantes freinent le tambour.

Les jantes de frein doivent être refroidies à l'eau pour éviter les surchauffes pendant la descente du train de tiges lors du freinage.

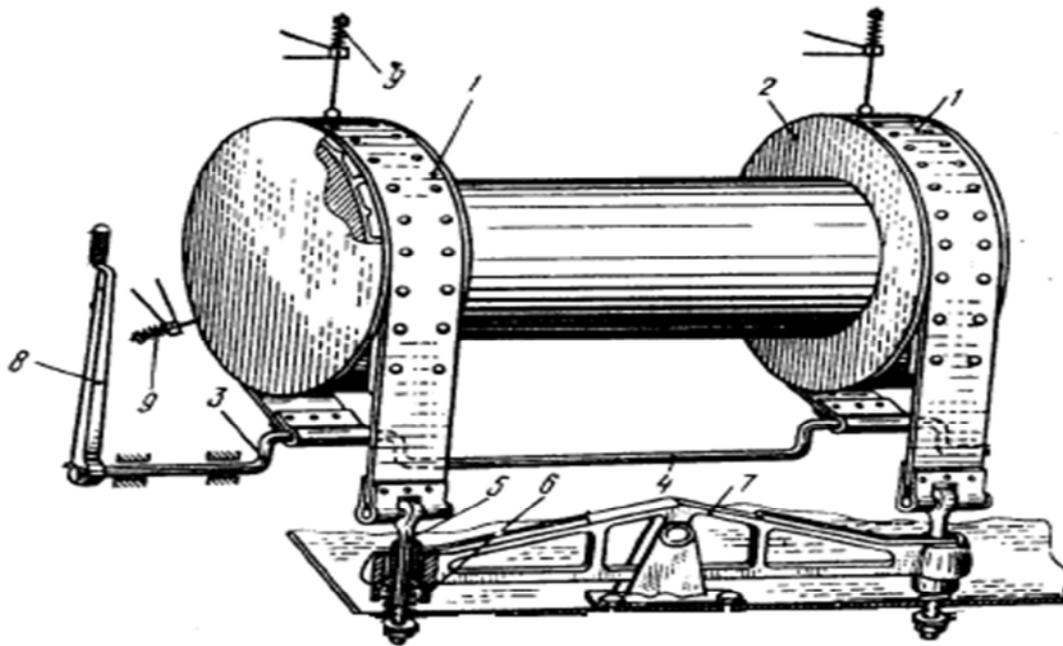


Figure 2.5. Schéma de système de frein à bandes [1]

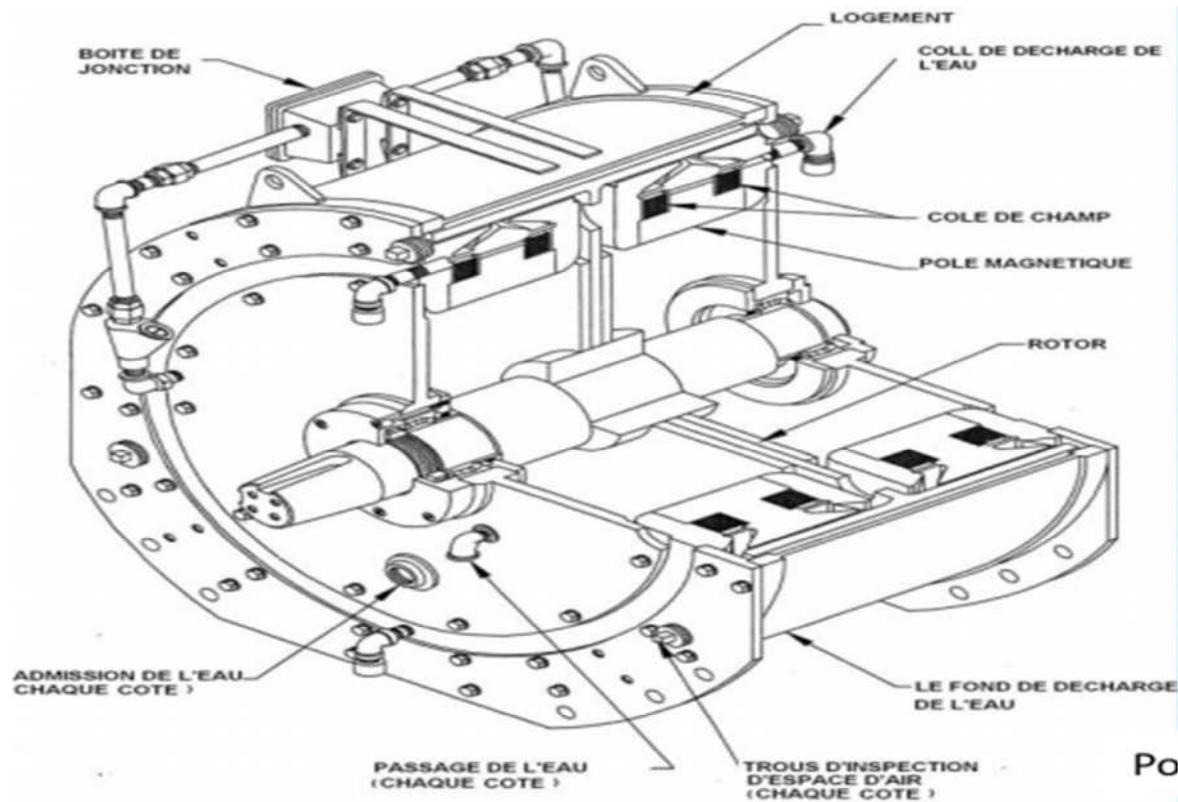
1- Bande de frein ; 2- Jante de frein ; 3- Manivelle assurant la tension de la bande ; 4- Petit arbre de frein ; 5- Boulon de fixation du bout fixe de la bande ; 6- Douille ; 7- Barre d'équilibrage ; 8- Levier de frein ; 9- Ressort de rappel

### c) Freins auxiliaires (électromagnétique)

Le frein auxiliaire électromagnétique a pour rôle de freiner progressivement le tambour de manœuvre pendant la descente de la garniture de forage du à son poids, du tubage ou la descente du mat. Le frein auxiliaire est monté sur le même skid du treuil, sa liaison avec l'arbre du tambour est obtenue par un clabot à dentures. Le principe de fonctionnement du frein électromagnétique est le suivant :

- lorsqu'un courant électrique traverse une bobine, celle-ci forme un aimant et crée un champ magnétique.
- Le rotor en rotation traversant ce champ magnétique crée des courants de Foucault, qui développent des lignes de force qui attirent le rotor pour le forcer à ralentir progressivement jusqu'à faciliter le freinage avec le frein à bandes.

Le frein auxiliaire doit être refroidit par un débit d'eau d'aspiration égal à celui de retour pour assurer un bon refroidissement et maintenir la température d'eau pour éviter la formation des vapeurs dans le frein. L'eau de refroidissement doit être traitée car l'eau salée contenant du calcaire provoque une cavitation et la restriction entre le rotor et le stator.



**Figure 2.6.** Frein électromagnétique [3]

#### d) Cabestans

Situés de part et d'autre du tambour de curage, les cabestans servent au blocage, déblocage, vissage et dévissage de la garniture de forage, et à la manutention des charges sur le plancher.

e) Boite à vitesses

Elle peut être indépendante sur certains appareils de grande puissance, mais en général, elle est intégrée au treuil et est constituée de deux arbres dont les paliers de roulement sont fixés sur le châssis même du treuil, voir (figure 2.7).

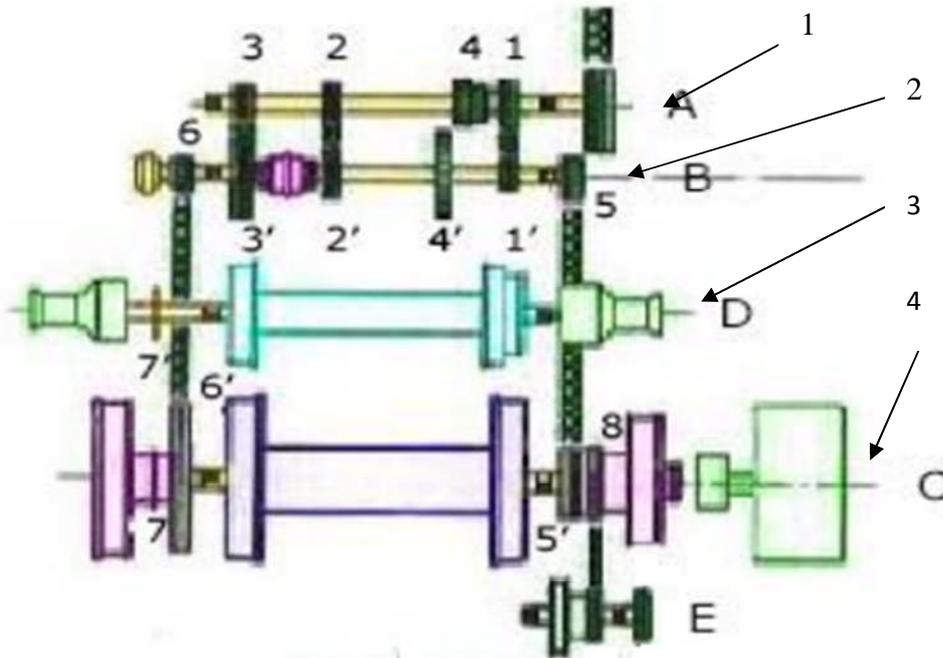


Figure 2.7. Chaine de transmission [6]

1 - L'arbre d'entrée ; 2 - L'arbre de sortie ; 3- L'arbre secondaire ; 4- L'arbre tambour

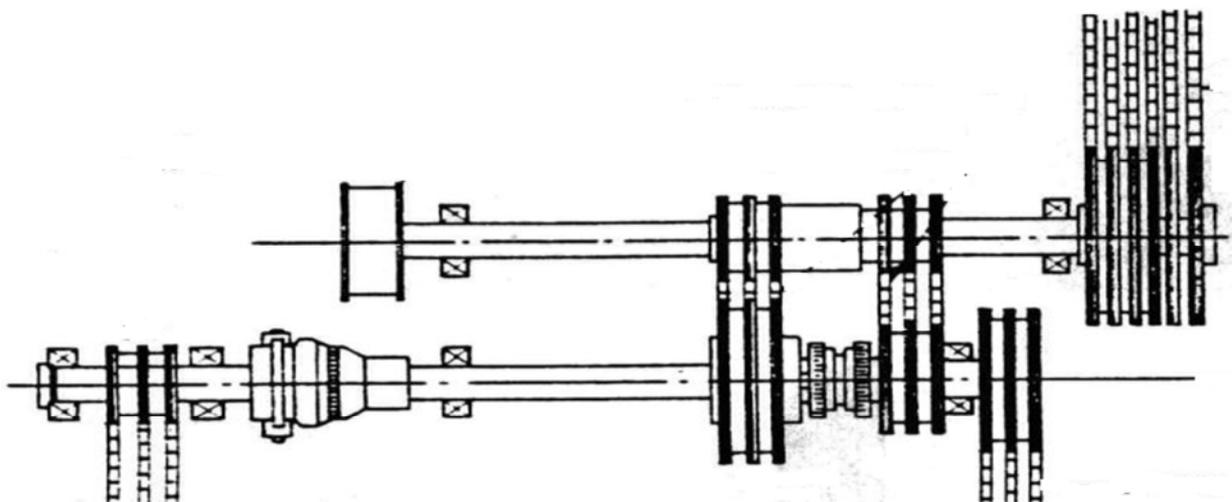


Figure 2.8. Schéma simplifié de la boite à vitesses [3]

### f) Embrayages pneumatiques

Les deux embrayages pneumatiques à disque sont placés sur l'arbre secondaire pour entraîner les poupées de vissage et dévissage des tiges de forage.

### g) Refroidissement des jantes de frein

Une pompe centrifuge aspire de l'eau traitée du bac de refroidissement et la refoule vers la jante (coté bas) puis vers la jante (coté haut) pour les refroidir. L'eau sort du coté haut (dans certains treuils l'eau sort du coté low c.-à-d. l'entrée et la sortie sur le même coté) et faire le retour vers le bac, voir (figure 2.9)

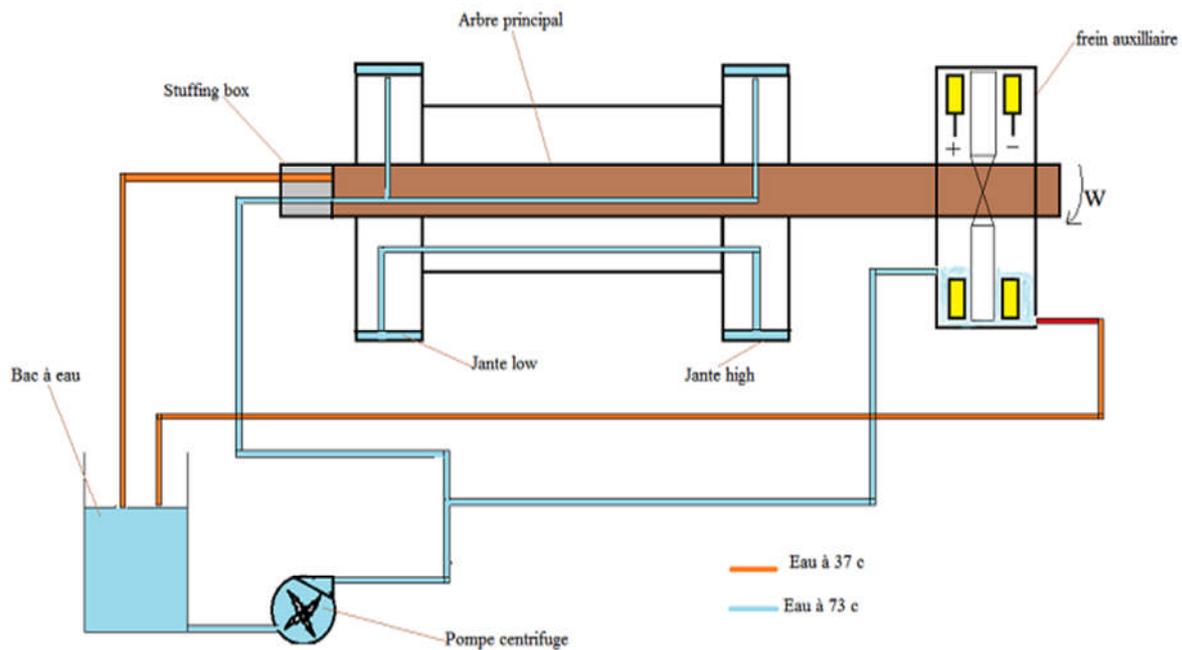


Figure 2.9. Circuit de refroidissement [3]

### h) Circuit pneumatique

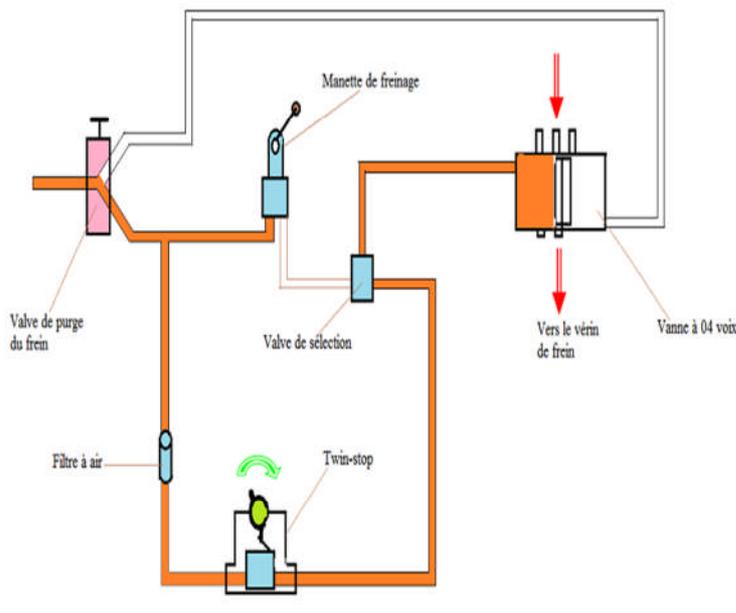
Dans le treuil, on a besoin de l'air comprimé pour faire actionner les embrayages du tambour, les embrayages des poupées, les vérins pneumatique utilisés pour le freinage de secours, le vérin pneumatique utilisé pour le changement des vitesses des transmissions (pour certains treuils) et le frein d'inertie. Pour cela, on alimente le pupitre de commande du treuil par l'air comprimé à travers un filtre, un régulateur et un huileur.

Pour actionner un des composants du treuil, on utilise des manettes pour envoyer l'air comprimé à l'intérieur du composant pour le faire fonctionner et si on lâche la manette, l'air sera échappé par une soupape à décharge rapide. En générale, le circuit pneumatique du treuil comprend les composants suivants : un filtre, un régulateur, un huileur , une vanne à trois

voies, des manettes de commande, des vannes à relais, des soupapes à décharge rapide, un système de sécurité (crown and floor saver système , twin stop, manette de sécurité).

### i) Système (Twin stop)

Le système twin stop est conçu pour protéger à la fois les moufles et le plancher, en engageant automatiquement le frein de treuil à des points pré-réglés dans un sens ou dans l'autre. Le twin stop est mené par chaîne à partie de l'arbre d'entraînement principal du tambour du treuil. Au fur et à mesure que le pignon de twin stop se trouve tourner par le mouvement de treuil de forage, l'arbre de sortie du réducteur de vitesses de twin stop tourne moins d'un tour complet durant un trajet complet du moufle mobile vers le haut ou vers le bas du mat de forage. L'arbre de sortie fait tourner le disque de came jusqu'à ce que l'épaule de la came engage le bras de commande de la soupape pilote jouant le rôle de galet de came. Celui actionne à son tour la soupape pilote, déclenchant ainsi la soupape de commande à quatre voies qui coupe l'air d'alimentation des embrayages, et dirige l'air vers le cylindre pneumatique de freinage pour arrêter le moufle mobile. Lorsque le treuil tourne en sens inverse, le twin stop fait la même opération. Le réglage des points de butée supérieur et inférieur du treuil s'effectue rapidement et aisément en desserrant deux vis et en repoussant la butée de came.



**Figure 2.10.** Circuit d'air du système (Twin-stop) [3]

### 2.4.2.2 Mouflage

Le système de mouflage comprend essentiellement le moufle fixe, le moufle mobile et le câble de forage. Le schéma (figure 2.11) représente l'ensemble du chemin du câble de forage et les différents composants qui le constituent.

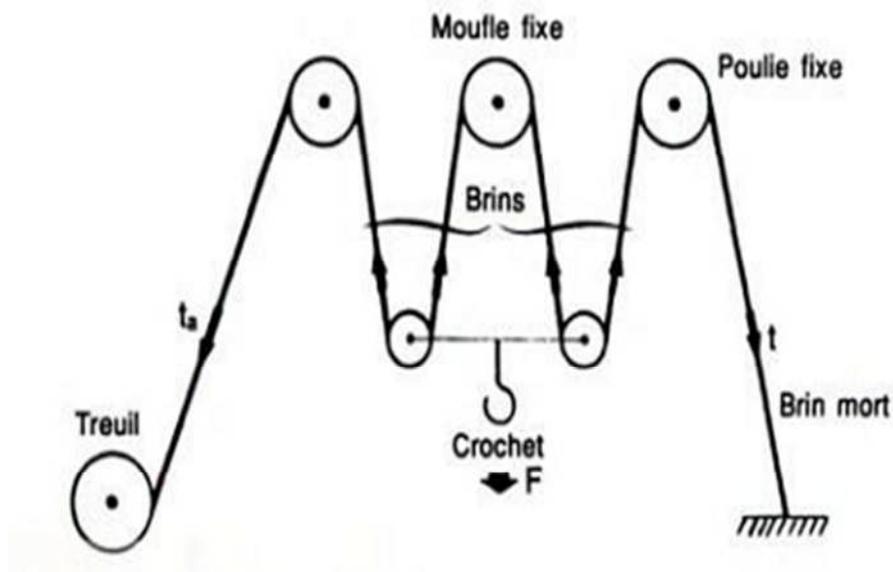


Figure 2.11. Schéma du mouflage [8]

#### a) Moufle fixe

Il est composé d'une série de poulies montées généralement sur un même axe. Ces poulies sont montées folles, c'est-à-dire qu'elles peuvent tourner librement et indépendamment autour de cet axe.

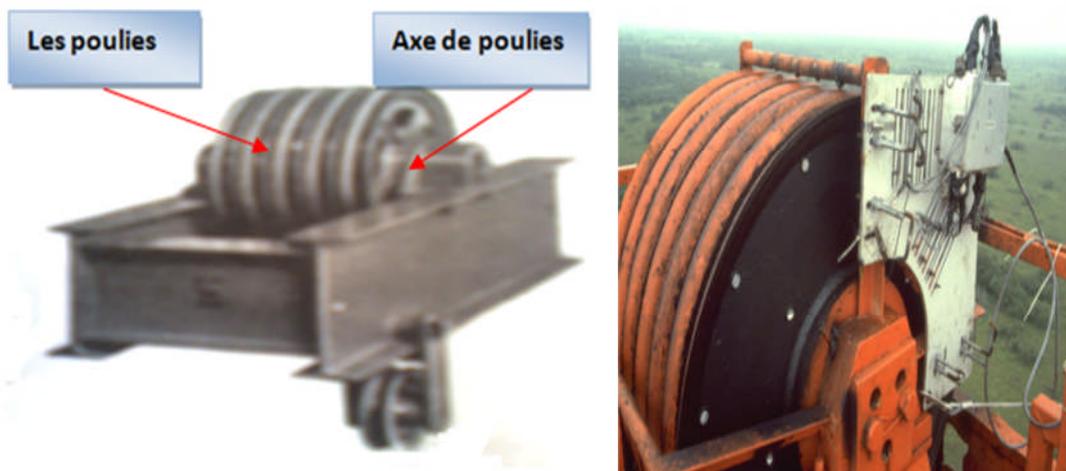


Figure 2.12. Moufle fixe

### a) Moufle mobile

Il est composé également d'une série de poulies montées en parallèle et folle sur un même axe. Le nombre de poulie est égale la moitié du nombre de brins.



Figure 2.13. Moufle mobile

### b) Câble de forage

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier mais dont l'âme peut par fois être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons, chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier.

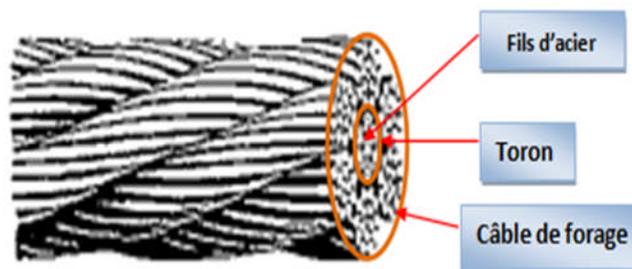


Figure 2.14. Câble de forage

### c) Crochet de levage

Se trouve suspendu directement au moufle mobile. Un système de roulement à billes permet la rotation du crochet autour de son axe sans entrainer celle du moufle mobile. Cette rotation est néanmoins limitée en partie par un système de verrouillage. Un ressort puissant permet à chaque opération de dévissage des éléments de train de sonde un dégagement vers le haut de la partie supérieure, ce qui évite la détérioration de filetage.

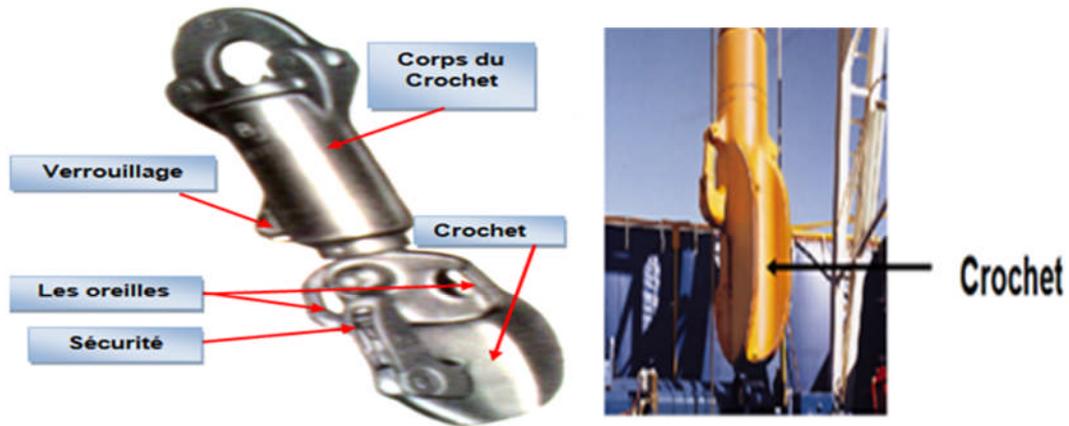


Figure 2.15. Crochet de levage

### 2.4.2.3 Outils de plancher

#### a) Elévateurs

Sont des élévateurs à butée, le tool-joint venant buter sur la partie supérieure de l'élévateur lorsque celui-ci soulève un élément de train de tige.

#### b) Coins de retenue

Sont destinés à maintenir le train de sonde suspendu à la table de rotation pendant le dévissage de chaque longueur.

#### c) Clés de serrage à mâchoires

Les clés sont au nombre de deux. Elles sont destinées à bloquer le filetage des joints après chaque vissage ou les débloquer avant chaque dévissage.

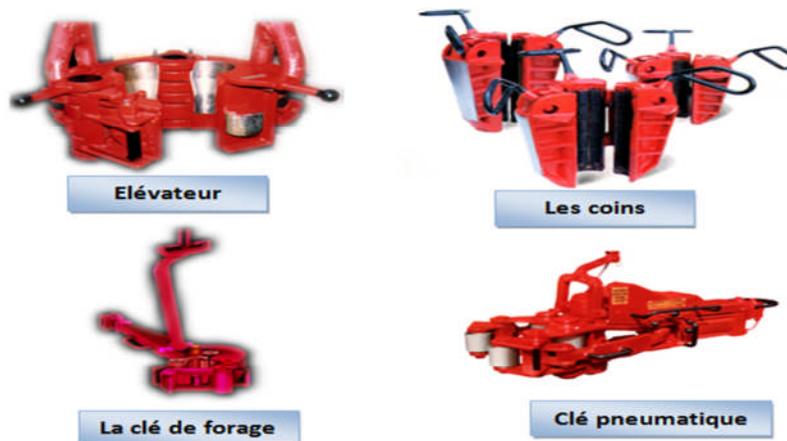


Figure 2.16. Matériels annexes de levage

## 2.5 Fonction rotation [5]

### 2.5.1 Table de rotation

Les tables de rotations sont destinées à l'entraînement d'une colonne de forage suspendue verticalement ou bien à la réception du couple moteur à réaction de la colonne, créée par le moteur d'attaque. Une table de rotation se compose d'un bâti fixe supportant une partie mobile intérieure reposant sur la partie fixe par l'intermédiaire d'un roulement à billes principal.

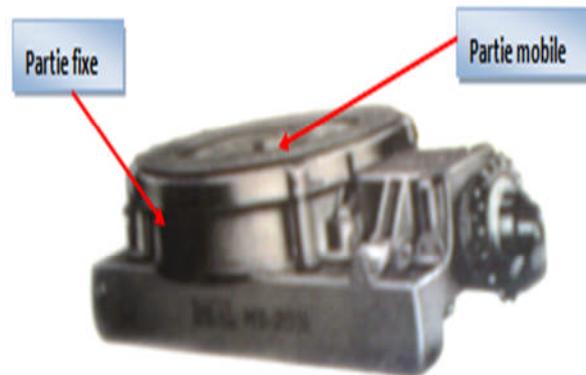


Figure 2.17. Table de rotation

### 2.5.2 Tête d'injection

La tête d'injection représente un mécanisme qui relie le mouflage non tournant à la partie qui tourne au cours de forage ; donc elle appartient autant à l'outillage de circulation de boue qu'à l'outillage de rotation, en effet la tête d'injection joue un double rôle :

- Permet la circulation de la boue jusqu'au trépan, animé d'un mouvement de rotation.
- Supporte le poids de la garniture pendant le forage. [5]



Figure 2.18. Tête d'injection

## 2.6 Fonction pompage

### 2.6.1 Pompes de forage

Ces sont des pompes alternatives à pistons, le mouvement alternatif des pistons étant produit par le système classique de la bielle et d'un vilebrequin. Ces pompes de principe volumétriques, qui doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.



**Figure 2.19.** Pompes de forage TP 127

#### 2.6.1.1 Matériels annexes de la fonction pompage

Il existe des équipements supplémentaire, mais que l'on ne rencontre pas obligatoirement sur toutes les sondes :

- ✓ Une colonne montante dans le derrick maintenu en suspension, et en dehors de l'aire de travail de plancher.
- ✓ Le flexible de refoulement et permet le mouvement vertical de la garniture de forage sur près de deux fois la longueur du flexible.
- ✓ Un tube dégueuloir monté entre la tête de puits et le bassin à boue constitue un montage plus soigné qu'une goulotte.
- ✓ Des pompes centrifuges.

## 2.7 Fonction motrice et transmission

### 2.7.1 Sources d'énergie

Depuis longtemps. La machine à vapeur a été remplacée par le moteur diesel comme source initiale d'énergie, mais on peut rencontrer également sur des plates formes de production. L'utilisation de puissance fournie par des turbines à gaz et même parfois le raccordement du chantier de forage au réseau de distribution électrique ; mais même si ce système présente des avantages majeurs tels qu'une énergie peu coûteuse, silencieuse, il

modifie le caractère autonome du chantier de forage ce qui dans beaucoup de cas est rédhibitoire. D'autant plus que le mode de fonctionnement procure des appels de puissance dont la répercussion sur le réseau de distribution n'est pas acceptable.

## 2.7.2 Systèmes de transmissions de puissance

### 2.7.2.1 Transmission mécanique

Plusieurs moteurs diesels travaillent en parallèle grâce à leur interconnexion par un système de chaînes et d'embrayage compound. Les diesels sont équipés de convertisseurs de couple. Le chef de post doit gérer l'affectation des moteurs en fonction de ses besoins : en forage, un ou deux moteurs pour le pompage, un moteur pour la transmission de la table de rotation, et sa manœuvre. Tous les moteurs peuvent être utilisés sur le treuil de levage [9]

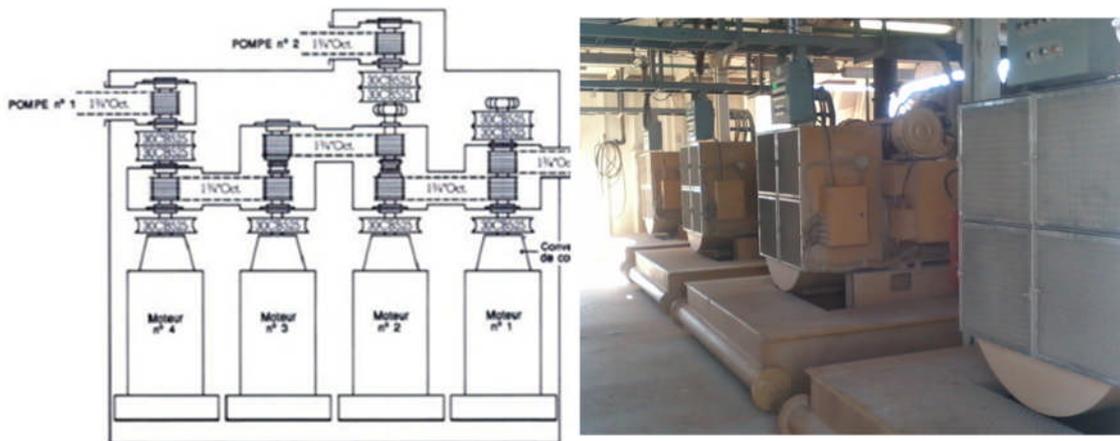


Figure 2.20. Transmission de la puissance diesel

### 2.7.2.2 Transmission électrique

Les appareils de forage utilisent le système pour la consommation d'énergie électrique qui est fournie par le moteur diesel et les génératrices, l'avènement des thyristors SCR à pour rôle le développement du système AC/DC [9]

## 2.8 Fonction de sécurité

### 2.8.1 Obturateurs de tête de puits

Ce sont des équipements qui permettent de fermer rapidement la garniture de forage. Leur pression de service doit être égale ou supérieure à la pression de service de l'ouvrage définie dans le programme de forage. Il va de soit que la garniture de forage doit elle-même pouvoir résister à une telle pression, tant à l'éclatement qu'à l'écrasement. En offshore flottant, il faut

prévoir des tiges de longueur aussi constante que possible et un lot de tiges courtes pour ajuster les garnitures.

### 2.8.2 Différents types d'obturateurs

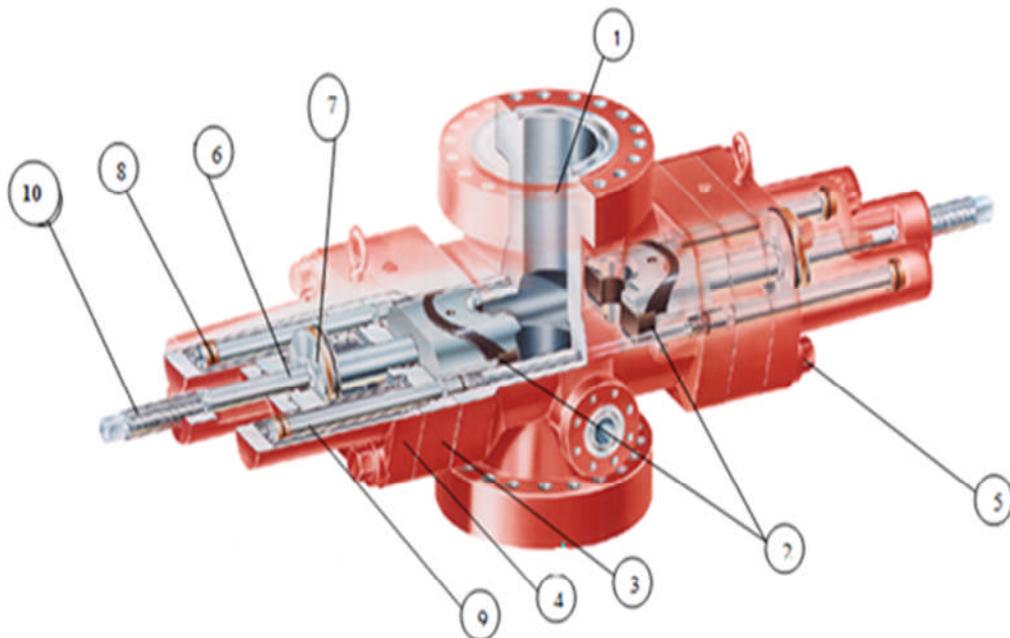
#### a) Obturateurs à mâchoires

Ces obturateurs ferment l'espace annulaire autour des tiges par le déplacement d'une paire de mâchoires (Figure 2.21).

- ✓ Garniture frontale.
- ✓ Garniture supérieure d'étanchéité.
- ✓ Block métallique.

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

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



**Figure 2.21.** Obturateur à mâchoires [10]

- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1- un alésage central         | 7- piston de manœuvre |
| 2- mâchoires (rams)           | 8- piston (open)      |
| 3- bride intermédiaire        | 9- piston (close)     |
| 4- bonnet                     | 10- vis de sécurité   |
| 5- goujons                    |                       |
| 6- tige de piston de manœuvre |                       |

### b) Obturateurs annulaires

Ces obturateurs emploient une membrane en caoutchouc synthétique, qui fait étanchéité sur différents diamètres de la garniture de forage. Elle peut même permettre de petits mouvements de translation et rotation, et fermer complètement le trou s'il est vide (Figure 2.22).

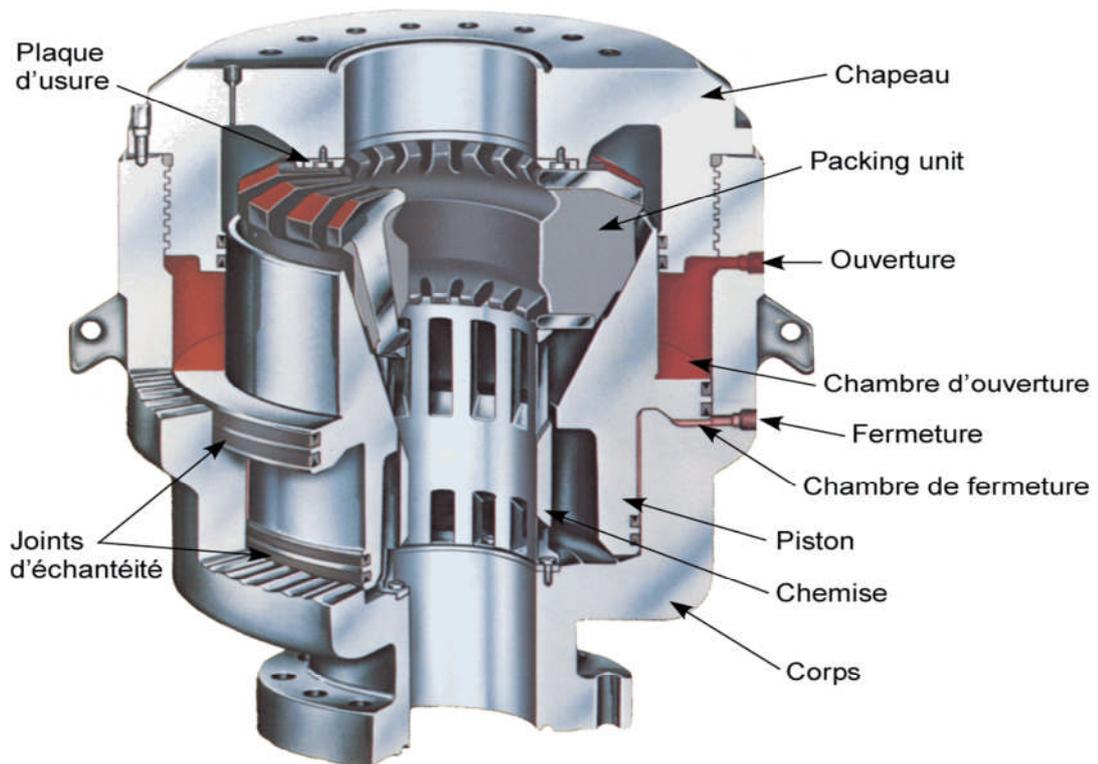


Figure 2.22. Obturateur annulaire [10]

### c) Obturateurs rotatifs

Placés au dessus des obturateurs fixes, ils permettent la rotation et la manœuvre des tiges, ils sont utilisés pour forer sous pression .

### 2.8.3 Module accumulateurs

La fonction principale du module accumulateur est de fournir l’approvisionnement en fluide atmosphérique pour les pompes et de stocker le fluide opérationnel à haute pression pour le contrôle de la cheminée du BOP. Voire (figure 2.23)



**Figure 2.23** Modules accumulateurs TP 127

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1- Vanne by-bass     | 4- Vanne à 4 voire |
| 2- Pompe pneumatique | 5- accumulateurs   |
| 3- Pompe électrique  | 6- Vanne de purge  |

## 2.9 Répartition des équipements de l’appareil de forage [7]

L’appareil de forage peut être décrit sous forme de deux catégories de matériel :

### a) Matériel de fond

Cette partie regroupe l’ensemble de la garniture de forage (drill stem) :

- ✓ Outil de forage (rock bit)
- ✓ Masses tiges (drill collars)
- ✓ Tiges de forage (drill pipes)
- ✓ Équipements auxiliaires
- ✓ Raccords divers

**b) Matériel de surface**

Cette catégorie est répartie en plusieurs groupes mettant en œuvre l'outil de forage et assurant la sécurité du puits, ce sont :

- ✓ Les équipements de puissance,
- ✓ Les équipements de levage,
- ✓ Les équipements de rotation,
- ✓ Les équipements de pompage et de circulation,
- ✓ Les équipements de sécurité.

**2.9.1 Équipements de fond**

C'est l'ensemble des outils de forage et garniture qui travaillent au dessous de la surface et sont en général :

**a) Trépan**

C'est l'outil qui assure sous l'effet du poids du train de sonde et de rotation la destruction des roches.

**b) Tiges de forage**

Ce sont des tiges qui descendent le long du puits et qui transmettent le mouvement de rotation de l'outil (Trépan). Celles-ci permettent aussi le passage de la boue de forage.

**c) Tiges carrées**

C'est une tige installée entre la tête d'injection et les tiges de forage transmettent le mouvement de rotation de la table de rotation au train de tige.

**2.9.2 Équipements de surface**

C'est l'ensemble de tous les équipements qui travaillent au dessus de la surface et qui permettent d'assurer cinq fonctions principales.

### 2.9.2.1 Équipements de puissance

On distingue :

- ✓ Moteurs diesel (Caterpillar)
- ✓ Génératrices
- ✓ Compresseurs

Ils fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de la sonde.

### 2.9.2.2 Équipements de levage

Ils permettent les opérations suivantes

- ✓ Le contrôle du poids sur l'outil (WOB)
- ✓ Les changements d'outils (manœuvres de garnitures)
- ✓ La descente des colonnes de tubages (casing)
- ✓ Les levées et descentes du mât (DTM ; Démontage- Transport - Montage)

Ils sont principalement composés de :

- ✓ La structure de la tour de levage (mât et ossature)
- ✓ Les moufles fixe et mobile (crown and travelling blocks)
- ✓ Le crochet de levage (Hook)
- ✓ Le treuil de forage (Draw Works)
- ✓ Catwork
- ✓ Le câble de forage (Drilling line)
- ✓ Réa (dead line anchor)

### 2.9.2.3 Équipements de rotation

Ils sont principalement composés de

- ✓ La table de rotation (rotary table)
- ✓ Des fourrures (bushings)
- ✓ Du carré d'entraînements (Kelly drive bushing)
- ✓ De la tige d'entraînements (Kelly)
- ✓ Du raccord d'usure de la kelly (kellysaversub)
- ✓ De la tête d'injection (swivel)

### 2.9.2.4 Équipements de pompage et de circulation

Ils sont principalement composés de :

- ✓ Bacs à boue (mud tanks) + équipements
- ✓ Mixeurs
- ✓ Agitateurs (hélico mélangeurs)
- ✓ Mitrailleuses de fond et de surface (agitateurs hydrauliques)
- ✓ Tamis vibrants
- ✓ Déssableurs
- ✓ Déssilteurs
- ✓ Centrifugeuses
- ✓ Dégazeur
- ✓ Les clay-ejectors
- ✓ Les goulottes
- ✓ Pompes à boue (mud pumps) + accessoires
- ✓ Amortisseurs de pulsations
- ✓ soupapes de décharge (ou de sécurité)
- ✓ Les conduites d'aspirations et vannes
- ✓ Le flexible d'injection

Ces équipements assurent la fabrication, le pompage et la circulation ainsi que le traitement mécanique des fluides de forage.

### 2.9.2.5 Équipements de sécurité

Les équipements de sécurité assurent la sécurité des puits en cas de la remontée des produits forés et sont constitués de :

- ✓ La tête de puits
- ✓ L'accumulateur de pression
- ✓ Le manifold de duses
- ✓ Les vannes de sécurité (Gray valve, kelly valve lower et upper, drop in chec valve)

## 2.10 Conclusion

Nous avons étudié dans ce chapitre, décrit le fonctionnement des appareils de forage au niveau de la station TP 127.

# **Analyse de la Maintenance et la Fiabilité**

---

## **CHAPITRE 3 ANALYSE DE LA MAINTENANCE ET LA FIABILITÉ**

### **3.1 Introduction**

La maintenance a été considérée longtemps comme un mal nécessaire. Dans beaucoup de domaines industriels, cette vision est toujours présente [11].

Dans ce chapitre, nous présenterons les types de maintenance et quelques lois de distributions qui interviennent dans l'analyse des données de vie utilisées dans une étude de fiabilité, et application de la maintenance sur treuil de forage en générale.

### **3.2 Définition et norme de la maintenance**

La norme X60-010 précise la définition de la maintenance des équipements industriels

#### **3.2.1 Définition de la maintenance**

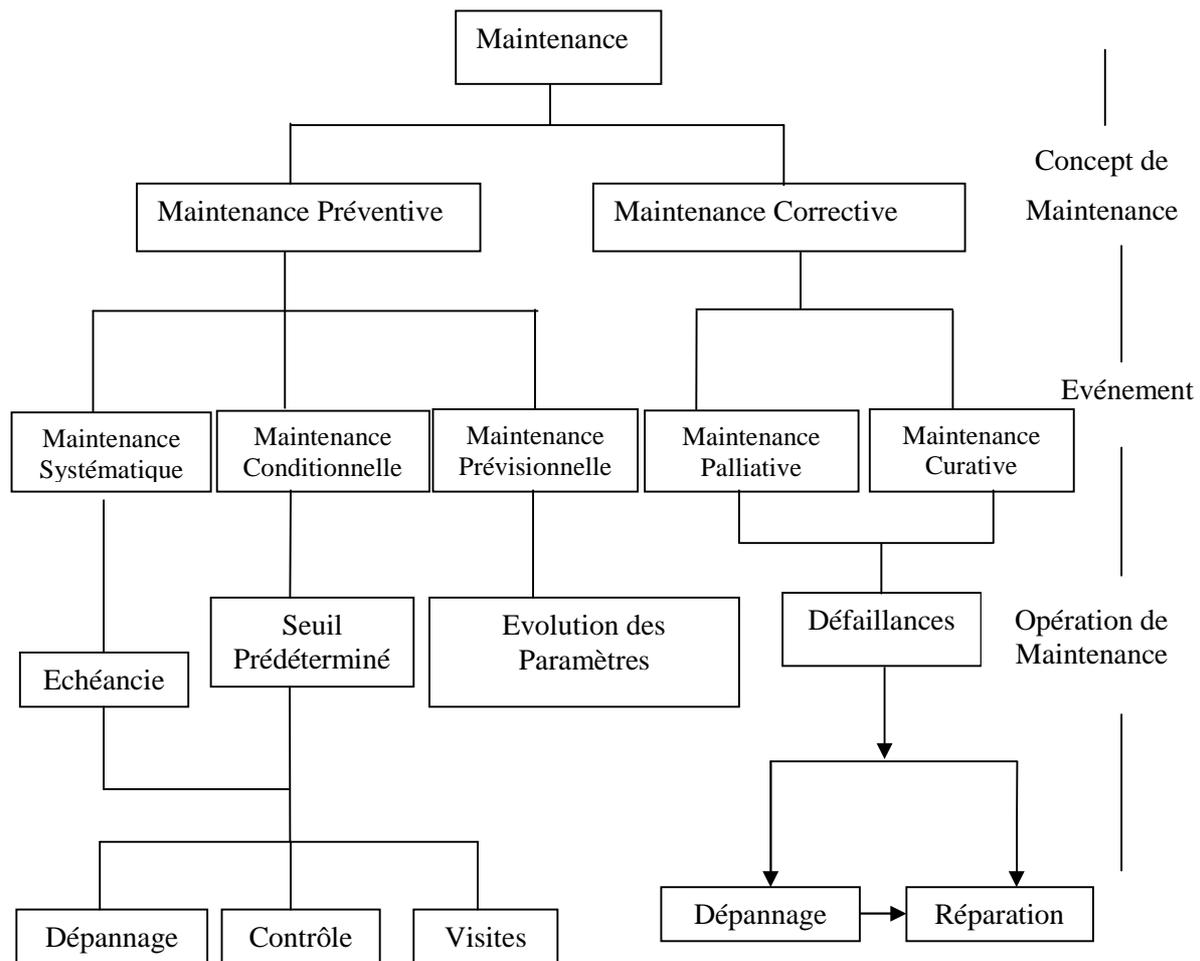
C'est l'ensemble des activités destinées à maintenir ou rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sureté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise dans des conditions bien définies. Ces activités sont une combinaison d'activité technique, administrative et de managements. Les deux grandes familles de la maintenance sont la maintenance corrective et la maintenance préventive, voir (figure 3.1)

##### **a) Maintenance corrective**

C'est l'«Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement : ces activité comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement».

##### **✓ La maintenance palliative**

Qui représente «l'activité de la maintenance corrective destinées à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise, Appelée couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'action à caractère provisoire qui devront être suivies d'action curatives».



**Figure 3.1.** Types de maintenance. [11]

### ✓ Maintenance curative

Qui représente « l'activité de la maintenance corrective ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances ».

### b) Maintenance préventive

C'est la « maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu ». Les correspondantes sont déclenchées selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminés d'unités d'usage (maintenance systématique). Et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).

Les types de maintenance préventive que l'on peut mettre en œuvre sont au nombre de trois : maintenance préventive systématique, conditionnelle et prévisionnelle.

✓ **Maintenance préventive systématique**

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'usage sans contrôle préalable de l'état du bien. (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319).

✓ **Maintenance préventive conditionnelle**

C'est la Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319).

✓ **Maintenance préventive prévisionnelle**

On définit par la «Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettent de retarder et de planifier les interventions »

### **3.2.2 Fiabilité**

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisations et pour une période de temps déterminés (norme AFNOR X 06501). [12]

## **3.3 Analyse de la fiabilité par les lois de probabilité**

### **3.3.1 Analyse de la fiabilité à partir de la loi exponentielle**

Cette loi repose sur l'hypothèse  $\lambda = \text{constante}$  ; dans ce cas les défaillances aléatoires émergent sous l'action de cause diverse et indépendante par position à la période suivante, dite de vieillesse, pendant laquelle un ou plusieurs modes de défaillance prédominante apparaissent (fatigue, corrosion, etc.) [13]. L'électronique se prête bien à l'utilisation de la loi exponentielle, dès lors que les composants sont déterminés. La plupart des analyses des défaillances prévisionnelles de fiabilité et de maintenabilité repose sur les hypothèses exponentielles.

- ✓ Fonction fiabilité :  $\mathcal{R}(t) = e^{-\lambda t}$  3.1
- ✓ Densité de probabilité :  $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$  3.2
- ✓ Fonction de réparation :  $F(t) = 1 - R(t)$  3.3
- ✓ Espérance mathématique :  $E(t) = \frac{1}{\lambda}$  3.4

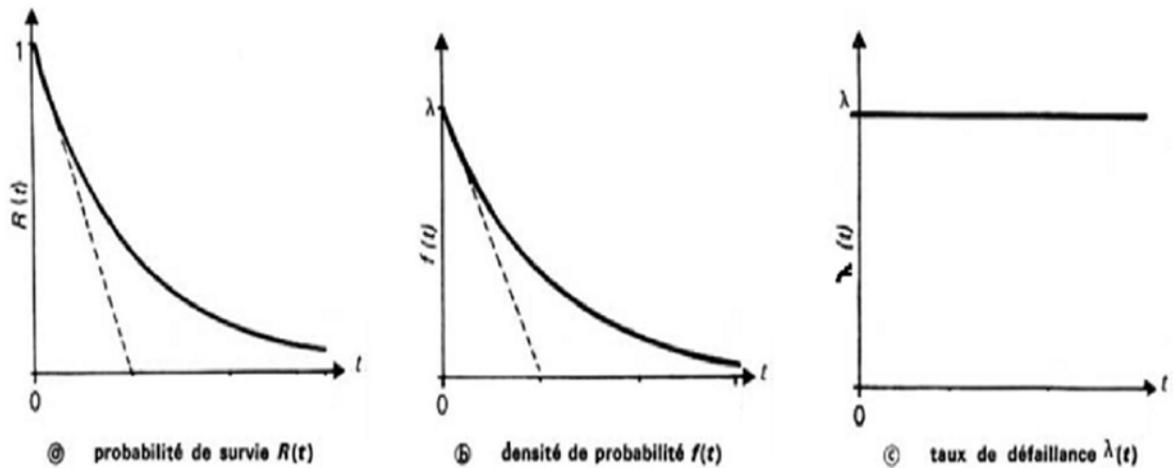


Figure 3.2. Principales propriétés de la distribution exponentielle [14]

### 3.3.2 Analyse de la fiabilité à partir de la loi Weibull

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres, utilisée en fiabilité, plus particulièrement en mécanique, [15]. Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents d'expérimentations.

#### a) Ses caractéristiques

- ✓ Fonction de densité :  $f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$  3.5

$$(t - \gamma) > 0$$

- $\beta$  : Paramètre de forme.
- $\eta$  : Paramètre d'échelle.
- $\gamma$  : Paramètre de position ou d'origine.

- ✓ Fonction de réparation  $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$  3.6

- ✓ Esperance mathématique  $E(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt = \gamma + \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  3.7

$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  ; étant la fonction gamma

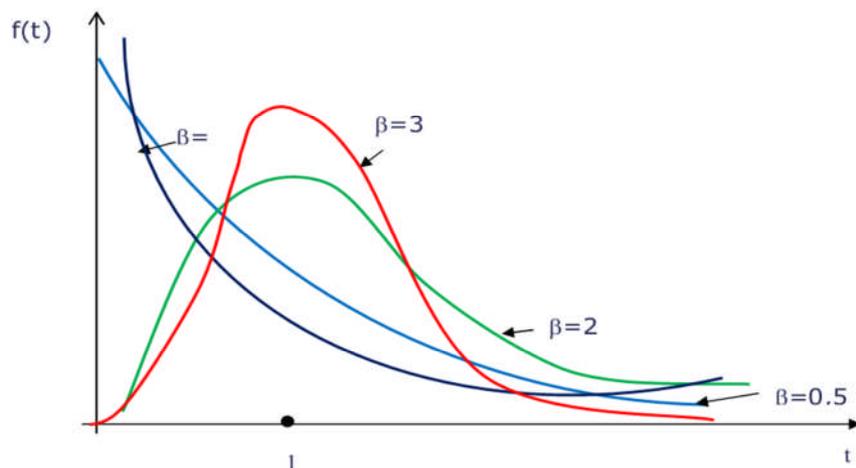
## ➤ Variance

$$V(t) = E(t^2) - E^2(t) = \eta^2 \left[ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] \quad 3.8$$

Notons que la recherche numérique de la [5]  $MTBF = A\eta + \gamma$  3.9

➤ Courbes représentation de  $(\gamma = 0, \eta = 1)$ 

La fiabilité  $R(t)$  pour une loi de Weibull est représentée par différentes courbes selon la valeur de facteur de forme  $\beta$ . (figure3.3). [16]



**Figure 3.3.** Représentation de la fonction de densité pour diverses valeurs de  $\beta$  [16]

### 3.4 Etude et courbe de la loi de Weibull

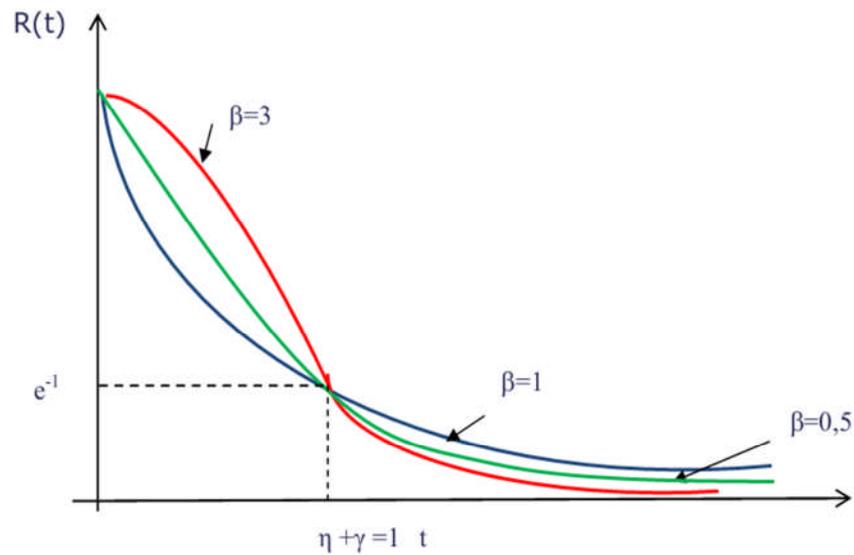
La fonction fiabilité est dépendante du temps comme la fonction défaillance qui lui est complémentaire [15].

$$R(t) + F(t) = 1 \quad 3.10$$

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^B} \quad 3.11$$

✓ Courbes représentatives de  $R(t), \lambda(t), (\gamma = 0, \eta = 1)$ 

La fiabilité  $R(t)$  pour une loi de Weibull est représentée par différentes courbes selon la valeur de facteur de forme  $B$ , voir (figure3.4), [16]

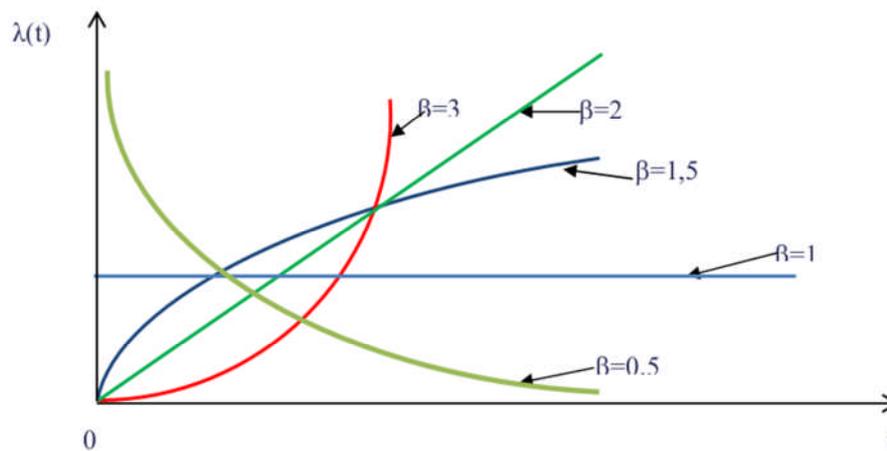


**Figure 3.4.** Influence du facteur de forme  $\beta$  sur la fiabilité [16]

✓ Taux de défaillance en fonction  $B$  . [5]

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}}{e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}} \tag{3.12}$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{3.13}$$



**Figure 3.5.** Influence du facteur de forme  $\beta$  sur le taux de défaillance [16]

✓ Cas particuliers

- $\gamma = 0$
- $\beta = 1$

Alors :  $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)}$  3.14

On retrouve la distribuion exponentielle,qu'est un cas particulier de la loi de Weibull.

$$\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MTBF} \quad 3.15$$

- $\beta \geq 3$  ; On se rapproche d'une loi normale et ceci est d'autant plus vrai que  $\beta$  est grand [3]

### 3.4.1 Estimation des paramètres de la loi de Weibull

Il existe deux méthodes pour estimer les paramètres  $(\beta, \eta, \gamma)$

- ✓ La première entièrement par le calcul, qui fait intervenir les équations différentielles difficiles à résoudre, de ce fait elle est peu utilisée.
- ✓ La seconde par graphique , qui utilise un papier à échelle fonctionnelle dit papier de Weibull ou graphique d'Allen Plait , (figure 3.6), c'est la méthode la plus utilisée [13]

### 3.4.2 Détermination des paramètres

$\beta$  est le paramètre de forme, il représente la pente de la droite. Pour le déterminer, il faut passer une droite parallèle à la droite réelle par le point 1 et on lit la valeur de  $\beta$  sur l'échelle  $\beta$  (voir graphe précédent).

$\eta$  est le paramètre l'échelle, il se lit à l'intersection de la droite tracée et de la ligne 63.2%.

Si le nuage des points  $(t_i, F_i)$  fait apparaître une courbe convexe ou concave, alors le paramètre  $\gamma$  a une valeur non nulle à déterminer après avoir effectué un «redressement». Ce redressement peut se faire «au jugé» ou par application d'une formule de redressement.

## 3.5 Signification des paramètres

### 3.5.1 Paramètres de forme $\beta$

- $\beta < 1$ : Phase de jeunesse avec défaillances de défauts de fabrication ou de montage.
- $\beta = 1$ : Phase de maturité avec défaillances aléatoires, il correspond cas particulier où le taux de défaillance est constant.
- $\beta > 1$ : Phase de vieillesse avec apparition d'un mode de défaillance prédominant caractérisé par les grandes valeurs de  $\beta$  .

### 3.5.2 Paramètre d'échelle $\eta$

Caractérisant le choix d'une d'échelles, il s'exprime dans la même unité de temps (heurs ou cycles) que les TBF .Si l'on trace la fonction de distribution  $f_1(t)$  avec  $\eta = 1$ , la courbe  $f_6(t)$  obtenue avec  $\eta = 5$  sera divisée par 5 (en ordonnée), le temps  $t$  sera multiplié par 5 et l'aire de la distribution restera inchangée.

## 3.6 Maintenance du treuil

### 3.6.1 Maintenance préventive quotidienne

Ce type de maintenance préventive à actions quotidiennes, doit être appliqué à tous les équipements de l'appareil sans exception, il doit être fait quotidiennement par les mécaniciens. Le chef mécanicien et le chef de chantier doivent veiller strictement à sa réalisation, au contrôle et ils sont les seuls responsables.

- ✓ Contrôle visuel et auditif.
- ✓ Contrôle de l'alignement des bandes.
- ✓ Contrôle de l'état des patins.
- ✓ Contrôle de tout le système de freinage.
- ✓ Contrôle du niveau d'huile des chaînes.
- ✓ Contrôle du serrage des vis des patins.
- ✓ Graissage général de tout le treuil.
- ✓ Contrôle du système de maintien circonférentiel des bandes de frein.
- ✓ Contrôle des fuites d'huile et de l'étanchéité des carters.
- ✓ Contrôle du refroidissement du treuil par vérification du retour d'eau.
- ✓ Contrôle des valves de décharge des embrayages.
- ✓ Contrôle d'état des cabestans, fuites d'air ou d'huile, l'enroulement du câble sur le tambour et l'état de freinage.
- ✓ Contrôle d'état de la clé automatique, tous les éléments tournants, l'état des pignons et des mâchoires et graissage général.

### 3.6.2 Maintenance corrective

Cette maintenance s'applique une fois qu'une défaillance est survenue sur un équipement ou un organe. La réalisation de cette maintenance corrective sur les appareils impose les conditions suivantes :

- ✓ Faire un travail méthodique.
- ✓ Avoir une bonne préparation au travail.
- ✓ Avoir une bonne gestion de toutes les informations.

### 3.6.3 Maintenance préventive systématique

La maintenance préventive systématique est basée sur les opérations suivantes :

Fréquence	Operations
Chaque poste de travail	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Vérifier le niveau d'huile et faire des appoints en huile SAE-90</li> <li>2- Graisser les roulements de l'arbre du tambour, les axes, les paliers, les rouleaux guide câble, les paliers du frein auxiliaire, crabot et tous les points de graissage du treuil</li> <li>3- Vérifiez les indicateurs de pression (huile et air)</li> <li>4- Vérifier la pression et la température du fluide de refroidissement (30-40psi) (température de sortie 150°F=65.5°C)</li> <li>5- Nettoyer le treuil.</li> <li>6- Vérifiez la présence d'éventuelles fuites.</li> <li>7- Purger le réservoir d'air pour éviter toute condensation d'air</li> </ol>
Chaque semaine	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque jour)</li> <li>2- Maintenir propre la surface de freinage.</li> <li>3- Inspecter les patins de frein.</li> <li>4- Ajuster si nécessaire les vis de retenue des bandes de frein pour partager la charge et avoir une usure uniforme.</li> <li>5- Vérifier le jeu du balancier 1/4" sous les deux côtés du balancier.</li> <li>6- Vérifier le fonctionnement des systèmes de sécurité.</li> </ol>
Chaque mois	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque semaine)</li> <li>2- Contrôler le graissage des chaînes et vérifier leurs tensions.</li> <li>3- Vérifier le crabot treuil-frein auxiliaire.</li> <li>4- Vérifier la timonerie et les bandes de frein.</li> <li>5- Vérifier les commandes pneumatiques.</li> </ol>

Chaque trois mois	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque mois)</li> <li>2- Contrôler l'état des patins de frein</li> <li>3- Vérifiez l'état d'usure des jantes de freinage.</li> <li>4- Contrôler l'état des jeux sur la timonerie.</li> <li>5- Vérifier visuellement la surface des bandes.</li> <li>6- Vérifier l'état d'usure de l'embrayage air flex clutch et tambour.</li> <li>7- Vérifier l'état d'usure de l'embrayage à disques</li> <li>8- Vérifier l'entre fer du frein auxiliaire</li> <li>9- Nettoyer les trous d'aération du frein auxiliaire.</li> <li>10- Procéder à un test électrique du frein auxiliaire (Résistance des bobines et la tension d'entrée).</li> </ol>
Chaque six mois	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque 3 mois)</li> <li>2- Remplir de nouveau la quantité préconisée d'huile.</li> <li>3- Changer le filtre à l'huile.</li> <li>4- Contrôler la pompe de graissage et vérifier la tension des chaînes.</li> <li>5- Vérifier les rainures d'enroulement du câble et les plaques latérales.</li> <li>6- Contrôler les bandes de frein</li> <li>7- Vérifier les rouleaux de guidage du câble et remplacer au besoin</li> <li>8- Vérifier et serrer tous les boulons.</li> <li>9- Vérifier les patins du frein d'inertie</li> </ol>
Chaque année	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque 6 mois)</li> <li>2- Contrôler les bandes de frein.</li> <li>3- Contrôler le jeu axial et radial des paliers.</li> <li>4- Contrôler les pignons et les chaînes des pignons.</li> <li>5- Contrôler les crabots de changement de vitesse.</li> <li>6- Inspecter les paliers du frein auxiliaire.</li> <li>7- Contrôler les poupées</li> <li>8- Contrôler l'usure du tambour</li> <li>9- Démonter et nettoyer les valves d'air "air valves"</li> </ol>
Chaque deux années	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Effectuer les opérations de la fréquence précédente (chaque année)</li> <li>2- Faire un diagnostic du treuil et établir le plan d'action nécessaire.</li> </ol>
Révision générale chaque six ans	Diagnostic général du treuil et déclencher sa révision générale

**Tableau 3.1** Maintenance du treuil national 110 UE

### 3.6.4 Maintenance conditionnelle

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence de la partie faible de l'équipement.

- ✓ Mesure des vibrations et des bruits.
- ✓ Les mesures de température.
- ✓ Mesure de pression dans les différents organes.
- ✓ Analyse des vibrations : Il se fait généralement dans les ateliers de réparation située à la base industrielle.
- ✓ Analyse des huiles.

### 3.7 Réparation et révision générale

Lorsqu'un équipement a été utilisé pendant une longue durée correspondante à sa durée de vie, celui-ci atteint un certain degré d'usure qui compromet son état fonctionnel, à cet effet des dispositions doivent être prises pour qu'on puisse encore l'utiliser pour la production. Au cours de ce travail de restauration, les parties critiques du treuil ayant besoin de réparation doivent être remises en état ou remplacées de façon à rendre le treuil plus sûr et minimiser ultérieurement le travail d'entretien.

La révision d'un treuil peut être toujours considérée comme alternative par rapport à l'achat d'un nouveau. La décision à prendre doit être soigneusement calculée et comparée à celle du remplacement. Le travail de révision comporte de nombreuses opérations du nettoyage du treuil jusqu'au contrôle de son fonctionnement. Avant d'entreprendre un travail de révision ou de réparation il faut vérifier :

- ✓ Si l'on détient toutes les informations et instruction.
- ✓ Si l'on pouvait disposer de moyens de levage indispensable.
- ✓ Si les pièces de rechange sont en magasin, ou si elles peuvent être obtenues à temps.

# Application de la Fiabilité

## **CHAPITRE 4 APPLICATIONS DE LA FIABILITÉ**

### **4.1 Introduction**

Dans cette partie nous allons appliquer les méthodes et les modèles de la fiabilité cités dans les chapitres précédents afin de déterminer la dégradation des organes du treuil au niveau de la station de forage TP127.

### **4.2 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 aérospatiale américaine et l'ajout de la notion de criticité par l'Europe.

#### **4.2.1 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.

#### 4.2.2 Mise au point de la fiche AMDEC

Sur le tableau 4.1, il faut définir les « lignes » et les « colonnes » nécessaires (AMDE ou AMDEC) réparties en quatre grandes familles:

- Analyse fonctionnelle
- Analyse de défaillance potentielle
- Estimation de la criticité
- Mesures à appliquer.

Prenons un exemple standard de feuille AMDEC.

Analyse Fonctionnelle		Analyse de défaillance				Estimation de criticité				Mesures	
Composant		Fonction	Mode de Défaillance	Causes	Effet local	Effet Système	Gravité	Occurrence	Non Détection	Criticité	Mesures Envisagées
Nom	Rep										

**Tableau 4.1.** Exemple de type AMDEC – moyen de production.

##### 4.2.2.1 Analyse fonctionnelle

###### a. Les composants

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

###### b. 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.

### 4.2.2.2 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 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.

#### a. 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.

#### b. 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. Les (5) M soit toi importants dan le mesure eu la méthode. Le diagramme Ishikawa permet aux responsables de la maintenance de bien-cerner le problème de la dégradation des équipements, figure 4.1.

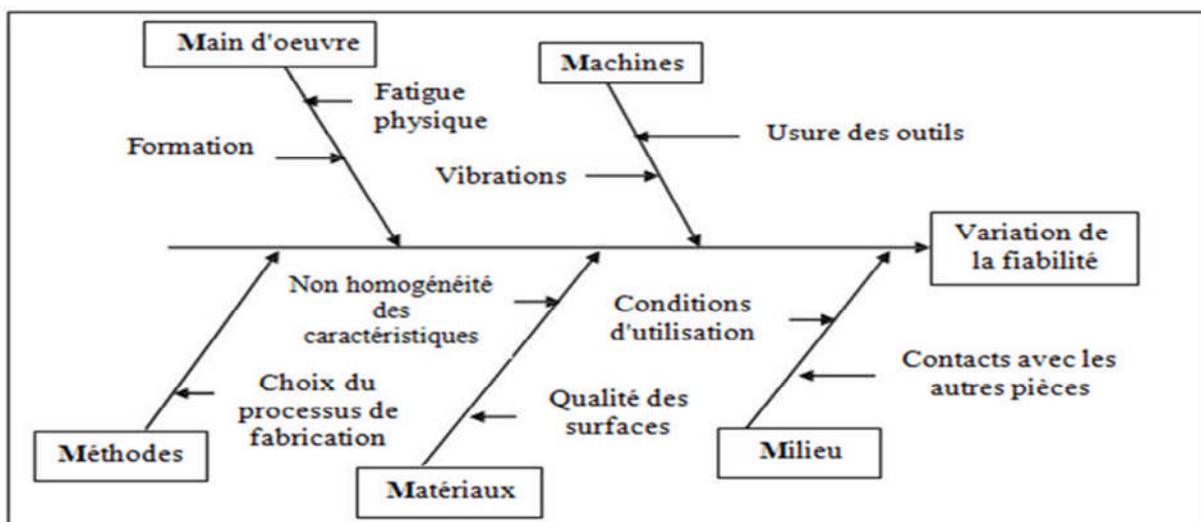


Figure 4.1. Diagramme d'Ishikawa

### c. Effets

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.

#### 4.2.2.3. 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.

#### a) 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 4.2.

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 un 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.

**Tableau 4.2.** Critères de gravité

### b) 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 4.3.

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

**Tableau 4.3.** Critères d'occurrence.

### c) 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), tableau 4.4.

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 menées par un technicien de maintenance
4	Délicate : Défaillance difficilement détectable et nécessite le démontage et un technicien spécialisés

**Tableau 4.4.** Critères de non détection

### d) 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 défaillance potentielle pour 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 tableau 4.5..

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).

**Tableau 4.5.** Critères de criticité

#### 4.2.2.4. 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.

#### 4.2.3 Modes des défaillances

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

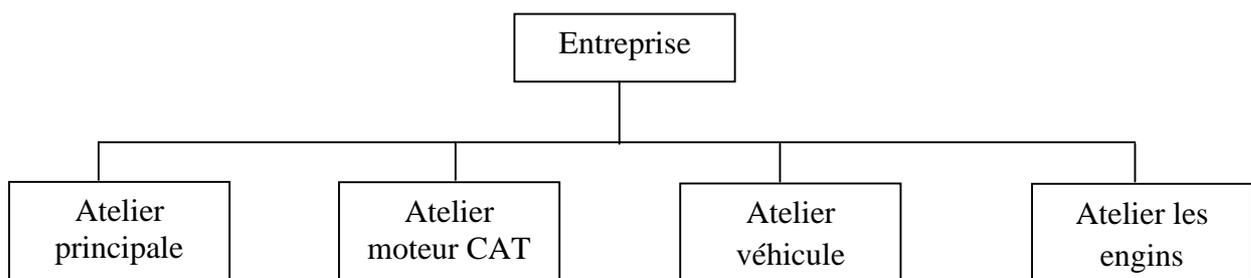
1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique ou coincement	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)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

**Tableau 4.6.** Modes de défaillance

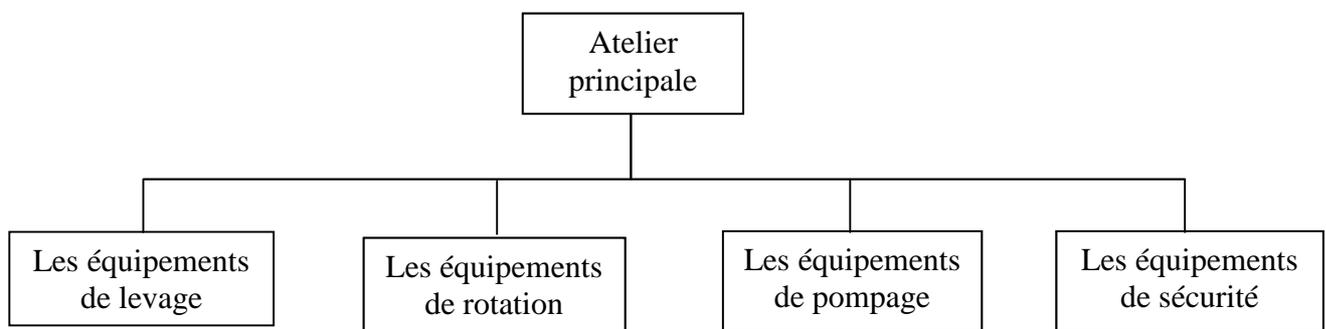
### 4.3 Découpage de l'entreprise

Le problème qui se pose alors est comment de découper l'ensemble de l'équipement à des niveaux plus fins pour atteindre l'élément que l'on veut étudier, figure 4.2.



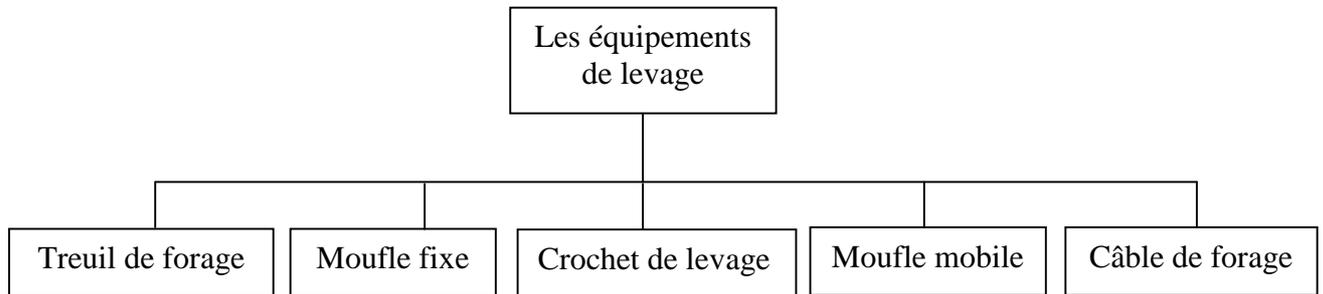
**Figure 4.2.** Découpage de l'entreprise

Ce premier découpage sera suivi par un second qui permet d'étudier fonctionnellement l'atelier prioritaire au niveau d TP 127. (Atelier principale) figure 4.3.



**Figure 4.3.** Découpage des équipements

Ce découpage nous permet, suite aux recommandations de l'entreprise concernée d'appliquer la méthode AMDEC pour l'équipement de levage au niveau du TP 127, figure 4.4.



**Figure 4.4** Découpage de l'atelier des équipements de levage

#### 4.4 Classification du matériel

La classification est principalement utilisée comme une base d'établissement d'un programme de maintenance préventive ou pour mesurer les effets de cette maintenance. Elle consiste en pratique à ne pas traiter le matériel sur un même pied d'égalité, mais selon des critères détaillés dans le paragraphe 4.2 [18].

#### 4.5 Application

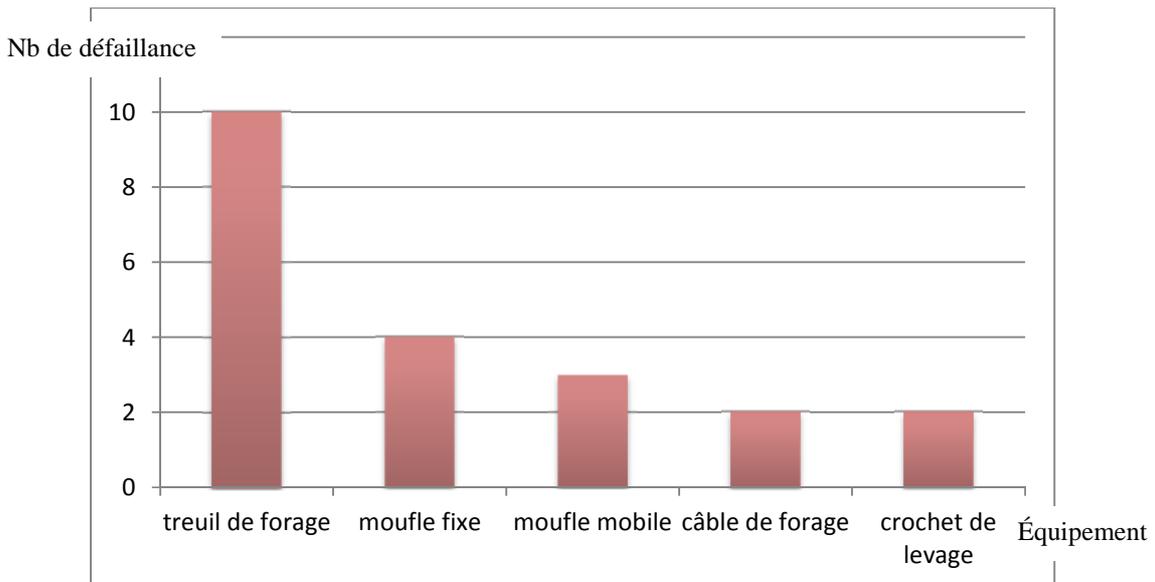
Dans cette partie nous allons utiliser les résultats d'exploitation des équipements afin d'appliquer réellement la théorie déjà citée auparavant. Les données pour cette application sont relevées à partir des dossiers historiques de chaque équipement. Notre choix est porté sur l'atelier les équipements levage à cause des dossiers historiques, tenus à jour depuis 2010. Afin de bien mener ce diagnostic on a procédé de la façon suivante :

##### 4.5.1 Collecte des données

Pour faire une bonne étude de fiabilité, on a intérêt à relever le nombre de défaillances de chaque organe à partir du dossier historique de chaque équipement (2010-2014), tableau 4.7.

les équipements levage	nombre des pannes					$\Sigma$
treuil de forage	1	4	1	2	2	10
moufle fixe	0	0	1	0	1	4
moufle mobile	1	0	1	0	0	3
câble de forage	0	1	0	1	0	2
crochet de levage	0	0	0	1	1	2

**Tableau 4.7.** Récapitulatif des défaillances des équipements levage



**Figure 4.5.** Histogramme fiabilité

On conclut d'après l'analyse faites ci-dessus que l'élément exigeant une prise en charge de sa maintenance c'est le treuil de forage, il est l'élément le plus critique

#### 4.5.2 Analyse des données

Les données sont relevées à partir de dossier historique d'équipement de treuil de forage, selon le classement suivant et durant les années (2010/2014).

- Le système de freinage : 10 défaillances
- Les organes de transmission : 07 défaillances
- L'embrayage : 05 défaillances
- Système de pompage : 04 défaillances
- Arbre principal : 02 défaillances
- Arbre de curage : 02 défaillances
- Système cabestan : 01 défaillance

#### 4.6 Sélection de l'équipement

En utilisant la courbe « ABC » ou « Pareto » on peut sélectionner l'équipement ou l'organe à prendre en considération dans notre étude. Dans notre cas le nombre d'équipement est égal à 7, tableau 4.8.

Désignation	N°d'ordre	Fréquence	% du Cumul
freinage	1	10	32
Les organes de transmission	2	07	54
L'embrayage	3	05	71
Pompage	4	04	84
Arbre principal	5	02	90
Arbre de curage	6	02	97
Cabestan	7	01	100

**Tableau 4.8.** Classement des équipements

#### 4.6.1 Principe de la méthode « ABC »

Cette méthode consiste à classer les problèmes par ordre d'importance en trois catégories afin de traiter chacune d'elles d'une manière différente. Elle permet donc au service maintenance d'identifier les cibles d'actions prioritaires.

#### 4.6.2 Description de l'analyse

- ✓ Recensement des pannes à partir de la date de mise en place du dossier historique.
- ✓ Classement des nombres de pannes par ordre décroissant.
- ✓ Calcul du cumul de ces valeurs à partir du plus haut.
- ✓ Calcul pour chaque valeur cumulée la valeur en %.
- ✓ Le rang relatif % des différentes pannes.
- ✓ Tracer la courbe correspondante aux couples de points ci dessous sur un graphique à deux dimensions, abscisses et ordonnées en pourcentage (%) à la même échelle.
- ✓ Déterminer les zones ABC : il s'agit de délimiter sur la courbe des zones à partir de l'allure de la courbe. En général la courbe possède deux cassures ce qui permet de définir trois zones.

On obtient le classement en trois catégories.

A : les plus défaillants

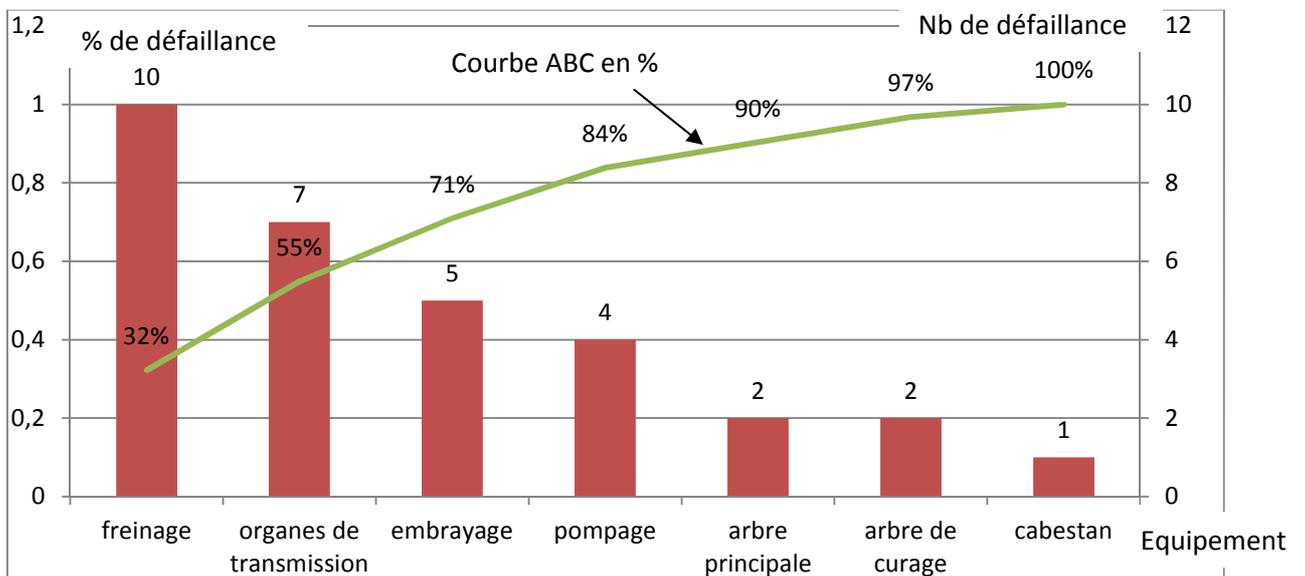
B : les moyennement défaillants

C : les moins défaillants

Ce classement s'applique lorsqu'on veut faire apparaître les éléments les plus défaillants

## 4.7 Tracé de la courbe ABC

La courbe ABC permet de classer les équipements par ordre de priorité, voir figure 4.6.



**Figure 4.6.** Histogramme fiabilité et courbe ABC

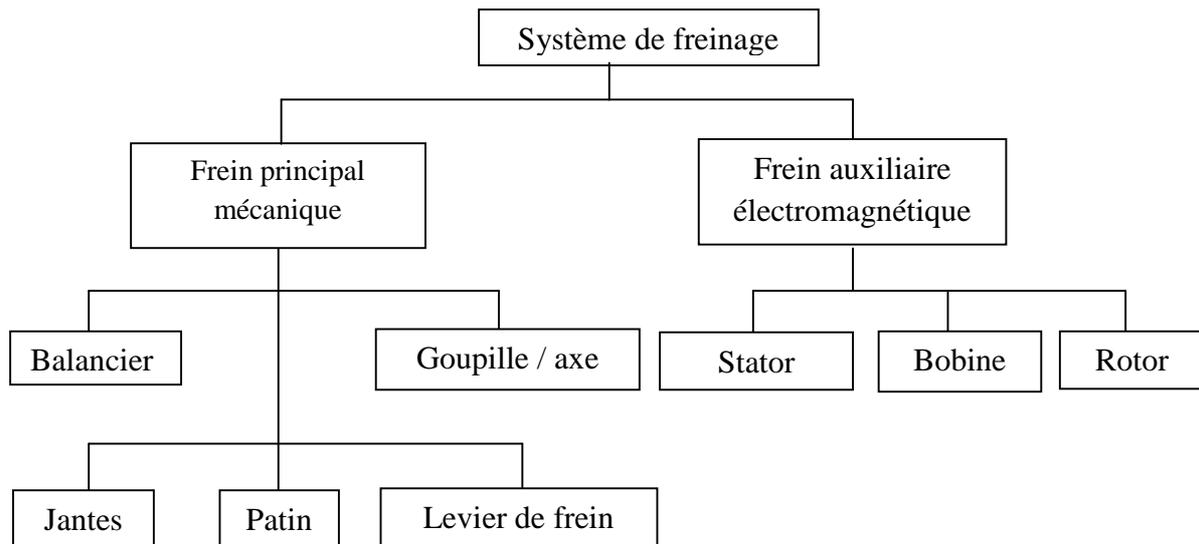
Ainsi la courbe « ABC » nous a permis de classer les équipements en trois catégories (A, B et C). Vu les résultats obtenus par la courbe ABC, on doit opter pour un suivi particulier des sous ensembles de la classe « A » et un suivi spécifique pour les sous ensembles des classes «B» et «C». L'analyse de la fiabilité, seule, nous permet de bien fixer le type de la maintenance à appliquer pour ces équipements.

- **Zone A:** 25 % des équipements, représentent 50 à 70% des nombres de défaillance. Ils sont donc à étudier en priorité pour treuil de forage.
- **Zone B:** 50% des équipements, représentent 25% des nombres de défaillance.
- **Zone C:** 25% des équipements, représentent 5 à 10% des nombres de défaillance.

## 4.8 Diagnostic par la méthode AMDEC

### 4.8.1 Analyse du système

Pour cela on utilise la méthode "AMDEC" [19] qui est une méthode de réflexion créative et repose sur la décomposition fonctionnelle du système en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires. Dans un premier temps on va décomposer fonctionnellement treuil de forage figure 4.7.



**Figure 4.7.** Découpage fonctionnel de l'appareil de freinage

#### 4.8.2 Tableau de cotation

Les valeurs des coefficients sont fixées au maximum égale à quatre pour limiter le niveau des détails et pour faciliter la manipulation des chiffres, tableau 4.9.

Niveau ou Cotation	1	2	3	4
Indice de Fréquence	Moins d'une fois par année	Moins d'une fois par mois	Moins d'une fois par semaine	Plus d'une fois par semaine
Indice de Gravité	Durée d'intervention $D \leq 1$	Durée d'intervention $1h \leq D \leq 3h$	Durée d'intervention $3h \leq D \leq 5h$	Durée d'intervention $D > 5h$
Indice de Détection	Signe avant Défaillance	La défaillance, sa cause est évidente	La défaillance se produit mais sa cause est décelable	Défaillance non décelable

**Tableau 4.9.** Grille de cotation

#### 4.8.3 Analyse du freinage au niveau du treuil de forage

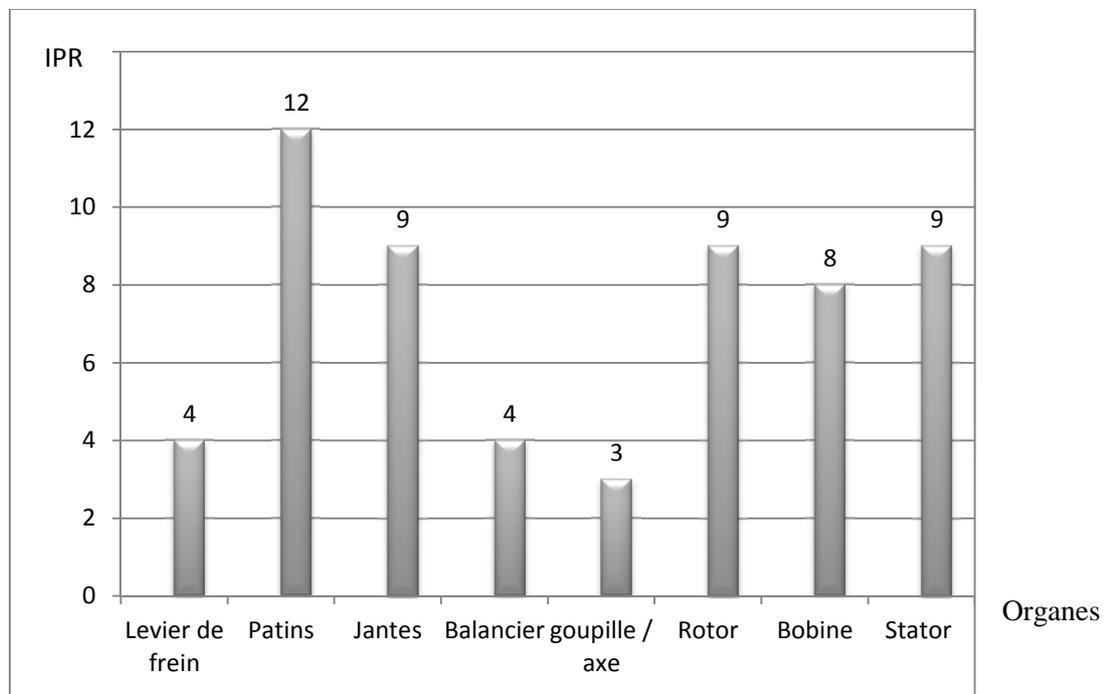
L'analyse « AMDEC » de l'appareil de freinage de treuil de forage permet de déterminer l'élément critique de l'équipement, tableau 4.10.

Tableau 4.10. AMDEC du système de freinage

Système : treuil									
sous système : freinage (frein principal mécanique, Frein auxiliaire)									
Organe	Fonction d'état	Mode de Défaill.	Cause	Effet sur le système	Criticité				Action à engager
					FR	Gr	D	IPR	
Levier de frein	Fournit une pression à l'aide des bandes sur les jantes pour assurer le freinage	-usure  -fissure	-délogement de l'axe fixant avec les bandes  -surcharge	-mauvais freinage  - effet sur l'opérateur humain (chef de poste)	1	2	2	4	Visuel Bruit Vibration
Patins	Assure la procédure de freinage à partir de l'action de pression effectuée par les bandes	-Usure	- mauvais réglage -échauffement des jantes -balancier non réglé -non utilisation de frein auxiliaire électromagnétique -fissure de jantes (fuite d'eau de refroidissement) - climat (pluie, vent de sable)	-mauvais freinage	3	4	1	12	Contrôle Odeur
Jantes	Assurer le freinage de tambour	- Echauffement  -Usure	-mauvaise circulation d'eau de refroidissement -endommagement de la conduite qui assure le lien entre les deux jantes  -patins non réglés (contact avec la jante)	- usure de patins  - mauvais freinage	1	3	3	9	Contrôle d'usure
Balancier	Le maintien des bandes de frein en position égale	-usure  mauvais positionnement	-surcharge  - surcharge - faute de construction	- délogement de l'axe - délogement de goupille -vibration des pièces maintenue	1	4	1	4	Contrôle Visuel
goupille / axe	Axe : servant à assembler un mécanisme ou à maintenir deux pièces l'une contre l'autre  Goupille : maintien la position de l'axe	-Usure  -rupture	-surcharge  - surcharge  - faute de construction	-délogement de l'axe  -délogement de goupille  -vibration des pièces maintenue	1	1	3	3	Visuel
Rotor	Assurer la		-Variation du jeu	-mauvais	3	3	1	9	Visuel

	procédure de freinage par frein auxiliaire	-Usure	entre le rotor bobine et stator (calcaire causé par l'eau de refroidissement)	freinage - usure de stator					
Bobine	Crée le champ magnétique	échauffement	- mauvais refroidissement -Variation de jeu entre le rotor, bobine et stator (calcaire causé par l'eau de refroidissement -court-circuit	-mauvais freinage -courant de Foucault insuffisant pour le freinage	2	2	2	8	Visuel
Stator	Support de la bobine et rotor	-Usure	- Variation de jeu entre le rotor, bobine et stator (calcaire causé par l'eau de refroidissement	-mauvais freinage -courant de Foucault insuffisant pour le freinage	1	3	3	9	Visuel

La (figure 4.8) présente les résultats de la criticité des organes



**Figure 4.8.** Histogramme de criticité

**Résultats :** On constate que l'organe le plus critique est le frein à patin.

## 4.9 Détermination des paramètres de fiabilité

### 4.9.1 Cas des freins du treuil de forage

Le calcul des paramètres de fiabilité dépend en premier lieu de la fonction de répartition estimée définie par la fonction de répartition

- Calcule des fonctions (F estimée) et (R estimée) par la formule des range médians

$$F_{\text{estimée}} = \frac{i-0,3}{N+0,4} \quad (4.1)$$

$$R_{\text{estimée}} = 1 - F_{\text{estimée}} \quad (4.2)$$

N°	TTR (jours)	TBF (jours)	F estimée	R estimée
1	3	7	0,06	0,94
2	1	10	0,16	0,84
3	1	18	0,26	0,74
4	4	23	0,35	0,65
5	2	29	0,45	0,55
6	2	37	0,54	0,46
7	2	47	0,64	0,36
8	4	57	0,74	0,26
9	2	70	0,84	0,16
10	3	99	0,94	0,06

**Tableau 4.11.** Préparation des données du frein à patin

### 4.9.2. Tracé de la droite de fiabilité

Le traçage des données est représenté sur le papier de " WEIBULL" ou "ALLEN PLAIT », voir tableau (4.8), afin de déterminer les paramètres de la fiabilité. Le tracé graphique est confirmé par la droite de Weibull déterminée par le code de calcul, voir graphe (4.10).

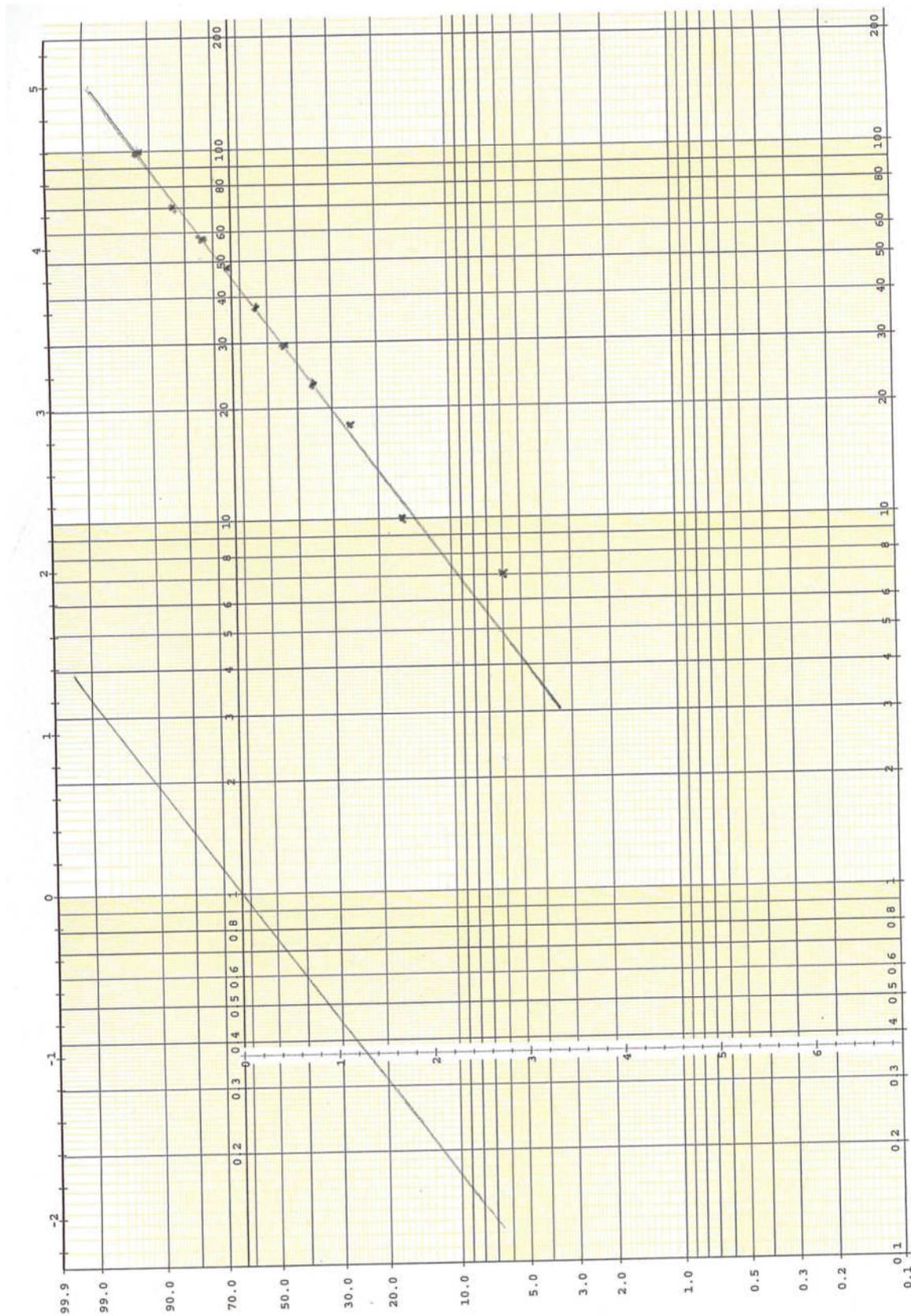


Figure 4.9. Détermination graphique des paramètres de la fiabilité

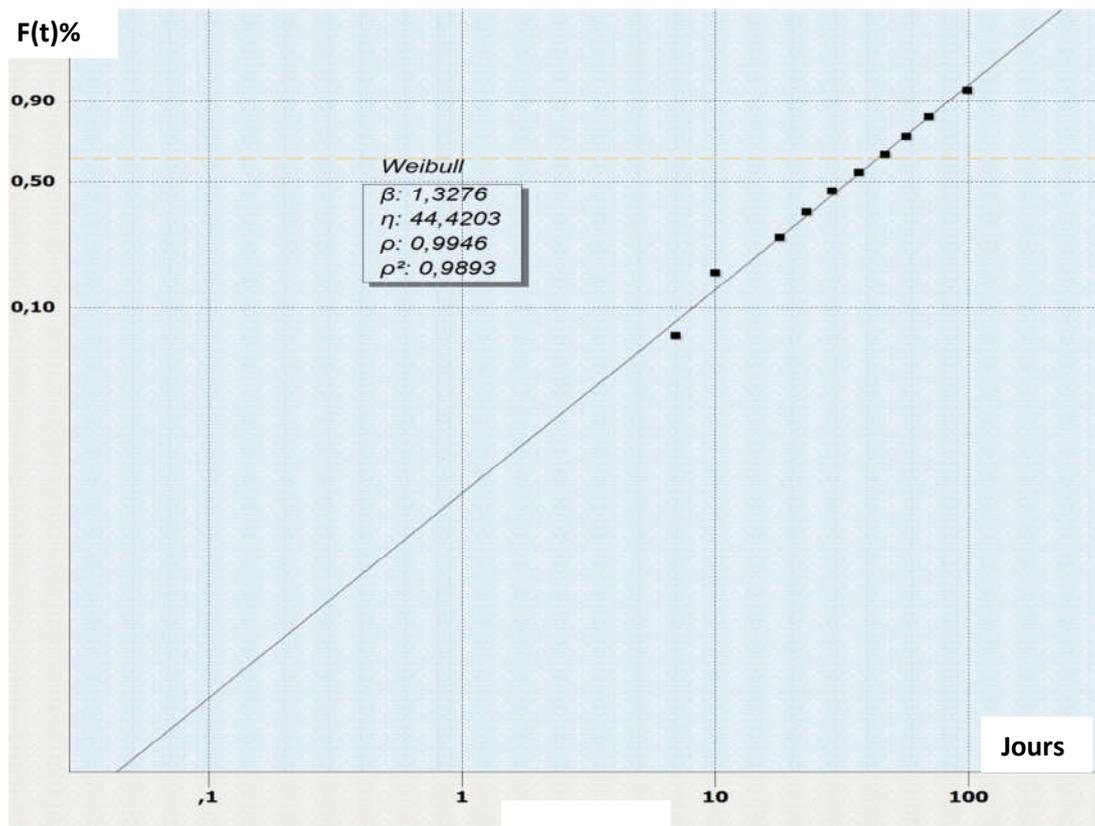


Figure 4.10. Droite de Weibull «code de calcul»

La détermination graphique des paramètres de fiabilité permet de trouver les indices critiques de défaillance de l'équipement analysé.

$$\beta = 1,25 \quad ; \quad \eta = 45 \text{ jours}$$

- Le calcul de la valeur MTBF et de l'écart type sont déterminées par la modèle de Weibull

$$MTBF = 41,9 \text{ jours} \quad (4.3)$$

$$\sigma = 33,75 \text{ jours} \quad (4.4)$$

### 4.9.3 Analyse des résultats théoriques

Ci-joint le tableau récapitulatif et comparatif des résultats déterminés par calcul à l'aide de la loi de fiabilité.

- Calcul de la fonction de la fiabilité théorique.

$$R_{th} = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (4.5)$$

- Calcul Taux de défaillance  $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (4.6)$$

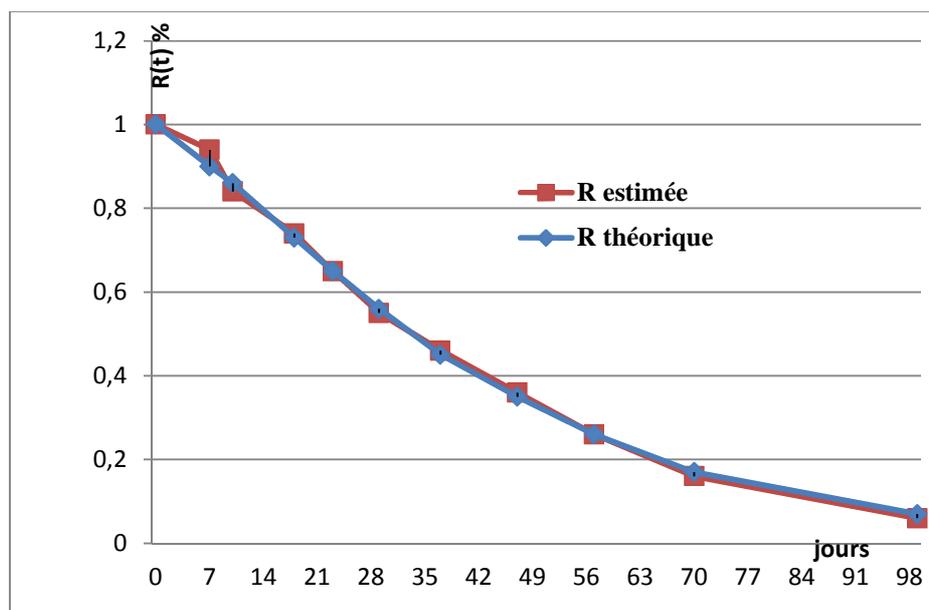
- Calcul de la densité de probabilité ?

$$f(t) = \lambda e^{(-\lambda t)} \quad (4.7)$$

N°	TBF (jours)	R Théorique	F Théorique	Taux de défaillance $\lambda(t) \cdot 10^{-2}$	$f(t) 10^{-2}$
1	7	0,90	0,10	1,74	1,54
2	10	0,86	0,14	1,90	1,57
3	18	0,73	0,27	2,21	1,48
4	23	0,65	0,35	2,34	1,36
5	29	0,56	0,44	2,48	1,20
6	37	0,45	0,54	2,64	0,99
7	47	0,35	0,65	2,81	0,75
8	57	0,26	0,74	2,94	0,55
9	70	0,17	0,83	3,10	0,35
10	99	0,07	0,93	3,38	0,12

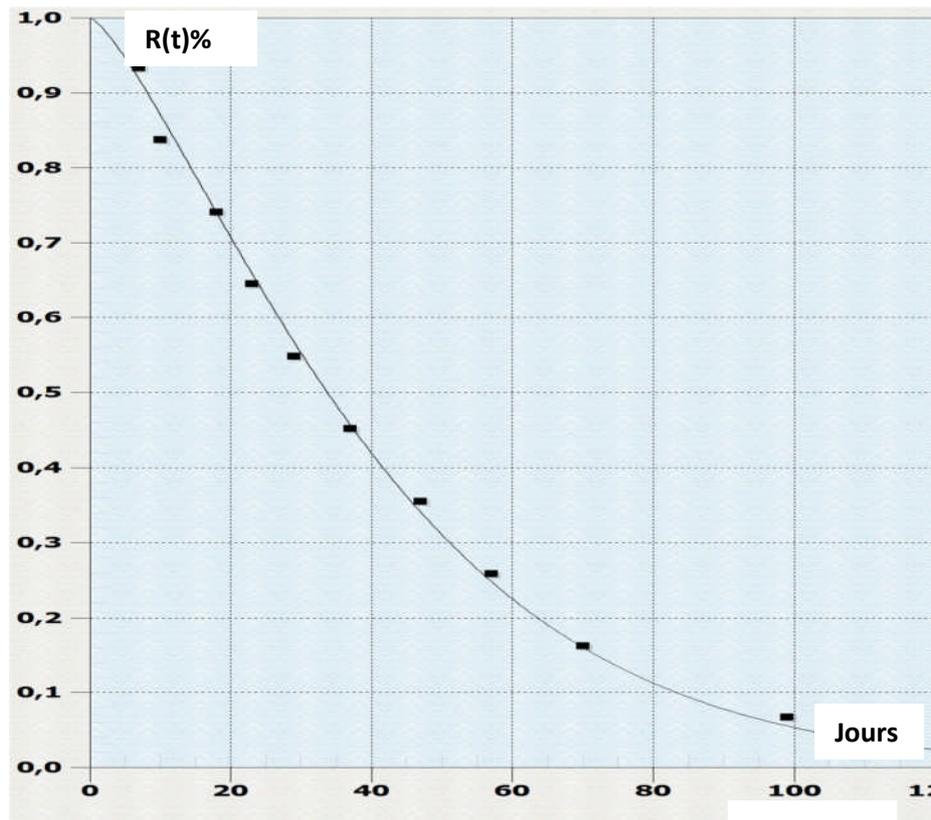
**Tableau 4.12.** Tableau des résultats

Les (figure 4.11 et 4.12) présentent les résultats la fiabilité estimée et théorique



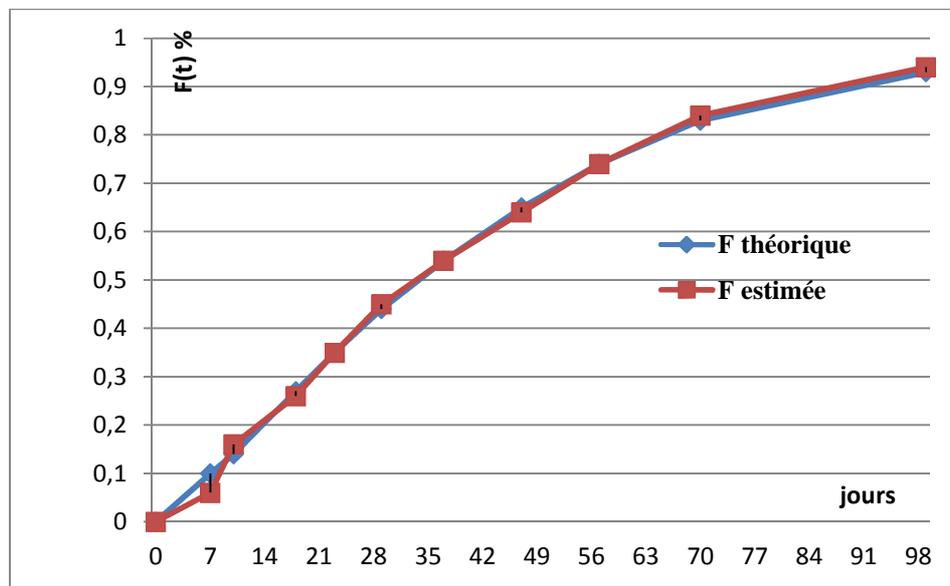
**Figure 4.11.** Courbes des fiabilités estimées et théoriques du frein à patin

On remarque sur la figure (4.11), que les courbes de ( $R_{est}$  et  $R_{th}$ ) sont très proches l'une de l'autre et donnent une bonne corrélation avec les courbes déterminées par le code de calcul Weibull, figure (4.12). Ceci nous a permis de valider notre travail de diagnostic et d'expertise sur l'élément le plus défaillant afin d'optimiser la maintenance sur cet équipement.



**Figure 4.12.** Courbe de fiabilité «code de calcul»

Les (figure 4.13 et 4.14) présentent les résultats la fonction cumulative estimée et théorique



**Figure 4.13.** Courbes cumulatives estimée et théorique du frein à patin

On remarque sur la figure (4.13), que les courbes de ( $F_{est}$  et  $F_{th}$ ) sont très proches l'une de l'autre et sont en très bonne corrélation avec les résultats du code de calcul, voir figure (4.14).

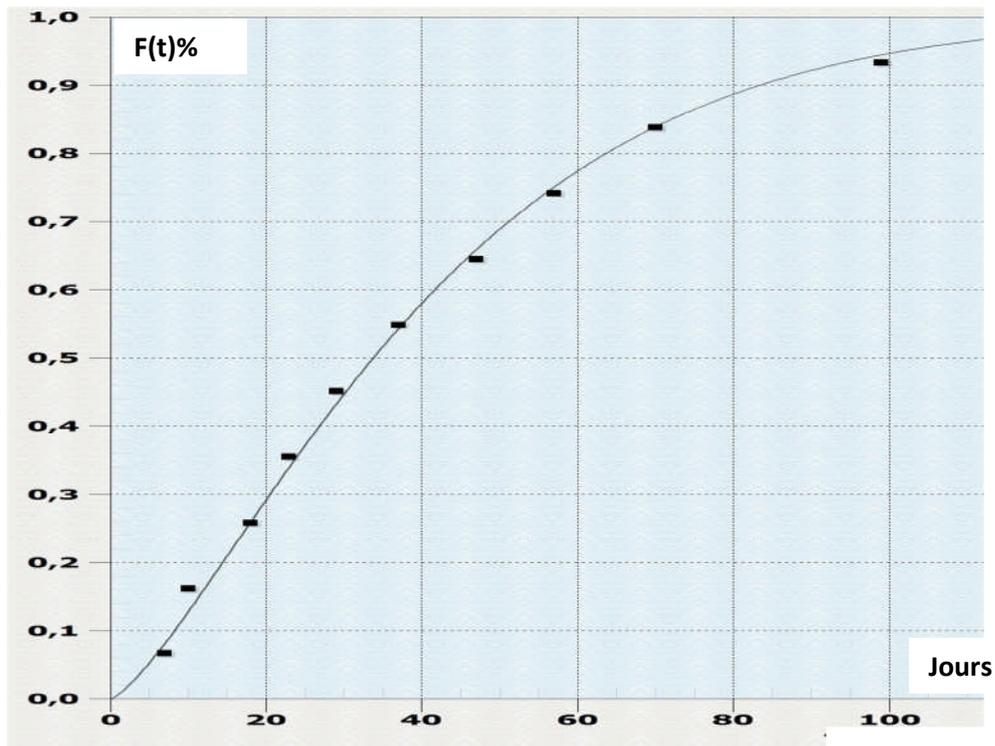


Figure 4.14. Fonction cumulative «code de calcul»

Ces figures (4.15 et 4.16) présentent les résultats du taux de défaillance du frein à patin

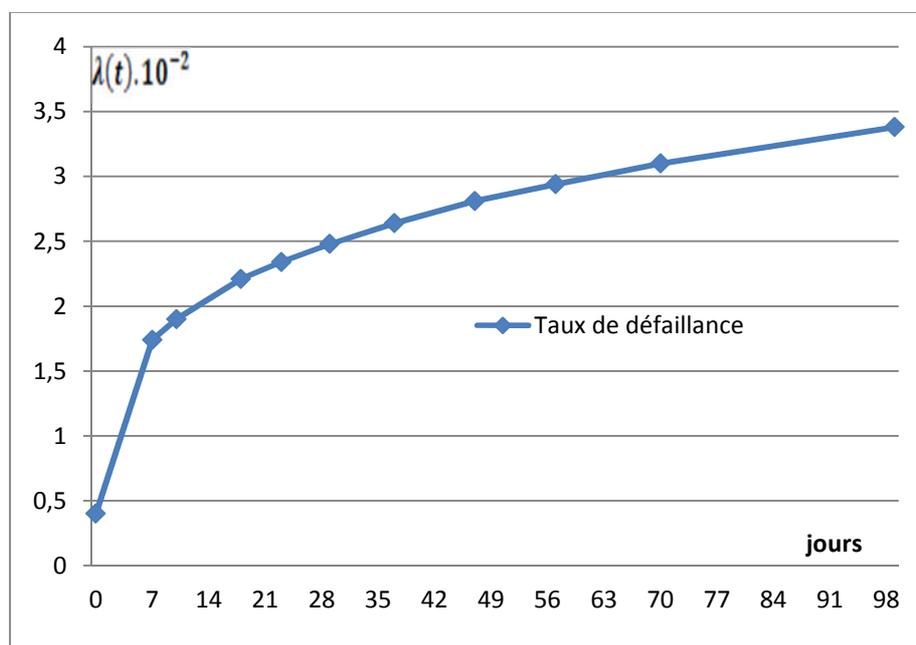


Figure 4.15. Taux de défaillance du frein à patin

Le taux de défaillance est bien représenté par un tronçon distinct sur les figures (4.15) et (4.16) et, montre bien que l'organe étudié subit une défaillance, ce qui est confirmé par le paramètre de forme ( $\beta=1.25$ ), ce qui nécessite au service de maintenance de prévoir un plan

préventif pour d'améliorer la production au niveau de l'atelier de préparation de tissage qui fonctionne actuellement en difficulté.

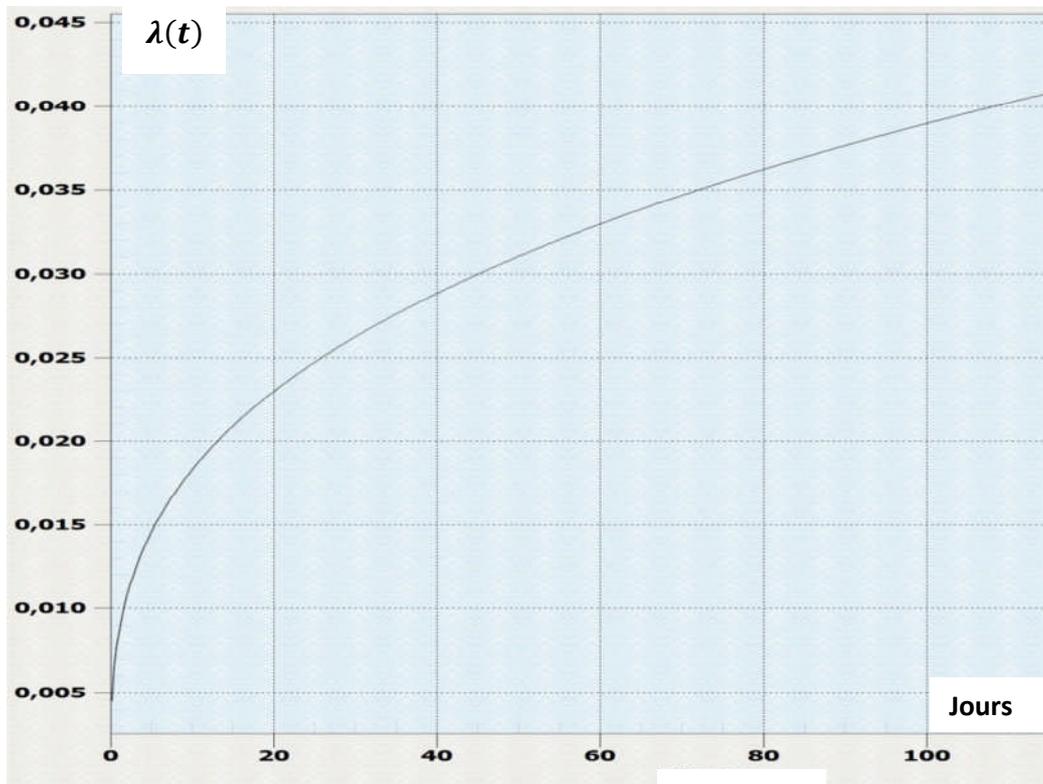


Figure 4.16. Taux de défaillance «code de calcul»

Ces figures (4.17 et 4.18) présentent les résultats de densité de probabilité du frein à patin

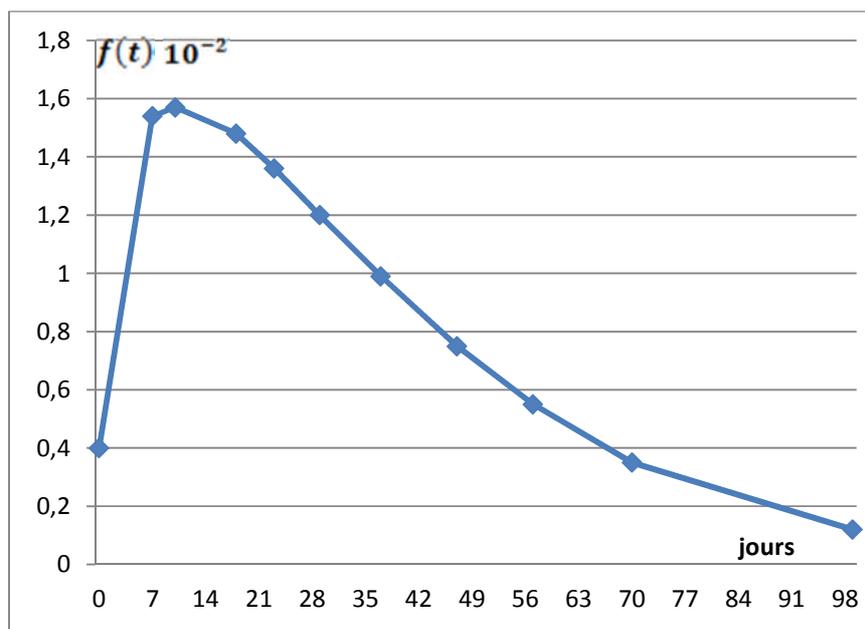
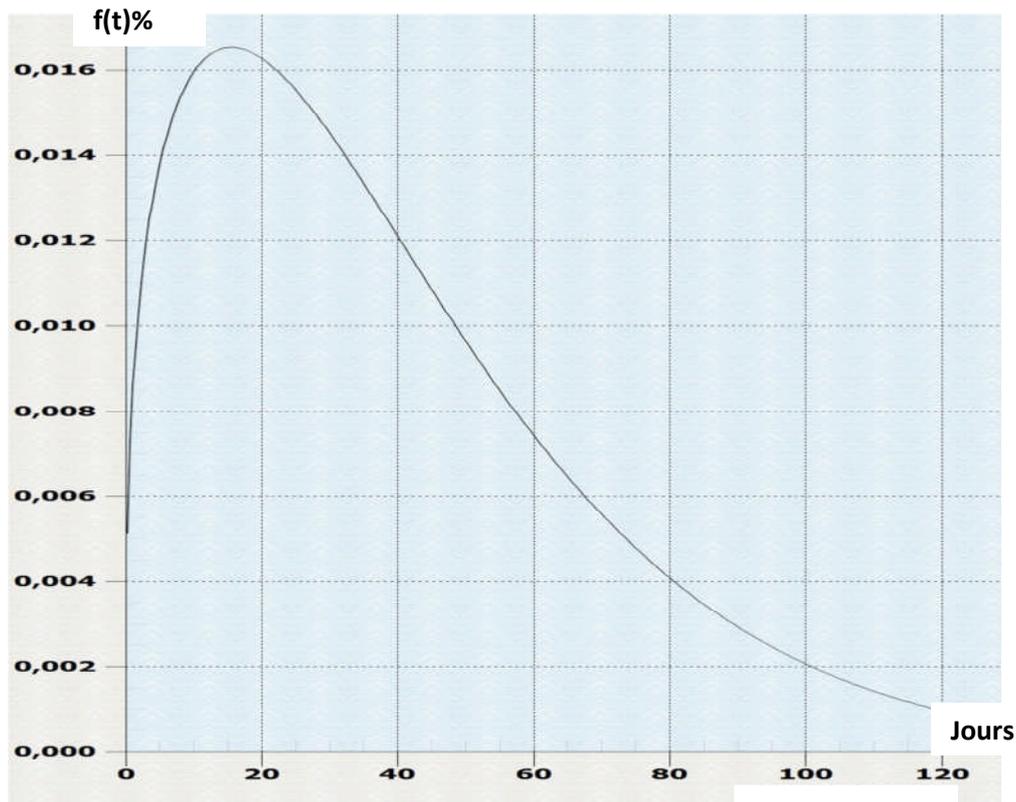


Figure 4.17. Densité de probabilité du frein à patin



**Figure 4.18.** Densité de probabilité «code de calcul»

#### 4.10 Analyse des résultats trouvés

Le diagnostic de cet organe sélectionné, par les méthodes « ABC » et « AMDEC » finalisé par la méthode de Weibull ; nous a permis de déterminer les paramètres de dégradation ( $\beta$ ,  $\eta$ ,  $\lambda$ ) et de faire un choix de la politique de la maintenance à appliquer. Dans notre cas, il faut assurer une maintenance corrective pour éliminer toutes les causes entraînant l'arrêt de production et une maintenance préventive basée sur des contrôles et des inspections périodiques, avec un suivi rigoureux de cet organe sensible qui peut provoquer l'arrêt des équipements et une perte de production importante et coûteuse au niveau de la stations de forage, en particulier au niveau de l'équipement de levage, ce qui revient très cher à l'entreprise en cas de défaillance.

Au cours de notre étude nous avons constaté que :

- $\beta > 1$ , donc les phénomènes de dégradation se centrent autour de la durée de vie la située dans la zone de vieillissement. c'est un cas plus intéressant pour appliquer si nécessaire une politique de la maintenance préventive afin de suivre la dégradation de cet équipement durant sa phase de vieillesse.

#### **4.11. Conclusion**

Le travail décrit dans ce chapitre nous a permis de mettre en place les types d'analyses adéquates pour la bonne gestion de la station TP 127. Le choix de notre étude s'est porté sur le treuil qui constitue le cœur de l'opération de forage, car l'arrêt de l'un de ses équipements perturbe la production. La mise en application de la fiabilité est primordiale pour le choix d'une politique de la maintenance, grâce à la détermination des paramètres de la dégradation des équipements sélectionnés.

Les méthodes d'analyse utilisées en fiabilité, à savoir la méthode : « ABC » et l'analyse par « l'AMDEC » permettent à la direction de maintenance au niveau de la station d'avoir un outil très efficace pour le suivi des équipements du treuil, en particulier le système de freinage.

Le système de freinage est la partie sensible du treuil. Le frein principal du treuil de forage offre une grande efficacité dans la commande du forage et de l'arrêt en cas des incidents. La défaillance de ce système de freinage et le non uniformité des appliqués favorise une usure accélérée des patins du frein et peuvent entraîner des dégâts matériels importants et des dégâts humains.

# Conclusion Générale

# CONCLUSION GENERALE

---

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis de déterminer l'évaluation de la fiabilité des équipements industriels au niveau de la station de forage TP127 (de l'entreprise ENTP située à Hassi Messaoud) et leur optimisation par des méthodes numériques. Il n'y a pas des méthodes normalisées et des règles connues d'avance pour calculer la fiabilité des systèmes, mais le choix de la méthode à appliquer se fait en fonction des types d'équipement, de la grandeur des équipements, de la qualité de la production, des moyens disponibles et des données de dégradation.

Dans notre travail, nous avons appliqué les principales méthodes et lois utilisées en fiabilité ainsi, que les différentes approches pour déterminer les paramètres critiques qui caractérisent le degré de défaillance des équipements (système de freinage au niveau du treuil), afin de bien suivre l'état des organes par le choix correcte du type de la maintenance à appliquer.

Nous avons relevé quatre facteurs essentiels de la fiabilité.

1. Le taux de défaillance ; le taux de défaillance est une fonction du temps dans chaque phase de la vie de l'équipement.
2. Le recueil des données de fiabilité qui est souvent difficile : Il dépend essentiellement de l'organisation et la gestion de la maintenance afin de bien suivre l'exploitation des équipements.
3. Les défaillances ont des origines particulières et différentes.
4. La méthode d'analyse des défaillances dans les systèmes industriels devient de plus en plus complexe et variée.

Finalement, on déduit de ce travail que les équipements de levage sont les plus sensibles et influent directement sur les coûts de la maintenance et sur la production en générale dans les stations de forage. En termes de perspective, nous envisageons la détermination des paramètres de fiabilité et la période optimale de la maintenance préventive par un code qui permet directement de situer le type de maintenance en temps réel et de façon rapide. Le but est de pouvoir traiter beaucoup plus de données dans un délai très court et de mettre en place une maintenance préventive gérée par modélisation et simulation numérique, facilitant la détection de la dégradation des équipements.

### Bibliographie

- [1] Documentations dans l'entreprise ENTP, titre catalog technique, 2008.
- [2] www.entp.com
- [3] C. Mahfoud. Etude et maintenance de treuil de forage OIL WELL 840E. Mémoire de Master. Université Hassiba Benbouali Chlef. 2012
- [4] J.P. Bernhard. Cours de forage, tome I, édition - historique et principe du forage-standard.A.P.I. 1955.
- [6] H .Takeddine et Soma Ismail. Appareil de forage, étude et dimensionnement cas: champs hassi messaoud. Mémoire fin d'étude de master professionnel 2012.
- [5] M. Khaled et Ghemam, Amara Abderezzak. Etude de la pompe à boue national OIL-WELL 12P160. Mémoire de master. Université M'hamed Bouguerra Boumerdes 2007
- [7] A. blend. Cours de forage équipement de forage tome 1- planches. édition technip. paris.1963
- [8] Metrot. Cours sur les bous des forages. Edition Tome III page 137.1962
- [9] J.P. Nguyen. Le forage. édition technip- paris.1993
- [10] L. Mohammed. Etude et maintenance des équipements d'obturation de puits pétroliers, Université M'hamed bougara Boumerdes. 2007
- [11] D. richet. Maintenance basée sur la fiabilité : un outil pour la certification, Ed. Masson.1996
- [12] A. Zeghloul. Maintenance industrielle. Licence Professionnelle. Hydraulique et commandes associées. 2005
- [13] M. Henini, I. Guiton. Maintenance basée sur la fiabilité Etude de cas, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat, 2010.
- [14] V. Zille. Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants, thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Troyes, France 2009.
- [15] P. Lyonnet, La maintenance, Mathématique et méthodes, 4eme Edition. Lavoisier, 2000.
- [16] A. Boumeddan. Impact de la fiabilité sur les équipements industriels (étude de cas au niveau denitex), mémoire de magister. Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen.2012
- [17] F. Monchy. Maintenance, méthodes et organisations, 3<sup>e</sup> édition, Paris, 2000
- [18] A. Pareto, Cours d'économie politique, Lausanne, Switserzland ; 1896
- [19] J. Foucher. Pratique de l'AMDEC, Edition, "Dunod", Paris, 2000