

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences appliquées
Département génie Mécanique



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Filière : électromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Présenté par :

Dachi Mohamed Laid

Boulifa Khireddine

THEME

**Etude FMD d'un treuil de forage au niveau d'un chantier
de l'entreprise nationale de forage**

Soutenu publiquement le : 15/ 06/2021

Devant le jury composé de :

Mm^e : DAMENE DJAMILA MAA Université d'Ouargla

Président

Mm^e : ALLOUI IMENE MCB Université d'Ouargla

Encadreur

Mr : KAREK RABIE MAA Université d'Ouargla

Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

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

Nous adressons nos vifs remerciements à Mm^e I. ALLOUI notre Encadreur qui nous a orientés durant l'élaboration de ce travail.

Nous adressons également nos remerciements à monsieur y. AOUF, directeur de la sonde école, ENAFOR, pour l'aide précieuse qu'il nous a donné pendant l'exploitation de l'historique des pannes. La visite qui nous a été permise au sein de l'entreprise nationale de forage était très fructueuse, et nous a aidé à mieux comprendre le fonctionnement du treuil et nous a permis de voir de près l'appareil de forage.

Nos remerciements s'adressent également aux examinateurs pour Avoir accepté de juger notre travail, que soient remerciés tous nos enseignants durant toutes nos années d'études.

Enfin, nous n'oublions pas à remercier le personnel du département Génie mécanique et tous ceux qui nous ont aidé à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

*Nous dédions ce travail aux honorables
parents pour leur soutien constant et
leurs efforts pour mener à bien travail,
ainsi qu'à tous les membres de la
famille, les amis et tous ceux qui ont
contribué à la réalisation de ce
mémoire.*

Sommaire

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	V
Nomenclature.....	VI
Acronymes et Abréviations.....	VI
Introduction générale.....	1

Chapitre I Généralités sur le treuil de forage

I.1	Introduction.....	4
I.2	Les fonctions de l'appareil de forage	5
I.2.1	Fonction de levage.....	5
I.2.2	Fonction de rotation.....	5
I.2.3	Fonction pompage	5
I.3	Le treuil de forage	5
I.3.1	Caractéristiques techniques du treuil E2000	6
I.4	Le rôle du treuil.....	7
I.5	Les différents éléments d'un treuil de forage	7
I.5.1	Le châssis.....	7
I.5.2	Le tambour.....	8
I.5.3	Les freins	9
I.5.3.1	Frein mécanique	9
I.5.3.2	Frein auxiliaire	10
I.5.4	La Boite de vitesses	10
I.5.5	Les embrayage.....	11
I.5.5.1	Arbre d'entrée (input shaft).....	12
I.5.5.2	Arbre sortie (output shaft).....	12
I.5.6	Les chaines de transmissio	12
I.5.7	Les cabestans	13
I.6	Le fonctionnement du treuil de forage	13
I.7	L'entretien du treuil.....	14
I.7.1	Système de refroidissement.....	14
I.7.2	La lubrification	15
I.8	Conclusion.....	15

Chapitre II Généralités sur la fiabilité, maintenabilité et disponibilité

II.1	Introduction	18
II.2	Definition de la maintenance	18
II.3	Objectifs de la maintenance	18
II.4	Les types de maintenance.....	18
II.4.1	La maintenance preventive.....	18
II.4.1.1	La maintenance préventive systématique.....	18
II.4.1.2	La maintenance préventive conditionnelle.....	18
II.4.1.3	La maintenance préventive prévisionnelle.....	19
II.4.2	La maintenance corrective.....	19
II.4.2.1	Maintenance palliative	19
II.4.2.2	Maintenance curative	19
II.4.3	Les opérations de la maintenance	19
II.4.3.1	Inspection	19
II.4.3.2	Visite	19
II.4.3.3	Contrôle.....	19
II.4.3.4	Dépannage.....	20
II.4.3.5	Réparation	20
II.5	Diagramme de la maintenance	21
II.6	Les niveaux de la maintenance	22
II.7	Les temps de maintenance	22
II.8	Méthode ABC (Diagramme Pareto	23
II.8.1	interpretation de la courbe	24
II.9	Méthode de causes- effets (Diagramme d'ISHIKAWA).....	25
II.10	Étude FMD.....	25
II.10.1	Fiabilité	25
II.10.1.1	Définition	25
II.10.1.2	Objectif:.....	25
II.10.1.3	Les indicateurs de la fiabilité	26
II.10.1.4	Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité	26
a	La loi exponentielle	26
b	La loi de WEIBULL	26
II.10.1.5	Analyse de la fiabilité à partir du modèle de Weibull	28
II.10.1.6	Détermination graphique des paramètres de la loi de Weibull	28
II.10.1.7	Description du papier de Weibull	28
II.10.1.8	Préparation des données	29
II.10.1.9	Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité	30
a	Densité de probabilité	30
b	Fonction de repartition.....	30
c	La fonction de fiabilité.....	31
d	Taux de défaillance	31

e	Temps moyen de bon fonctionnement entre défaillance (MTBF)	31
f	Moyenne des temps de bon fonctionnement MUT (Mean Up Time)	31
II.10.2	Maintenabilité	32
II.10.2.1	Définition	32
II.10.2.2	Taux de réparation μ	32
II.10.2.3	Amélioration de la maintenabilité	33
II.10.3	Disponibilité.....	34
II.10.3.1	Définition:	34
II.10.3.2	Les types de Disponibilité.....	34
a	Disponibilité intrinsèque.....	34
b	Disponibilité instantanée.....	34
II.11	Les Coûts en maintenance.....	34
II.11.1	Coûts de maintenance	34
II.11.2	Coûts d'indisponibilité.....	34
II.11.3	Coûts de défaillance.....	35
II.12	Conclusion.....	35

Chapitre III Application de l'FMD au treuil (ENF13-N°2000001995)

III.1	Introduction et exploitation de l'historique de pannes	37
III.1.1	Calcul de UT	37
III.1.2	Calcul du TBF.....	37
III.2	Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	39
III.2.1	Pratique de la méthode ABC (Diagramme Pareto)	39
III.2.2	Représentation de la courbe ABC	40
III.2.3	Analyse de la courbe ABC	41
III.2.4	Interpretation.....	41
III.3	Méthode Cause-Effets (ISHIKAWA)	42
III.3.1	Analyse des causes de défaillance du circuit de refroidissement	42
III.3.2	Analyse des causes de défaillance dans le circuit de lubrification par l'huile	42
III.3.3	Actions d'amélioration de la maintenance du frein et de l'embrayage	43
III.4	Calcul des indicateurs de fiabilité	43
III.4.1	Calcul de M.T.B.F	43
III.4.2	Calcul de M.U.T	43
III.4.3	Calcul de la Disponibilité D	43
III.4.4	Calcul du MTTR.....	43
III.4.5	Calcul Taux de réparation μ	43
III.5	Calcul de fiabilité	44
III.5.1	Méthode de l'actuariat	44
III.5.1.1	Détermination du nombre de classe r	44
III.5.1.2	Calcul de l'intervalle des temps (ΔT) dans chaque classe	44

III.5.1.3	Distribution des pannes par classe	44
III.5.1.4	Représentation de la courbe des pannes	45
III.5.1.5	Tracé des courbes $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$ et $\lambda(t)$	46
III.6	Estimation des paramètres de WEIBULL (treuil ENF13-N°2000001995 (SAP ENAFOR)	49
III.7	Test adéquat (KOLMOGOROV SMIRNOV)	50
III.8	Exploitation des paramètres de WEIBULL pour le calcul des indicateurs	52
III.8.1	Calcul du MUT	52
III.8.2	Calcul de la densité de probabilité $f(t)$ pour le MUT	52
III.8.3	La fonction de répartition en fonction de MUT $F(t)$	52
III.8.4	La fiabilité en fonction de MUT $R(t)$	52
III.8.5	Le taux de défaillance en fonction de MUT λ	52
III.8.6	Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique	52
III.9	Tracé des courbes de $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$ et $\lambda(t)$	53
III.9.1	La Courbe de la Fonction Fiabilité $R(t)$	54
III.9.2	Courbe de la fonction de répartition $F(t)$	54
III.9.3	Courbe de la fonction de la densité de probabilité $f(t)$	55
III.9.4	Courbe du taux de défaillance $\lambda(t)$	55
III.10	Le calcul de Maintenabilité $M(t)$	56
III.10.1	Tracé de la courbe de Maintenabilité $M(t)$	57
III.11	Calcul de la Disponibilité $D(t)$	57
III.11.1	Disponibilité instantanée $D(t)$	57
III.11.2	Tracé de la courbe de Disponibilité $D(t)$	58
III.12	Les coûts en maintenance.....	59
III.12.1	Calcul des coûts de main d'œuvre et de pièces de rechange	59
III.12.2	Représentation des coûts de maintenance	60
III.13	Conclusion.....	61
	Conclusion générale et perspectives.....	62
	Références bibliographiques.....	63
	Annexe	
	Résumé	

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1: L'appareil de forage.	4
Figure I.2 : Treuil de forage E2000	6
Figure I.3: Equipements de levage.	7
Figure I.4: le châssis	7
Figure I.5: tambour du treuil.	8
Figure I.6 : : frein mécanique	9
Figure I.8: ralentisseur hydraulique.	10
Figure I.7: ralentisseur électromagnétique.....	10
Figure I.9: Boite vitesse du treuil.....	11
Figure I.10 : Arbre d'entrée.	12
Figure I.11: Arbre de sortie.....	12
Figure I.12: cabestan.....	13
Figure I.13: Système refroidissement.	14
Figure I.14 : Circuit de lubrification.	15

Chapitre II

Figure II.1 : Diagramme de la maintenance	21
Figure II.2 : Temps de maintenance	22
Figure II.3 : Diagramme de Pareto ou courbe ABC	23
Figure II.4 : Critère-élément	24
Figure II.5 : Diagramme d'ISHIKAWA	25
Figure II.6 : Courbe de baignoire.....	27
Figure II.7:Densité de probabilité $f(t)$ en fonction de β	28
Figure II.8 : Taux de défaillance $\lambda(t)$ en fonction de β	28
Figure II.9 : Axes de papier de weibull	29
Figure II.10 : Redressement de la courbe par translation	30

Chapitre III

Figure III.1 Les temps de maintenance.....	37
Figure III.2: Représentation de la courbe ABC	40
Figure III.3: Diagramme des cause- effet du circuit de refroidissement	42
Figure III.4 : Diagramme cause- effet dans le circuit de lubrification par l'huile.....	42
Figure III.5 : Représentation de la courbe du nombre de pannes dans l'intervalle de temps ...	45
Figure III.6 : fonction de fiabilité	46
Figure III.7 : fonction de défaillance	47
Figure III.8 : fonction de densité de probabilité	47
Figure III.9 : taux de défaillance.....	48

Figure III.10 : Représentation de la courbe de WEIBULL (papier weibull)	50
Figure III.11 : La Courbe de la Fonction Fiabilité.....	54
Figure III.12 : La Courbe de Fonction Répartition.....	54
Figure III.13 : Courbe de la densité de probabilité.....	55
Figure III.14 : La Courbe du taux de défaillance.....	55
Figure III.15 : La Courbe de maintenabilité	57
Figure III.16 : La Courbe de Disponibilité	58
Figure III.17 : Représentation graphique des couts de maintenance	61

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I-1: caractéristique de treuil E2000	6
Tableau I-2: la gamme de vitesses	11

Chapitre II

Tableau II-1: Les cinq niveaux de maintenance.	22
Tableau II-2: Répartition des classes en fonction de RD	24
Tableau II-3: Les lois de probabilité utilisées en fiabilité	26
Tableau II-4 : Amélioration de la maintenabilité.....	33

Chapitre III

Tableau III-1 : Historique de pannes du treuil de forage ENF13-N°2000001995 (SAP ENAFOR)	39
Tableau III-2: Tableau de l'analyse ABC (PARETO).....	40
Tableau III-3 : Distribution des pannes par classe.....	44
Tableau III-4 : Tableau des résultats de la méthode de l'actuariat	46
Tableau III-5: Fonction de répartition	49
Tableau III-6: Test d'adéquation	51
Tableau III-7: Fonctions de, $f(t)$, $F(t)$, $R(t)$ et $\lambda(t)$	53
Tableau III-8 : Fonctions de maintenabilité $M(t)$	56
Tableau III-9 : Fonctions de disponibilité $D(t)$	58
Tableau III-10 : Les coûts de maintenance en DA (Dinard algériens).....	60

Nomenclature

$R(t)$	Fonction de fiabilité	
$F(t)$	Fonction de défaillance ou de répartition	
$f(t)$	Densité de probabilité de défaillance	
$\lambda(t)$	Taux de défaillance	
μ	Taux de réparation	
$M(t)$	Fonction de maintenabilité	
$D(t)$	Disponibilité instantanée	
D_i	Disponibilité intrinsèque	
$D_n. Max$	Valeur absolue maximale	
Ln	Logarithme népérien	
γ	Paramètre de position de la loi Weibull	
η	Paramètre d'échelle de la loi de Weibull	Heure
β	Paramètre de forme de la loi de Weibull	

Acronymes et Abréviations

ENAFOR	Entreprise Nationale de Forage	
TTR	Temps de réparation	Heure
TBF	Temps entre défaillances	Heure
UT	Temps de bon fonctionnement	Heure
MUT	Moyenne des temps de bon fonctionnement	Heure
MTTR	Moyenne des temps de réparation	Heure
MTBF	Moyenne de temps entre pannes	Heure
MINITAB	Logiciel de statistiques et d'analyse de données	
RD	Le ratio de discrimination	
SAP	(Applications, and products for data), un progiciel de gestion intégrée, en informatique et management.	
ABC	Méthode de Pareto	

Introduction générale

Introduction générale

Dans le nouveau contexte industriel, les entreprises sont sujettes de grandes pressions de la part de leurs clients. Ces derniers sont de plus en plus exigeants, demandant des produits et des services de qualité, à moindre coût et dans les délais impartis. Pour cela, les entreprises doivent assurer au coût minimal, la disponibilité et la fiabilité de leurs outils de production, par une bonne gestion de maintenance bien choisie et adaptée.

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de disposer de ressources humaines compétentes, des moyens matériels adaptés aux équipements à maintenir, des systèmes de gestion de pièces de rechange et d'informations adéquats.

Dans l'industrie pétrolière, les travaux de forage des puits de pétrole et de gaz sont les plus difficiles et exigent beaucoup de main d'œuvre et nécessitent de grands investissements des capitaux. La maintenance des équipements de production pétrolière est alors une tâche essentielle pour la productivité de l'entreprise.

Au niveau de l'entreprise nationale de forage ENAFOR, l'activité de la maintenance pétrolière, est assurée grâce à un personnel hautement qualifié et des ateliers spécialisés, l'entreprise assure par ses propres moyens, la gestion et la maintenance de ses installations de forage, de sa flotte de transports et de ses structures d'accompagnements, grâce en grande partie à la GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur), et au système SAP (Applications, and products for data), un progiciel de gestion intégrée, en informatique et management.

L'un des principaux équipements utilisés dans le forage des puits est le treuil, 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 porte sur l'étude et l'évaluation des concepts FMD du treuil de forage ENF13-N°2000001995, la collecte des données de l'historique des pannes a été possible par le biais du système SAP de l'entreprise ENAFOR, et a permis de faire une analyse par la loi de Pareto présentée en un premier lieu, suivie par une analyse des causes-effets rendue possible par le diagramme Ishikawa, une évaluation des grandeurs de fiabilité, maintenabilité et disponibilité, est présentée en appliquant la loi de Weibull.

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la description et le fonctionnement du treuil de forage.

- Au deuxième chapitre, on a exposé les méthodes d'analyse utilisées, la méthode ABC (loi de Pareto), la méthode d'ISHIKAWA ainsi que les méthodes d'évaluation de la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité. Un bref aperçu sur les coûts de maintenance est donné à la fin de ce chapitre.

- Dans le troisième chapitre, l'exploitation de l'historique des pannes des trois années 2018,2019 et 2020 a permis d'appliquer les méthodes d'analyses au treuil, les interprétations des résultats sont présentées.

- Enfin on termine par une conclusion générale, ou seront regroupés les différentes déductions et on donnera des perspectives pour les travaux de futur.

Chapitre I

Généralités sur le treuil de forage

I.1 Introduction:

Le forage pétrolier est l'ensemble des opérations permettant d'atteindre les roches poreuses et perméables du sous-sol, susceptible de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux. [1]

L'appareil de forage est constitué d'un ensemble des éléments permettant les fonctions de levage, rotation, pompages nécessaires à la réalisation d'un sondage. Le mât (ou derrick) sert ainsi à descendre le train de tiges de forage, constitué d'un ensemble de tubes (ou tiges) vissés les uns aux autres, au bout desquelles se trouve outil de forage, permettant de découper la roche, le trépan. Le trépan mis en rotation attaque la roche au fond du puits, à la tête du forage. [2]

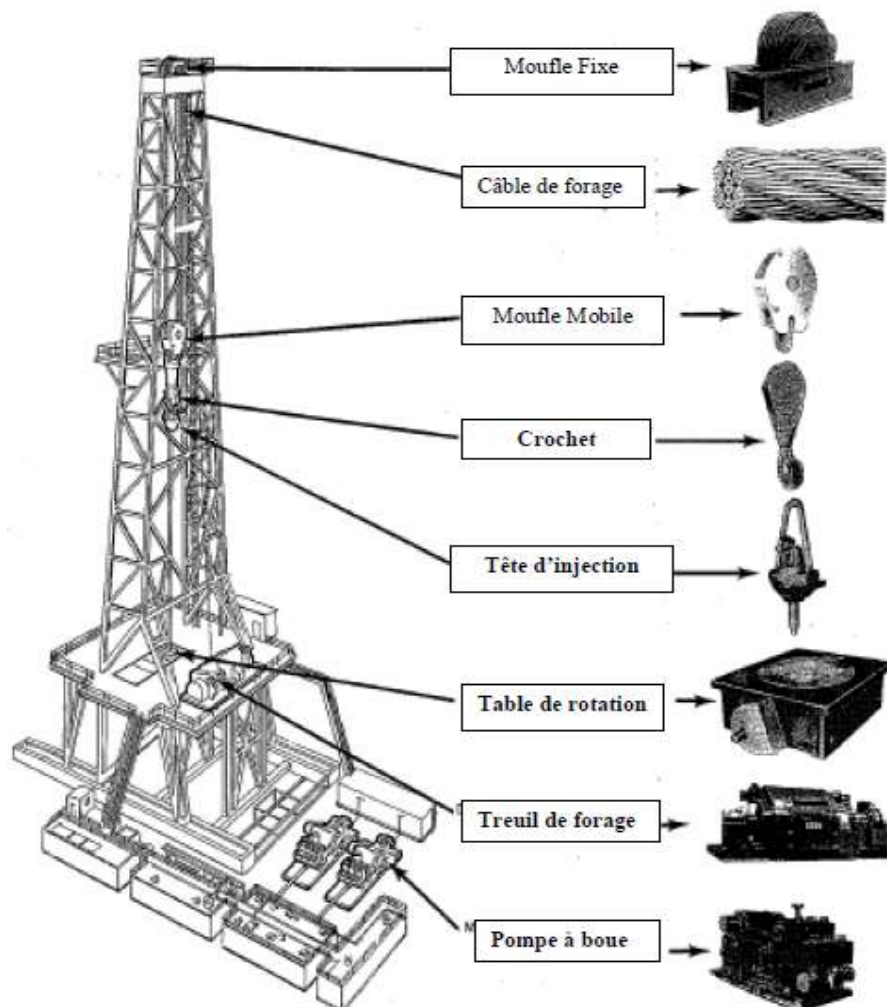


Figure I.1: L'appareil de forage. [13]

I.2 Les fonctions de l'appareil de forage :

I.2.1 Fonction de levage:

Le treuil de forage et son câble supportent, par l'intermédiaire d'un système de poulies, le train de tiges de forage relie l'outil à la surface du sol. Ils permettent également la manutention et la descente des cuvelages. [7]

I.2.2 Fonction de rotation:

La table de rotation entraîne les tiges de forage on surface et provoque la rotation de l'outil en fond de puits. Cette fonction peut être remplacée par une tête d'injection rotative.[7]

I.2.3 Fonction pompage:

Les pompes de forage permettent la circulation du fluide de forage depuis la surface jusqu'au fond du puits. Ce fluide permet le refroidissement de l'outil et remontée des déblais.[7]

I.3 Le treuil de forage:

Le forage est un procédé très coûteux. Donc, il a fallu perfectionner les treuils de forage conventionnels pour ramener les temps de manœuvres à des valeurs économiques. [3]

Un treuil de forage moderne, qui se complique de convertisseurs de couples, embrayages pneumatiques, commandes hydrauliques et pneumatiques, etc., en dehors du tambour et du frein, demande donc une étude complète, car ses éléments sont étroitement liés. Une défaillance de l'un d'entre eux, et l'ensemble ne satisfera pas aux conditions imposées.

Le forage avec les outils à jets et le turboforage demandent une puissance hydraulique supérieure au forage aux tricônes conventionnels, la puissance installée a donc été augmentée. La puissance absorbée par le treuil est intermittente- et représente une faible portion du temps total. Par contre, les pompes à boue font constamment appel à la transmission, et souvent leur charge est bien près d'atteindre le maximum de la puissance installée. Pour cette raison, le choix de la transmission est important.

Nous étudierons ici chaque élément du treuil et de la transmission tout en mettant en évidence son influence sur l'ensemble de la machine. [1]

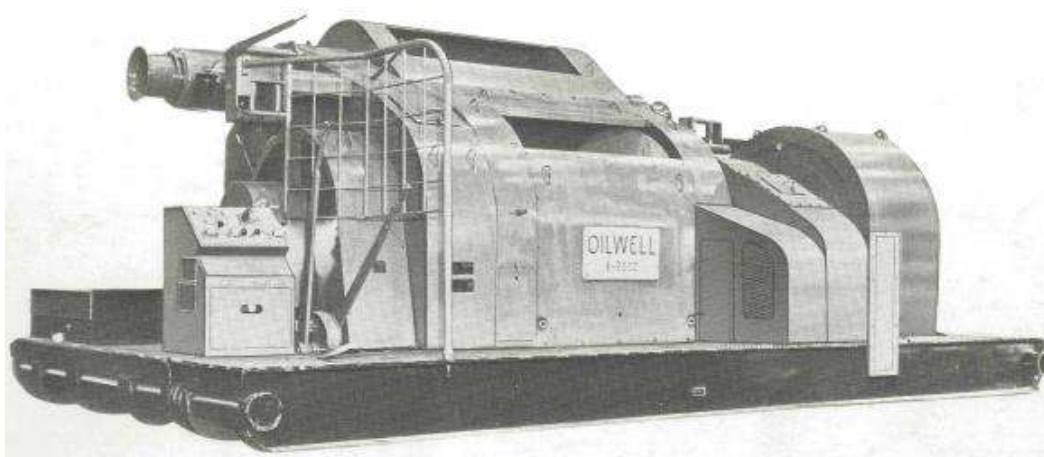


Figure I.2 : Treuil de forage E2000[25]

I.3.1 Caractéristiques techniques du treuil E2000 :

Profondeur de forage	20000 feet
Puissance	2000 HP
Nombre de vitesse	4
Dimension du tambour	
Diamètre	32''
Longueur	56-3/4''
Dimensions des jantes	
Diamètre	60''
Longueur	10''
Type d'embrayage du drum	Airflex 42VC 1200
Low et high	
Embrayage de curage	Airflex CB (clutch brack)
Type	38''
Diamètre	7''
Largeur	
Poids du treuil	55000 lbs

Tableau I-1: caractéristique de treuil E2000 [25]

I.4 Le rôle du treuil:

- Tire et alimente le câble de forage, enlevant ou descendant la garniture de forage.
- Il permet de contrôler la vitesse du moufle mobile et le poids exercé sur l'outil. [4]

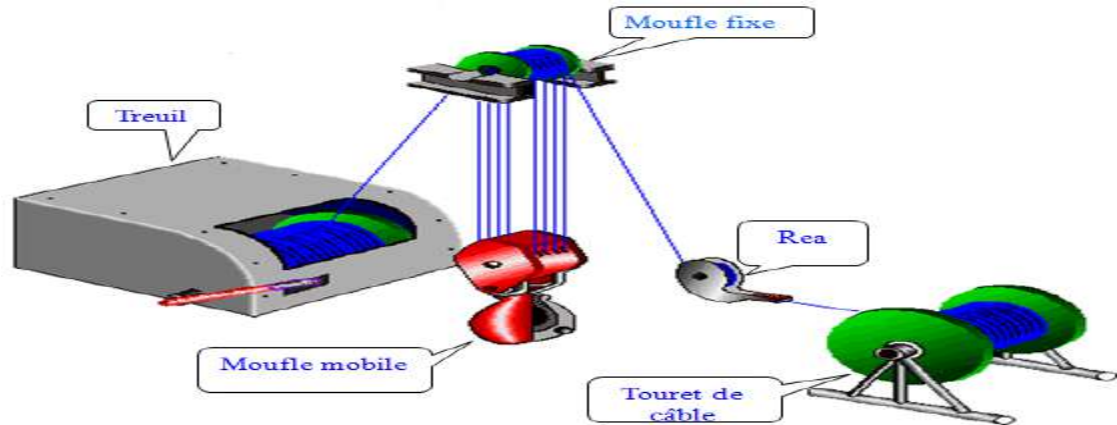


Figure I.3: Equipements de levage. [13]

I.5 Les différents éléments d'un treuil de forage :

I.5.1 Le châssis:

Le châssis du treuil est constitué de poutrelles d'acier qui sont perpendiculaires aux arbres du treuil sur les ensembles monobloc de faible puissance, soit parallèles aux arbres du treuil sur les ensembles sectionnés de grande puissance.

La carcasse est faite de tôles d'acier assemblées par mécano soudure. Des parois latérales servent de déflecteurs et délimitent des compartiments étanches contenant les divers organes d'entraînement lubrifiés sous pression. [8]

- Ces éléments doivent être rigides pour éviter le décentrage et le mauvais alignement des paliers à roulements. [5]
- Le châssis-ski est la structure qui support les organes du treuil. [3]

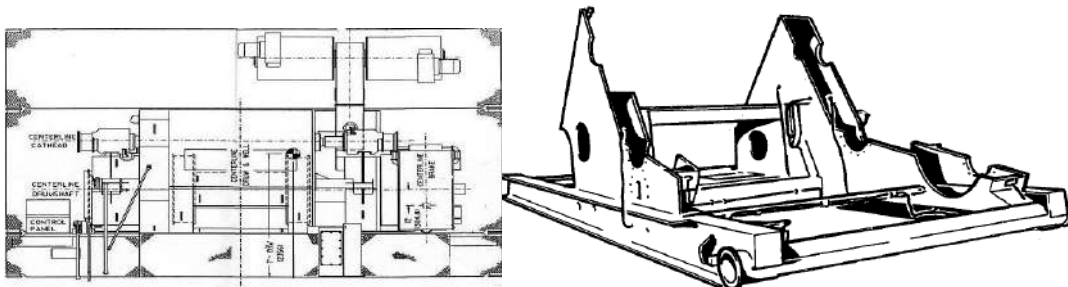


Figure I.4: le châssis [3] [10]

I.5.2 Le tambour:

Le tambour doit être rigide et solidement construit. Le métal doit être suffisamment important pour éviter que les indentations constituées par un câble ne nuisent au câble qui le remplacera. Il est équilibré afin de réduire les vibrations et de permettre une accélération rapide [1].

Un tambour cannelé sur lequel s'enroulera le câble, les joues du de comporte des jantes sur lesquelles sont montées les bandes du frein qui permettent le contrôle de la descente de la charge suspendue au crochet. Ce système de freinage très faible n'a pas une grande capacité d'absorption d'énergie telle celle produite par la descente d'une colonne de casing à une grande profondeur. Tous les treuils seront équipés d'un ralentisseur de charge monté sur l'axe de tambour. [6]

- Le tambour est la partie active du treuil.
- Le tambour de manœuvre peut être lisse ou cannelé.

Dimensions du tambour :

Le diamètre d'un tambour doit être supérieur ou égale à 20 fois le diamètre du câble $D \geq 20.d$. (D : diamètre du tambour, d diamètre du câble). [5]

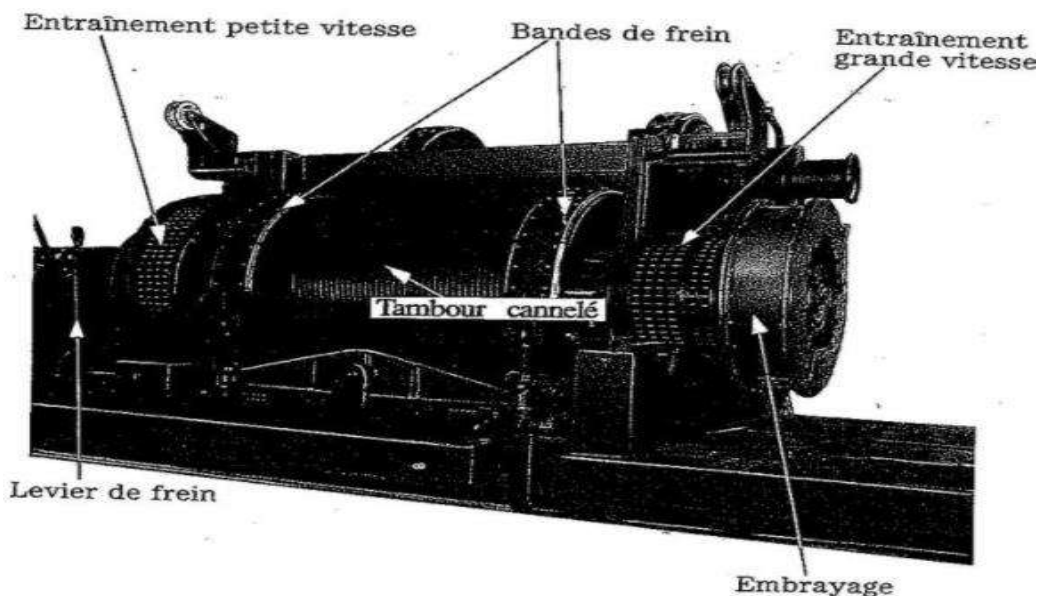


Figure I.5: tambour du treuil. [6]

I.5.3 Les freins:

Tous les treuils sont équipés d'un frein mécanique à bande et d'un frein auxiliaire électromagnétique et hydraulique.

I.5.3.1 Frein mécanique:

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

Ce frein est constitué de deux bandes métalliques équipées de garnitures intérieures fixées par des boulons en cuivre ou en aluminium à tête noyée.

Ces bandes sont reliées par une barre d'équilibrage qui répartit également la force de freinage entre les deux bandes et réduit ainsi l'usure des patins.

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

Afin d'évacuer la forte quantité de chaleur provoquée par le freinage, les jantes sont creuses et équipées d'un système de refroidissement à eau à circulation perdue ou à circulation sous pression en circuit fermé. [8]

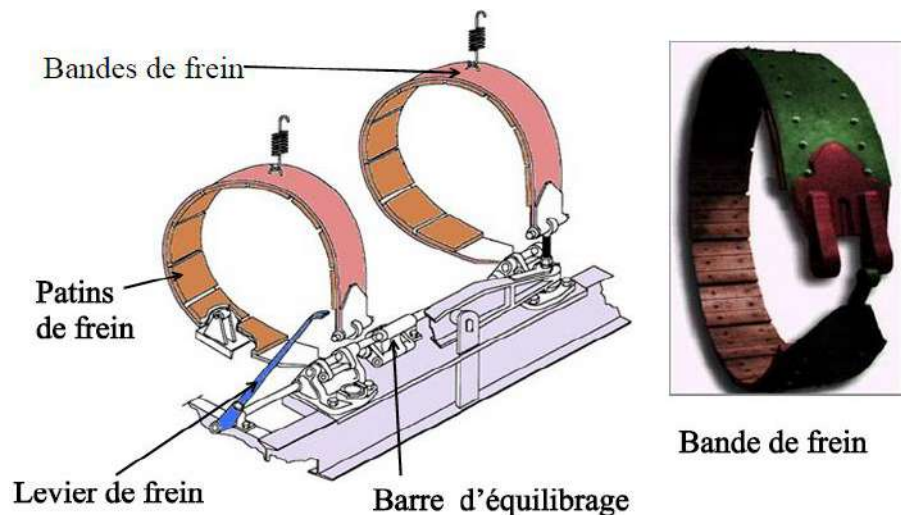


Figure I.6 : : frein mécanique [5]

I.5.3.2 Frein auxiliaire:

Même si le frein mécanique à bandes peut supporter seul le poids de la garniture, il ne peut le faire en continu, car l'échauffement excessif des garnitures entraînerait un freinage inefficace qui, outre le manque de sécurité, provoquerait une usure rapide des garnitures et même des jantes.

Pour pallier à ces inconvénients, on installe en bout de l'arbre tambour un frein auxiliaire qui peut être soit hydraulique, soit électromagnétique, qui absorbe la plus grande partie de l'énergie engendrée par la descente de la garniture. Le frein à bandes ne sert alors que pour l'immobilisation complète de la garniture au moment de la mise sur cales. [8]

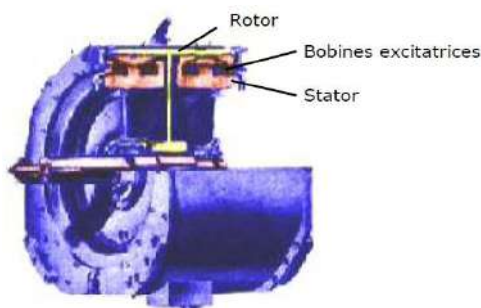


Figure I.7: ralentisseur hydraulique [6]

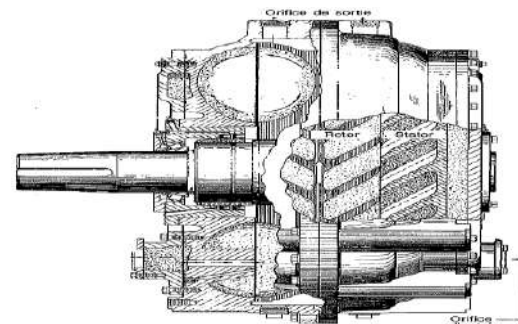


Figure I.8: ralentisseur électromagnétique.[10]

I.5.4 La Boîte de vitesses:

Intégrée au treuil ou positionnée sur la première section de la transmission, la boîte de vitesses permet pour une vitesse de rotation donnée des moteurs, d'entraîner les différent - arbres du treuil à des vitesses diverses et dans les deux sens. Divers embrayages permettent d'actionner à volonté, ensemble ou séparément, chacun de ces arbres.

La boîte de vitesses est généralement constituée de deux arbres sur lesquels des pignons à chaînes fous ou clavetés peuvent être embrayés ou débrayés au moyen d'embrayage à clabots ou à denture. Des dispositifs mécaniques ou pneumatiques empêchent l'embrayage simultané de deux vitesses, ce qui risquerait d'endommager gravement la boîte de vitesses.

La rotation inverse de l'arbre de sortie est généralement obtenue par un jeu d'engrenages.

L'emploi d'accouplements hydrauliques permet de réduire le nombre des vitesses à 2 ou 3. Ceci est vrai surtout pour les treuils où un convertisseur est installé à l'entrée de la boîte de vitesses, elle-même intégrée au treuil. Dans le cas d'un ensemble treuil-transmissions à sections,

la boîte est généralement conçue avec un nombre supérieur de vitesses, ce qui permet de faire travailler les convertisseurs dans les meilleures conditions possibles.

Dans le cas d'une boîte intégrée au treuil, les paliers à roulements des arbres sont fixés sur la carcasse du treuil. Dans le cas d'une boîte séparée, la fabrication du carter est analogue à celle du treuil.

L'entraînement des différents arbres du treuil à partir de la boîte de vitesses se fait généralement par chaînes à rouleaux et embrayages pneumatiques. Les vitesses de ces arbres sont toujours inférieures à celles de l'arbre d'entrée de la boîte. Un frein d'inertie permet d'arrêter la rotation des arbres de la boîte lors des changements de vitesses. [1]

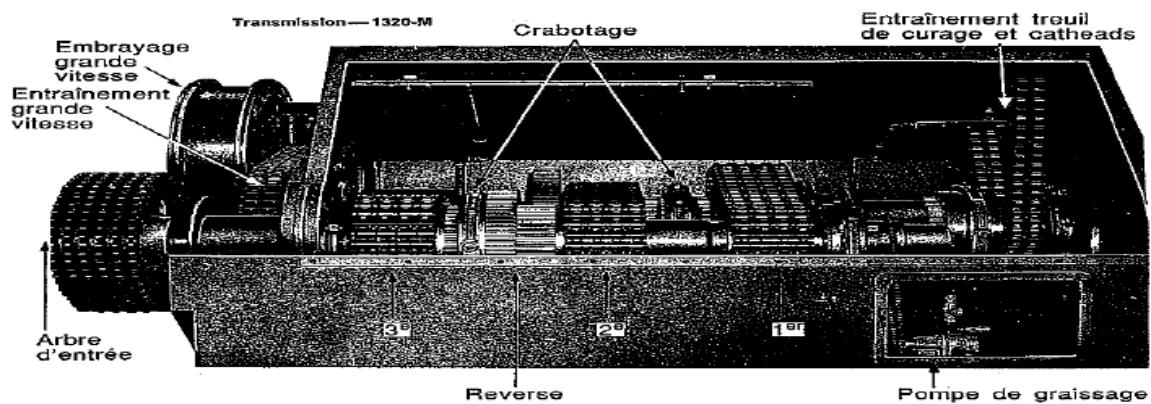


Figure I.9: Boîte vitesse du treuil. [6]

I.5.5 Les embrayages:

Le treuil dans sa version standard possède une transmission (Low & High), et un système d'embrayages (Low & High). La combinaison de ces deux composants offre la possibilité de choix entre quatre (04) vitesses. Selon le poids à soulever, et les conditions de levage (vitesse du moufle mobile-traveling block), le chef de poste fait son choix dans la gamme de vitesses suivante :[9]

	1		2		3		4
Gear	Clutch	Gear	Clutch	Gear	Clutch	Gear	Clutch
LOW	LOW	LOW	HI	HI	LOW	HI	HI

Tableau I-2: la gamme de vitesses [9]

Le treuil de forage comprend aussi 02 arbres qui sont :

I.5.5.1 Arbre d'entrée (input shaft):

L'arbre d'entrée comporte trois (03) roues dentées 19,20 et 26 dents, à son extrémité se trouve le frein d'inertie pour absorber le couple résistant inverse lors de l'arrêt de deux moteurs électriques d'entraînement.



Figure I.10 : Arbre d'entrée. [10]

I.5.5.2 Arbre sortie (output shaft):

L'arbre secondaire comporte trois (03) roues dentées 25,42 et 22, avec deux (02) pignons à ses extrémités 37 dents et 19 dents. Un système d'engrenage de deux (02) roues 85 et 101 dents liants les deux arbres input et output.

L'arbre secondaire comporte aussi un embrayage à crabot permet la sélection des vitesses. [5]



Figure I.11: Arbre de sortie. [10]

I.5.6 Les chaînes de transmission:

Toutes les chaînes transmettant la puissance à l'arbre tambour sont des chaînes triples de pas 2, les chaînes du treuil sont classées dans une catégorie spéciale dite « Oil Field ». En effet l'effort dû à la force centrifuge qui est proportionnelle au carré de la vitesse linéaire de la chaîne, représente, au de-là d'une certaine vitesse, une partie importante des efforts. [10]

I.5.7 Les cabestans:

Situés de part et d'autre du tambour de curage, les cabestans servent aux blocages, déblocage, vissage et dévissage de la garniture de forage, et à la manutention des charges sur le plancher. Ils sont à commande pneumatique. Le cabestan est constitué d'un tambour coulissant et d'une poupée clavetée sur l'arbre. La traction sur la clé est assurée par le tambour sur lequel est monté à demeure un câble métallique. La rotation du tambour est obtenue par un embrayage à air qui le plaque sur un disque de friction. Le nombre de vitesses des cabestans est le plus souvent égal à la moitié de ceux du tambour du treuil. [11]

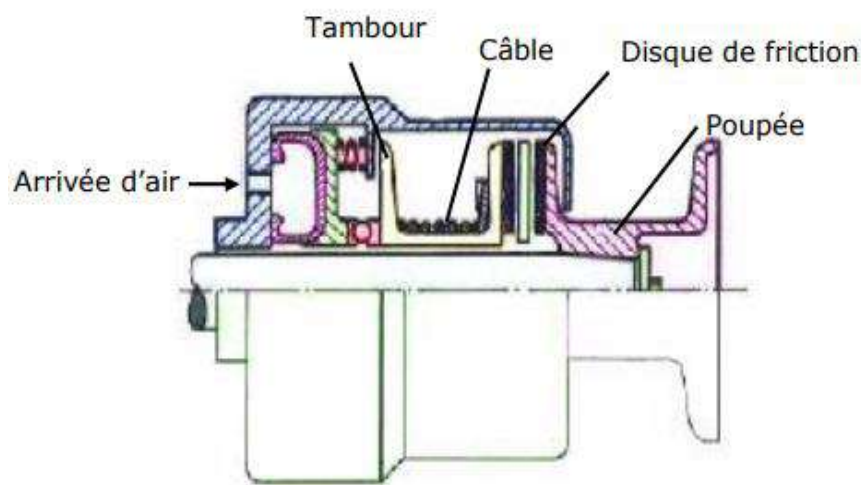


Figure I.12: cabestan. [11]

I.6 Le fonctionnement du treuil de forage :

Le treuil de levage se compose de deux unités séparées, et ce, de l'unité du treuil de levage avec le tambour et de l'unité d'entraînement avec deux moteurs CC. Les deux unités sont montées sur des bâtis en forme de traîneaux. Avant la mise en service du système.

Le treuil de levage est entraîné par deux moteurs montés en arrière. Chaque moteur a un ventilateur autonome entraîné électriquement et un chauffage. Les deux moteurs transmettent leur force moyennant des embrayages à griffes sur l'arbre de commande.

L'arbre de commande est lié à l'arbre de transmission par deux systèmes d'entraînement à chaînes. L'arbre de transmission est pourvu d'un système permettant le changement dans la 1ère et la 2ème vitesse. D'autres chaînes raccordent l'arbre de transmission avec l'arbre du tambour de levage et l'arbre de cabestan.

Les systèmes d'entraînement à chaînes sont lubrifiés par un système à circulation sous pression qui est alimenté par une pompe de refoulement à engrenages qui est entraînée par moteur électrique. Par l'actionnement des embrayages respectifs à l'arbre du tambour de levage, on obtient d'autres taux de réduction de la vitesse de rotation et les transferts sur le tambour. Quatre vitesses de rotation du tambour de levage sont donc disponibles d'après la vitesse demandée et la charge suspendue moyennant les systèmes d'entraînement à chaînes différents.

Le tambour de levage peut être freiné par levier à main du système de frein à ruban. Les couronnes de freinage du frein à ruban sont refroidies par eau. Un embrayage opéré par main peut raccorder l'arbre du tambour de levage à un frein à courants Foucault refroidi par eau. Le frein à courants Foucault sert de frein auxiliaire et réduit l'usure du frein à ruban.

L'arbre de cabestan entraîne le cabestan ,break-out cathead' et le cabestan ,spinning cathead' qui peuvent être connectés de manière pneumatique. [12]

I.7 L'entretien du treuil:

I.7.1 Système de refroidissement:

Une pompe centrifuge aspire de l'eau traitée des bacs 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. [17]

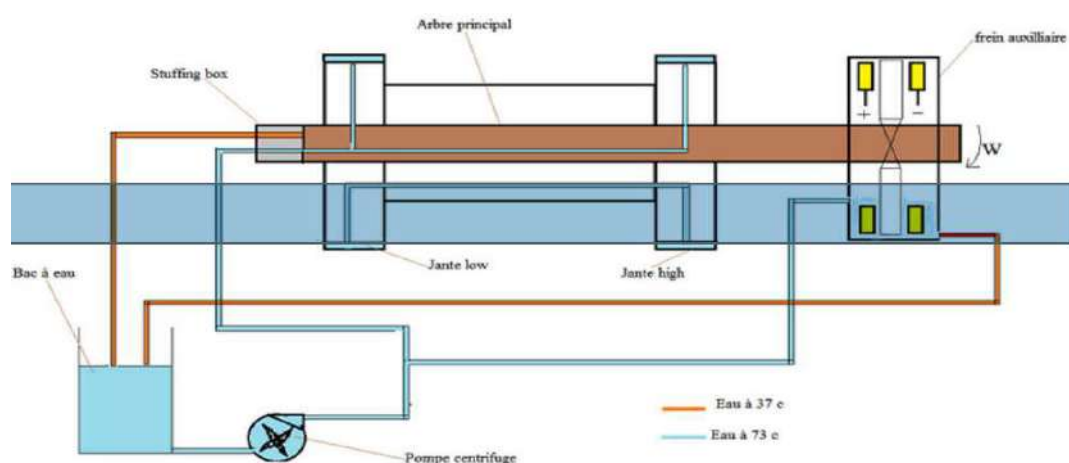


Figure I.13: Système refroidissement. [10]

I.7.2 La lubrification:

La lubrification de toutes les chaînes ainsi que des paliers d'appui de l'arbre de transmission se fait par un système de lubrification par circulation sous pression d'entretien. L'alimentation se fait par une pompe de refoulement à engrenages qui est entraînée par moteur électrique.[15]

Contrôlez le niveau d'huile chaque jour à la jauge du réservoir d'huile avant de démarrer le système. Lorsque la pompe démarre, veillez à ce que le manomètre dans la console de commande indique une pression d'environ 4 bar dans le treuil de levage. La pression d'huile est mesurée en arrière du filtre du circuit de lubrification. [14]



Figure I.14 : Circuit de lubrification. [16]

I.8 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons expliqué les différents composants du treuil avec une explication de son principe de fonctionnement, qui est considéré comme l'un des éléments de base de l'appareil de forage.

Chapitre II

Généralités sur la fiabilité, maintenabilité et disponibilité

II.1 Introduction:

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises.

II.2 Définition de la maintenance:

D'après la norme AFNOR X 60-000, « La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. » [18]

II.3 Objectifs de la maintenance:

- La réduction des coûts de maintenance
- La durée maximale d'utilisation
- Le taux de disponibilité le plus élevé
- La réduction de la durée des pannes
- Un fonctionnement efficace et fiable
- La réduction des coûts de production

II.4 Les types de maintenance:

II.4.1 La maintenance préventive

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

II.4.1.1 La maintenance préventive systématique

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

II.4.1.2 La 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.

II.4.1.3 La maintenance préventive prévisionnelle

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien.

II.4.2 La maintenance corrective

C'est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

II.4.2.1 Maintenance palliative:

L'ensemble des interventions de type dépannage exécutées, lors d'une défaillance, en vue de rendre au matériel sa fonction requise avant défaillance.

II.4.2.2 Maintenance curative:

L'ensemble des interventions de type réparation et remise en état. [18]

II.4.3 Les opérations de la maintenance :

II.4.3.1 Inspection:

Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

II.4.3.2 Visite:

Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée.

Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies au préalable qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel.

II.4.3.3 Contrôle:

Ils correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement.

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

Les opérations de surveillance (inspection, visite, contrôle) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

II.4.3.4 Dépannage:

C'est une action ou opération de maintenance corrective sur un équipement en panne en vue de la remettre en état de fonctionnement.

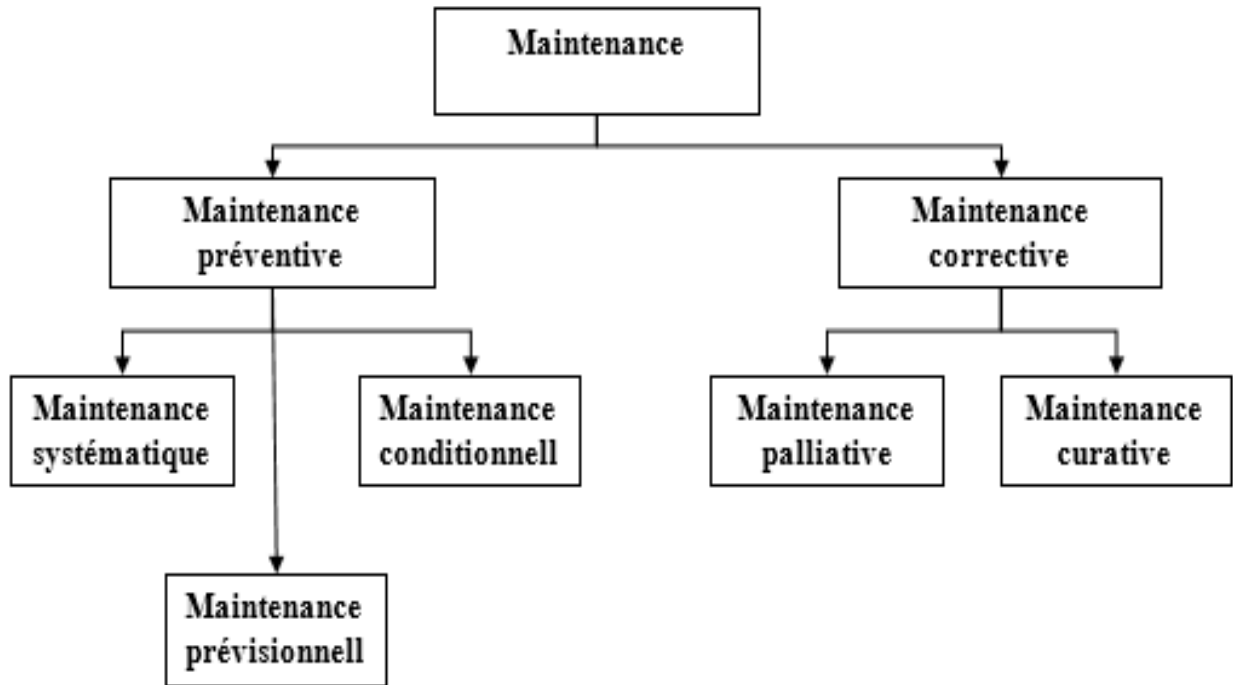
Cette action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivi de la réparation.

Souvent les interventions de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses et n'exigent pas la connaissance du comportement des équipements et des modes de dégradation.

II.4.3.5 Réparation:

C'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.

La réparation peut être décidée, après décision, soit immédiatement à la suite d'un incident, ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique. [19]

II.5 Diagramme de la maintenance:**Figure II.1** : Diagramme de la maintenance

II.6 Les niveaux de la maintenance :

Niveaux	Personnel d'intervention	Nature de l'intervention	Moyens requis
1	Exploitant, sur place	Réglage simple d'organes accessibles sans aucun démontage, ou échanges d'éléments accessibles en dans les consignes de toute sécurité conduite.	Outillage léger défini dans les consignes de conduite.
2	Technicien habilité (Dépanneur) sur Place.	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, où opérations mineures de maintenance préventive.	Outillage standard et rechanges situés à proximité.
3	Technicien spécialisé, sur place ou en atelier de maintenance	Identification et diagnostics de pannes, réparations par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Outillage prévu plus appareils de mesure, banc d'essai, de contrôle.
4	Équipe encadrée par un technicien spécialisé, en atelier central.	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive. Révisions.	Outillage général et spécialisé.
5	Équipe complète Polyvalente, en atelier central	Travaux de rénovation, de reconstruction, réparations importantes confiées à un atelier central Souvent externalisés.	Moyens proches de ceux de la fabrication par le constructeur.

Tableau II-1: Les cinq niveaux de maintenance. [18]

II.7 Les temps de maintenance:

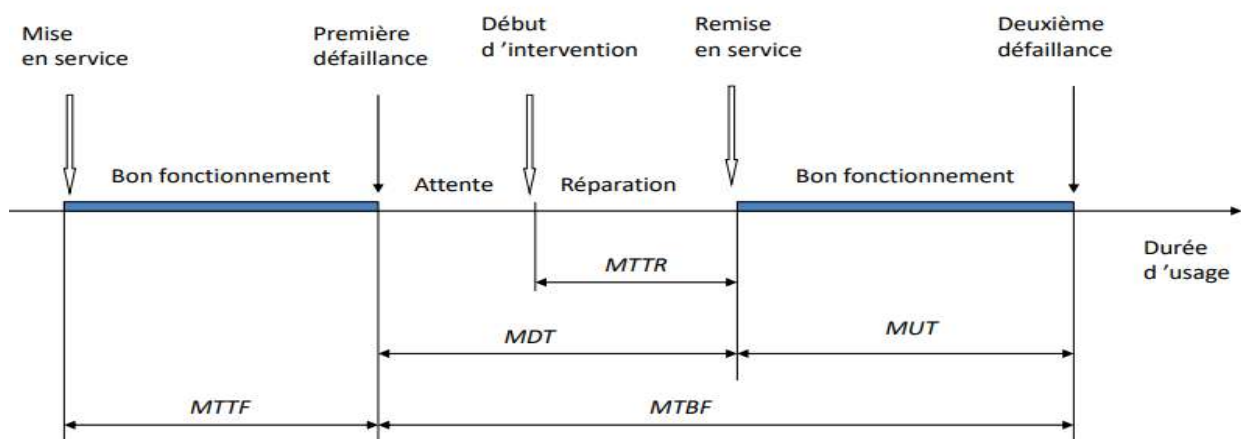


Figure II.2 : Temps de maintenance

MTTF : Mean operating Time To first Failure (durée moyenne de fonctionnement avant la première défaillance).

MDT : Mean Down Time (temps moyen d'indisponibilité).

MTTR : Mean Time To Repair (temps nécessaire à la réparation).

MUT : Mean Up Time (temps moyen de disponibilité).

MTBF : Mean operating Time Between Failure (temps de fonctionnement moyen entre défaillances).[21]

II.8 Méthode ABC (Diagramme Pareto):

La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités. On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre etc..), chaque événement se rapportant à une entité. On établit ensuite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés. On observe trois zones :

Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts.

Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires.

Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A. [26]

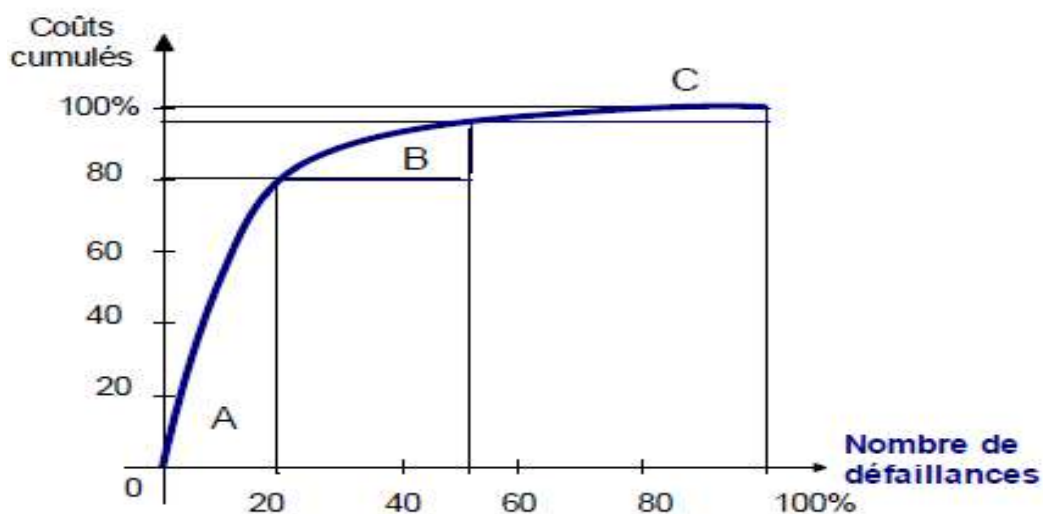


Figure II.3 : Diagramme de Pareto ou courbe ABC [26]

II.8.1 interprétation de la courbe:

Toute courbe de répartition d'importance de notre population étudiée est à interpréter par rapport à trois courbes :

- La courbe théorique de Pareto
- La courbe extrême 1
- La courbe extrême 2
- Courbe extrême 1 : Un produit correspond à 100 % de la valeur du critère.
- Courbe extrême 2 : Tous les produits ont la même importance.

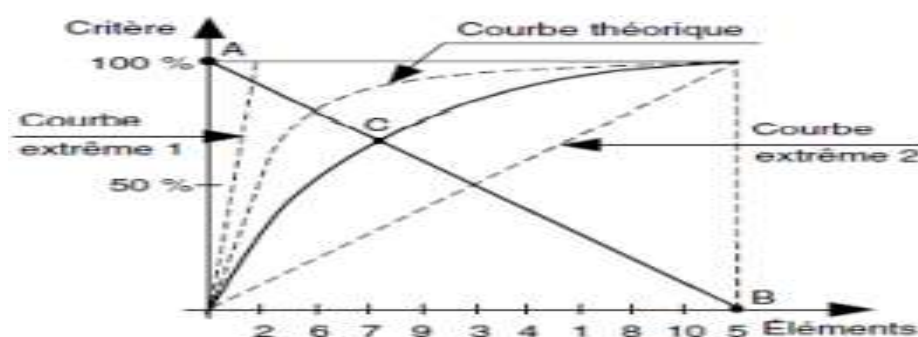


Figure II.4 : Critère-élément

Afin de pouvoir déterminer les classes de répartition des produits, nous déterminons le ratio de discrimination :

$$RD = \frac{\text{Longueur du segment CB}}{\text{Longueur du segment AB}} \quad (\text{Qui correspond à la valeur lue pour le point d'intersection C sur l'axe des ordonnées})$$

Les bornes de définition des classes des éléments sont fixées de manière arbitraire. Généralement, chaque tranche est un multiple de 10 et la somme est égale à 100. Les tranches de détermination des classes sont des triplets qui correspondent chacune à une zone définie par un faisceau de courbes [23] :

Valeur du ratio de discrimination	Zone	A	B	C
$1 > RD \geq 0.90$	1	10	10	80
$0.90 > RD \geq 0.85$	2	10	20	70
$0.85 > RD \geq 0.75$	3	20	20	60
$0.75 > RD \geq 0.65$	4	20	30	50
$0.65 > RD$	5		Non interprétable	

Tableau II-2: Répartition des classes en fonction de RD [23]

II.9 Méthode de causes- effets (Diagramme d'ISHIKAWA) :

Cet outil a été créé par Ishikawa, professeur à l'Université de la TOKYO dans les années 60 et concepteur d'une méthode de management de la qualité totale. Le diagramme causes-effet est une représentation graphique du classement par familles de toutes les causes possibles pouvant influencer un processus. Ces familles de causes au nombre de 5 engendrent la non qualité dans un processus de fabrication. Leur nom commence par la lettre M d'où l'appellation 5M. Ishikawa a proposé une représentation graphique en « arête de poisson ».

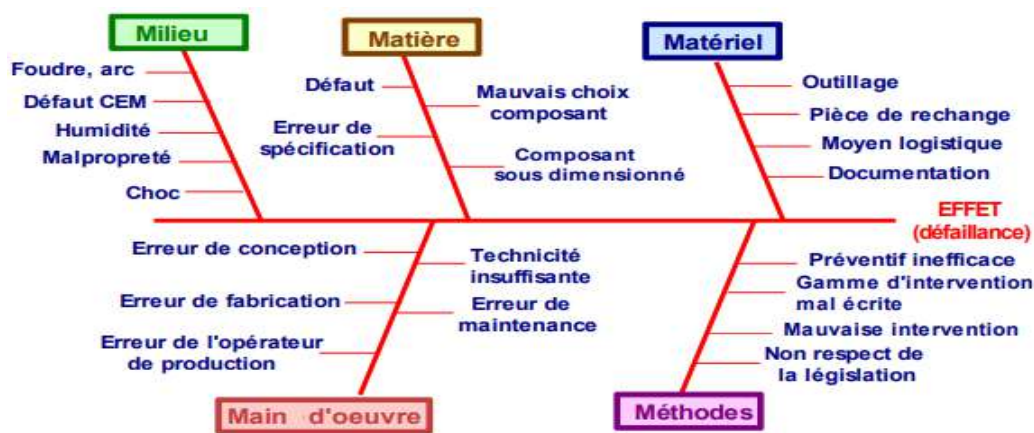


Figure II.5 : Diagramme d'ISHIKAWA [26]

Le diagramme Causes-Effet est donc l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système. Il se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement. Les 5 grandes familles ou 5 facteurs primaires sont renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires les différents facteurs doivent être hiérarchisés.[26]

II.10 Étude FMD:

II.10.1 Fiabilité

II.10.1.1 Définition:

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

II.10.1.2 Objectif:

- Mesurer une garantie dans le temps
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance
- Déchiffrer une durée de vie
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement
- Déterminer la stratégie de l'entretien

II.10.1.3 Les indicateurs de la fiabilité :

R(t) : fonction fiabilité (R vient de l'anglais reliability). C'est la fiabilité « stricte » définie comme la probabilité de bon fonctionnement d'un système à l'instant t, déterminée comme précédemment à partir d'un modèle probabiliste ajusté à un échantillon.

MTBF : calculée à partir de l'espérance mathématique de la variable aléatoire TBF en utilisant une loi de probabilité R(t) ajustée à un échantillon de n valeurs de TBF relevées.

λ : taux de défaillance moyen, exprimé en pannes/unité d'usage. Il est souvent supposé constant (hypothèse exponentielle dont la validité est toujours à vérifier). Dans ce cas, cet indicateur donne lieu à des analyses de fiabilité simples.[18]

II.10.1.4 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité :

Dans la fiabilité on distingue deux types des lois principales :

Lois continues	Lois discrettes
La loi de Weibull	Loi Uniforme
La loi Gamma	Loi de Bernoulli
La loi Log normale	Loi Binomiale
La loi exponentielle	Loi Binomiale negative
La Loi normal	Loi Géométrique
La loi log-logistique	Loi Hypergéométrique
La loi Bêta	Loi de Poisson

Tableau II-3: Les lois de probabilité utilisées en fiabilité [22]

Dans ce qui suit on présentera deux lois largement utilisées dans les études de fiabilité.

a La loi exponentielle:

Elle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant. Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances successives.

b La loi de WEIBULL:

L'expression loi de Weibull recouvre en fait toute une famille de lois, certaines d'entre elles apparaissent en physique comme conséquence de certaines hypothèses. C'est en particulier, le cas de la loi exponentielle ($\beta = 1$) et de la loi normale ($\beta = 3$). Ces lois constituent surtout des approximations particulièrement utiles dans des techniques diverses alors qu'il serait très difficile et sans grand intérêt de justifier une forme particulière de loi. Une distribution à valeurs positives

(ou, plus généralement mais moins fréquemment, à valeurs supérieures à une valeur donnée) a presque toujours la même allure. Elle ne part d'une fréquence d'apparition nul, croît jusqu'à un maximum et décroît plus lentement. Il est alors possible de trouver dans la famille de Weibull une loi qui ne s'éloigne pas trop des données disponibles en calculant β et à partir de la moyenne et la variance observées. Sa fonction de fiabilité est :

$$R(t) = e^{-\frac{(t-\gamma)^\beta}{\eta}} \quad (\text{II-1})$$

Avec les paramètres et signification :

γ, β, η définissent la distribution de Weibull.

On utilise trois paramètres :

β : paramètre de forme ($\beta > 0$)

η : paramètre d'échelle ($\eta > 0$)

γ : paramètre de position ($-\infty > \gamma > +\infty$).[22]

Sa courbe théorique de distribution est donnée à la figure ci-dessous :

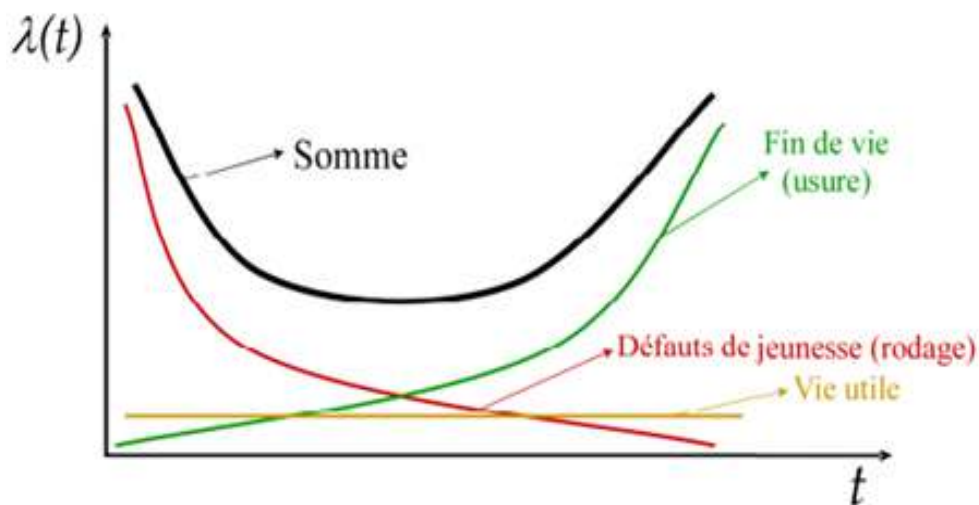


Figure II.6 : Courbe de baignoire

β : est le paramètre de forme du modèle. Nous constatons que : Si $\beta < 1$ le taux de défaillances est décroissant, nous avons donc des pannes de jeunesse, si $\beta = 1$ le taux de défaillances est constant et si $\beta > 1$ le taux est croissant, panne de vieillesse ou maturité en mécanique.

η : est le paramètre d'échelle et indique l'ordre de grandeur de la durée de vie moyenne.

γ : est le paramètre de décalage, souvent il est égal à 0. Le modèle de Weibull ne peut à lui seul représenter l'ensemble des cofacteurs influents sur la fiabilité de la macro composant, l'adjonction d'un modèle à hasard proportionnel sous forme de régression apporte une réponse qui devrait être plus adaptée.[21]

II.10.1.5 Analyse de la fiabilité à partir du modèle de Weibull :

Les graphes de la fonction de distribution $f(t)$ et du taux de défaillance $\lambda(t)$ de la figure II-7 et II-8 illustrent ce polymorphisme sous la seule influence du paramètre de forme β .

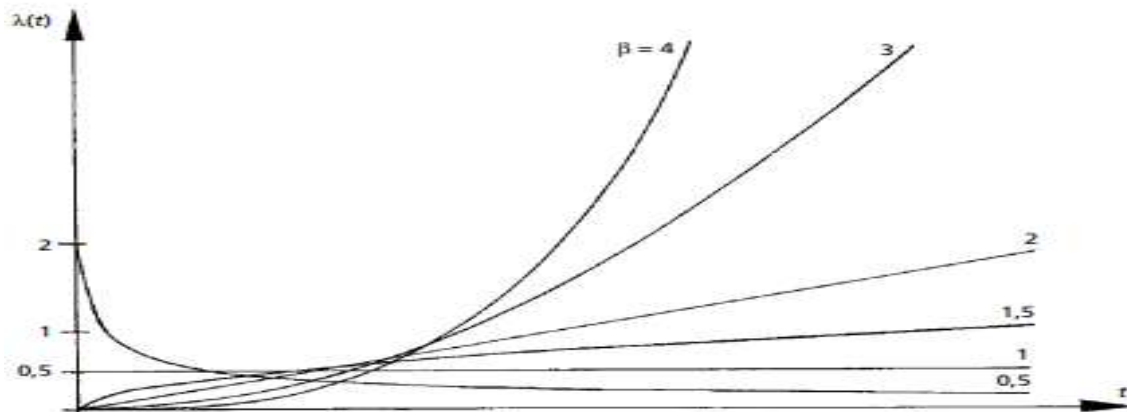


Figure II.7: Densité de probabilité $f(t)$ en fonction de β

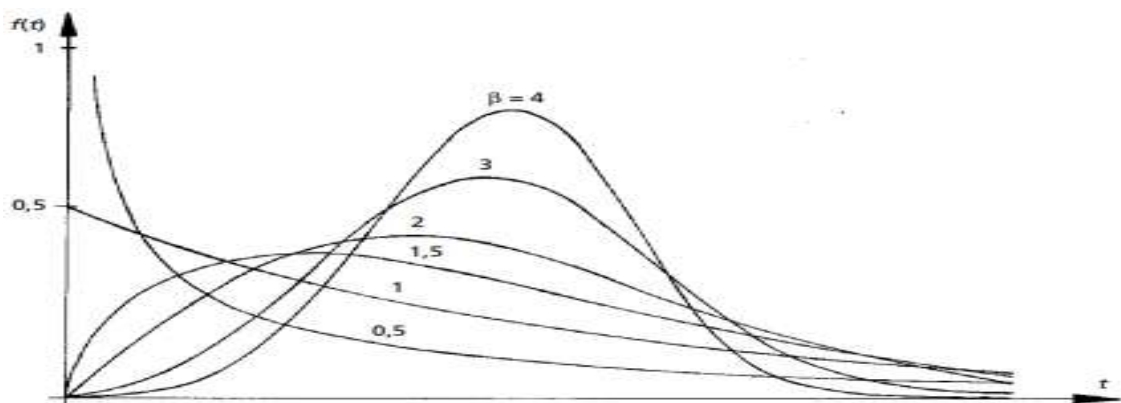


Figure II.8 : Taux de défaillance $\lambda(t)$ en fonction de β

II.10.1.6 Détermination graphique des paramètres de la loi de Weibull :

L'étude d'un historique d'équipement permet d'obtenir une estimation de la fonction de défaillance $F(t)$ pour un certain nombre de valeurs de t . Le problème est donc de déterminer les paramètres ajustant cette fonction. Cette détermination est facilitée par l'emploi d'un papier à échelle « log-log », imaginé par Allen PLAIT et appelé encore « papier de Weibull ».

II.10.1.7 Description du papier de Weibull :

L'axe A en abscisse est l'axe des temps sur lequel on portera les valeurs t (TBF si le système est réparable, TTF si le système est non réparable)

L'axe B en ordonnée est l'axe sur lequel on porte les valeurs de $F(t)$ qu'on aura calculé en utilisant les formules d'approximation des rangs bruts moyens ou médians

Selon le nombre de valeurs de t ; il est déjà gradué en pourcentage.

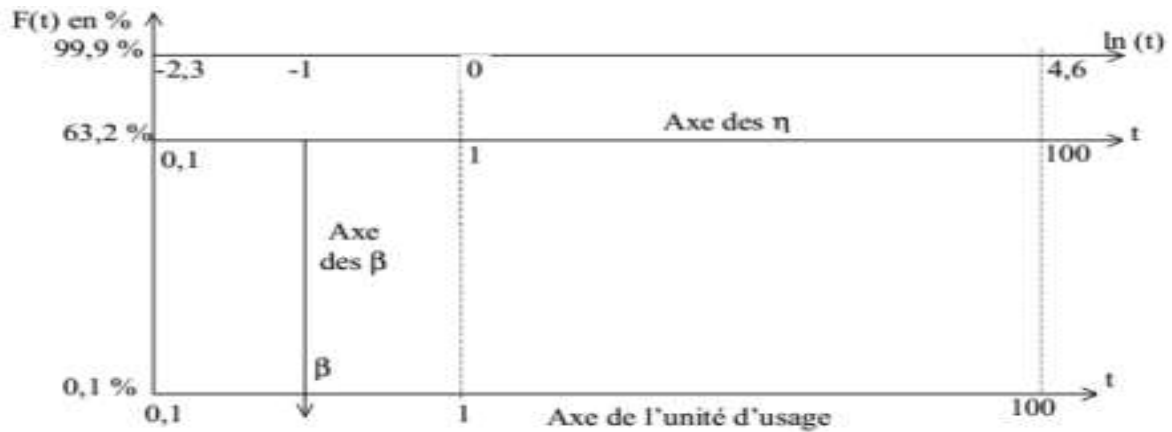


Figure II.9 : Axes de papier de weibull

II.10.1.8 Préparation des données:

- 1) Calcul des Temps de bon fonctionnement
- 2) Classement des temps de bon fonctionnement en ordre croissant
- 3) N = nombre de panne
- 4) Recherche des données F(i), F(i) représente la probabilité de panne au temps correspondant au Temps de bon fonctionnement de l'ième défaillant.

On a 3 cas différents :

1- Si $N > 50$, regroupement des Temps de bon fonctionnement par classes avec la fréquence cumulée :

$$F(i) = \frac{Ni}{N} = \frac{\sum Ri}{N} \approx F(t) \quad (\text{II-2})$$

2- Si $20 < N < 50$, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs moyens) :

$$F(i) = \frac{Ni}{N+1} \approx F(t) \quad (\text{II-3})$$

3- Si $N < 20$, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs médians) :

$$F(i) = \frac{Ni-0.3}{N+0.4} \approx F(t) \quad (\text{II-4})$$

Et on fait le Tracé du nuage des points M (F(i), t) :

Recherche de γ : Si le nuage de points correspond à une droite, alors $\gamma = 0$.

($\gamma = 0$) Si le nuage de points correspond à une courbe, on la redresse par une translation de tous les points en ajoutant ou en retranchant aux abscisses "t", une même valeur (γ) afin d'obtenir une droite comme le montre la figure suivante.

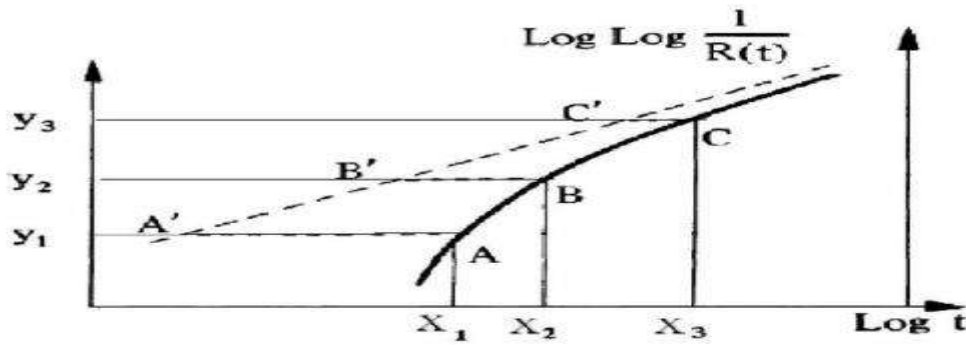


Figure II.10 : Redressement de la courbe par translation

Ce redressement peut se faire par tâtonnement ou avec la relation :

$$\gamma = \frac{X_3 * X_1 - X_2^2}{X_3 + X_1 - 2X_2} \tag{II-5}$$

Considérons les points :

A (X1, Y1) ; B (X2, Y2) ; C (X3, Y3)

$$\text{Et } \begin{cases} Y_3 > Y_2 > Y_1 \\ 2Y_2 = Y_1 + Y_3 \end{cases}$$

En arrangeant on obtient.

$$\gamma = X_2 - \frac{(X_3 - X_2) * (X_2 - X_1)}{(X_3 - X_2) - (X_2 - X_1)} \tag{II-6}$$

Recherche de η :

La droite de régression linéaire coupe l'axe A à l'abscisse $t = \eta$.

Recherche de β :

- Béta est la pente de la droite de corrélation
- On trace une droite parallèle à la droite de corrélation, et passant par $\eta = 1$ On lit ensuite béta sur l'axe B. [20]

II.10.1.9 Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité :

a Densité de probabilité:

Généralement en fiabilité elle est notée $f(t)$ et représente la probabilité de défaillance en un intervalle de temps (t).

$$f(t) = \lambda(t)e^{-\int_0^t \lambda(u)du} \tag{II-7}$$

b Fonction de repartition:

$F(t)$ est la notation générale de la probabilité de défaillance dans l'intervalle de temps [0, T].

$$F(t) = \int_0^t f(t)dx = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(u)du} \tag{II-8}$$

c La fonction de fiabilité:

Elle représente la probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un intervalle de temps $[0, t]$. C'est la fonction complémentaire de la fonction de répartition.[20]

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\int_0^t \lambda(u) du} \quad (\text{II-9})$$

d Taux de défaillance:

Le taux de défaillance λ a été défini par des expressions mathématiques à travers un calcul de probabilité. On peut également l'exprimer par une expression physique. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. La durée de bon fonctionnement est égale à la durée totale en service moins la durée des défaillances.[21]

$$\lambda = \frac{\text{nombre total de défaillances pendant le service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}} \quad (\text{II-10})$$

e Temps moyen de bon fonctionnement entre défaillance (MTBF) :

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, Il correspond à l'espérance de la durée de vie t . [21]

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps

$$MTBF = \frac{\text{somme des temps de fonctionnement entre les (n) défaillances}}{\text{nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation}}$$

f Moyenne des temps de bon fonctionnement MUT (Mean Up Time) :

Le temps moyen jusqu'à défaillance (ou moyenne des temps de bon fonctionnement) est :

$$MUT = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (\text{II-11})$$

$$MUT = \frac{\sum \text{temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}}$$

II.10.2 Maintenabilité:**II.10.2.1 Définition:**

Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.[18]

La maintenabilité caractérise la facilité de remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{II-12})$$

La maintenabilité est caractérisée par la moyenne des temps techniques de réparation MTTR :

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \quad (\text{II-13})$$

II.10.2.2 Taux de réparation μ :

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant puisse être réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation. [20]

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{II-14})$$

II.10.2.3 Amélioration de la maintenabilité:

La maintenabilité d'un équipement est une qualité fondamentale, qui n'est malheureusement pas toujours prise en compte par les constructeurs et à laquelle les clients (souvent des services différents de la maintenance) n'attachent pas l'attention désirable.

Temps	Améliorations possibles
Vérification, localisation	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Voyants, capteurs ❖ Appareils de mesure ❖ Supervision
Diagnostic	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Documentation opérationnelle complète (plans mis à jour, notices d'entretien, etc.). ❖ Repérage et accessibilité des points de mesure.
Réparation	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Accessibilité meilleure, facilité de démontage ❖ Gamme de démontage-remontage ❖ Interchangeabilité des composants
Contrôles et essais	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Dispositifs de contrôle incorporés dès la conception ❖ Procédures d'essais simplifiées ❖ Connaissance des limites de tolérance admissible des caractéristiques à mesurer
Gestion	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Équipements homogènes et/ou standards ❖ Personnel bien formé ❖ Procédures d'intervention précises ❖ Outillage spécialisé et adapté
Fournisseurs	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Choix du fournisseur d'après la qualité de son matériel et de son SAV ❖ Stabilité des fabrications ❖ Existence de stocks et/ou délais très courts pour obtenir une pièce de rechange

Tableau II-4 : Amélioration de la maintenabilité

II.10.3 Disponibilité

II.10.3.1 Définition:

Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée. [18]

II.10.3.2 Les types de Disponibilité:

a Disponibilité intrinsèque:

Elle exprime le point de vue du concepteur. Ce dernier a conçu et fabriqué le produit en lui donnant un certain nombre de caractéristiques intrinsèques, c'est à dire des caractéristiques qui prennent en compte les conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement, supposées idéales.[21]

$$D_i = \frac{MUT}{MUT+MTTR} \quad (\text{II-15})$$

b Disponibilité instantanée:

On se place dans l'hypothèse exponentielle, avec les taux de défaillance λ et de réparation μ constants et indépendants du temps. [21]

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-t(\lambda + \mu)} \quad (\text{II-16})$$

II.11 Les Coûts en maintenance:

II.11.1 Coûts de maintenance:

Les coûts de maintenance correspondent aux coûts directement imputables à la maintenance. Ils peuvent être imputés soit en exploitation, soit en investissement. Certain poste peut inclure des frais financiers, par exemple le coût de possession ou de stockage lié au stock de maintenance.

II.11.2 Coûts d'indisponibilité:

Les coûts d'indisponibilité prennent en compte :

- Les coûts de perte de production incluant
- Les coûts de non production.
- La non-qualité de production.
- Le surcoût de production.
- Le manque à gagner de production (mévente, baisse du chiffre d'affaires).

II.11.3 Coûts de défaillance:

Les coûts de défaillance intègrent les coûts de maintenance corrective et les coûts d'indisponibilité consécutifs à la défaillance des biens d'équipement.

II.12 Conclusion:

La maintenance effectuée selon des critères prédéterminés permet de réduire les risques et probabilités de dysfonctionnement des équipements.

La logique et la méthode de travail permettent de garder les équipements en état de fonctionnement optimum et un rendement élevé.

Une documentation complète et bien gérée est un des éléments essentiels de la maintenance ; elle permet de :

- Assurer une intervention rapide en cas de pannes.
- Augmenter la compétitivité et la productivité.

Chapitre III

**Application de l’FMD au treuil ENF13-
N°2000001995(SAP ENAFOR))**

III.1 Introduction et exploitation de l’historique de pannes :

Dans ce chapitre nous allons exploiter l’historique des pannes des trois années 2018, 2019, et 2020 issu du système SAP de l’entreprise nationale de forage ENAFOR et qui a concerné plusieurs chantiers.

La collecte des données du retour d’expérience du treuil étudié a subi un traitement délicat et a pris un temps relativement grand, à cause du nombre élevé des données. Le personnel de l’entreprise nous a été d’une grande aide dans l’élaboration de l’historique. Les données sont représentées sur le tableau III-1 dont l’évaluation des différentes valeurs du temps de bon fonctionnement et de celui entre pannes est la suivante :

III.1.1 Calcul de UT:

$UT = (\text{Date de prochaine panne} - \text{Date remise en service après la panne précédente}) * 24(h).$

III.1.2 Calcul du TBF:

Temps entre défaillance = (temps de réparation après première pannes jusqu’à la remise on service+ temps de bon fonctionnement entre la remise on service et la deuxième pannes)

$$TBF=TTR+UT$$

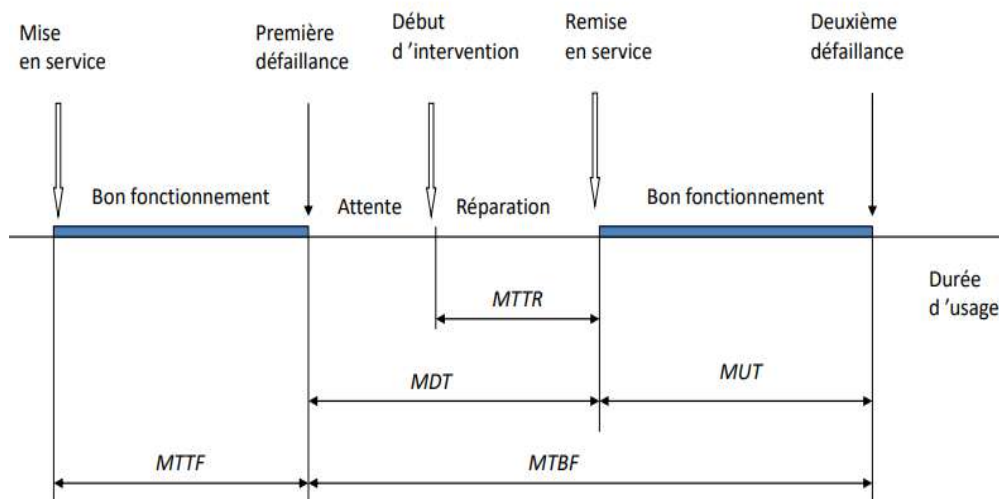


Figure III.1 Les temps de maintenance

Les causes des pannes	Date de de la panne	Heure début de panne	Heure fine de panne	TTR (H)	UT (H)	TBF(H)
Changement des bandes de frein E2000.	7/02/2018	9 :43	10 :13	0.5	312	312.5
Changement chaine twin stop.	20/02/2018	16 :21	17 :21	1	96	97
Contrôle et réparation treuil e2000.	24/02/2018	8 :00	16 :15	8.25	240	248.25
Réparation circuit de refroidissement treuil	06/03/2018	8 :00	14 :30	6.5	1273	1279.5
Réparation circuit de refroidissement treuil	29/04/2018	8 :00	16 :45	8.75	288	296.75
Elimination fuite d'huile TREUIL	11/05/2018	8 :00	17 :00	9	120	129
Elimination fuite d'air clutch hi treuil	16/05/2018	8 :00	11 :00	3	264	267
Nettoyage embrayage treuil	27/05/2018	12 :50	13 :50	1	96	97
Contrôle bande de frein treuil E2000.	31/05/2018	14 :17	15 :17	1	2160	2161
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft.	01/08/2018	18 :54	19 ;54	1	384	385
Appoint d'huile.	17/08/2018	8 :00	12 :00	4	624	628
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft.	13/09/2018	6 :32	7 :32	1	1680	1681
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft.	23/11/2018	20 :45	21 :00	0.25	2280	2280.25
Changement chaine twin stop.	28/02/2019	8 :00	14 :15	6.25	360	366.25
Vidange d'huile treuil	13/03/2019	20 :28	20 :43	0.25	1032	1032.25
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft	26/04/2019	14 :26	15 :26	1	840	841
Appoint d'huile	01/06/2019	17 :43	18 :43	1	600	601
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft	26/06/2019	18 :32	19 :32	1	72	73
Réparation stuffing-box box treuil E2000.	29/06/2019	8 :00	16 :00	8	432	440
Appoint d'huile	17/07/2019	8 :00	8 :30	0.5	1776	1776.5
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft	01/10/2019	7 :22	8 :22	1	480	481
Mise au point circuit refroidissement	21/10/2019	9 :41	10 :41	1	192	193
Réglage bande de frein E2000.	29/10/2019	8 :00	16 :45	8.75	216	224.75
Mise au point circuit de refroidissement	08/11/2019	10 :45	11 :00	0.25	264	264.25
Changement cylindre de frein	19/11/2019	8 :00	19 :00	11	528	539
Appoint d'huile	11/12/2019	18 :25	18 :40	0.25	432	432.25
Appoint d'huile	29/12/2019	16 :52	17 :22	0.5	480	480.50

Réparation circuit d'air treuil	19/01/2020	8 :00	14 :15	6.25	672	678.25
Elimination fuite air embrayage LOWE2000	17/02/2020	8 :00	15 :15	7.25	48	55.25
Réparation CROWN-O-MATIC.	19/02/2020	8 :00	15 :00	7	1368	1375
Appoint d'huile	18/04/2020	16 :01	17 :01	1	192	193
Mise au point circuit de refroidissement drum shaft	26/04/2020	10 :04	11 :04	1	360	361
Elimination fuite d'eau circuit de refroidissement	11/05/2020	13 :00	14 :00	1	48	49
Appoint d'huile	13/05/2020	15 :31	16 :31	1	432	433
Changement chaine twin stop.	31/05/2020	14 :26	15 :26	1	528	529
Appoint d'huile	22/06/2020	8 :00	8 :30	0.5	144	144.5
Appoint d'huile	28/06/2020	8 :00	8 :30	0.5	2256	2256.5
Elimination fuite d'eau circuit de refroidissement	02/10/2020	8 :00	9 :00	1	288	289
Revision toggle valve crown-Matic treuil	14/10/2020	8 :00	9 :45	1.75	792	793.75
Nettoyage embrayage treuil	17/11/2020	8 :00	9 :30	1.5	48	49.5
Appoint d'huile	19/11/2020	8 :00	9 :00	1	240	241
Débouchage circuit d’huile treuil E2000.	29/11/2020	8 :00	10 :30	2.5	240	242.5

Tableau III-1 : Historique de pannes du treuil de forage ENF13-N°2000001995 (SAP ENAFOR)

III.2 Méthode ABC (Diagramme Pareto):

On s’intéresse tout d’abord à une analyse par la loi dite de Pareto, ou la loi des 20-80, dans le but de déterminer les éléments ou les causes le plus pénalisantes.

III.2.1 Pratique de la méthode ABC (Diagramme Pareto) :

On a classé par ordre décroissant les pannes du tableau d’historique III-1, et après on a appliqué la méthode de Pareto sur ces pannes, les résultats obtenus sont décrits dans le tableau III-2, on trace par la suite la courbe ABC.

N°	Les organes	N° de panne	Cumul	Cumul %
1	Circuit de refroidissement	13	13	0.29
2	Huile	12	25	0.56
3	Frein	4	29	0.65
4	Embrayage	4	33	0.75
5	Chaine Twin stop	4	37	0.84
6	Treuil E2000	2	39	0.88
7	Circuit d'air	2	41	0.93
8	Valve Crown Matic treuil	2	43	0.97
9	Stuffing-box treuil	1	44	1

Tableau III-2: Tableau de l’analyse ABC (PARETO)

III.2.2 Représentation de la courbe ABC :

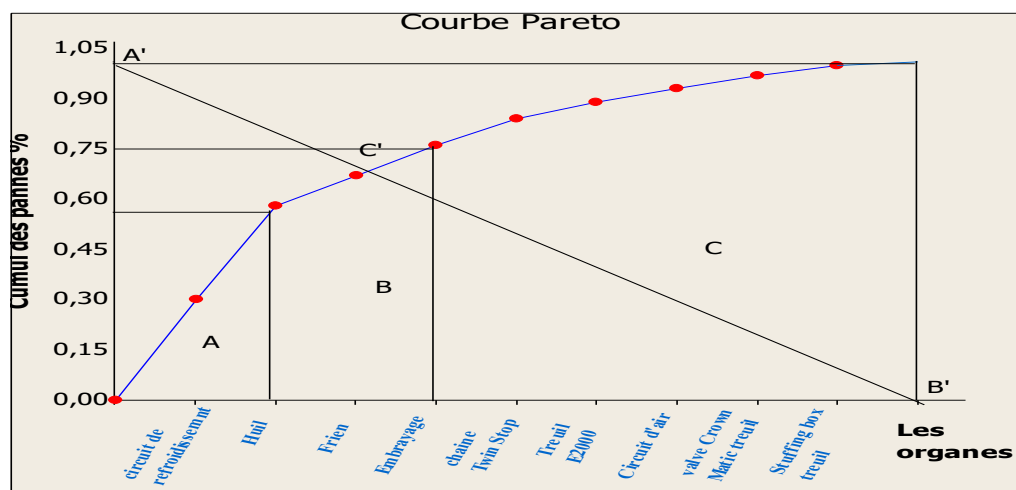


Figure III.2: Représentation de la courbe ABC

Interprétation de la courbe ABC :

Pour déterminée l’intervalle du ratio de discrimination (RD) de On calcul RD pour déterminer la zone de répartition.

$$RD = \frac{\text{Longueur du segment } C'B'}{\text{Longueur du segment } A'B'} = \frac{8}{12} = 0.66$$

D’après le tableau II.2 Répartition des classes en fonction de RD) on déduit qu’on est à la zone 4, RD=0.66 est dans l’intervalle $0.75 > RD \geq 0.65$.

III.2.3 Analyse de la courbe ABC :

Zone A : Dans cette zone, on constate qu’environ 20% des éléments représente 56% des pannes, ceci constitue la zone A, (zone du Circuit de refroidissement et celui de la lubrification par l’Huile).

Zone B : Dans cette zone, on constate qu’environ 30% des éléments représente 19% des pannes, ceci constitue la zone B, (zone du Frein et de l’embrayage).

Zone C : Dans cette zone, on constate qu’environ 50% des éléments représente 25% des pannes, ceci constitue la zone C, (zone de la chaîne Twin stop, du circuit d’air, de la valve Crown Matic et du Stuffing-box treuil).

III.2.4 Interpretation:

Les résultats obtenus permettent de prendre des décisions en matière de maintenance.

On se préoccupe d’avantage des éléments de la catégorie A représentant les 60% du cumul des pannes (zone du Circuit de refroidissement et de lubrification). On conseille une politique de maintenance préventive systématique ou conditionnelle avec une surveillance permanente des points clefs, on améliore la fiabilité de ces équipements et on prévoit des stocks de pièces de rechange avec une plus grande attention.

Ces objectifs ne seront atteints que si l’on connaît les causes des défaillances et leurs effets, une tâche rendue possible par une analyse Ishikawa présentée dans la section suivante.

La zone A n’a représenté que 60% des pannes cumulées, il est alors judicieux d’en considérer les éléments de la zone B, qui vont cumuler 80% de pannes, et qui sont le frein et l’embrayage, organes mécaniques très important pour le bon fonctionnement du treuil. Une maintenance préventive sera la mieux conseillée dans ce cas.

Pour les éléments de la catégorie C, bien qu’elle présente 20% du cumul des pannes, et qu’elle nécessite des entretiens réguliers on en sera moins exigeants.

Dans ce qui suit une analyse Ishikawa va nous permettre d’en savoir plus sur les causes possibles des pannes enregistrées dans le but d’en sortir avec des actions d’amélioration de la maintenance préventive.

III.3 Méthode Cause-Effets (ISHIKAWA):

Après l’analyse de PARETO, on applique la méthode Cause-Effets sur les pannes des éléments de la zone A, et des conseils de maintenance préventive pour les éléments de la zone B.

III.3.1 Analyse des causes de défaillance du circuit de refroidissement :

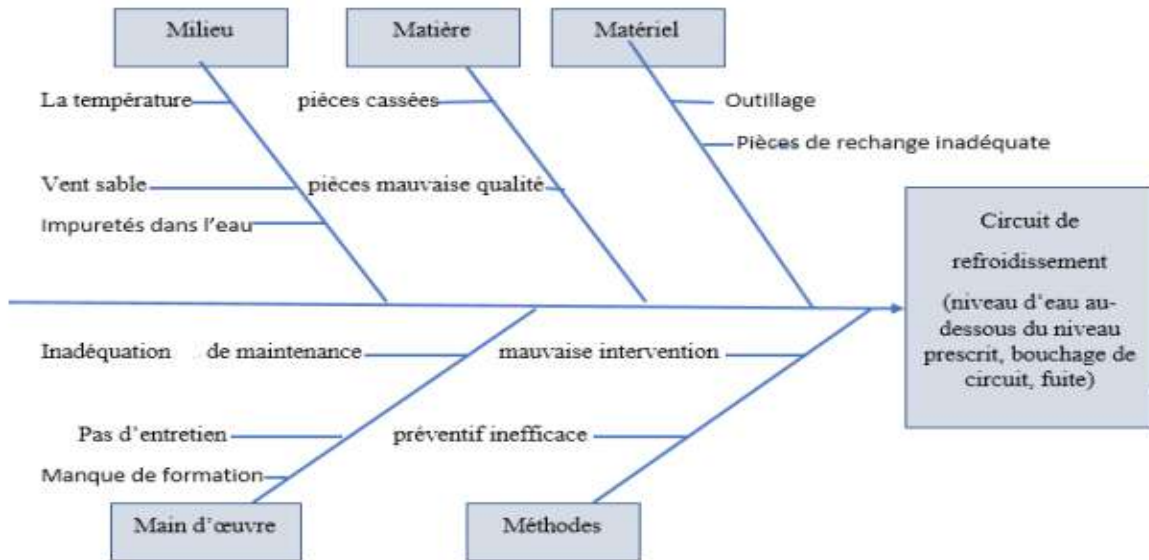


Figure III.3: Diagramme des cause- effet du circuit de refroidissement

III.3.2 Analyse des causes de défaillance dans le circuit de lubrification par l’huile :

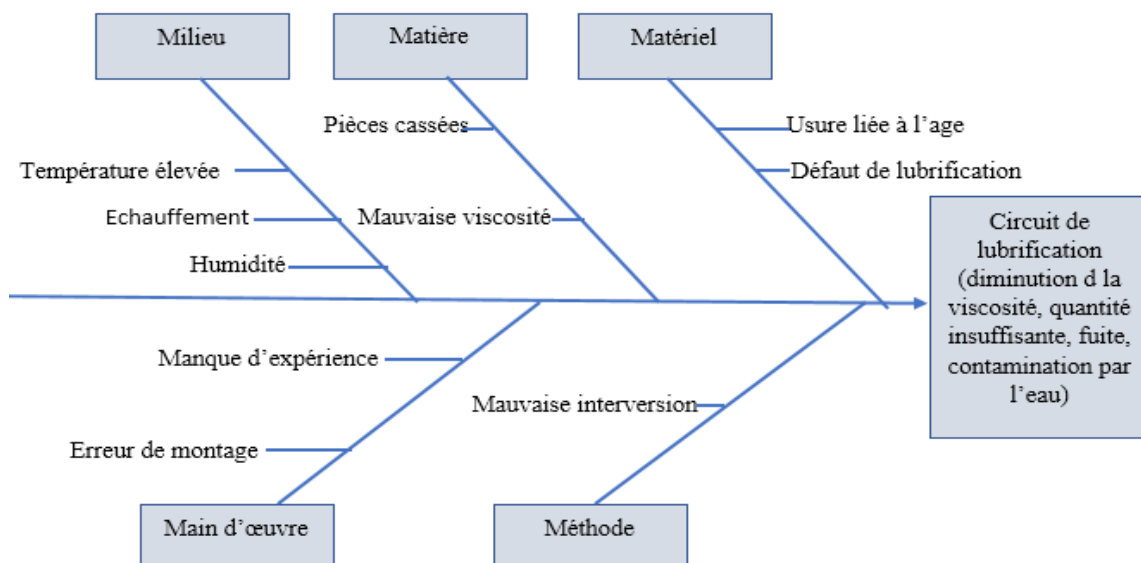


Figure III.4 : Diagramme cause- effet dans le circuit de lubrification par l’huile

III.3.3 Actions d’amélioration de la maintenance du frein et de l’embrayage :

Les pannes du frein et de l’embrayage enregistrées par le personnel de maintenance, consistent en l’usure des bandes de frein, ainsi que l’usure de l’embrayage. Les actions de maintenance préventive pour ces éléments se résument en l’utilisation de pièces de rechange de qualité meilleure, une bonne lubrification pour les pignons et chaînes de transmission du mouvement.

III.4 Calcul des indicateurs de fiabilité :

D’après le tableau d’historique des pannes, on calcule les indicateurs de fiabilité comme suit :

III.4.1 Calcul de M.T.B.F:

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N} = \frac{25297.25}{42} = 602.31 \text{ (h)} \quad \text{(III-1)}$$

III.4.2 Calcul de M.U.T:

$$MUT = \frac{\sum UT}{N} = \frac{25177}{42} = 599.45 \text{ (h)} \quad \text{(III-2)}$$

III.4.3 Calcul de la Disponibilité D :

$$D = \frac{\sum UT}{\sum TBF} = \frac{25177}{25297.25} = 0.99 = 99 \% \quad \text{(III-3)}$$

III.4.4 Calcul du MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} = \frac{120.25}{42} = 2.862 \text{ heures} \quad \text{(III-4)}$$

On remarque que la moyenne des temps d’arrêt est relativement faible, ceci est dû au fait que le forage pétrolier doit fonctionner 24h/24h, les opérations de maintenance se font avec une rapidité remarquable dans le but d’assurer le fonctionnement continu du treuil.

La politique de l’entreprise dans la gestion des coûts, exige que les temps d’intervention soient les plus brefs possible dans le but d’éviter les manques à gagner dus aux temps d’indisponibilité non tolérées.

III.4.5 Calcul Taux de réparation μ :

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{2.862} = 0.349283 \text{ (h}^{-1}\text{)} \quad \text{(III-5)}$$

III.5 Calcul de fiabilité:

III.5.1 Méthode de l’actuariat:

La méthode de l’actuariat est une analyse qui consiste en l’évaluation et la détermination du taux de défaillance instantané, l’utilisation de cette méthode permet de positionner ce paramètre dans la courbe de baignoire, et facilite le choix de la loi continue à appliquer (entre autres la loi de Weibull de la présente étude).[27]

Le tracé de la courbe du taux de défaillance sera interprété selon que ce paramètre est d’une allure descendante, constante ou ascendante. Ceci permettra un choix justifié de la loi de Weibull par la suite. Notons que le test de Smirnov-Kolmogorov est un test d’adéquation qui s’applique après le choix de la loi.

La méthodologie de la méthode de l’actuariat est donnée en ce qui suit :

III.5.1.1 Détermination du nombre de classe r :

$$r = \sqrt{\sum_{i=1}^n (ni)} = \sqrt{42} = 6.48 \approx 7 \quad \text{(III-6)}$$

Donc le nombre de classe r = 7

III.5.1.2 Calcul de l’intervalle des temps (ΔT) dans chaque classe :

$$\Delta T = \frac{UT_{max}}{r} = \frac{2280}{7} \approx 326 \quad \text{(III-7)}$$

III.5.1.3 Distribution des pannes par classe :

N	Intervalle s de temps (UT) h	Nombre de pannes (ni)
1	[0 326[	19
2	[326 652[	12
3	[652 978[	3
4	[978 1304[	2
5	[1304 1630[	1
6	[1630 1956[	2
7	[1956 2280]	3

Tableau III-3 : Distribution des pannes par classe

III.5.1.4 Représentation de la courbe des pannes :

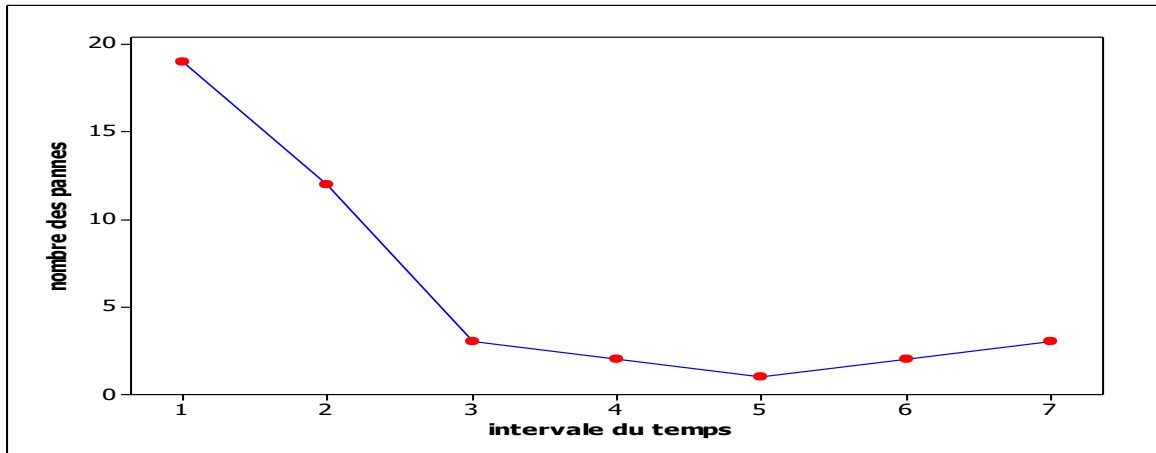


Figure III.5 : Représentation de la courbe du nombre de pannes dans l’intervalle de temps

D’après l’allure de courbe des pannes, on peut énoncer que la distribution des pannes du treuil ((ENF13-N°2000001995(SAP ENAFOR)) suit une loi qui peut être la loi exponentielle ou celle de weibull ce qui reste à vérifier par les tests d’adéquation.

Pour tracer les courbes, on doit chercher tout d’abord le nombre de pannes au milieu de l’intervalle.

a) Nombre des pannes moyenne :

$$n_i(moy) = \frac{n_i}{2} + \sum n_{(i-1)} \tag{III-8}$$

b) La probabilité de défaillance est :

$$F(tmoy) = \frac{n(moy)}{N} \tag{III-9}$$

c) Calcul de probabilité de bon fonctionnement :

$$R(tmoy) = 1 - \frac{n(moy)}{N} \tag{III-10}$$

d) La densité de probabilité s’écrit comme suit :

$$f(tmoy) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta T} \tag{III-11}$$

N : nombre de pannes total, N =42

ΔT : La valeur de l’intervalle de temps, ΔT=326 (h)

e) Calcul de l’intensité des pannes (taux de défaillance) :

$$\lambda(t moy) = \frac{f(t moy)}{R(t moy)} \tag{III-12}$$

Avec toutes les données on peut remplir le tableau ci-dessous qui donne les valeurs instantanées de la fiabilité, de la défaillance, de la densité de probabilité de défaillance, et du taux de défaillance :

N	Intervalle s de temps (UT) h	Le milieu intervalle (t moy)	Nombre de pannes (ni)	Pannes moyen (n moy)	F(t)	R(t)	f(t)	$\lambda(t)$
1	[0 326[	163	19	9.5	0.22	0.78	1.38 E-3	1.76 E-3
2	[326 652[	489	12	25	0.59	0.41	8.76 E-4	2.13 E-3
3	[652 978[	815	3	32.5	0.77	0.23	2.19 E-4	9.52 E-4
4	[978 1304[	1141	2	35	0.83	0.17	1.46 E-4	8.58 E-4
5	[1304 1630[	1467	1	36.5	0.86	0.14	7.30 E-5	5.21 E-4
6	[1630 1956[	1793	2	38	0.90	0.1	1.46 E-4	1.46 E-3
7	[1956 2280]	2118	3	40.5	1	0	2.19 E-4	2.19 E-2

Tableau III-4 : Tableau des résultats de la méthode de l’actuariat

III.5.1.5 Tracé des courbes R(t), F(t), f(t) et $\lambda(t)$:

a) Courbe de fiabilité R(t) :

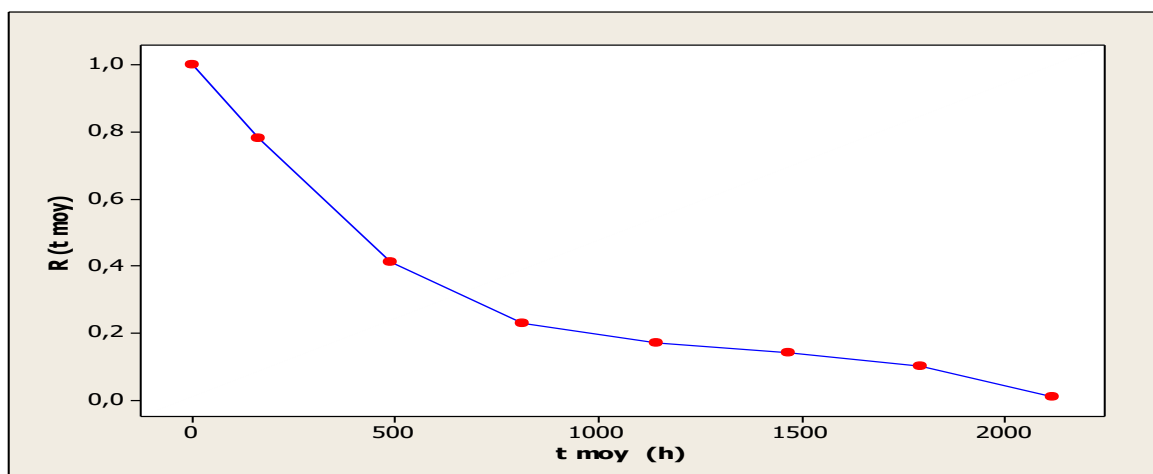


Figure III.6 : fonction de fiabilité

Interprétation :

Courbe décroissante en accord avec l’ étude théorique de la loi exponentielle et weibull.

b) Courbe de défaillance F(t)

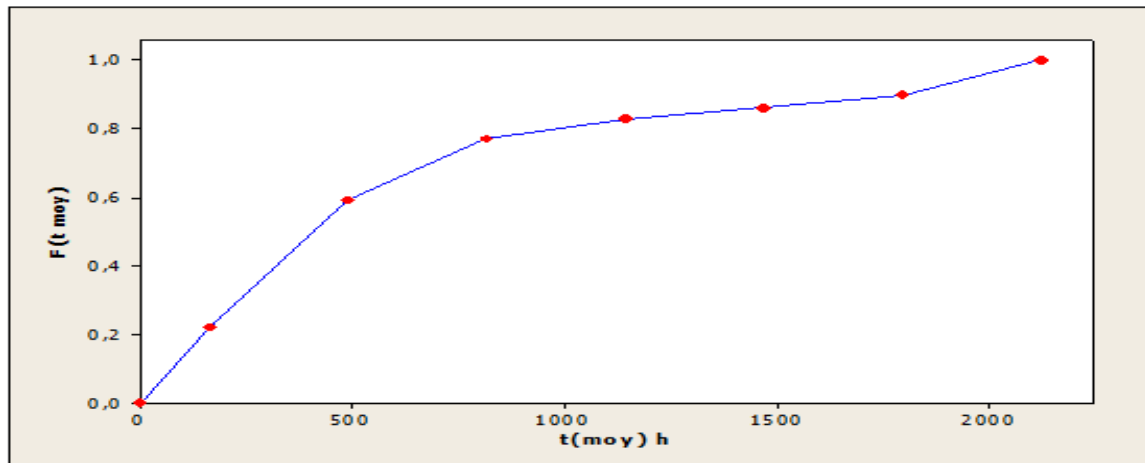


Figure III.7 : fonction de défaillance

Interprétation :

Courbe croissante en accord avec l’ étude théorique de la loi exponentielle et weibull

c) Courbe de densité de probabilité f(t) :

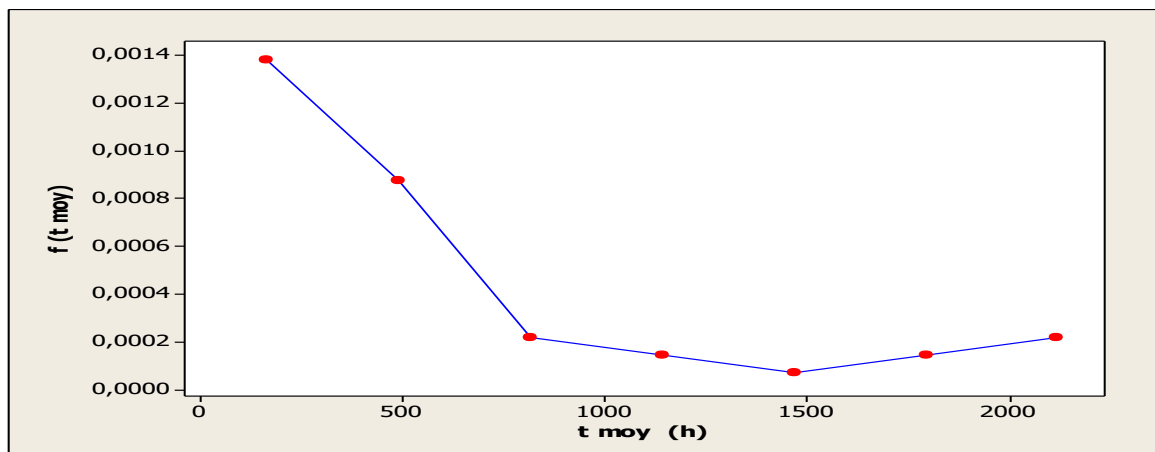


Figure III.8 : fonction de densité de probabilité

Interprétation :

Courbe décroissante en accord avec l’étude théorique de la loi exponentielle et weibull.

d) Courbe de taux de défaillance $\lambda(t)$:

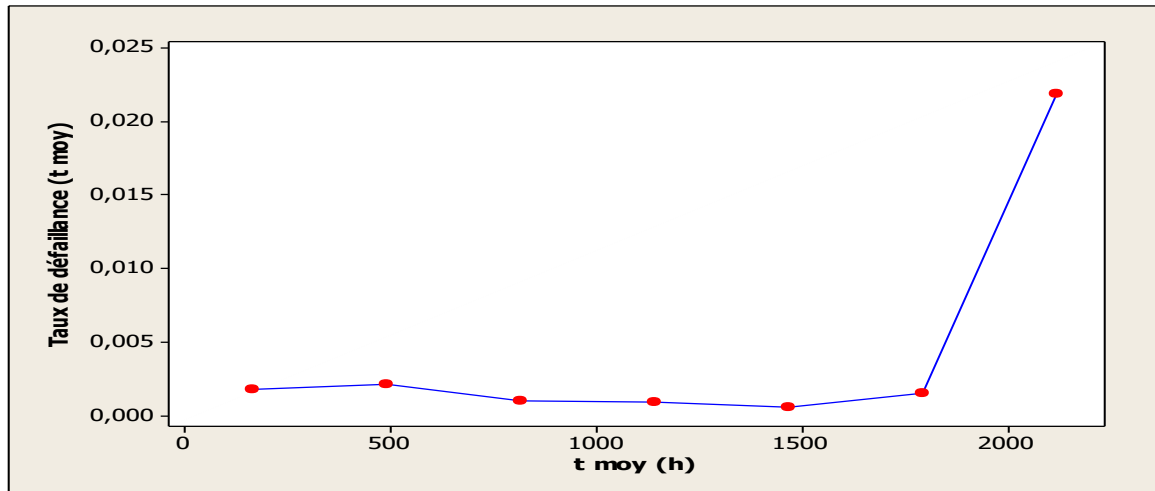


Figure III.9 : taux de défaillance

Interprétation :

L'allure de la courbe du taux de défaillance correspond à l'étude théorique de la loi weibull. A ce stade on conclut qu'avec ce taux de défaillance croissant, la loi adéquate à utiliser est celle de Weibull. Notons que la loi exponentielle serait possible dans le cas d'un taux de défaillance constant.

Donc Nous avons décidé d'appliquer la loi de weibull.

III.6 Estimation des paramètres de WEIBULL (treuil ENF13-N°2000001995 (SAP ENAFOR)) :

Le tableau ci-dessous représente les temps de bon fonctionnement UT classés par ordre croissant, et pour le calcul de la fonction de répartition F(i) on applique la méthode des ranges médians donnée par la formule $F(i) = \frac{N_i}{N+1}$, lorsque le nombre de pannes N est compris dans l’intervalle (20<N<50). Pour notre cas N=42. L’étape qui suivra, sera le tracé de la courbe de WEIBULL exécuté à l’aide du logiciel MINITAB, et montré sur la figure III-10.

N°	UT	n	Cumul n	F(i)	N°	UT	n	Cumul n	F(i)
1	48	3	3	0.0697	16	528	2	29	0.6744
2	72	1	4	0.0930	17	600	1	30	0.6976
3	96	2	6	0.1395	18	624	1	31	0.7209
4	120	1	7	0.1627	19	672	1	32	0.7441
5	144	1	8	0.1860	20	792	1	33	0.7674
6	192	2	10	0.2325	21	840	1	34	0.7906
7	216	1	11	0.2558	22	1032	1	35	0.8139
8	240	3	14	0.3255	23	1273	1	36	0.8372
9	264	2	16	0.3720	24	1368	1	37	0.8604
10	288	2	18	0.4186	25	1680	1	38	0.8837
11	312	1	19	0.4418	26	1776	1	39	0.9067
12	360	2	21	0.4883	27	2160	1	40	0.9302
13	384	1	22	0.5116	28	2256	1	41	0.9534
14	432	3	25	0.5813	29	2280	1	42	0.9776
15	480	2	27	0.6279					

Tableau III-5: Fonction de répartition

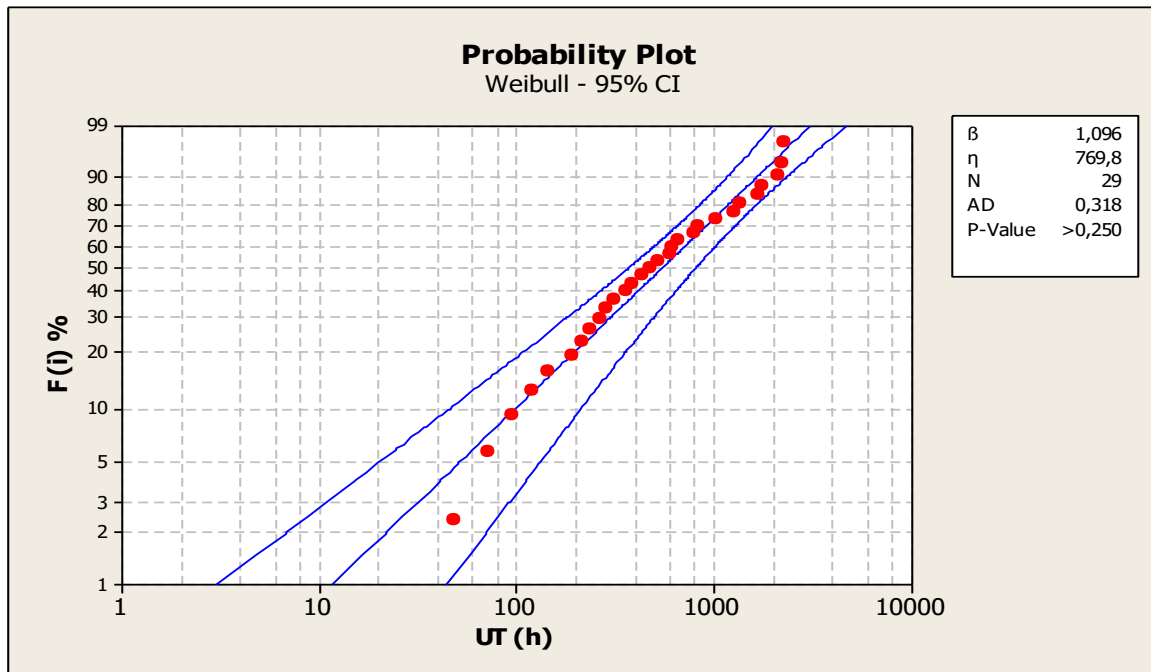


Figure III.10 : Représentation de la courbe de WEIBULL (Logiciel MINITAB)

Interprétation de la courbe :

D’après la courbe de WEIBULL on remarque que le nuage des points peut être approximé à ligne droite et ceci conduit à la première déduction : $\gamma = 0$

Le logiciel permet de donner directement les valeurs des paramètres β et η comme suit :

$\beta = 1.096$, $\eta = 769.8$ heures. Les fonctions de fiabilité théoriques seront donc données par les formules suivantes :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{III-13}$$

$$F(t) = 1 - R(t) \tag{III-14}$$

III.7 Test adéquat (KOLMOGOROV SMIRNOV):

Afin de faire le test d’adéquation, on procède au calcul de la différence entre la fonction réelle de répartition $F(i)$ et la fonction de répartition théorique $F(t)$, les résultats sont mentionnés sur le tableau III-3, la comparaison entre les valeurs D_n max et D_n . α permet d’accepter ou non la loi utilisée.

$$D_n \text{ max} = F(i) - F(t) \tag{III -15}$$

N°	Ut	F(i)	R(t)	F(t)	$\Delta D_{max}=F(i)-F(t)$
1	48	0.0697	0,9533	0.0467	0.023
2	72	0.0930	0,9282	0.0718	0.0212
3	96	0.1395	0,9029	0.0971	0.0424
4	120	0.1627	0,8777	0.1223	0.0404
5	144	0.1860	0,8527	0.1473	0.0387
6	192	0.2325	0,8038	0.1962	0.0363
7	216	0.2558	0,7880	0.212	0.0438
8	240	0.3255	0,7567	0.2433	0.0822
9	264	0.3720	0,7338	0.2662	0.1058
10	288	0.4186	0,7114	0.2886	0.13
11	312	0.4418	0,6896	0.3104	0.1314
12	360	0.4883	0,6474	0.3526	0.1357
13	384	0.5116	0,6271	0.3729	0.1387
14	432	0.5813	0,5880	0.412	0.1693
15	480	0.6279	0,5510	0.449	0.1789
16	528	0.6744	0,5160	0.484	0.1904
17	600	0.6976	0,4671	0.5329	0.1647
18	624	0.7209	0,4518	0.5482	0.1727
19	672	0.7441	0,4224	0.5776	0.1665
20	792	0.7674	0,3564	0.6436	0.1238
21	840	0.7906	0,3327	0.6673	0.1233
22	1032	0.8139	0,2518	0.7482	0.0657
23	1273	0.8372	0,1763	0.8237	0.0135
24	1368	0.8604	0,1529	0.8471	0.0133
25	1680	0.8837	0,0951	0.9049	0.0212
26	1776	0.9067	0,0820	0.918	0.0113
27	2160	0.9302	0,0451	0.9549	0.0247
28	2256	0.9534	0,0388	0.9612	0.0078
29	2280	0.9776	0,0373	0.9627	0.0149

Tableau III-6: Test d’adéquation

Selon le tableau d’annexe (01) on trouve pour : $N=42$; et $\alpha=0.05$,

La valeur de D_n . $\alpha=0.20517$

Selon le tableau III-6 la valeur $\Delta D_{max}=0.1904$

En faisant la comparaison : $\Delta D_{max}= 0.1904 < D_n.\alpha=0.20517$, on déduit que la méthode du modèle de WEIBULL est acceptable.

III.8 Exploitation des paramètres de WEIBULL pour le calcul des indicateurs :

III.8.1 Calcul du MUT:

Le temps de bon fonctionnement **MUT** pour la loi de Weibull est donné par la formule suivante :

$$MUT = \gamma + \eta a \quad (III-16)$$

Application numérique : $MUT = 769.8 * 0.9803 = 754.63$ heures, avec ($A=0.9803$ et $B=0.934$) selon le tableau d’annexe (02).

III.8.2 Calcul de la densité de probabilité f(t) pour le MUT :

$$f(t = MUT) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \times e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (III-17)$$

$$f(t = MUT) = \frac{1.096}{769.8} \left(\frac{754.63}{769.8}\right)^{1.096-1} \times e^{-\left(\frac{754.63}{769.8}\right)^{1.096}} = 0.000533$$

III.8.3 La fonction de répartition en fonction de MUT F(t) :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (III-18)$$

$$F(MUT) = 1 - e^{-\left(\frac{754.63}{769.8}\right)^{1.096}} = 0.63 = 63\%$$

III.8.4 La fiabilité en fonction de MUT R(t) :

$$R(t = MUT) = 1 - F(t = MUT) \quad (III-19)$$

$$R(t=MUT) = 1 - 0.63 = 0.37 = 37\%$$

III.8.5 Le taux de défaillance en fonction de MUT λ :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (III-20)$$

$$\lambda(MUT) = \left(\frac{1.096}{769.8}\right) \left(\frac{754.63}{769.8}\right)^{0.096} = 0.001420 \text{ panne/heure}$$

III.8.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique :

On suppose une fiabilité souhaitée de 80%, et on calcule le temps correspondant pour une intervention systématique :

$$R(t) = 80\% \quad t = ?$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \tag{III-21}$$

$$\ln(R(t)) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \leftrightarrow -\ln(R(t))^{\frac{1}{\beta}} = \frac{t}{\eta} \leftrightarrow t = -\eta \ln(R(t))^{\frac{1}{\beta}} = \eta \ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)^{\frac{1}{\beta}}$$

$$T = 769.8 \times \ln\left(\frac{1}{0.8}\right)^{\frac{1}{1.096}} = 196.60 \text{ heures}$$

III.9 Tracé des courbes de R(t), F(t), f(t) et λ(t) :

Une fois, les paramètres de Weibull déterminés, le calcul des variables de fiabilité sera effectué pour les différentes valeurs du bon fonctionnement UT (issues de l’historique), les résultats sont mentionnés sur le tableau III-4, les courbes représentatives seront présentées sur les figures : (III-11, III-12, III-13et III-14).

N°	Ut	R(t)	F(t)	f(t)	λ(t)
1	48	0,9533	0.0467	0.0010	0.0010
2	72	0,9282	0.0718	0.0010	0.0011
3	96	0,9029	0.0971	0.0010	0.0011
4	120	0,8777	0.1223	0.0010	0.0011
5	144	0,8527	0.1473	0.0010	0.0012
6	192	0,8038	0.1962	0.0010	0.0012
7	216	0,7880	0.212	0.0009	0.0012
8	240	0,7567	0.2433	0.0009	0.0012
9	264	0,7338	0.2662	0.0009	0.0012
10	288	0,7114	0.2886	0.0009	0.0012
11	312	0,6896	0.3104	0.0008	0.0013
12	360	0,6474	0.3526	0.0008	0.0013
13	384	0,6271	0.3729	0.0008	0.0013
14	432	0,5880	0.412	0.0007	0.0013
15	480	0,5510	0.449	0.0007	0.0013
16	528	0,5160	0.484	0.0007	0.0013
17	600	0,4671	0.5329	0.0006	0.0013
18	624	0,4518	0.5482	0.0006	0.0013
19	672	0,4224	0.5776	0.0005	0.0014
20	792	0,3564	0.6436	0.0005	0.0014
21	840	0,3327	0.6673	0.0004	0.0014
22	1032	0,2518	0.7482	0.0003	0.0014
23	1273	0,1763	0.8237	0.0002	0.0014
24	1368	0,1529	0.8471	0.0002	0.0015
25	1680	0,0951	0.9049	0.0001	0.0015
26	1776	0,0820	0.918	0.0001	0.0015
27	2160	0,0451	0.9549	0.00007	0.0015
28	2256	0,0388	0.9612	0.00006	0.0015
29	2280	0,0373	0.9627	0.00005	0.0015

Tableau III-7: Fonctions de, f(t), F(t), R(t) et λ (t)

III.9.1 La Courbe de la Fonction Fiabilité $R(t)$:

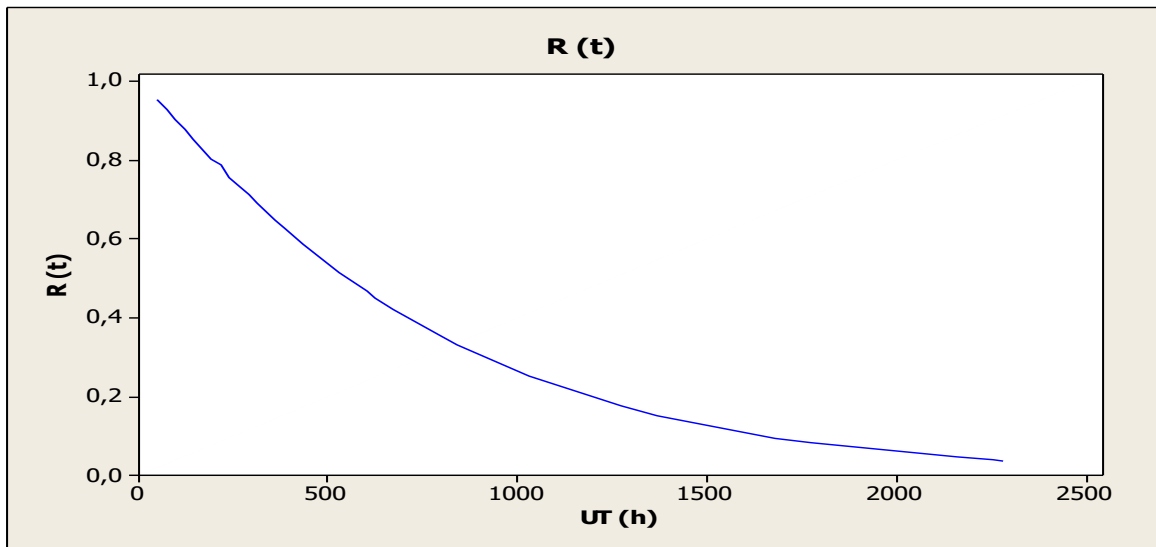


Figure III.11 : La Courbe de la Fonction Fiabilité

Interprétation de la courbe :

On observe que la fonction de fiabilité $R(t)$ diminue avec le temps $t=UT$ selon une allure exponentielle ce qui est en accord avec l’allure théorique des lois de fiabilité.

III.9.2 Courbe de la fonction de répartition $F(t)$:

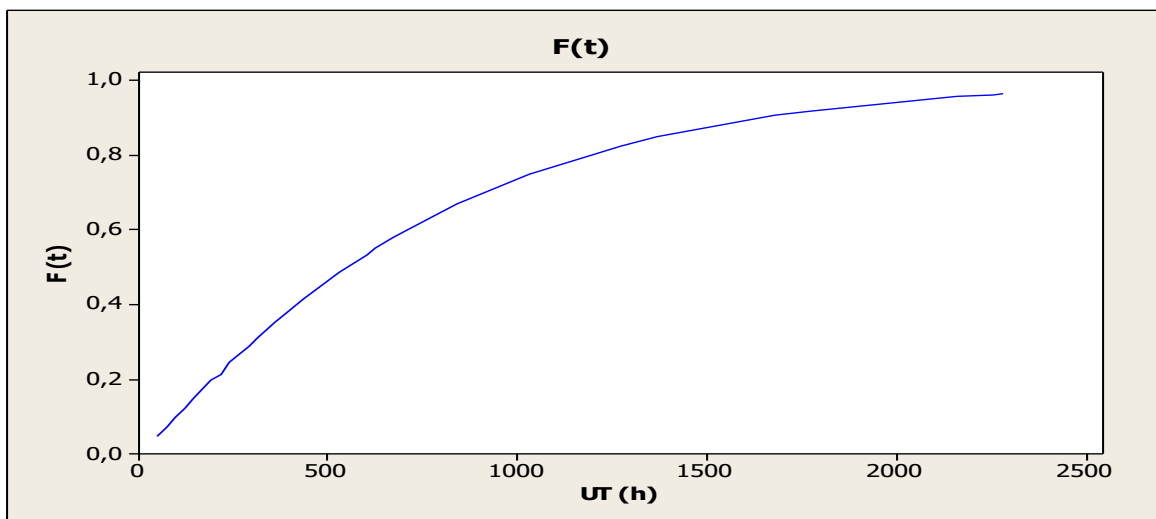


Figure III.12 : La Courbe de Fonction Répartition

Interprétation de la courbe :

D’après la courbe on observe que la fonction de répartition $F(t)$ est croissante avec le temps $t=UT$, phénomène bien expliqué avec la dégradation au fil du temps.

III.9.3 Courbe de la fonction de la densité de probabilité $f(t)$:

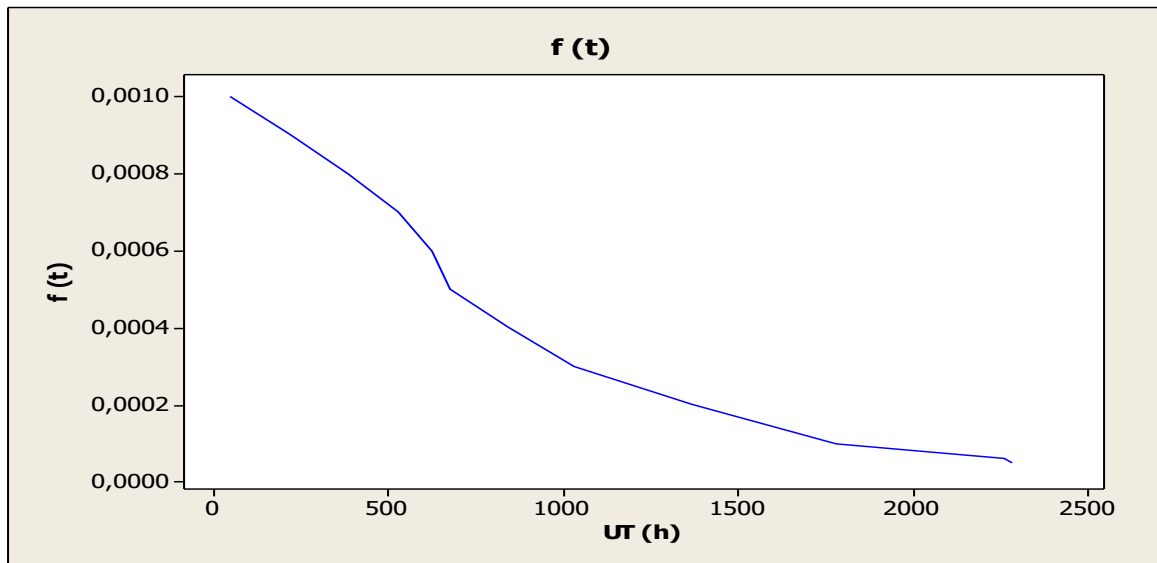


Figure III.13 : Courbe de la densité de probabilité

Interprétation de la courbe :

D’après la courbe on observe que la densité de probabilité $f(t)$ diminue en fonction du temps t .

III.9.4 Courbe du taux de défaillance $\lambda(t)$:

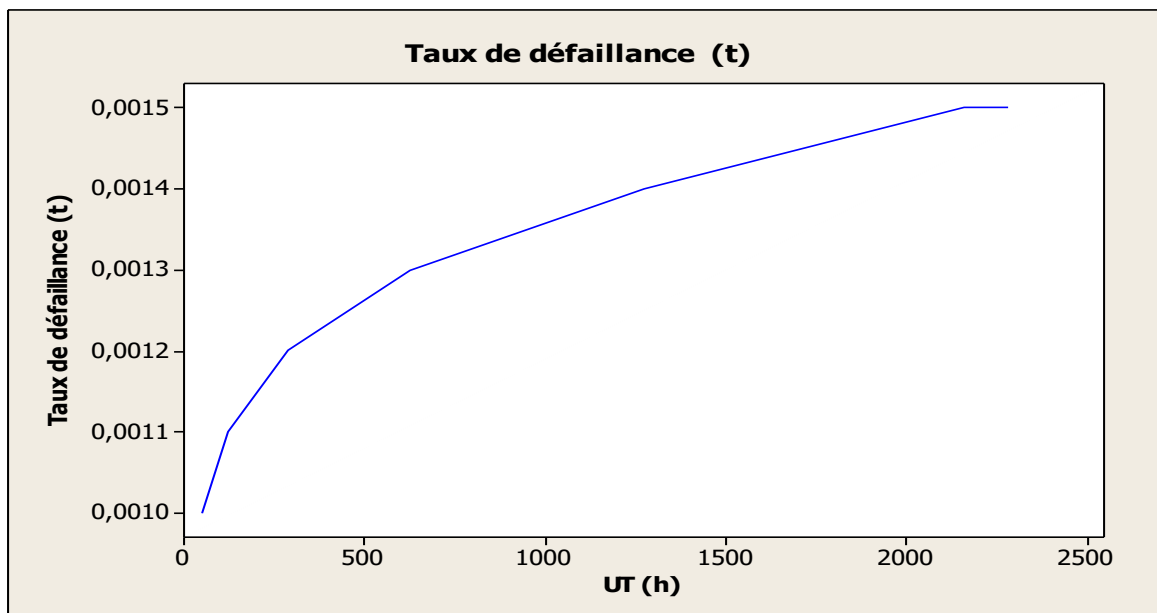


Figure III.14 : La Courbe du taux de défaillance

Interprétation de la courbe :

D’après la courbe on observe que le taux de défaillance est croissant en fonction de temps $t=UT$, ceci montre bien que l’organe étudié subit une défaillance, ce qui est confirmé par le paramètre de forme ($\beta=1.052$), ce qui nécessite au service de maintenance de prévoir un plan préventif pour améliorer les activités de maintenance et de production.

III.10 Le calcul de Maintenabilité M(t) :

A partir des données du tableau d’historique de pannes, on calcule la fonction de maintenabilité mentionnée M(t) et donnée par la formule ci-dessous, les résultats sont groupés dans le tableau III-8 :

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \tag{III-22}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{2.863} = 0.349283 \tag{III-23}$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \tag{III-24}$$

TTR (h)	M(t)	TTR (h)	M(t)
0.25	0.09	6.5	0.90
0.5	0.17	7	0.92
1	0.3	7.25	0.93
1.5	0.41	8	0.94
1.75	0.46	8.25	0.95
2.5	0.59	8.75	0.96
3	0.65	9	0.96
4	0.76	11	0.98
6.25	0.89		

Tableau III-8 : Fonctions de maintenabilité M(t)

III.10.1 Tracé de la courbe de Maintenabilité M(t) :

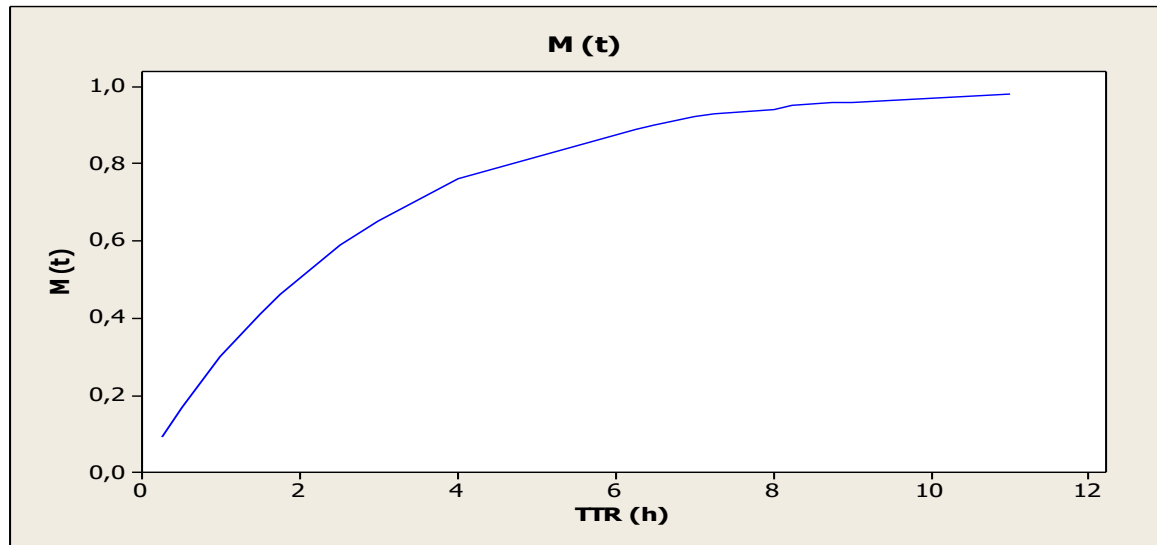


Figure III.15 : La Courbe de maintenabilité

Interprétation :

La maintenabilité croit avec le temps, elle s’approche très vite de la valeur de l’unité, ceci est dû à un faible MTTR, et donc un taux de réparation élevé.

III.11 Calcul de la Disponibilité D(t) :

A partir des données du tableau d’historique de pannes, on calcule la disponibilité intrinsèque mentionnée D_i et donnée par la formule III-3, et après on calcule disponibilité instantanée mentionnée $D(t)$, les résultats sont groupés dans le tableau III-9

III.11.1 Disponibilité instantanée D(t):

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad \text{(III-25)}$$

$$MUT = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{1}{MUT} = \frac{1}{754.63} = 0.001325 \quad \text{(III-26)}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{2.863} = 0.349283 \quad \text{(III-27)}$$

$$\mu + \lambda = 0.349283 + 0.001325 = 0.350608 \quad \text{(III-28)}$$

$$D(t) = \frac{0.349283}{0.350608} + \frac{0.001325}{0.350608} e^{-(0.350608)t} \quad \text{(III-29)}$$

$$D(t) = 0.996222 + 0.003779 e^{-0.350608t} \quad \text{(III-30)}$$

N°	UT	D(t)	N°	UT	D(t)
1	48	0.996222	16	528	0.996220
2	72	0.996221	17	600	0.996220
3	96	0.996220	18	624	0.996220
4	120	0.996220	19	672	0.996220
5	144	0.996220	20	792	0.996220
6	192	0.996220	21	840	0.996220
7	216	0.996220	22	1032	0.996220
8	240	0.996220	23	1273	0.996220
9	264	0.996220	24	1368	0.996220
10	288	0.996220	25	1680	0.996220
11	312	0.996220	26	1776	0.996220
12	360	0.996220	27	2160	0.996220
13	384	0.996220	28	2256	0.996220
14	432	0.996220	29	2280	0.996220
15	480	0.996220			

Tableau III-9 : Fonctions de disponibilité D(t)

III.11.2 Tracé de la courbe de Disponibilité D(t) :

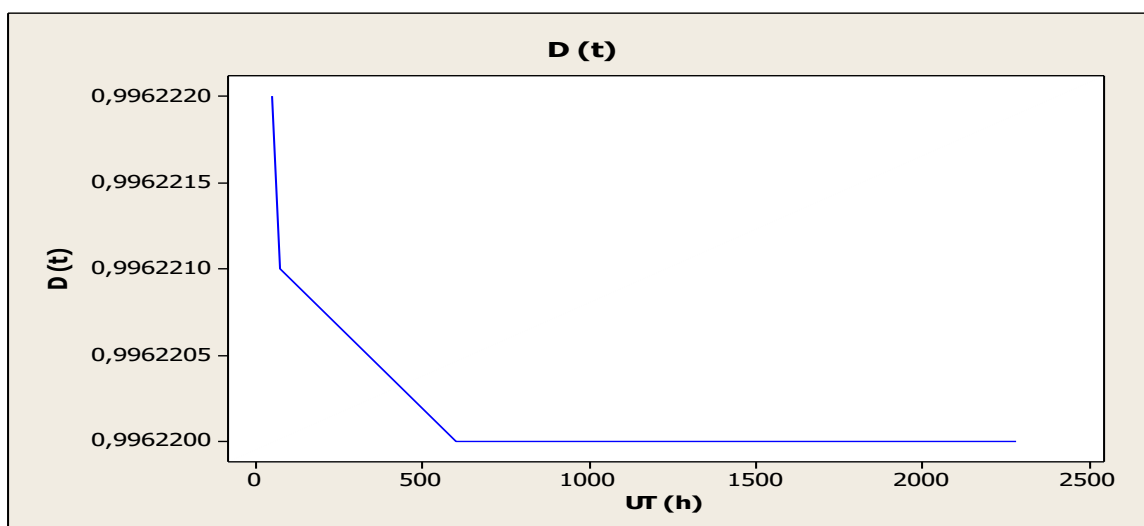


Figure III.16 : La Courbe de Disponibilité

Interprétation :

La courbe de disponibilité décroît en fonction du temps et atteint une valeur minimale asymptotique de 99%, ce qui traduit l'efficacité des travaux d'intervention sur le treuil.

III.12 Les couts en maintenance:

III.12.1 Calcul des couts de main d’œuvre et de pièces de rechange :

$$C_d = C_m + C_i \quad \text{(III-32)}$$

Cd : coûts de défaillance : résultant des coûts directs et indirects d’une ou un cumul de défaillances relatives à un équipement.

Cm : coûts directs de maintenance : de manière simple, ce sont les coûts des pièces de rechange et les coûts de la main d’œuvre.

$$C_m = C_{mo} + C_{pdr} \quad \text{(III-33)}$$

$$C_{mo} = TTR \times \tau \quad \text{(III-34)}$$

C_{mo} : cout de main d’œuvre

C_{pdr} : cout pièce de rechange

$\tau = 6000\text{da/h}$

$\tau \Rightarrow C$ ’est le prix de main d’œuvre pendant une heure de travail (d’après la direction de l’ENAFOR)

Ci : coûts d’indisponibilité : c’est le cumul de toutes les conséquences indirectes induites par l’indisponibilité propre d’un équipement.

Pour notre cas ($C_i=0$, 24 heures de travail continu sur chantier)

On applique les formules ci-dessus pour remplir le tableau III-10 :

Les actions	Date	Cout pièce de rechange (C_{pdr}) DA	Cout main d'œuvre (C_{mo}) DA	Cout total DA
Changement des bandes de frein E2000.	07/02/2018	1 224 120,56	3000	1 227 120,56
Changement chaine TWINSTOP.	20/02/2018	1 497,74	6000	7 497,74
Contrôle et réparation treuil e2000.	24/02/2018	2 995,48	49500	52 495,48
Réparation circuit refroidissement treuil e2000.	06/03/2018	5 180,36	39000	44 180,36
Réparation circuit refroid treuil e2000.	29/04/2018	5 795,24	52500	58 295,24
Elimination fuite d'huile treuil e2000.	11/05/2018	4 922,08	54000	58 922,08
Elimination fuite d'air clutch hi treuil	16/05/2018	2 650,42	18000	20 650,42
Nettoyage embrayage LOW treuil E2000.	27/05/2018	4 922,08	6000	10 922,08
Ajout d'huile treuil E2000.	17/08/2018	27 748,99	24000	51 748,99
Changement chaine twin stop.	28/02/2019	22 204,00	37500	59 704,00
Vidange huile treuil e2000.	13/03/2019	65 084,07	1500	66 584,07
Ajout d'huile au treuil E2000.	01/06/2019	52 303,50	6000	58 303,50
Réparation stuffing-box treuil e2000.	29/06/2019	34 492,82	48000	82 492,82
Ajout d'huile boîte au treuil e2000	17/07/2019	57 968,84	3000	60 968,84
Réglage de bande de frein E2000.	29/10/2019	6 508,00	52500	59 008,00
Changement cylinder, break twin stop.	19/11/2019	46 496,94	66000	112 496,94
Ajoute d'huile treuil E2000.	11/12/2019	54 858,51	1500	56 358,51
Réparation au circuit d'air	29/12/2019	137 146,28	3000	140 146,28
Réparation au circuit d'air	19/01/2020	1 548,00	37500	39 048,00
Elimination fuite air embrayage LOWE2000	17/02/2020	3 701,56	43500	47 201,56
Réparation crown-o-matic.	19/02/2020	11 938,36	42000	53 938,36
Ajoute d'huile treuil E2000.	18/04/2020	55 651,60	6000	61 651,60
Elimination fuite d'eau C.R Treuil E2000	11/05/2020	0,00	6000	6 000,00
Ajoute d'huile treuil E2000	13/05/2020	41 143,89	6000	47 143,89
Ajoute d'huile treuil E2000.	31/05/2020	3 513,79	6000	9 513,79
Elimination fuite eau circuit refroidissement treuil	22/06/2020	57 470,09	3000	60 470,09
Ajoute d'huile treuil E2000.	28/06/2020	51 328,88	3000	54 328,88
Elimination fuite eau circuit refroidissement treuil	02/10/2020	1 251,62	6000	7 251,62
Revision valve crown-matic treuil	14/10/2020	15 523,00	10500	26 023,00
Réparation STUFFING BOX TREUIL E2000.	17/11/2020	54 362,37	9000	63 362,37
Ajoute d'huile tasfalout eau pour treuil	19/11/2020	90 028,73	6000	96 028,73
Débouchage circuit d'huile treuil E2000.	29/11/2020	4 106,19	15000	19 106,19

Tableau III-10 : Les coûts de maintenance en DA (Dinard algériens)

III.12.2 Représentation des coûts de maintenance :

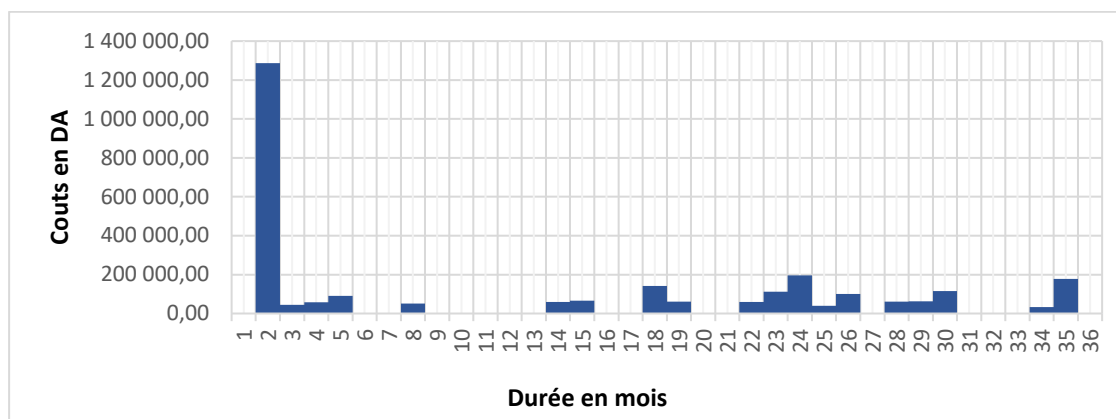


Figure III.17 : Représentation graphique des coûts de maintenance

Interprétation des résultats

Les coûts de maintenance représentent l'un des indicateurs de performance de la maintenance les plus pertinents, et dont on peut citer quelques-uns, tels que

Les frais de consommation : des ressources (les énergies et les fluides), des salaires, et des frais de formation.

Les dépenses telles que : celles des travaux de sous-traitance, des travaux neufs et celles liées aux travaux de planification et d’ordonnancement, et des activités correctives et préventives.....etc.

L’étude modeste qu'on vient de présenter sur les coûts de maintenance nous a permis de voir au cours des trois années un aperçu sur les frais directement liés à la main d’œuvre et aux pièces de rechange, le diagramme donne une idée sur les travaux de rénovations coûteuses, et pourra par la suite avec d'autres calculs plus approfondis, aider à la décision des futurs travaux de maintenance préventive visant son organisation et son amélioration.

III.13 Conclusion:

Dans ce chapitre, des études d’analyse de maintenance et de fiabilité ont été présentées, en exploitant un historique de pannes d’un treuil de forage d’un chantier pétrolier à ENAFOR, au fil de trois années de son fonctionnement.

Des résultats de calcul ont été représentés par le biais de courbes, tableaux et histogramme, leur interprétation nous ont permis de mieux comprendre les pannes, leurs natures et leurs causes.

Des actions de maintenance préventive ont été suggérées afin d’améliorer la maintenance.

Conclusion générale et perspectives

Au terme de notre étude, nous pouvons conclure qu'une analyse de fiabilité des systèmes de production relève d'une importance majeure pour le maintien et la disponibilité des équipements qui les constituent. La connaissance des indicateurs de fiabilité en l'occurrence de le MUT et la disponibilité de l'équipement nous permet d'acquérir des éléments de réponse par rapport à la stratégie de maintenance.

Les résultats obtenus dans le cas étudié montrent que le remplacement à une période prédéterminée revient moins cher que le remplacement après une défaillance. Ce qui donne la possibilité de réduire les temps d'arrêts et l'indisponibilité à un cout minimal.

L'une des principales priorités des responsables de la maintenance est d'assurer une disponibilité opérationnelle maximale de leurs équipements ainsi que de garantir la sécurité et l'efficacité des opérations de l'équipement. Comprendre les calculs et l'utilisation des indicateurs de défaillance permettra aux professionnels de la maintenance de déterminer avec une plus grande précision le moment où un actif critique sera le plus susceptible de tomber en panne.

Sur la base de leurs conclusions, ils peuvent développer de meilleures stratégies de gestion des actifs et améliorer leurs processus de maintenance globaux.

En calculant les indicateurs de défaillance et en planifiant la maintenance en fonction de ces résultats ils peuvent également réduire la dépendance de leur organisation à la maintenance réactive au profit d'une maintenance planifiée (prédictive) qui peut être exactement ce dont ils ont besoin pour stimuler la croissance de leur entreprise.

L'étude qu'on a faite sur le treuil a été très bénéfique pour nous, on beaucoup appris sur le treuil, sur les méthodes d'analyse différentes, sur les concepts FMD, néanmoins on peut suggérer pour la continuité des travaux futurs, de faire une analyse par la méthode AMDEC, ainsi qu'une étude approfondie des coûts incluant ceux d'indisponibilité, appliqués à d'autres organes de l'appareil de forage.

Références bibliographiques

- [1] A. Leblond « cour de forage équipement de forage » -Ecole supérieure nationale de pétrole et du moteur -tom I texte -1963.
- [2] charlotte Guérin –mémoire de l'école nationale de la santé publique -
« Évaluation des risques professionnels des métiers du forage » -septembre 2006.
- [3] I. Salem, S. Khaled, and M. H. A. Kader, « Le treuil 840E, révision du drum shaft, étude du problème d'usure des jantes »
- [4] <https://slideplayer.fr/slide/13920708/>
- [5] <https://slideplayer.fr/slide/8987998/>
- [6] « Le forage » - J.P. Nguyen - Institut Français de Pétrole 1993.
- [7] résumé non technique cg2t-partie 2
- [8] Documents de l'institut algérien de pétrole (IAP)
- [9] <https://en.calameo.com/books/0005789509d389038434f/>
- [10] Mr. Aiche Souhil Mr. Messaaoui Lyes., « Etude de la fiabilité et maintenance des systèmes mécanique d'un appareil de forage. Cas : Treuil de forage et une pompe à boue au niveau de la station »,2017/2018.
ENTP-TP127 » ; Mémoire de fin des études Du diplôme de Master Académique, TIZI-OUZOU 2018.
- [11] A. Slimani, C. Soussi-Module m2 formation jdf tome 1. Division forage département formation, Sonatrach.
- [12] Treuil de levage\GH2000E\Description\1-05-FR_R0 Fonctionnement & Opération SN 34-35.doc- 26.01.06
- [13] « Maintenance des équipements forage pétroliers Application au treuil de forage » ; Mémoire de fin des études Du diplôme de Master Académique, Msila 2016.
- [14] Treuil de levage\GH2000E\Description\1-08-FR_R0 -- Entretien GH2000E-SN34.doc- 26.01.06.
- [15] Forage rotary : le treuil, édition technique.
- [16] Boukhara Djamel, Aya Brahim « Description et Entretien du treuil E2000 »
- [17] « La Maintenance des équipements de forage (Cas TP 127 Hassi Messaoud) » ; Mémoire de fin des études Du diplôme de Master Académique, Tlemcen, 2014.
- [18] François Monchy Jean-Pierre Vernier « Maintenance méthodes et organisations » 2000.
- [19]S, Ben Saada ; D, Feliachi « La maintenance industrielle » 07-2002.

- [20] M. Kadi « Etude et amélioration FMD d'une motopompe centrifuge » Mémoire de master professionnel, Université de Ouargla, 2014.
- [21] Pr. A. Bellaouar, M.A. S. Beleulmi, « Fiabilité Maintenabilité Disponibilité » Université Constantine 1, Année Académique 2013-2014.
- [22] Alin Gabriel Mihalache « Modélisation et évaluation de la fiabilité des systèmes mécatroniques : application sur système embarqué » UNIVERSITÉ D'ANGERS, Année 2007.
- [23] Dr. Khireddine Abdelaziz « Cour Gestion De La Production » Université Kasdi Merbah, Année universitaire : 2020-2021.
- [24] Dominique Desbois « Introduction au test non paramétrique d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov avec SPSS pour Windows » Cah. Techn. I.N.R.A., 2004 51, 41-62.
- [25] Article de treuil E2000, USS OILWELL.
- [26] ISET Nabeul « analyse-des-défaillances-et-aide-au-diagnostic », A.U. : 2013-2.
- [27] F. Palisson, « Détermination des paramètres du modèle de Weibull à partir de la méthode de l'actuariat », 1989

Annexe 01

Tableau de loi Kolmogorov Smirnov [24]

N	P=0.80	P=0.90	P=0.95 / $\alpha=0.05$	P=0.98	P=0.99
1	0.90000	0.95000	0.97500	0.99000	0.99500
2	0.68377	0.77639	0.84189	0.90000	0.92929
3	0.56481	0.63604	0.70760	0.78456	0.82900
4	0.49265	0.56522	0.62394	0.68887	0.73424
5	0.44698	0.50945	0.56328	0.62718	0.66853
6	0.41037	0.46799	0.51926	0.57741	0.61661
7	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581
8	0.35831	0.40920	0.45427	0.50654	0.54179
9	0.33910	0.38746	0.43001	0.47960	0.51332
10	0.32260	0.36866	0.40925	0.45662	0.48893
11	0.30829	0.35242	0.39122	0.43670	0.46770
12	0.29577	0.33815	0.37543	0.41918	0.44905
13	0.28470	0.32549	0.36143	0.40362	0.43247
14	0.27481	0.31417	0.34890	0.38970	0.41762
15	0.26588	0.30397	0.33760	0.37713	0.40420
16	0.25778	0.29472	0.32733	0.36571	0.39201
17	0.25039	0.28627	0.31796	0.35528	0.38086
18	0.24360	0.27851	0.30936	0.34569	0.37062
19	0.23735	0.27136	0.30143	0.33685	0.36117
20	0.23156	0.26473	0.29408	0.32866	0.35241
21	0.22617	0.25858	0.28724	0.32104	0.34427
22	0.22115	0.25283	0.28087	0.31394	0.33666
23	0.21645	0.24746	0.27490	0.30728	0.32954
24	0.21205	0.24242	0.26931	0.30104	0.32286
25	0.20790	0.23768	0.26404	0.29516	0.31657
26	0.20399	0.23320	0.25907	0.28962	0.31064
27	0.20030	0.22898	0.25438	0.28438	0.30502
28	0.19680	0.22497	0.24993	0.27942	0.29971
29	0.19348	0.22117	0.24571	0.27471	0.29466
30	0.19032	0.21756	0.24170	0.27023	0.28987
31	0.18732	0.21412	0.23788	0.26596	0.28530
32	0.18445	0.21085	0.23424	0.26189	0.28094
33	0.18171	0.20771	0.23076	0.25801	0.27677
34	0.17909	0.20472	0.22743	0.25429	0.27279
35	0.17659	0.20185	0.22425	0.25073	0.26897
36	0.17418	0.19910	0.22119	0.24732	0.26532
37	0.17188	0.19646	0.21826	0.24404	0.26180
38	0.16966	0.19392	0.21544	0.24089	0.25843
39	0.16753	0.19148	0.21273	0.23786	0.25518
40	0.16547	0.18913	0.21012	0.23494	0.25205
41	0.16349	0.18687	0.20760	0.23213	0.24904
42	0.16158	0.18468	0.20517	0.22941	0.24613
43	0.15974	0.18257	0.20283	0.22679	0.24332
44	0.15796	0.18053	0.20056	0.22426	0.24060
45	0.15623	0.17856	0.19873	0.22181	0.23798
46	0.15457	0.17665	0.19625	0.21944	0.23544

47	0.15295	0.17481	0.19420	0.21715	0.23298
48	0.15139	0.17302	0.19221	0.21493	0.23059
49	0.14987	0.17128	0.19028	0.21277	0.22828
50	0.14840	0.16959	0.18841	0.21068	0.22604

Annexe 02

Distribution de Weibull : valeurs des coefficients A et B en fonction du paramètre de forme β

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0.2	120	1901	1.5	0.9027	0.613	4	0.9064	0.254
0.25	24	199	1.55	0.8994	0.593	4.1	0.9077	0.249
0.3	9.2625	50.80	1.6	0.8966	0.574	4.2	0.9086	0.244
0.35	5.291	19.98	1.65	0.8942	0.556	4.3	0.9102	0.239
0.4	3.3234	10.44	1.7	0.8922	0.554	4.4	0.9146	0.235
0.45	2.4686	6.46	1.75	0.8906	0.525	4.5	0.9125	0.23
0.5	2	4.47	1.8	0.8893	0.511	4.6	0.9137	0.226
0.55	1.7024	3.35	1.85	0.8882	0.498	4.7	0.9149	0.222
0.6	1.546	2.65	1.9	0.8874	0.86	4.8	0.916	0.218
0.65	1.3663	2.18	1.95	0.8867	0.474	4.9	0.9171	0.214
0.7	1.2638	1.85	2	0.8862	0.463	5	0.9162	0.21
0.75	1.1906	1.61	2.1	0.8857	0.443	5.1	0.9192	0.207
0.8	1.133	1.34	2.2	0.8856	0.425	5.2	0.9202	0.203
0.85	1.088	1.29	2.3	0.8859	0.409	5.3	0.9213	0.2
0.9	1.0522	1.17	2.4	0.8865	0.393	5.4	0.9222	0.197
0.95	1.0234	1.08	2.5	0.8873	0.38	5.5	0.9232	0.194
1	1	1	2.6	0.8882	0.367	5.6	0.9241	0.191
1.05	0.9803	0.934	2.7	0.8893	0.355	5.7	0.9251	0.186
1.1	0.6949	0.878	2.8	0.8905	0.344	5.8	0.926	0.165
1.15	0.9517	0.83	2.9	0.8919	0.334	5.9	0.9269	0.183
1.2	0.9407	0.787	3	0.893	0.316	6	0.9277	0.18
1.25	0.99314	0.75	3.1	0.8943	0.325	6.1	0.9266	0.177
1.3	0.9236	0.716	3.2	0.8957	0.307	6.2	0.9294	0.175
1.35	0.917	0.667	3.3	0.897	0.299	6.3	0.9302	0.172
1.4	0.9114	0.66	3.4	0.8984	0.292	6.4	0.931	0.17
1.45	0.9067	0.635	3.5	0.8997	0.285	6.5	0.9316	0.168
1.5	0.9027	0.613	3.6	0.9011	0.278	6.6	0.9325	0.166
1.55	0.8994	0.593	3.7	0.9025	0.272	6.7	0.9335	0.163
1.6	0.9966	0.574	3.8	0.9083	0.266	6.8	0.934	0.161
1.65	0.8942	0.556	3.9	0.9051	0.26	6.9	0.9347	0.15

ملخص :

تلعب الصيانة الصناعية دورًا أساسيًا في المجال الصناعي وذلك لاستمرارية عمل المعدات في ظل ظروف مثالية ، ومن أجل تحقيق هذه الاستمرارية قمنا بدراسة وتحليل جدول تاريخ فشل الونش المعطى من قبل الشركة لمدة ثلاث سنوات حيث استندت هذه الدراسة على تطبيق نظرية الموثوقية الصيانة والجهوزية وقانون ويبيل وباريتو.

Résumé :

La maintenance industrielle joue un rôle essentiel dans le domaine industriel, et pour la continuité du fonctionnement des équipements dans des conditions idéales, et afin d'atteindre cette continuité, nous avons étudié et analysé le tableau d'historique des pannes de treuil ENF13-N ° 2000001995 donne par l'entreprise(ENAFOR) pour une période de trois ans, cette étude s'est appuyée sur l'application de la théorie de la fiabilité Maintenabilité et disponibilité avec la loi de Weibull et la théorie de Pareto.

Abstract:

Industrial maintenance plays an essential role in the industrial field, and for the continuity of the operation of equipment under ideal conditions, and in order to achieve this continuity, we have studied and analysed the history table of winch failures ENF13-N ° 2000001995 given by the company (ENAFOR) for a period of three years, this study was based on the application of the reliability theory Maintainability and availability with Weibull's law and Pareto theory.