

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة غرداية
Université de Ghardaïa



N° d'enregistrement

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الآلية والكهروميكانيك
Département Automatique et électromécanique

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et de la Technologie

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Thème

Etude Des Paramètres FMD D'une Machine

Grenailleuse Intérieure à Alfapipe

Déposer le 01 /06/ 2022

Par:

- BERBACHE Djaber
- BADLIS Abdelghani

Devant le jury composé de :

Mr. LADJAL Boumediene	MAA	Examinateur	Univ. Ghardaïa
Mr. AKERMI Faouzi	MAA	Encadreur	Univ. Ghardaïa
Mr. BALAOUR Abderrahmane	MAA	Examinateur	Univ. Ghardaïa

Année universitaire : 2021/2022

DEDICACE

Dieu soit loué qui nous a permis de franchir cette étape dans notre carrière universitaire. Peut-être que dans ces simples mots je ne peux pas compléter cette dédicace à cause de la séparation d'un édifice implicite dans l'envergure de ses bras comme une mère.

Mon Dédicaces à ma mère et mon père, que Dieu les protège et prenne soin d'eux, qui m'a appris que lorsque les lumières s'éteignent, la bougie doit être allumée et nous ne devons pas maudire l'obscurité

À la généreuse famille qui m'a toujours soutenu, frères et sœurs.

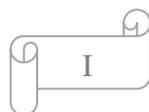
À mes chers amis, ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

À tous les ingénieurs et techniciens de l'entreprise ALFAPIPE.

Je t'envoie mes plus sincères salutations de tout mon cœur...

Ma plume se tiendra ici pour déposer entre vos yeux ce que j'ai écrit.

BADLIS Abdelghani



DEDICACE

Dieu soit loué qui nous a permis de franchir cette étape dans notre carrière universitaire. Peut-être que dans ces simples mots je ne peux pas compléter cette dédicace à cause de la séparation d'un édifice implicite dans l'envergure de ses bras comme une mère.

Mon Dédicaces à ma mère et mon père, que Dieu les protège et prenne soin d'eux.

À la généreuse famille qui m'a toujours soutenu, frères et sœurs.

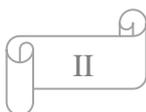
À mes chers amis, ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

À tous les ingénieurs et techniciens de l'entreprise ALFAPIPE.

Je t'envoie mes plus sincères salutations de tout mon cœur...

Ma plume se tiendra ici pour déposer entre vos yeux ce que j'ai écrit.

BERBACHE Djaber



REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a permis de mener à bien cette recherche scientifique.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude à notre superviseur pour ce mémoire de fin d'études, M. Akermi Faouzi et son assistant, M. Mouats Sofiane pour tous les précieux conseils et informations qu'ils nous ont donnés et qui ont contribué à enrichir ce sujet sous tous les aspects.

Nous adressons également nos remerciements aux membres estimés du comité .Et nos sincères remerciements à nos professeurs du département d'électromécanique.

Nous remercions également l'entreprise ALFAPIP et à tous les employés et n'oublions pas le technicien M. Abdelkader Pour sa patience avec nous dans la préparation de ce mémoire et enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail modeste.

RESUME

Plusieurs entreprises industrielles possèdent des méthodes et opérations de valorisation (évaluation) utilisés pour augmenter les performances de leur appareils et machines au but d'améliorer leur production et répondre aux besoins du marché et des clients.

Une nouvelle vision de la maintenance qui permet de contribuer à la compétitivité des entreprises indépendamment de leurs tailles. Effectuer une explication ou une présentation détaillée de la maintenance intégrée à l'aide de présenter leurs axes principaux et tous leurs moyens et faire ressortir les points faibles.

L'objectif de cette étude consiste à mise en évidence de la machine à Grenailleuse Intérieure au but d'évaluer sa performance de fonction a l'aide d'analyse FMD (Fiabilité et Maintenabilité et Disponibilité) et la valorisation des valeurs et l'interprétation des courbes à travers les paramètres de weibull (β, η, γ) préalablement.

Finalement, pour améliorer la fiabilité de cette machine, il est indispensable de posséder une stratégie de maintenance préventive au moins pour quelques organes responsables de plus de 90% des arrêts.

Mots clés :

Maintenance, fiabilité, disponibilité, maintenabilité, Weibull.

ملخص

العديد من الشركات الصناعية لديها طرق وعمليات تقييم تستخدم لجميع أنشطة القطاعات التي تمتلكها لزيادة أداء معداتها وألاتها من أجل تحسين إنتاجها وتلبية احتياجات السوق والعملاء.

تم العمل على تقديم شرح أو عرض مفصل لصيانة المتكاملة بالمساعدة على تقديم محاورهم الرئيسية وجميع وسائلهم وتسليط الضوء على نقاط الضعف.

الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على لآلة (Grenailleuse Intérieur) بهدف تقييم أدائها الوظيفي باستخدام تحليل (FMD et ABC) بهذه الدراسة تم الوصول الى نتائج تتفق مع الواقع العلمي على مستوى الشركة في استخدام التحليل الرقمي.

أخيرا من اجل تحسين ثقة الالة. أصبح ضروري ان نبرمج جدول صيانة دورية على الأقل للأجزاء التي تسببت في أكثر من 90 بالمئة من الأعطال.

كلمات مفتاحية:

weibull التوافر، قابلية الصيانة، الموثوقية، الصيانة،

ABSTRACT

Several industrial companies have methods and operations of valuation (evaluation) used to increase the performance of their devices and machines in order to improve their production and meet the needs of the market and customers.

A new vision of maintenance that contributes to the competitiveness of companies regardless of their size. Carry out a detailed explanation or presentation of integrated maintenance by presenting their main axes and all their means and highlighting the weak points.

The objective of this study consists in highlighting the Indoor Shot Blasting machine in order to evaluate its performance of function using FMD analysis (Reliability and Maintainability and Availability) and the valuation of the values and the interpretation curves through the weibull parameters (β , η , γ) beforehand.

Finally, to improve the reliability of this machine, it is essential to have a preventive maintenance strategist at least for a few components responsible for more than 90% of shutdowns.

Key words:

Maintenance, reliability, availability, maintainability, Weibull.

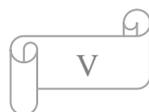


TABLE DES MATIERES

<i>DEDICACE</i>	I
<i>DEDICACE</i>	II
<i>REMERCIEMENTS</i>	III
<i>RESUME</i>	IV
<i>ABSTRACT</i>	V
<i>TABLE DES MATIERES</i>	VI
<i>Liste des tableaux</i>	VIII
<i>Liste des figures</i>	IX
<i>Liste des symboles</i>	X
INTRODUCTION GENERALE	2
CHAPITER I : PRESENTATION DE L'ENTERPRISE	5
I.1. Introduction :	5
I.2. Historique :	5
I.3. Organigramme de l'usine :	6
I.4. Développement de tus Ghardaïa :	7
I.5. Présentation générale de l'unité de production des pipes :	7
I.6. Schéma synoptique du procédé de fabrication :	9
I.7. La machine grenailleuse intérieure :	10
I.8. Principe de fonctionnement :	14
CHAPITER II : CONCEPT GENERAL DE LA MAINTENANCE	22
II.1. Introduction :	22
II.2. Définition de la maintenance (norme NF en 13306) :	22
II.3. Importance et rôle de la maintenance :	22
II.4. Les objectifs de la maintenance :	22
II.5. Les avantages et les inconvénients de la maintenance :	23
II.6. Les fonctions et les taches associées a la maintenance :	24
II.7. Domaines d'action du service maintenance :	26
II.8. De l'entretien a la maintenance :	27
II.9. Les types de maintenance :	27
II.10. Organigramme de différentes méthodes de la maintenance :	29
II.11. Les opérations de maintenance :	29
II.12. Les niveaux de maintenance :	30

II.13. Conclusion :	31
CHAPITER III : GENERALITE SUR LES PARAMETRES FMD	33
III.1. Méthode abc (diagramme Pareto) :	33
III.2. Fiabilité des équipements et FMD :	36
III.3. Etude de maintenabilité :	46
III.4. Etude de disponibilité :	50
III.5. Conclusion :	52
CHAPITER IV : ETUDE DES PARAMETRES FMD DE LA MACHINE	55
IV.1. Introduction :	55
IV.2. Historique des pannes :	55
IV.3. L'application pratique des méthodes d'analyse :	57
IV.4. Calcul les paramètres de weibull :	59
IV.5. La fiabilité R(t) :	64
IV.6. La maintenabilité :	67
IV.7. La disponibilité :	69
CONCLUSION GENERALE	71
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72
ANNEXES	74

LISTE DES TABLEAUX

Les tableaux de chapitre 2

Tableau II. 1. Les Fonctions Du Service Maintenance (Norme FD X 60-000) [5]	24
Tableau II. 2. L'entretien a la maintenance	27

Les tableaux de chapitre 3

Tableau III. 1. Principales Lois De Survie	41
---	----

Les tableaux de chapitre 4

Tableau IV. 1. Historique De La Machine Grenailleuse Intérieur	55
Tableau IV. 2. L'analyse ABC	57
Tableau IV. 3. La Fonction de réparation réelle	59
Tableau IV. 4. Paramètres De Weibull	61
Tableau IV. 5. Calcul de la densité de probabilité	62
Tableau IV. 6. Calcul De La Fonction De Répartition	63
Tableau IV. 7. Calcul De La Fiabilité	65
Tableau IV. 8. Calcul Du Taux De Défaillance	66
Tableau IV. 9. Calcul De La Maintenabilité	68
Tableau IV. 10. Calcul De La Disponibilité Instantanée	69

LISTE DES FIGURES

Les figures de chapitre 1

Fig. I. 1. Situation géographique d'Alfapipe Ghardaïa	5
Fig. I. 2. Organigramme de l'usine.....	6
Fig. I. 3. Schéma synoptique du procédé de fabrication.....	9
Fig. I. 4. Machine étudié (Grenailleuse Intérieur)	10
Fig. I. 5. Vue de dessus de la grenailleuse intérieure [2].....	14
Fig. I. 6. L'application de grenailage intérieur	15
Fig. I. 7. Vue de face de l'unité de grenailage intérieur [2]	17
Fig. I. 8. Vue de côté de l'unité de grenailage intérieur [2].....	17
Fig. I. 9. La lance et Turbine de grenailage.....	18
Fig. I. 10. Principe de fonctionnement du filtre dépoussiéreur du tamis [2].....	19
Fig. I. 11. Filtre dépoussiéreur principal de la grenailleuse intérieur [2]	20

Les figures de chapitre 2

Fig. II. 1. Organigramme de différentes méthodes de la maintenance.....	29
--	----

Les figures de chapitre 3

Fig. III. 1. La Courbe Pareto [13].....	35
Fig. III. 2. Courbe en baignoire [16]	38
Fig. III. 3. Courbe en baignoire[17]	40
Fig. III. 4. Courbes théoriques de Weibull[17]	43
Fig. III. 5. Courbe de la loi normale.....	45
Fig. III. 6. Les composantes de la disponibilité d'un équipement	48
Fig. III. 7. Les différentes grandeurs caractérisant la FMD [14]	52

Les figures de chapitre 4

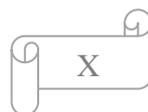
Fig. IV. 1. La courbe d'ABC.....	58
Fig. IV. 2. Papier de Weibull en logiciel minitab16.....	60
Fig. IV. 3. La courbe de densité de probabilité	63
Fig. IV. 4. La courbe de fonction de répartition	64
Fig. IV. 5. La courbe de la fonction de fiabilité	65
Fig. IV. 6. La courbe du taux de défaillance	67
Fig. IV. 7. La courbe de la maintenabilité	68
Fig. IV. 8. La courbe de disponibilité instantanée.....	70

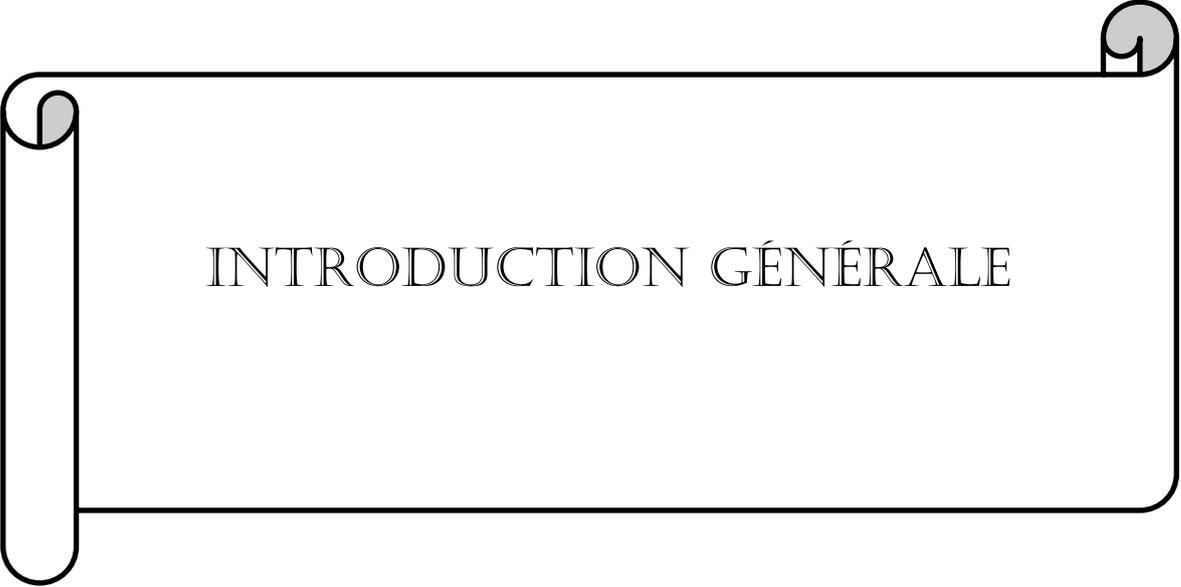
LISTE DES SYMBOLES

FMD	Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité.
F(i)	La fréquence relative.
R(t)	Fiabilité.
f(t)	Densité de probabilité.
F(t)	Fonction de répartition.
λ (t)	Taux de défaillance.
M(t)	Maintenabilité.
μ (t)	Taux de réparation.
D (t)	Disponibilité instantanée.
Di	Disponibilité intrinsèque à l'asymptotique.
MBF	Maintenance basée sur la fiabilité.
MTBF	La durée moyenne entre deux défaillances consécutives.
MTTR	Le temps moyen mis pour réparer le système.

LA LOI DE WEIBULL :

β	Paramètre de forme (loi de Weibull).
H	Paramètre d'échelle (loi de Weibull).
γ	Paramètre de position (loi de Weibull).
σ	L'écart type des temps de fonctionnement.
V	La variance.





INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Les entreprises sont de plus en plus sensibilisées à l'importance des coûts induits par les Défaillances accidentelles des systèmes de production. Alors que la maintenance, jusqu'à très récemment, était considérée comme un centre de coûts, nous sommes de plus en plus conscients qu'elle peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise.

De plus le monde de l'industrie possède des machines et des ensembles de plus en plus performants et complexes, en particulier la machine Grenailleuse qui a connu de grandes avancées dans de nombreux aspects mécaniques, automatiques et même électriques.

Le développement et le succès de la machine Grenailleuse Intérieure sont liés à l'amélioration de cette performance technique. Des exigences de sécurité élevées, des coûts et des conditions d'exploitation réduits, la maîtrise de la disponibilité des équipements et l'amélioration de leur fiabilité confèrent à la maintenance des systèmes un rôle majeur dans le fonctionnement de l'entreprise. Il permet également de n'intervenir qu'en présence de composants défectueux, de réduire le temps de réparation, et de fournir un diagnostic fiable et facilement interprétable malgré la complexité du nouvel équipement. Cela implique la mise en place impérieuse d'une maintenance préventive qui est l'une des méthodes actuelles les plus utilisées dans l'industrie. Cette dernière est devenue un vrai métier avec ses propres concepts et méthodologie. Parmi les facteurs qui ont favorisé ce type de maintenance, nous pouvons citer l'automatisation, le diagnostic et la surveillance industrielle.

Et les petites et moyennes entreprises manquent souvent de ressources pour mettre en place des systèmes efficaces de gestion de la maintenance. L'application des méthodes prévisionnelles de maintenance à des matériels à haute production est moins coûteuse que la perte de production due un arrêt du matériel. L'arrêt d'une seule machine peut entraîner l'arrêt de toute la ligne.

Enfin, dans notre travail, nous étudierons la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité (FMD) d'une (Grenailleuse Intérieure) machine, cette étude se base sur l'historique d'exploitation identifié par **ALFAPIPE GHARDAIA** et consiste à mettre en évidence les indicateurs FMD sur l'étude pilote et à tracer ses courbes dans le but d'améliorer les performances de la machine.

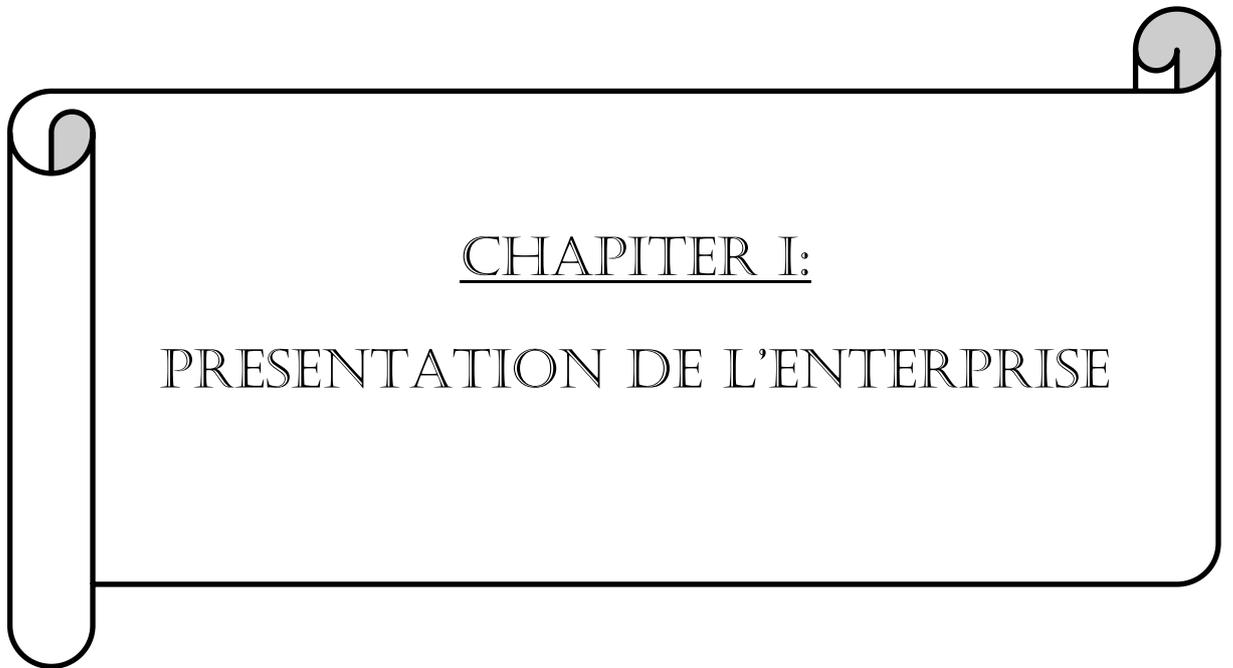
Dans ce contexte et dans le cadre de ce travail, la mémoire comportera quatre chapitres.

Le premier chapitre est un introductif qui présentera la description de l'entreprise ALFAPIPE et la Machine.

Le deuxième chapitre présentera des concepts généraux de la maintenance.

Le troisième chapitre Généralité sur FMD.

Le quatrième chapitre Etude des paramètres FMD de la machine



CHAPTER I:

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

I.1. Introduction :

La Société que nous Avons choisie c'est la Société ALFAPIPE(GHARDAIA). Elle est Implantée dans la zone industrielle de Bounoura à Ghardaïa, à 10km du chef-lieu de wilaya, l'usine occupe une superficie de 23000m² et son effectif s'élève en moyenne à 900 employés. Spécialisée dans la production et commercialisation de tube soudé en spirale destiné à la construction de pipeline (gazoduc oléoduc), et aux infrastructures de transfert d'eau et travaux publique.

I.2. Historique :

Les puits de pétrole et de gaz se trouvent à proximité de Hassi R'mel et Hassi Messaoud, la Tuberie spiral d'El-Hadjar (Annaba) ne peuvent pas seul satisfaire les gros besoins de SONATRACH en matière de transport des hydrocarbures. Il a été décidé de créer cette 2eme unité similaire au 1er. La mise en chantier de l'unité a démarré en Avril 1974 par une société allemande, et celle entrée en production en 1977 d'une capacité de 120000 tonnes annuelle, d'une équivalence de 375km de tube de 42 pouces de diamètre. Les machines installées dans cette usine peuvent produire des tubes de 16 à 64 pouces de diamètre, 7,92 à 15mm d'épaisseur et d'une longueur de 7 à 13m. Les bobines sont transportées par voie ferroviaire d'Annaba à Touggourt où elles sont stockées dans un dépôt d'une capacité de 40000 tonnes, pour être transporté par camion SNTR jusqu'à GHARDAIA (350km). Le transport constitue pour limiter un goulot d'étranglement qui gêne par fois les paramètres de production. [1]



Fig. I. 1. Situation géographique d'Alfapipe Ghardaïa

I.3. Organigramme de l'usine :

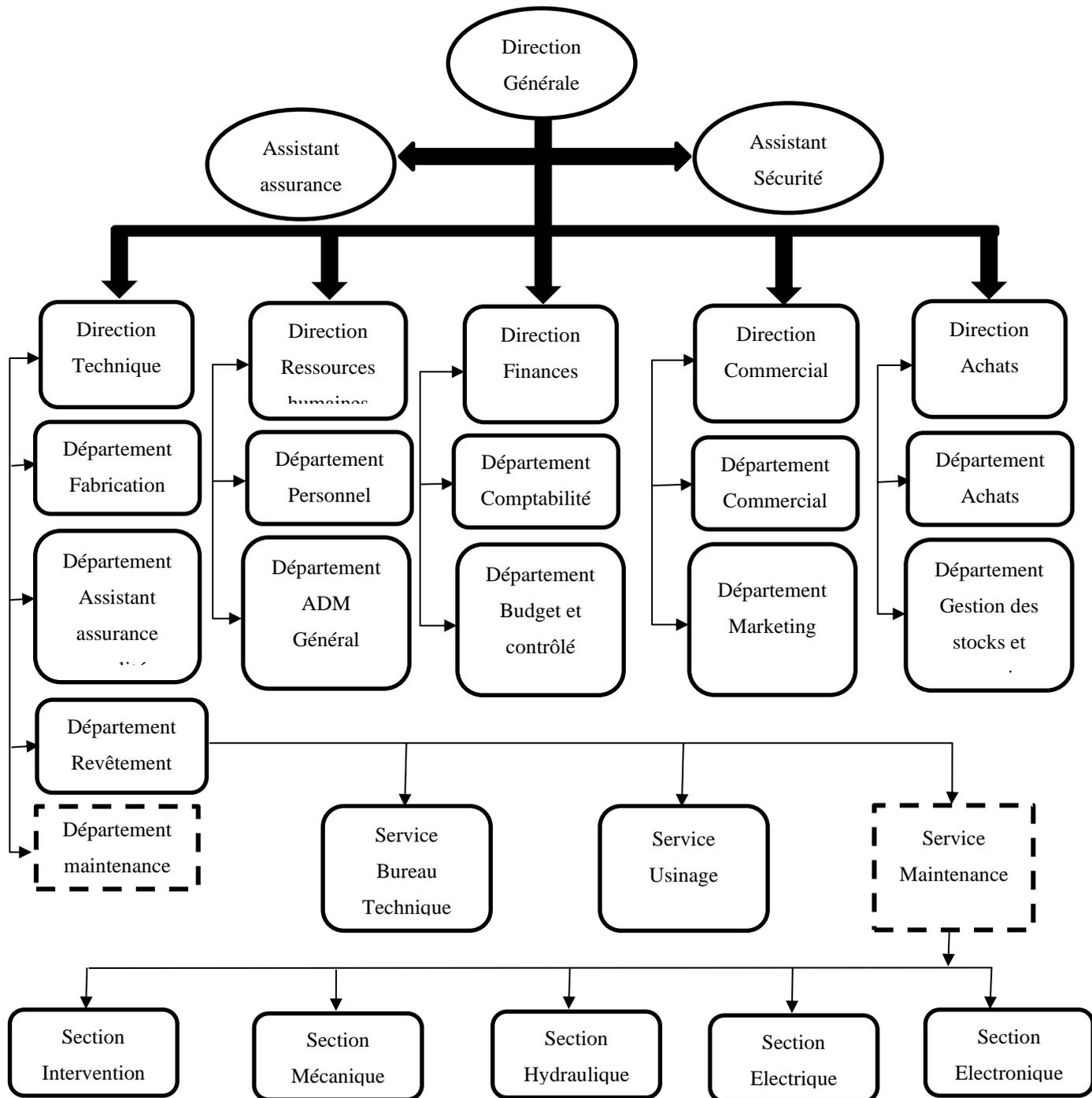


Fig. I. 2. Organigramme de l'usine

I.4. Développement de tus Ghardaïa :

1974 c'était la mise en chantier de SNS (société nationale de sidérurgie) à Ghardaïa. Et la mise en service de l'unité de production c'était qu'après deux ans, d'une capacité de 125000 t/ans ; l'équivalent de 375 km. Pour améliorer ces produits ; en 1992 la SNS a fait une extension et à la démarrer les deux unités de revêtement ; intérieure et extérieure. Après cette extension elle a été capable de fabriquer les tubes gazoduc et oléoduc. Après la restructuration des entreprises elle a devenu SNTTP (la société National de Traitement des Produits Plats) du groupe ANABIB, et direction Alger. En 2001 elle a devenu PIPE GAZ filiale ANABIB, et en 2006 elle a devenu TUS Ghardaïa, la jumelle de TUS Annaba ; filiales de ALFAPIPE.

Jusqu'à 1999 toutes les unités ont été commandées par les technologies câblées. Après ils ont automatisés l'unité de production et celle de revêtement extérieur. Et en 2003 ils ont renouvelé les automates des quatre machines à soudées. [1]

I.5. Présentation générale de l'unité de production des pipes :

I.5.1. Domaine d'activité :

L'entreprise ALFAPIPE a pour but de transformer les bobines et les produits plats en tubes spirales pour transporter le pétrole, le gaz, l'eau et tous autres liquides sous haute pression.

Pipeline :

- oléoducs (transport du pétrole)
- gazoducs (transport du gaz)

Hydraulique :

- soutien puits.
- assainissement
- drainage.
- transport d'eau.
- alimentation en eau potable.
- infrastructure hydraulique.

I.5.2. Etude de la production des tubes :

Les machines installées dans l'usine peuvent produire des tubes de diamètre de 16 à 64 pouces et pour la nouvelle machine 20 à 80 pouces, et d'épaisseur de 7 mm à 16 mm et pour

la nouvelle machine 6.34 mm à 25.4 mm, et longueur de 13 m maximum, donc les bobines sont en acier d'une nuance de X35 à X70.

I.5.3. Les normes de fabrication de tube :

En dehors des dérogations ou des exigences particulières de la présente spécification Et /ou de la commande, tous les tubes seront rigoureusement contrôlés suivant les normes API

API: American Petroleum Institute Standards.

-API 5L : spécification for line Pipe, 44 -ème édition,

-API Q1 : spécification for qualité programs.

ASME: American Society for Mechanical Engineers

-ASME Partie C : Spécification pour baguettes d'apport, électrodes et métaux d'apport.

ASNT: American Society for Non-Destructive Testing ASNT

-SNT-TC-1A, Pratiques Recommandées pour la Qualification et la Certification du personnel du Contrôle Non Destructif.

I.5.4. Les équipements :

La fabrication des tubes en spiral nécessite des employeurs à haute qualification et des grands équipements, donc ALFA PIPE contient les machines suivantes :

- Les machines de préparation des bobines.
- Quatre machines à souder (considérant comme des ancienne machines).
- La nouvelle machine à souder.
- Deux installations de nettoyage de tubes.
- Deux zones de reprise de soudure.
- Dispositif d'oxycoupage.
- Contrôle radioscopie et radiographie.
- Installation de chanfreinage.
- Banc d'essai hydrostatique.
- Grenailleuse extérieure.
- Installation de revêtement extérieur.
- Grenailleuse intérieure.

- Installation de revêtement intérieur.
- Des convoyeurs qui assurent les déplacements des tubes.
- Des pontes roulantes pour différent poids 15T, 34T.

I.6. Schéma synoptique du procédé de fabrication :

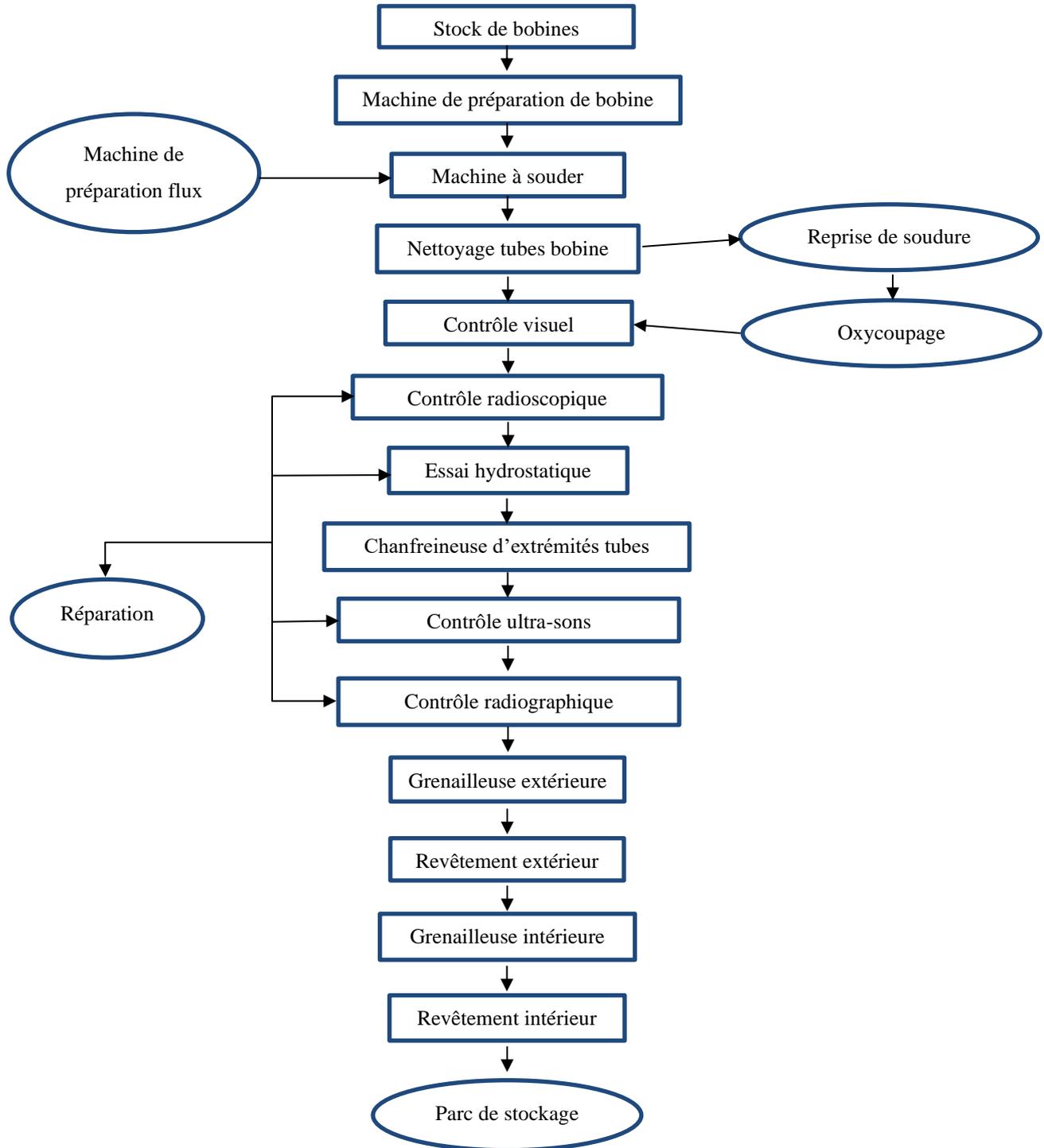


Fig. I. 3. Schéma synoptique du procédé de fabrication

I.7. La machine grenailleuse intérieure :

Fabriqué par :	Selmers BV Biesland 3 1948 RJ BEVERWIJK Boîte postale 628 1940 AP BEVERWIJK PAYS-BAS
Conçu pour :	Alfapipe / Tuberie De Ghardaïa BP 78, Zone Industrielle BOUNOURA 47000 GHARDAIA ALGÉRIE
Année de fabrication :	2014



Fig. I. 4. Machine étudié (Grenailleuse Intérieur)

I.7.1. Dimensions des tubes en acier :

Gamme de diamètres des tubes :	Longueur des tubes :	Épaisseurs nominales de paroi :
Lance A : 85/8" à 16" (219 - 406 mm)	Minimum : 7 mètres	Minimum : 7,92 mm
Lance B : 18" à 30" (457 - 762 mm)	Maximum : 16 mètres	Maximum : 25,4 mm
Lance C : 32" à 80" (813 - 2032 mm)		

I.7.2. Spécifications de tubes traites :

- Qualité tubes selon normes : API Q1.
- Nuance acier maximale : X-80.
- Cordon de soudure : 3 mm max pour les tubes en hélice.
- Extrémités des tubes : Traitement mécanique, avec extrémité lisse ou chanfrein de soudage, ou les deux extrémités sont chanfreinées de 30° ou 35°, selon API Q1.[2]

I.7.3. Tolérances sur tubes :

Les dimensions, poids et longueurs des tubes à traiter doivent se conformer aux exigences de la Section 6, Dimensions, Poids et Longueurs des spécifications API 5L.

➤ Rectitude :

La courbure des tubes ne doit pas excéder 1.5 mm par 1 mètre de longueur de tube. La courbure totale ne doit pas excéder 1% du diamètre du tube.

➤ Ovalisation :

L'ovalisation des tubes ne doit pas excéder + / - 1% du diamètre nominale.

➤ Cordons de soudures :

Les soudures doivent avoir une forme régulière avec une transition adoucie vers le corps du tube, et surtout pas de parties coupantes. La surépaisseur des cordons de soudure ne doit pas excéder les valeurs suivantes :

- Pour épaisseur jusqu'à 8 mm : max. 2.5 mm
- Pour épaisseur de 8 jusqu'à 14 mm : max. 3 mm
- Pour épaisseur plus de 14 mm : max. 4 mm

I.7.4. Etat de la surface de tubes :

Les nouveaux tubes, après être amenés depuis l'unité de fabrication ou d'un éventuel stockage en plein air, sont livrés pour l'opération de revêtement.

La surface extérieure et intérieure des tubes amenés à l'atelier de traitement de surface et de revêtement peut avoir été contaminée par la rouille, la calamine ou autres (en quantité normale). Toutes matières organiques ou poussières adhérentes doivent être retirées de l'intérieur du tube avant introduction du tube sur le convoyeur de revêtement. La surface des tubes doit être exempte de fissures, dents, laminages, sels, huile et graisses et/ou autres

contaminants et doit être complètement sèche. En cas de présence excessive de poussières diverses sur/dans le tube, les tubes devront être nettoyés avant leur livraison aux différents ateliers de revêtement.

La température du tube peut varier entre +15°C et +40°C sur la surface entière, mais doit, en tout cas, être +5°C au-dessus du point de rosée et doit être absolument sec.

Le degré de propreté des surfaces extérieures et intérieures des au stade initial doit être le degré A, suivant le Standard SIS 055900 (Suède) ou ISO 8501.[2]

I.7.5. Utilitaires et consommables :

Puissance électrique :

- Tension : 400 V CA + / - 5%
- Fréquence : 50 Hz + / - 1%

3 phases avec neutre et terre.

Air comprimé :

- Pression de service : 6 - 7 Bar
- Qualité requise : Selon la norme ISO 8573/1 :
 - Classe 3 (teneur en impuretés)
 - Classe 4 (teneur en eau)
 - Classe 3 (teneur en huile)
- Point de rosée sous pression : + 4 °C

L'huile hydraulique :

- qualité général : Selon ISO 4406 : classe 18/15

(130,000 à 250,000 particules > 5µm et 16,000 à 23,000 particules > 15µm)

- qualité pour la grenailleuse intérieure : Selon to ISO 4406 : classe 16/13

(32,000 à 64,000 particules > 5µm et 4000 à 8000 particules > 15µm)

L'huile recommandée général est ISO VG 46 HVLP.

L'huile recommandée pour la grenailleuse intérieure est ISO VG 68 HVLP.

Abrasif:

GP 40

Fabrication recommandée: Wheelabrator Alleward (France)

Huile et graisse :

Comme spécifié dans les consignes d'entretien

I.7.6. Conditions environnementales :

Les équipements seront installés dans un bâtiment.

Conditions climatiques à l'intérieur du bâtiment :

- Température minimum : - 1 °C
- Température maximum : + 52 °C
- Humidité max. relative en hiver : 75%

I.7.7. Capacité de production :

La capacité de production théorique de la flèche de grenailage intérieur, basée sur une longueur de tube de 13 mètres, un degré initial de rouille A (selon SIS055900 standard), un degré de traitement SA 21/2 est de :

- Pour Flèche de grenailage « petit » est jusqu' un maximum 70 à 135 m²/hr ;
gamme 8⁵/₈" - 16"
- Pour Flèche de grenailage « moyenne » est jusqu' un maximum 250 à 300 m²/hr
gamme 18" - 24" est jusqu' un maximum 300 à 350 m²/hr gamme 24" - 30"
- Pour Flèche de grenailage « grand » est jusqu' un maximum 400 à 600 m²/hr
gamme 32" - 80"

Toutes les valeurs de production sont basées sur :

- Une bonne qualité et rectitude des tubes.
- Une bonne qualité, forme et hauteur du cordon de soudure du tube.
- L'utilisation de grenaille adaptée.
- L'utilisation des équipements par du personnel qualifié et expérimenté.
- Une maintenance convenable des équipements et des conditions opérationnelles locales normales.

- La capacité de grenailage ne prend pas en compte les temps de repositionnement des équipements et de manutention des tubes.
- La capacité de production réduira si les tubes présentent un degré d'ovalisation excessif et/ou ne sont pas droits ou de longueur inférieure à 15 mètres.

I.8. Principe de fonctionnement :

La ligne de grenailage intérieur se compose des parties suivantes :

- Grilles d'entrée avec stop-éjecteur.
- Unités de rotation avec bras récepteur et bras éjecteur.
- Grenailleuse intérieure.
- Filtres dépoussiéreurs.

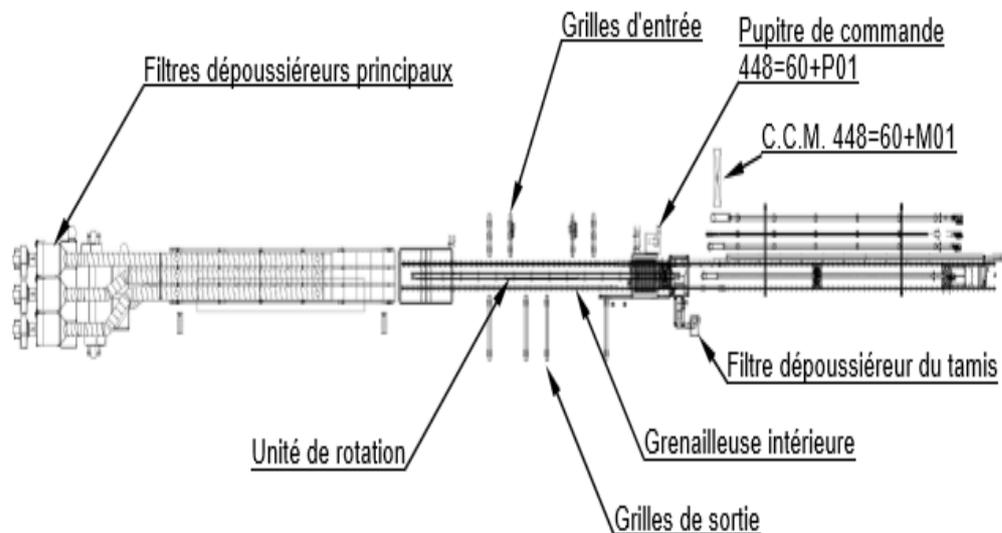


Fig. I. 5. Vue de dessus de la grenailleuse intérieure [2]

Le tube est fourni sur les grilles d'entrée, et est ensuite placé sur les unités de rotation par le stop éjecteur et le bras récepteur.

Les deux cabines sont placées autour des extrémités de tube. Ensuite, l'intérieur du tube est grenailé par l'unité de grenailage intérieure. Le grenailage enlève la rouille et les contaminations et crée une surface de rugosité adéquate pour le traitement ultérieur.

Après le grenailage, le tube est positionné correctement et déposé sur les grilles de sortie par le bras éjecteur.

I.8.1. Grenailleuse intérieure :

L'unité de grenailage intérieur se compose de deux unités de rotation, un chariot de lance avec une lance de grenailage (flèche) et un système d'alimentation, de recyclage et de nettoyage d'abrasif (voir Figure I.8 et Figure I.9).



Fig. I. 6. L'application de grenailage intérieur

Trois dimensions de lance de grenailage sont fournies avec l'équipement. La lance petite est montée avec une petite turbine de grenailage (160 ou 200 mm diamètre), qui est appropriée aux tubes d'un diamètre de 85/8" à 16" (219 - 406 mm). À partir de maintenant nous réfèrerons à cette lance comme la lance 85/8" à 16" ou Lance A. La lance moyenne et la lance grande sont montées avec une grande turbine de grenailage (diamètre 315 à 500 mm pour la lance moyenne et 500 mm pour la lance grande). La lance moyenne est appropriée aux tubes d'un diamètre de 18" à 30" (457 - 762 mm). À partir de maintenant nous réfèrerons à cette lance comme la lance 18" à 30" ou Lance B. La lance grande est appropriée aux tubes d'un diamètre de 32" à 80" (813 - 2032 mm). À partir de maintenant nous réfèrerons à cette lance comme la lance 32" à 80" ou Lance C.

Après que le tube est placé sur les unités de rotation par le stop de tube et le bras-récepteur, la cabine de chariot de support et la cabine à poussière sont placés sur les extrémités de tube. Le grenailage ne peut commencer que si les cabines couvrent l'extrémité des tubes, il n'est donc pas possible de grenailer hors de la cabine.

Ensuite le chariot de lance déplace la lance de grenailage avec la tête de grenailage à travers le tube. Le grenailage peut être exécuté pendant la course avant ou la course arrière ou pendant les deux courses.

L'abrasif est conduit du silo de stockage d'abrasif à la tête de grenailage par un petit tapis convoyeur sur la lance. L'abrasif est dosé par les valves de distribution d'abrasif et mis sur le tapis convoyeur par le pied d'alimentation d'abrasif. La roue de grenailage jette l'abrasif contre l'intérieur du tube.

Quand la lance 18" à 30" ou la lance 32" à 80" est utilisée pour grenailage des diamètres de tubes de 18" (457 mm) et des diamètres plus grands, le tube doit tourner pendant le grenailage. Due à la rotation du tube et la force du mouvement de la lance dans le tube, le tube se déplacera toujours à un petit pas. Afin de contrôler cet effet, les roues d'une unité de rotation sont réglées à un petit angle pour compenser tout mouvement axial du tube. Quand le tube se déplace trop, l'angle est renversé à l'aide d'un soufflet pneumatique ce qui fait déplacer le tube en direction inverse.

L'abrasif utilisé, la rouille etc. sont aspirés hors du tube par le filtre dépoussiéreur principal. Dans la cabine à poussière, l'abrasif et la poussière lourde sont séparés de l'air et tombent sur le tapis convoyeur de recyclage. L'air est filtré et la poussière est collectée par le filtre dépoussiéreur.

L'abrasif est reconduit de la cabine à poussière au tamis par le tapis convoyeur de recyclage, la vis transporteuse d'abrasif et l'élévateur.

Il entre dans le tamis et est séparé de la pollution par le grillage du tamis. Ensuite l'abrasif est conduit à travers un courant d'air qui aspire les particules plus légères et la poussière. Les particules tombent dans un tube de récupération. L'abrasif nettoyé tombe dans le silo et est prêt à être réutilisé. L'air est filtré par le filtre dépoussiéreur.

Quand le grenailage est prêt, la lance est remise en position extrémité arrière et la cabine du chariot de support et la cabine à poussière sont enlevées des extrémités des tubes. Ensuite les chariots de rotation déplacent le tube vers la position fixe de sortie. Les bras-éjecteurs déplacent le tube vers les grilles intermédiaires.

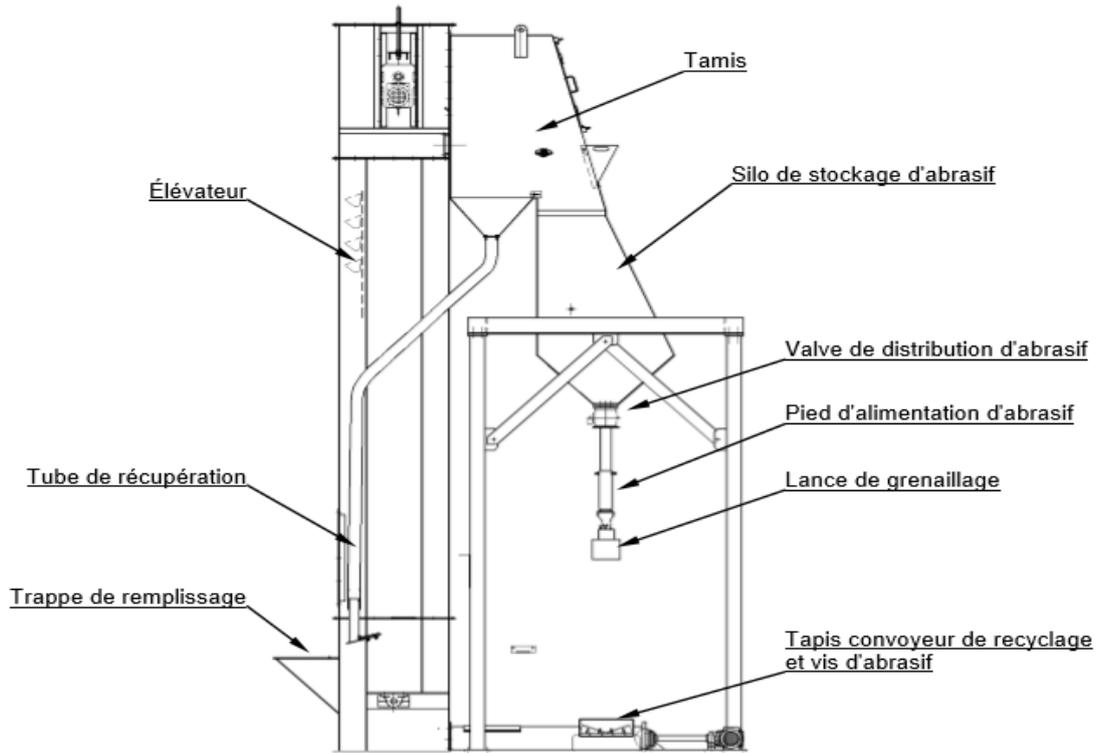


Fig. I. 7. Vue de face de l'unité de grenailage intérieur [2]

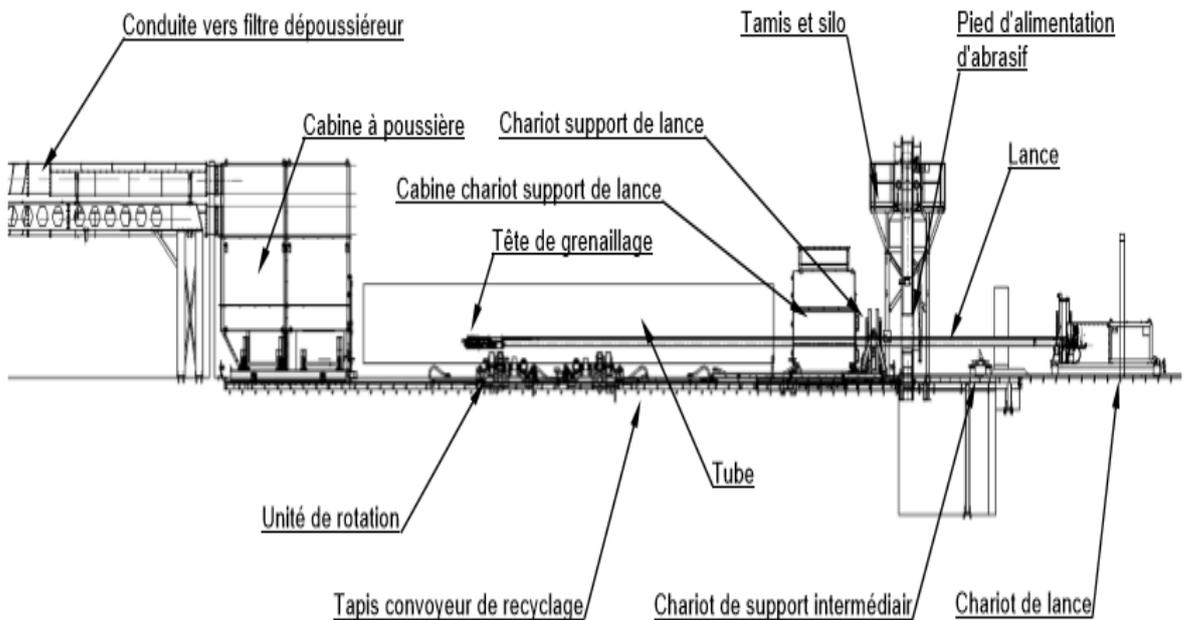


Fig. I. 8. Vue de côté de l'unité de grenailage intérieur [2]



Fig. I. 9. La lance et Turbine de grenailage

I.8.2. Filtres dépoussiéreurs :

Le filtre dépoussiéreur aspire l'air poussiéreux et filtre l'air de la poussière et des petites particules.

Les filtres dépoussiéreurs sont équipés avec des filtres à cartouche remplaçables. Un ventilateur branché au filtre dépoussiéreur aspire l'air poussiéreux à travers les filtres à cartouche. La poussière est de la rouille ou de la saleté, et elle est inutilisable et l'on doit s'en débarrasser. Pendant le processus de filtrage, la poussière s'accumule sur l'extérieur des filtres à cartouche. Afin de nettoyer les filtres de cartouche, une impulsion d'air comprimé est régulièrement soufflée à contre-courant à travers les filtres à cartouche. Ainsi la poussière accumulée tombe du filtre à cartouche dans une trémie collectrice. Ainsi seulement un filtre à cartouche est nettoyé assurant ainsi un fonctionnement continu du filtre dépoussiéreur. L'impulsion d'air est libérée par une vanne à diaphragme montée juste derrière chaque filtre à cartouche. Une valve magnétique contrôlée par une minuterie active la valve à diaphragme.

La poussière est composée de matériel inutilisable et est recueillie dans un container de poussière monté sous la trémie.

Six filtres dépoussiéreurs sont placés près de la grenailleuse intérieure : un petit et cinq grands filtres dépoussiéreurs.

Ce petit filtre est utilisé pour nettoyer l'abrasif et est branché au tamis.

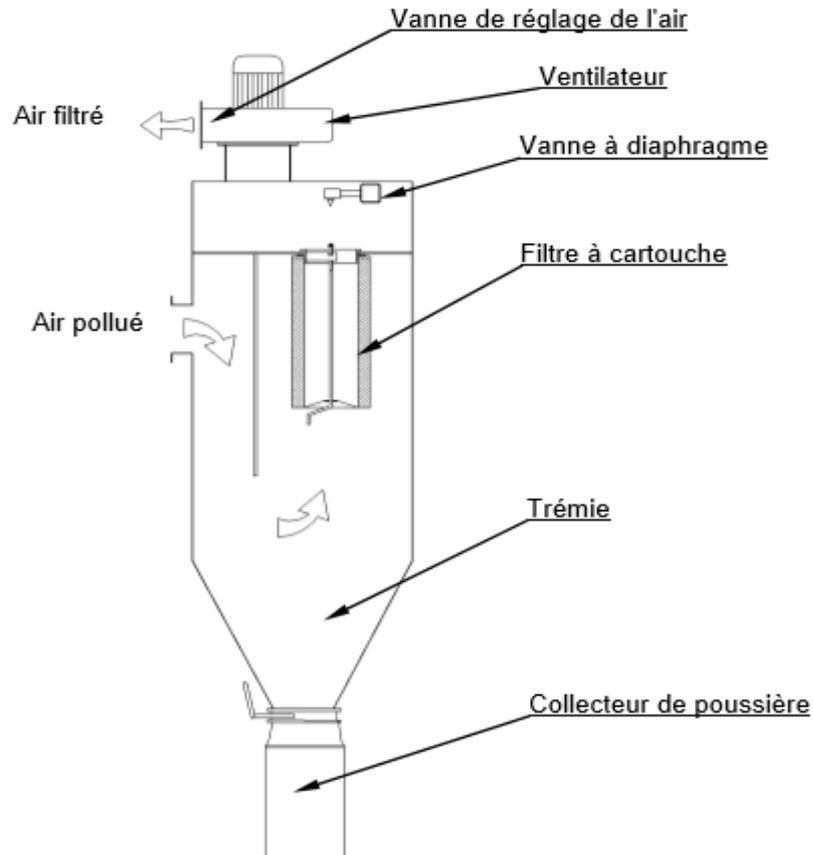


Fig. I. 10. Principe de fonctionnement du filtre dépoussiéreur du tamis [2]

Le ventilateur de ce filtre dépoussiéreur est monté directement sur la cabine du filtre dépoussiéreur. Une vanne de réglage de l'air est montée directement après le ventilateur. Ce filtre dépoussiéreur est équipé de 3 cartouches de filtre qui sont placées verticalement dans la cabine.

Le filtre dépoussiéreur principal est utilisé pour extraire l'abrasif du tube pendant le grenailage, en créant un fort courant d'air dans le tube.

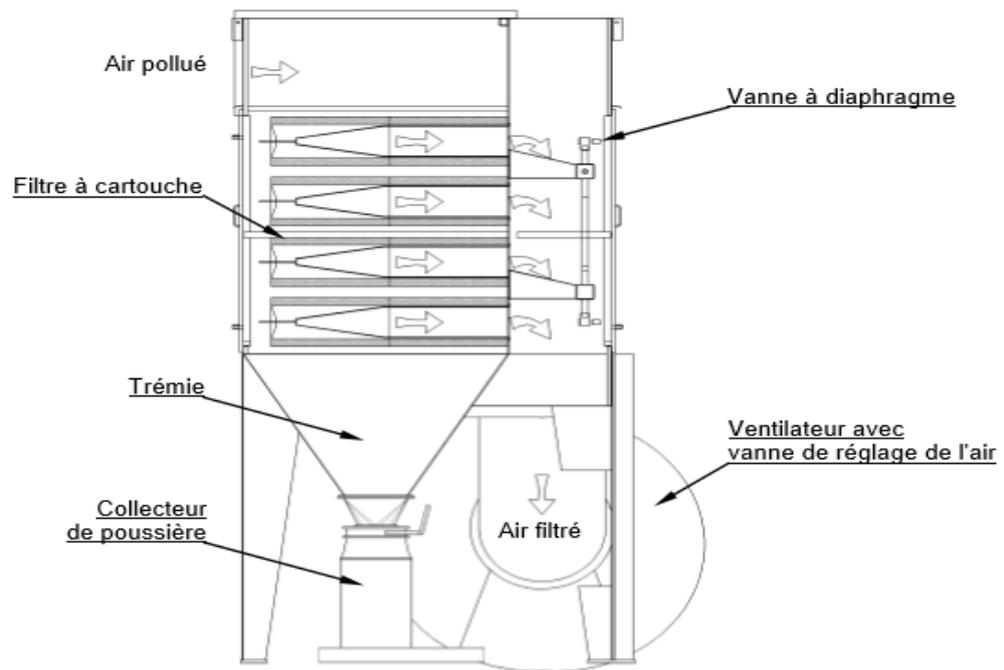
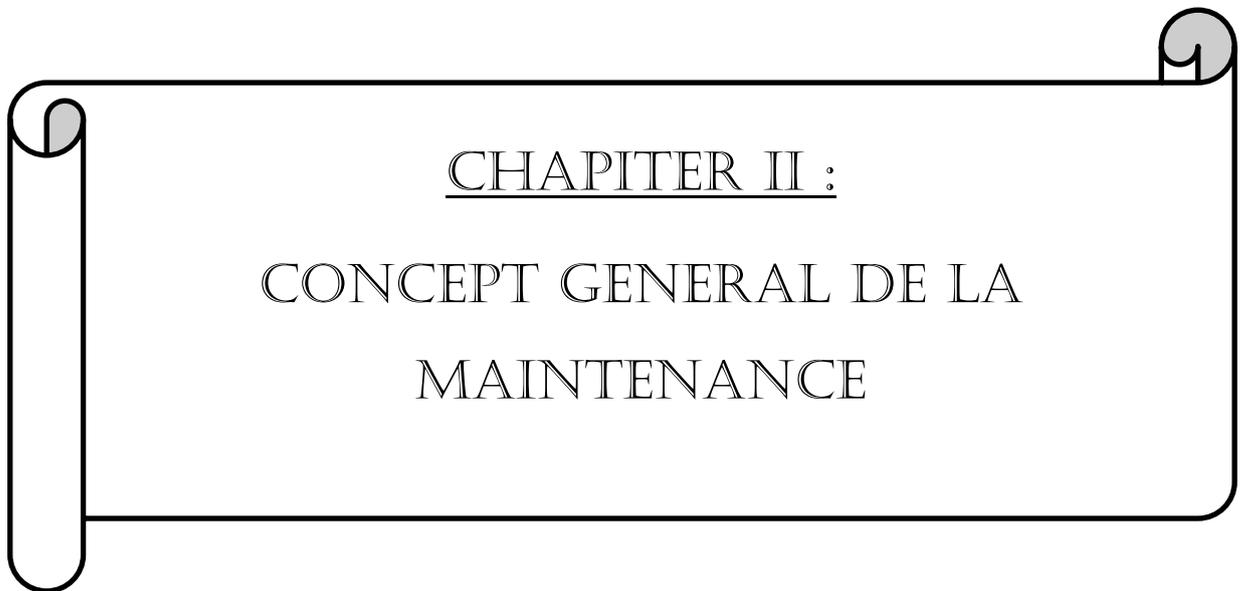


Fig. I. 11. Filtre dépoussiéreur principal de la grenailleuse intérieure [2]

L'abrasif et la poussière lourde sont séparés de l'air dans la cabine à poussière placée avant le filtre dépoussiéreur. Ainsi seul l'air rempli de poussière est aspiré vers le filtre dépoussiéreur.

Le ventilateur est monté sur le sol et connecté avec un tube à la cabine du filtre dépoussiéreur. Une vanne de réglage de l'air est montée dans le tube entre la cabine et le ventilateur. Ce filtre dépoussiéreur est équipé de 32 cartouches de filtres de longueur normale ou de 16 cartouches de filtres de double longueur, qui sont placées horizontalement dans la cabine.



CHAPITER II :

CONCEPT GENERAL DE LA
MAINTENANCE

CHAPITER II : CONCEPT GENERAL DE LA MAINTENANCE

II.1. Introduction :

La maintenance joue un rôle important dans l'industrie. Une bonne connaissance de l'utilisation de ces outils leur permet de développer et d'améliorer leurs outils, ce qui affecte positivement les performances. Les installations et les équipements ont tendance à se détériorer avec le temps sous l'influence de diverses causes (usure, déformation, vibration, etc.). Ces dégradations peuvent entraîner des arrêts permanents ou temporaires qui affecteront les capacités de production et mettront en danger la sécurité des travailleurs.

II.2. Définition de la maintenance (norme NF en 13306) :

Selon la norme AFNOR X 60-000 (Association française de normalisation), La maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble des fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné. [3]

II.3. Importance et rôle de la maintenance :

L'importance et le rôle de la maintenance sont illustrés par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente et le bon fonctionnement des installations matérielles de production. Le rôle de la maintenance serait, en définitive, de permettre aux autres services de l'entreprise de remplir leurs fonctions en obtenant le rendement optimum des investissements. [4]

II.4. Les objectifs de la maintenance :

C'est la nature de l'entreprise qui dicte les objectifs du service de maintenance clairement définis par une politique bien déterminée à partir de la prise en compte de trois facteurs essentiels:

- Facteur technique.
- Facteur économique.
- Facteur humain et écologique. [4]

II.4.1. Objectifs techniques (opérationnels) :

- Assurer la disponibilité maximale des installations et de l'équipement à un prix rationnel
- Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment et à tout prix
- Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation (notion de durabilité)
- Assurer une performance de haute qualité
- Maintenir une installation d'une propreté absolue à tout moment.

II.4.2. Objectifs économiques :

- Réduire au minimum les dépenses de maintenance et maximiser les profits
- Assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget
- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et de son taux d'utilisation.

II.4.3. Objectifs humains et écologiques :

- Réduire les accidents de fonctionnement (Notion de sécurité) et améliorer les conditions de travail
- Etudier toute modification, protection à effectuer sur les matériels pour diminuer les risques d'accidents
- Lutter contre la nuisance et préserver l'environnement (échappement de gaz, bruits inhérents, fuites d'huile, ...etc.).

II.5. Les avantages et les inconvénients de la maintenance :**II.5.1. Les avantages de la maintenance :**

C'est une maintenance facile à gérer car les périodes d'interventions sont fixes, elle permet :

- D'éviter les détériorations importantes.
- De diminuer les risques d'avaries imprévues.

II.6. Les fonctions et les taches associées a la maintenance :

Tableau II. 1. Les Fonctions Du Service Maintenance (Norme FD X 60-000) [5]

Les fonctions de La maintenance	Etude
	Préparation
	Ordonnancement
	Réalisation
	Gestion

La première fonction consiste à optimiser toutes les tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la formulation de la politique de maintenance. Cette partie regroupe quatre tâches principales. La première tâche, relative à l'étude technique, consiste à :

- Rechercher des améliorations dans le système de production susceptibles d'apporter la valeur ajoutée recherchée.
- Participer à la conception des travaux neufs tout en tenant compte de l'aspect maintenance de l'appareil de production.
- Participer à l'analyse des accidents de travail pour essayer d'y remédier en apportant des consignes de sécurité dans un premier lieu, et des actions de maintenance corrective et préventive dans un second lieu.

La deuxième tâche, relative à la préparation et l'ordonnancement, consiste à :

- Établir les fiches d'instructions nécessaires pour effectuer les interventions.
- Constituer la documentation pour tous les genres d'intervention.
- Établir les plannings des interventions préventives et d'approvisionnement (la politique de gestion du stock étant dépendante de celle de l'entreprise).
- Recevoir et classer les documents relatifs à l'intervention.

La troisième tâche, relative à l'étude économique et financière, comporte plusieurs étapes telles que :

- Gérer les approvisionnements pour optimiser la gestion des matières premières nécessaires au processus de production.

- Analyser les coûts de maintenance, de défaillance et de fonctionnement, ce qui aura un impact direct sur la politique de maintenance choisie par l'entreprise manufacturière et aussi sur le coût de production.
- Participer à la rédaction des cahiers de charges pour tenir compte de la maintenabilité et de la fiabilité des systèmes à commander.
- Gérer le suivi et la réalisation des travaux pour ainsi mettre à jour la partie historique du dossier technique des machines.

En se fondant sur l'étude économique et financière, l'entreprise doit :

- Choisir des procédures de maintenance corrective, préventive conditionnelle et préventive systématique.
- Déterminer des domaines d'actions préventives prioritaires.
- Étudier les procédures de déclenchement des interventions.
- Élaborer et choisir les procédures de contrôle.
- Élaborer et choisir les procédures d'essai et de réception des nouveaux équipements pour assurer l'existence des différents éléments nécessaires à la maintenance.
- Assurer la sécurité dans l'organisation pour faire régner un climat de confiance.

Pour remplir la fonction étude et méthode avec toutes ses composantes telles que citées ci-dessus, le personnel doit disposer des dossiers techniques résumant les caractéristiques techniques des machines et des pièces d'usure ; des fiches d'historique résumant les opérations déjà effectuées, en d'autres termes, le comportement de la machine ; de la documentation du fournisseur constamment mise à jour et résumant l'évolution des techniques et des banques de données (éventuellement).

Pour la fonction exécution - mise en œuvre, une expérience considérable sur le matériel des entreprises modernes et une connaissance approfondie des différentes technologies sont nécessaires. Les principales tâches pour remplir cette fonction sont les suivantes :

- Installer les machines et le matériel (réception, contrôle, etc.).
- Informer le personnel sur la façon d'utiliser les équipements et faire la mise à niveau.
- Gérer l'ordonnancement et l'intervention de la maintenance et établir le diagnostic de défaillance du matériel.

- Coordonner les interventions de la maintenance et remettre en marche le matériel après intervention.
- Gérer les ressources matérielles (les pièces de rechange, l'outillage, etc.).

Le troisième type de fonction, à savoir la documentation, est complémentaire aux deux autres. Ses principales tâches consistent à :

- Établir et mettre à jour l'inventaire du matériel et des installations.
- Constituer et compléter les dossiers techniques, historiques et économiques ainsi que le dossier des fournisseurs.
- Constituer et compléter une documentation générale (technique, scientifique, d'hygiène et de sécurité).

Le système de maintenance ainsi situé permet de préciser, de limiter et de dégager les responsabilités et les attentes envers ce système. Cependant, ceci constitue une condition nécessaire mais non suffisante pour réussir l'implantation d'un système de maintenance dans une entreprise. Nous présentons dans ce qui suit les autres conditions de réussite. [5]

II.7. Domaines d'action du service maintenance :

Voici la liste des différentes tâches dont un service maintenance peut avoir la responsabilité :

- La maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, **réparations et révisions.**
- L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- Les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, ...
- L'exécution et la réparation des pièces de rechanges.
- L'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges, ...
- L'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules, ...

Ce qui prouve le bien-fondé d'une formation polyvalente. [3]

II.8. De l’entretien a la maintenance :

Cette différence de vocabulaire n’est pas une question de mode, mais marque une évolution de concept. Le terme maintenance est apparu dans les années 1950 aux États-Unis. En France, on parlait encore à cette époque d’entretien. Progressivement, une attitude plus positive vis-à-vis de la défaillance voit le jour. Il faut tirer une leçon de l’apparition d’une panne pour mieux réagir face aux aléas de fonctionnement (Tableau II.2.).

Le terme « maintenance » se substitue à celui du « entretien » qui signifie alors « Maintenance corrective ».

- Entretien, c’est dépanner, réparer pour assurer le fonctionnement de l’outil de production:

Entretien, c’est subir le matériel. [6]

Tableau II. 2. L’entretien a la maintenance

Industrie type	Évolution des matériels	Process automatisé
Entretien	Évolution des fonctions	Maintenance
Subir	Évolution de l’état d’esprit	Maîtriser

- Maintenir, c’est intervenir dans de meilleures conditions ou appliquer les différentes méthodes afin d’optimiser le coût global de possession :

Maintenir, c’est maîtriser.

II.9. Les types de maintenance :

Généralement, la maintenance est divisée en deux types :

- La maintenance corrective.
- La maintenance préventive.

II.9.1. La maintenance corrective:

Avant que l'AFNOR ne définisse (norme X 60-010) la maintenance corrective comme « opération de maintenance effectuée après défaillance », où l'on distingue deux types d'intervention :

Palliative (dépannage) qui basé sur l'opération de dépannage, parce que la défaillance est partielle.

Curative (réparation) qui basé sur l'opération de réparation parce que la défaillance est totale.[7]

II.9.2. La maintenance preventive:

D'après la norme AFNOR (X-60-010), on peut définir la maintenance préventive comme une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

On distingue deux méthodes de cette maintenance :

II.9.2.1.La maintenance préventive systématique :

Selon la norme AFNOR X-60-010, on définit la maintenance systématique comme étant une maintenance préventive effectuée suivant un échancier établi, suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage.

II.9.2.2.La maintenance préventive conditionnelle :

Selon la norme AFNOR X-60-010, on définit la maintenance conditionnelle comme étant une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état du bien et la maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence de la partie faible de l'équipement. [8]

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

- ✓ Analyse des huiles.[9]

II.10. Organigramme de différentes méthodes de la maintenance :

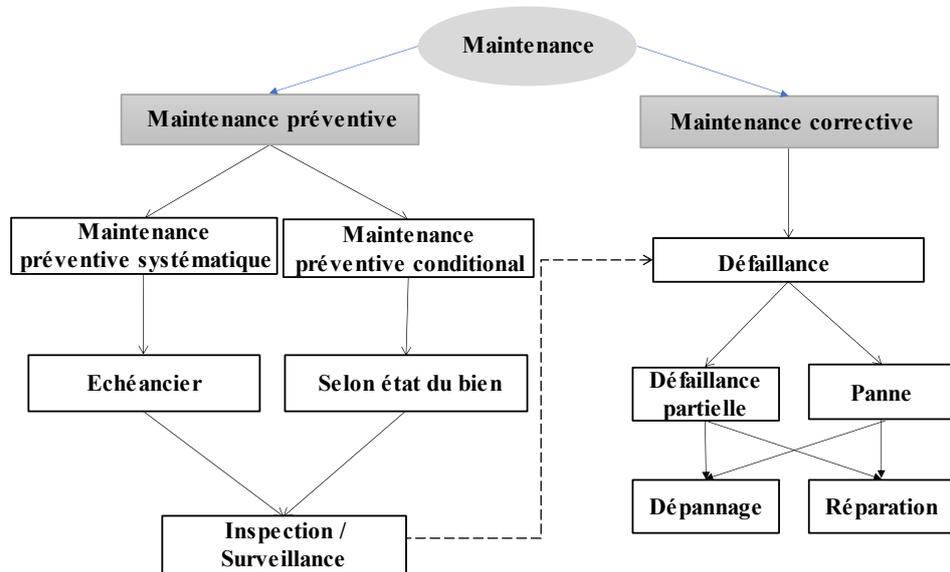


Fig. II. 1. Organigramme de différentes méthodes de la maintenance

II.11. Les opérations de maintenance :

Ces opérations trouvent leur définition dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306). [11]

II.11.1. Le dépannage :

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

II.11.2. Les inspections :

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.11.3. Les visites :

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

II.11.4. Les contrôles :

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

II.12. Les niveaux de maintenance :

Les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité, en cinq niveaux. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme NF X-60-010.

II.12.1. 1^{er} niveau de maintenance :

Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipement de soutien intégré au bien. Ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

II.12.2. 2^{ème} niveaux de maintenance :

Actions qui nécessitent des procédures simples et des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple. Ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

II.12.3. 3^{ème} niveaux de maintenance :

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

II.12.4. 4^{ème} niveaux de maintenance :

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

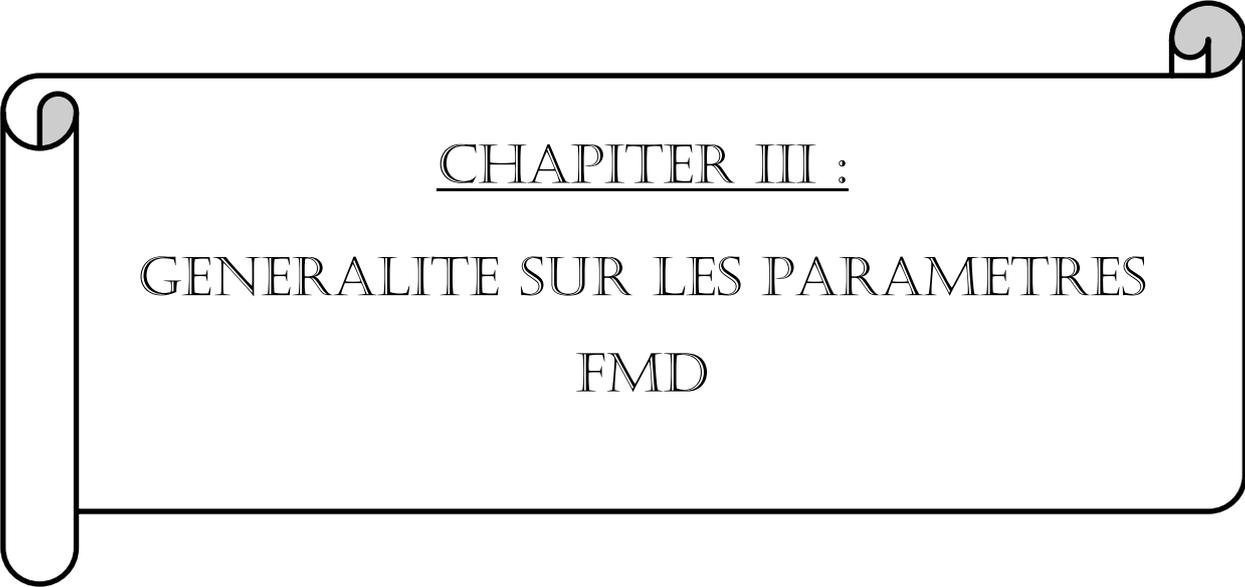
II.12.5. 5^{ème} niveaux de maintenance :

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et des équipements de soutien industriels, Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné. [8]

Ces niveaux de maintenance font référence à la complexité des tâches à effectuer et aux ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation de chacune des tâches. [12]

II.13. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les principaux concepts de maintenance et Nous avons classé leurs différentes méthodes et montré leurs objectifs dans le domaine industriel d'une part D'autre part, nous avons examiné les cinq niveaux de maintenance.



CHAPITER III :

GENERALITE SUR LES PARAMETRES

FMD

CHAPITER III : GENERALITE SUR LES PARAMETRES FMD

III.1. Méthode abc (diagramme Pareto) :

III.1.1. Introduction :

Une des règles d'or de la maintenance est de ne pas traiter tous les problèmes sur un même pied d'égalité, il faut donc déceler les problèmes les plus importants qui valent la peine d'être abordés et ne pas se laisser accaparer par les détails.

La méthode d'analyse ABC permet de mettre en évidence les éléments les plus importants sur lesquels il faut concentrer les efforts et les interventions. [13]

III.1.2. But de la méthode abc :

L'exploitation de cette loi permet de :

- Déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets
- Diminuer les coûts de maintenance.
- Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de Maintenance. [14]

III.1.3. Origine de la méthode abc :

Un économiste italien, Wilfred Pareto, en étudiant la répartition des impôts constata que 20% des contribuables payaient 80 % de la recette de ces impôts. D'autres répartitions analogiques ont pu être constatées, ce qui a permis d'en tirer la loi des 20-80 ou la loi de Pareto. Cette loi peut s'appliquer à beaucoup de problèmes, c'est un outil efficace pour le choix et l'aide à la décision.

1) Exemple de répartition appliquées à la maintenance.

20 % des systèmes représentent 80 % des pannes.

20 % des interventions représentent 80 % des coûts de maintenance.

20 % des composants représentent 80 % de la valeur des stocks.

2) Mise en application de la loi.

L'exploitation de cette loi permet de déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets :

- Diminuer les coûts de maintenance.
- Améliorer la fiabilité des systèmes.
- Justifier la mise en place d'une politique de maintenance.

III.1.4. Fonction :

Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (Produits, machines, pièces...) à partir d'une base de connaissance d'une période antérieure (historique de pannes par exemple). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée courbe ABC dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution [13]

III.1.5. Méthode :

L'étude suppose obligatoirement que l'on est :

- Un historique
- Des prévisions

Pour un secteur ou un système donné l'application de la loi de Pareto impose plusieurs étapes :

a) Définition de l'objectif de l'étude et de ses limites.

Ces éléments peuvent être :

- Des matériels.
- Des causes de pannes.
- Des natures de pannes.

b) Choisir le critère de classement.

Organiser le classement selon les critères de valeurs retenus (les coûts, les temps, les rebuts...). Construire un graphique.

c) Ce graphe fera apparaître les constituants sur la situation étudiée.

d) Déterminer les zones ABC.

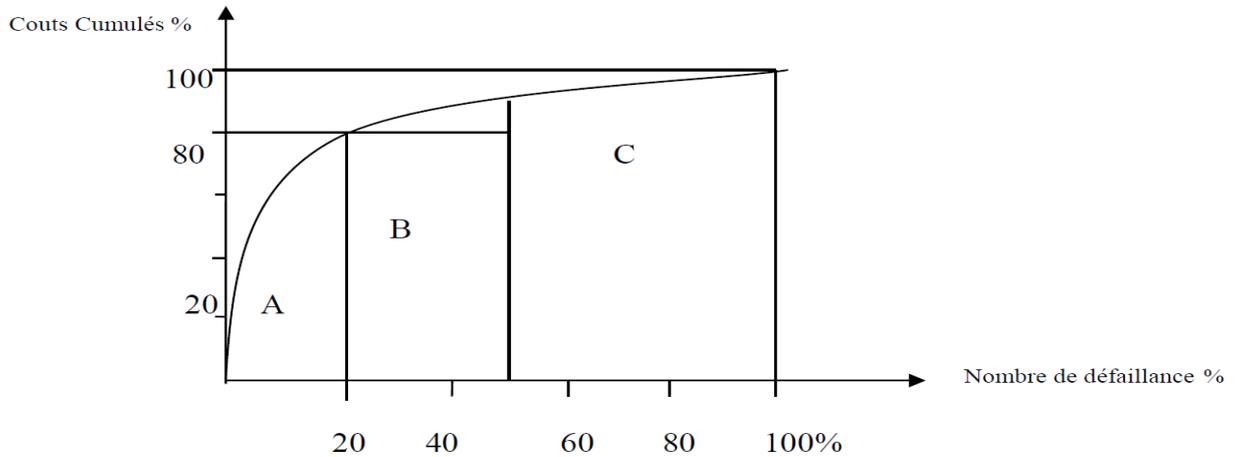


Fig. III. 1. La Courbe Pareto [13]

La méthode ABC est très proche de la technique du diagramme de Pareto, sauf que les trois catégories A, B et C se caractérisent par trois seuils :

A = accumulation à 80 %.

B = les 15 % suivants (95 % au total).

C = les 5 % restants (100 % au total).

e) **Interprétation de la courbe.**

L'étude porte dans un premier temps sur les éléments constituant la Zone A en priorité.

Si les décisions et modifications apportées aux éléments de la zone A ne donnent pas Satisfaction, on continuera l'étude sur les premiers éléments de la zone B jusqu'à satisfaction. Les Éléments appartenant à la zone C peuvent être négligés, car ils ont peu d'influence sur le critère étudié.

III.2. Fiabilité des équipements et FMD :

III.2.1. Définition de la fiabilité :

Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné, et Le terme « fiabilité » est également utilisée pour désigner la valeur de la fiabilité et peut être défini comme une probabilité. [7]

III.2.2. Fiabilité et problématique :

La fiabilité a sans doute pris son développement depuis la dernière guerre mondiale. Elle est vite devenue une science à part entière dans les applications appartenant à de nombreux domaines.

Elle a pour fondements mathématiques la statistique et le calcul des probabilités qui sont nécessaires à la compréhension et à l'analyse des données de fiabilité.

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

Construire plus fiable augmente les coûts de conception et de production, en pratique, le coût total d'un produit prend en compte ces deux tendances. [15]

III.2.3. Objectifs de la fiabilité :

La fiabilité a pour objectif de :

- 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.
- Choisir le stock.

III.2.4. Différents types de fiabilité :

III.2.4.1. Fiabilité prévisionnelle :

La fiabilité prévisionnelle permet d'estimer la fiabilité a priori d'un composant, d'un Equipement, d'un système. Pour cela, on assimile le comportement de chaque constituant

élémentaire à des modèles de probabilité mathématiques et de vieillissement physique. Le retour d'expérience et la réalisation d'essais fondent la construction de ces modèles du comportement du point de vue de la fiabilité.

III.2.4.2. Fiabilité intrinsèque :

Fiabilité d'un dispositif mesurée au cours d'essais spécifiques dans le cadre d'un protocole d'essais entièrement définis (obtenus à partir d'essais de laboratoire).

III.2.4.3. Fiabilité opérationnelle :

La fiabilité opérationnelle est mesurée sur le dispositif en exploitation normal, dépend des conditions réelles d'utilisation du système. [16]

III.2.4.4. Les indicateurs de fiabilité :

Précédemment le taux de défaillance a été défini par des expressions mathématiques à travers un calcul de probabilité. On peut également. [15]

$$\lambda = \frac{\text{nombre de défaillance pendant le service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}} \tag{III.1}$$

L'exprimé 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.

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*.

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps

$$MTBF = \frac{\text{somme de temps ment les(n)defaillance}}{\text{nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation}} \tag{III.2}$$

Si λ est constant :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \tag{III.3}$$

Par définition le MTBF est la durée de vie moyenne du système.

III.2.5. Allures typiques du graphe $\lambda(t)$ en fonction du temps :

En pratique, le taux de panne λ peut être constant, mais aussi croissant ou décroissant au cours du temps, avec changement graduel, sans discontinuités. Pour la majorité des produits industriels, les variations de $\lambda(t)$ à la cour du temps (« courbes dites en baignoire » (figure suivant) présentent trois zones typiques : [7]

- 1) Matériel mécanique.
- 2) Matériel électrique.
- 3) Matériel électronique.

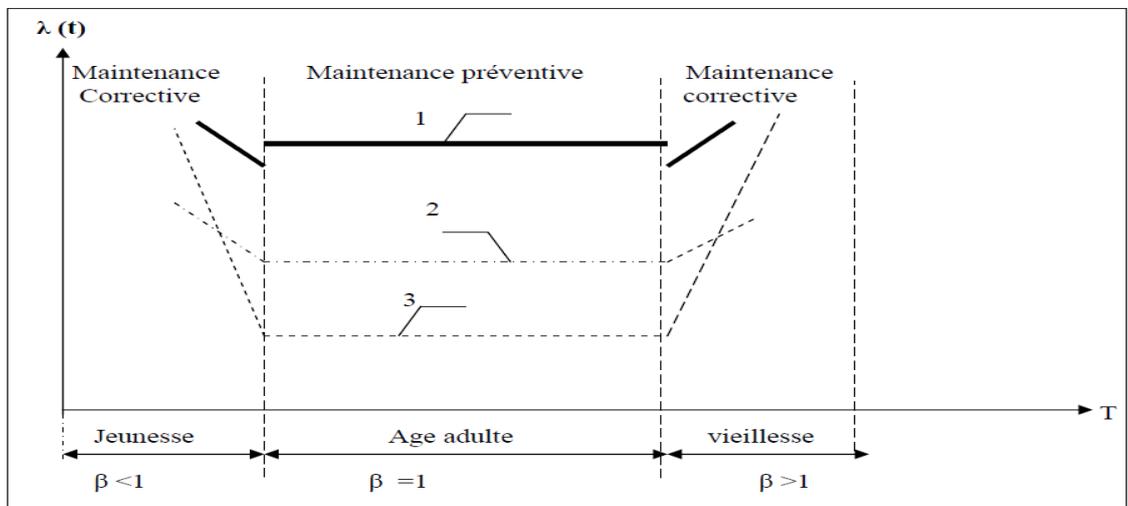


Fig. III. 2. Courbe en baignoire [16]

Zone 1 : période de jeunesse

Période de défaillance précoce (ou période de jeunesse) : c’est le début de la vie du produit et les défaillances sont dites « de jeunesse » (composants neufs présentant des défauts de fabrication...). Le taux de défaillance λ décroît rapidement au cours du temps. Préventions possibles : déverminage, rodage, contrôles et tests renforcés avant livraison, etc. La loi de Weibull (avec $\beta < 1$) est utilisable pour décrire ce type de défaillance.

Zone 2 : période de bon fonctionnement

Période de défaillance à taux constant (ou sensiblement constant) : c’est la zone de maturité ou de pleine activité du produit pour laquelle le taux de défaillance λ est sensiblement constant. C’est également le domaine des défaillances imprévisibles se

produisant de façon aléatoire. En étude de probabilité, la loi de fiabilité adaptée à cette zone ($\lambda = \lambda(t) = \text{constante}$) est la distribution exponentielle, forme $R(t) = e^{-\lambda t}$.

Le phénomène d'arrivée des pannes dans le temps appelé « processus de Poisson ».

Zone 3 : période de vieillissement

Période de défaillance par vieillissement : c'est la période de fin de vie du produit caractérisée par des défaillances dues à l'âge ou à l'usure des composants. Le taux de défaillances λ croît rapidement avec le temps, du fait de la dégradation du matériel (usures mécaniques, phénomènes de fatigue, dérive des composants électroniques...). Les lois de fiabilité adaptées à cette zone sont :

Les lois normales, Gamma, log-normale ou encore Weibull (avec $\beta > 2$).

III.2.6. Principales lois utilisées :

III.2.6.1. La loi exponentielle :

La loi exponentielle a de nombreuses applications dans le domaine de l'ingénierie en particulier dans l'étude de fiabilité d'un équipement. Elle présente également diverses applications dans l'étude des phénomènes d'attentes. [17]

III.2.6.2. La loi normale :

Cette loi est aussi appelée loi de Gauss. La loi normale est la loi statistique la plus répandue et la plus utile, elle est utilisée afin d'approcher des probabilités associées à des variables aléatoires binomiales possédant un paramètre 'n' très grand. Elle représente beaucoup de phénomènes aléatoires, de plus, de nombreuses autres lois statistiques peuvent être approchées par la loi normale, tout spécialement dans le cas des grands échantillons. Sa fonction de fiabilité est : [7]

$$n(t) = \frac{n}{(\sigma\sqrt{2\pi})} e^{(-\frac{1}{2})(\frac{t-\mu}{\sigma})^2} \quad (\text{III.4})$$

III.2.6.3. 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 : [17]

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 ($-\infty > \gamma > +\infty$) Sa courbe théorique de distribution est donnée à la figure

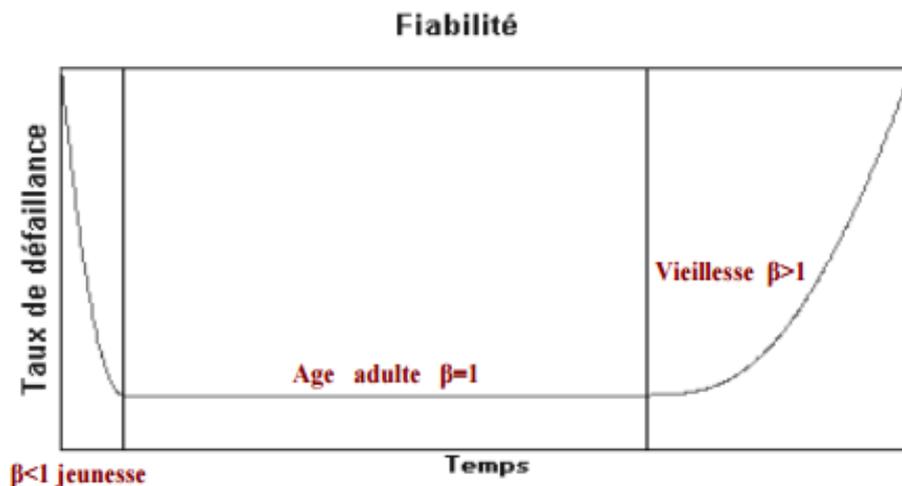


Fig. III. 3. Courbe en baignoire[17]

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.

III.2.6.4. La loi log-normale (ou loi de Galton) :

Soit une VA continue positive ; si la variable $Y = \text{Log } x$ est distribuée selon une loi normale, la variable x suit une loi log-normale. De nombreux phénomènes de mortalité ou de durée de répartition sont distribués selon des lois log-normale. Le tableau ci-après représente les fonctions représentatives de ces quatre lois.

Tableau III. 1. Principales Lois De Survie

	Lois Exponentielle	Lois de weibull	Lois normal	Lois log-normale
Fiabilité (lois de Survie) : $R(t)$	$e^{(-\lambda_0 t)}$	$e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$	$\int_t^0 \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1(t-\mu)^2}{2\sigma_0^2}}$	$\int_t^0 \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1(\ln t - \mu)^2}{2\sigma_0^2}}$
Densité des Défaillance : $f(t)$	$\lambda e^{(-\lambda_0 t)}$	$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$	$\int_t^0 \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1(t-\mu)^2}{2\sigma_0^2}}$	$\int_t^0 \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1(\ln t - \mu)^2}{2\sigma_0^2}}$
Taux instantané De Défaillance : $\lambda(t)$	λ_0	$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\frac{R(t)}{f(t)}$	$\frac{f(t)}{R(t)}$

III.2.7. Le modelé de weibull :

III.2.7.1. Caractéristiques :

a) **La fonction de Fiabilité** : est désignée par $R(t)$ représentant la probabilité de bon fonctionnement à l'instant (t) . [7]

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{III.5}$$

b) **La fonction de répartition** : est la probabilité que le dispositif soit en panne à l'instant (t) . Elle est exprimée par :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{III.6})$$

c) **Densité de probabilité** : elle caractérise la probabilité de panne juste à temps :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{III.7})$$

d) **Taux de défaillance** : est un estimateur de fiabilité. Il s'exprime par :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (\text{III.8})$$

e) **Le moyen de temps de bon fonctionnement MTBF** :

$$MTBF = A\eta + \gamma \quad (\text{III.9})$$

f) **L'écart type des temps de fonctionnement** :

$$\sigma = B\eta \quad (\text{III.10})$$

j) **la variance** :

$$V = \sigma^2 \quad (\text{III.11})$$

III.2.7.2. Signification des paramètres de weibull :

A. Paramètre de forme β :

La courbe théorique de distribution est montrée à Figure III.4. On peut remarquer l'influence du paramètre β (coefficient de forme).

B. Paramètre de position γ :

Il permet de déterminer la date du début de défaillance, son unité est celle du temps, Si_

$\gamma < 0$: les défaillances sont débutées avant l'origine du temps.

$\gamma = 0$: les défaillances ont pour début l'origine du temps.

$\gamma > 0$: il Ya une survie normal entre $t = 0$ et $t = \gamma$.

C. Paramètre d'échelle η :

En unité qui est associé à l'échelle utilisé sur graphe d'alliant plat.

Ce graphe est gradué comme suit :

➤ En abscisse $l_n t$

➤ En ordonné $l_n \frac{1}{1-f(t)}$

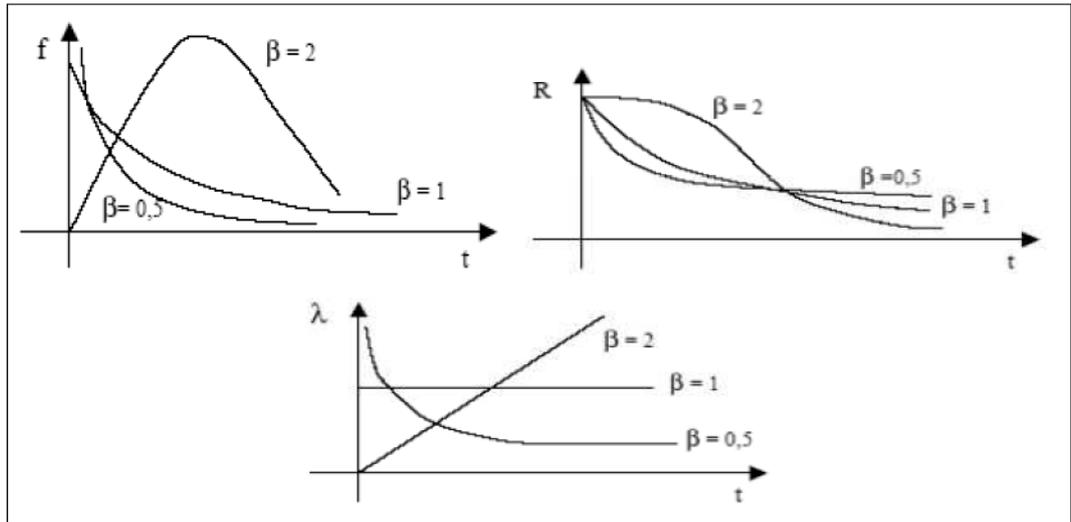


Fig. III. 4. Courbes théoriques de Weibull [17]

- $\beta < 1$: correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place et de rodage l'installation (période de jeunesse).
- $\beta = 1$: correspond à la zone où le taux de défaillance aléatoire est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement aucune symphonie de dégradation préalable (vie utile) c'est la période la plus longue.
- $\beta > 1$: correspond à la zone croissant rapide. C'est l'époque de vieillesse qui est provoquée par l'usine mécanique.

III.2.7.3. Calcul de la fonction de répartition f(i) :

L'historique d'un système permet de calculer les temps de bon fonctionnement (TBF). Donc des fréquences cumulées de défaillance notées F(i) fonction de répartition. Pour chaque système, le nombre de TBF relevé et appelé N, et en fonction de l'importance de celui-ci, il faut distinguer.

- $N > 50$: les TBF sont regroupés par classe et dans ce cas F(i) est donnée par :

$$F(i) = \frac{i}{N} = \frac{\sum n_i}{N} \tag{III.12}$$

- $20 < N < 50$: dans ce cas, on donne un rang i à chaque TBF. On utilise la formule d'approximation des rangs moyen pour le calcul de F(i), ce qui donne :

$$F(i) = \frac{i}{N+1} = \frac{\sum n_i}{N+1} \tag{III.13}$$

➤ $N < 20$: dans ce cas, on utilise la formule d'approximation des rangs médians pour le calcul de $F(i)$, ce qui donne :

$$F(i) = \frac{i-0.3}{N+0.4} = \sum \frac{n_i-0.3}{N+0.4} \tag{III.14}$$

III.2.7.4. Test de Kolmogorov- Smirnov :

À l'une restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (n) on peut l'appliquer. L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique. Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions : [19]

$$Dn_{\max} = |F(i) - F(t)| \tag{III.15}$$

Où : $F(t)$ est la fonction de répartition réelle ; elle peut être obtenue par la méthode des range moyens

$$F(i) = \frac{\sum n_i}{N} \tag{III.16}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-Y}{\eta}\right)^\beta} \tag{III.17}$$

On montre que $Dn = \text{Max}|F(i) - F(t)|$ suit une loi ne dépendant que de η , et on écrit que :

$$P(\text{Max}|F(i) - F(t)| < Dn_\alpha) = 1 - \alpha \tag{III.18}$$

- Si $Dn_{\max} > Dn_\alpha$ on refuse l'hypothèse du modèle théorique.
- Si $Dn_{\max} < Dn_\alpha$ on accepte l'hypothèse du modèle théorique.

α : le seuil de confiance ou le niveau significatif, dépend de la politique de maintenance exigée.

Remarque :

La valeur de Dn_α est donnée par la table de Kolmogorov-Smirnov.

III.2.8. Les courbes de fiabilité :

II.2.8.1. La courbe de la loi normale :

Dans la plupart des cas d'usure présente les caractères d'une distribution normale ou gaussienne. La formule donnant la densité de probabilité de la loi normale s'écrit :

$$p(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}} \tag{III.19}$$

Où T : désigne la vie moyenne et t le temps de fonctionnement accumulé.

σ : l'écart type de durée de vie par rapport à la moyenne Erreur ! Signet non défini

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \sum (t - T)^2\right)} \tag{III.20}$$

n : le nombre de pannes

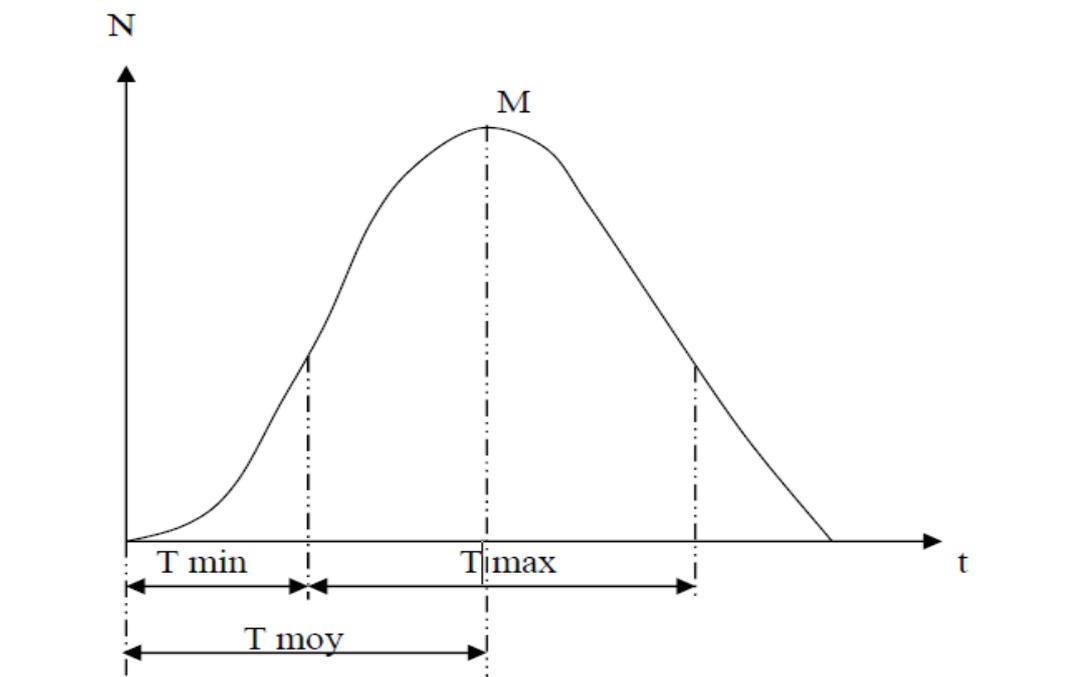


Fig. III. 5. Courbe de la loi normale

Comme on le voit à partir de cette courbe de la loi normale, la probabilité de pannes par usure croit avec l'âge de manière extrêmement lente au début, mais à mesure que l'âge se rapproche de la vie moyenne cet accroissement devient très rapide. [20]

III.2.9. Les lois principales de fiabilité :

III.2.9.1. Les lois discrètes :

Une loi est dite discrète si elle prend ses valeurs dans \mathbb{N} c'est à dire des valeurs entières comme par exemple celle qui compte le nombre de pannes. [21]

-Loi binomiale :

Soit une défaillance D avec sa probabilité de survenir P , la probabilité d'apparaître k Défaillances en n essais est :

$$p(X = K) = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k} \quad (\text{III.21})$$

-Loi de Poisson :

La probabilité qu'une panne survienne n fois dans le temps t est donnée par :

$$P(n, t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!} \quad (\text{III.22})$$

III.2.9.2. Les lois continues :

-Loi Exponentielle :

On applique la loi exponentielle lors le composant à un taux défaillance constant.

La fonction de fiabilité : $R(t) = e^{(-\lambda_0 t)}$ (III.23)

La probabilité de défaillance est : $F(t) = 1 - R(t)$ (III.24)

La densité de probabilité est : $f(t) = \lambda_0 e^{(-\lambda_0 t)}$ (III.25)

Et $MTBF = \frac{1}{\lambda_0}$ (III.26)

-Loi normale (Laplace-Gauss) :

Cette loi est utilisée pour représenter la distribution des durées de vie des dispositifs en fin de vie (usure) ou le taux de défaillance est croissant. [20]

III.3. Etude de maintenabilité :

III.3.1. Définition maintenabilité :

Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.[7]

Maintenabilité = être rapidement dépanné

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Temp d'intervention } n \text{ pannes}}{\text{Nombre de pannes}} \quad (\text{III.27})$$

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation. [21]

III.3.2. Temps techniques de réparation TTR :

Le TTR d'une intervention se compose en général de la somme des temps suivants :

- Temps de vérification de la réalité de la défaillance (quelquefois, il y a de fausses alarmes).
- Temps de diagnostic.
- Temps d'accès à l'organe défaillant (déposes ou bien démontages).
- Temps de remplacement ou de réparation.
- Temps de réassemblage.
- Temps de contrôle et d'essais.

Les temps « morts » suivants sont à éliminer du TTR :

- Temps d'attente pour indisponibilité des techniciens, des outils ou des pièces de rechange.
- Arrêts de travail...etc.

Si les temps « morts » sont supérieurs ou égaux au TTR, une remise en cause de l'organisation et de la gestion de la maintenance est indispensable.

III.3.3. Maintenabilité et maintenance :

Pour un technicien de maintenance, la maintenabilité est la capacité d'un équipement à être rétabli lorsqu'un besoin de maintenance apparaît. L'idée de « facilité de maintenir » se matérialise par des mesures réalisées à partir des durées d'intervention. [21]

III.3.4. Les critères de maintenabilité :

Selon Les normes NF X 60-300 et X 60-301 spécifient cinq types de critères de maintenabilité :

- Le premier critère est relatif à la surveillance de la maintenance préventive. Il est important de connaître à ce niveau l'accessibilité de la composante, sa démontabilité et son interchangeabilité.
- Le deuxième est relatif à la maintenance corrective, plus particulièrement, le temps de recherche de panne ou de défaillance et le temps de diagnostic.
- Le troisième critère est relatif à l'organisation de la maintenance, pris en compte par la périodicité du préventif, le regroupement à des périodes identiques, l'homogénéité de la fiabilité des composants, la présence d'indicateurs et de compteurs et la complexité des interventions.
- Le quatrième critère est lié à la qualité de la documentation technique. Celui-ci comporte la valeur du contenu, la disponibilité de la documentation, le mode de transmission et les principes généraux de rédaction et de présentation de la documentation technique.
- Le cinquième critère de maintenabilité est lié au suivi du bien par le fabricant. Il sera question de l'évolution du fabricant, de la qualité du service après-vente et de l'obtention des pièces de rechange.

III.3.5. Maintenabilité Et Disponibilité :

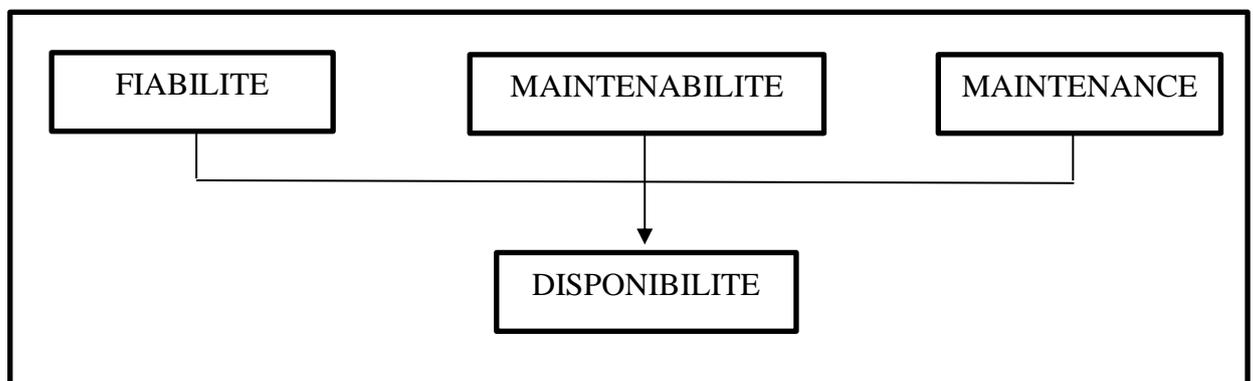


Fig. III. 6. Les composantes de la disponibilité d'un équipement

Le schéma ci-dessus rappelle les composantes de la disponibilité d'un équipement, Il met en Evidence :

- Que la maintenabilité est un des leviers d'action pour améliorer la disponibilité et donc la productivité d'un équipement.
- Que la fiabilité et la maintenabilité sont 2 notions parallèles de même importance (et dont les démarches d'analyse sont semblables).

III.3.6. Expressions mathématiques :

Il y a analogie entre l'étude probabiliste de la fiabilité et la maintenabilité. Dans le cas de la maintenabilité, la variable aléatoire est la durée de l'intervention ou temps technique de réparation (TTR). La densité de probabilité est notée $g(t)$.

La maintenabilité $M(t)$ s'exprime en fonction de la densité de probabilité, notée $g(t)$, par la relation suivante :

$$M(t) = \int_0^t g(t) dt \quad (\text{III.28})$$

$M(t)$: C'est la fonction de maintenabilité stricte. C'est la probabilité associée à un instant T , d'une remise en état de fonctionnement. Elle est déterminée à partir d'un modèle probabiliste.

$M(t)$: représente également la probabilité de réparation d'une durée $TTR < t$

Le taux de réparation est noté $\mu(t)$ et s'exprime par :

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{(1-M(t))} \quad (\text{III.29})$$

III.3.6.1. 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.[8]

$$\mu(t) = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{III.30})$$

Et Le MTTR est donné par :

$$MTTR = \int_0^{+\infty} t g(t) dt \quad (\text{III.31})$$

Dans le cas où le taux de réparation $\mu(t)$ est constant.

En ce qui concerne l'obtention des données, les TTR sont saisis sur les bons de travaux (BT), et la procédure d'estimation de $M(t)$ est semblable à celle de la fiabilité.

III.4. Etude de disponibilité :

III.4.1. Définition disponibilité :

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.

Remarques :

1. Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.
2. Les moyens extérieurs autres que la logistique de maintenance n'affecte pas la disponible du bien. [7]

III.4.2. Différents niveaux de la disponibilité :

III.4.2.1. Disponibilité intrinsèque théorique :

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes de réparations, ce qui donne :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (\text{III.32})$$

MTBF : moyenne des temps de bon fonctionnement (Mean Time Between Failure).

MTTR : moyenne des temps d'immobilisation pour intervention de maintenance (Mean Time To Repaire).

D'où :

$$MTBF = \frac{TCBF}{N_c} \quad (\text{III.33})$$

$$MTTR = \frac{\sum TR}{N_c} \quad (\text{III.34})$$

Avec :

TCBF : Temps cumulé de bon fonctionnement.

N_c : Nombre d'interventions de maintenance avec immobilisation.

Remarque :

Cette disponibilité correspond à des conditions idéales, c'est-à-dire avec un support logistique parfait.

II.4.2.2. Disponibilité moyenne :

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut-être évalué par les rapports Suivants :

$$D_m = \frac{TCBF}{MCBF+TCI} \tag{III.35}$$

TCI : Temps cumulé d'immobilisation

Remarque :

Le temps cumulé d'immobilisation comprend les temps d'intervention et les temps logistiques.

II.4.2.3. Disponibilité opérationnelle :

Pour cette mesure, sont pris en compte les temps logistiques, ce qui donne :

$$D_0 = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR+MTL} \tag{III.36}$$

Avec :

MTL : moyenne des temps logistiques.

II.4.2.4. Disponibilité asymptotique :

Lorsque λ et μ sont indépendants des temps et quand (t) devient grand, on constate que D (t) tend vers une valeur constante. Cette valeur est souvent dénommée disponibilité asymptotique et se note A_∞ elle est égale à :

$$A_\infty = \frac{\mu}{\mu+\lambda} \tag{III.37}$$

Avec:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \tag{III.38}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \tag{III.39}$$

II.4.2.5. Disponibilité instantanée :

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux de réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \tag{III.40}$$

III.4.3. Les types de disponibilité :

a. Disponibilité intrinsèque :

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et les moyennes de réparation, ce qui donne [22] :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \tag{III.41}$$

b. Disponibilité instantanée :

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constante et d'un taux de réparation μ constant, la disponibilité instantanée est :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \tag{III.42}$$

III.4.4. Relation entre les différentes grandeurs caractérisant la FMD d'un équipement :

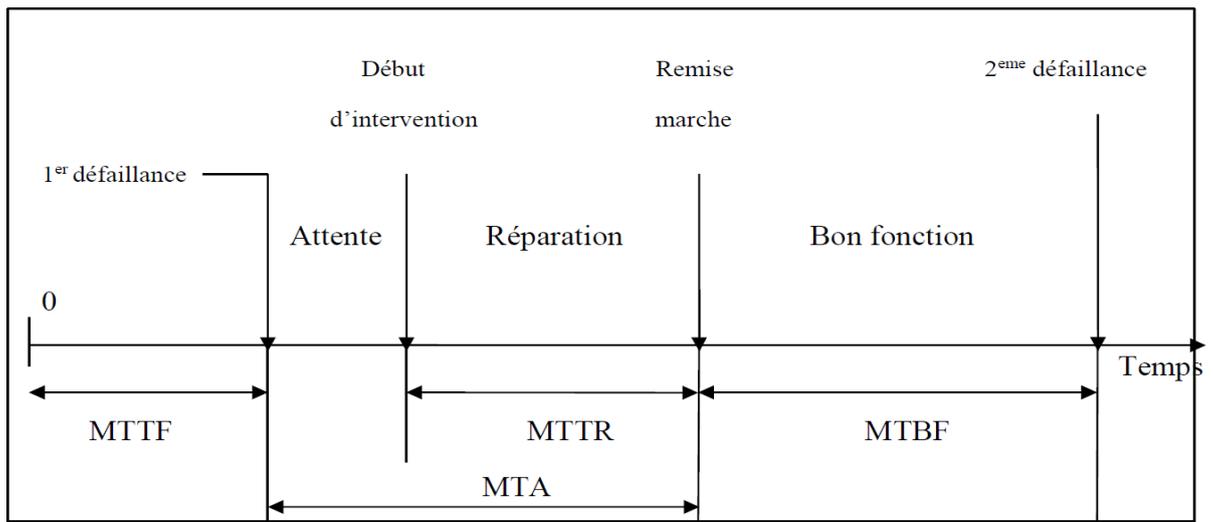


Fig. III. 7. Les différentes grandeurs caractérisant la FMD [14]

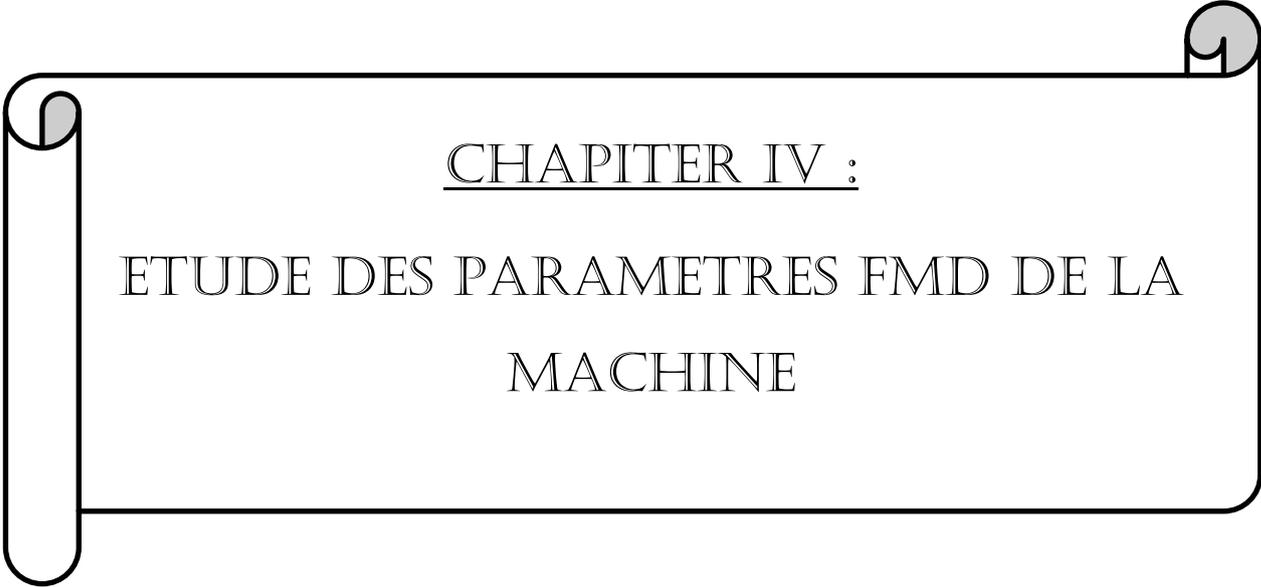
III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les trois principaux concepts de maintenance, la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité ainsi que des notions les bases.

Fiabilité = ne pas avoir de défaillance.

Maintenabilité = être rapidement dépanné.

Disponibilité = être en état d'accomplir sa fonction.



CHAPITER IV :

ETUDE DES PARAMETRES FMD DE LA
MACHINE

CHAPITER IV : ETUDE DES PARAMETRES FMD DE LA MACHINE

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous analyse est de réaliser une étude FMD de machines Grenailleuse Intérieure de l'entreprise ALFAPIPE, La méthode utilisée repose sur l'exploitation de l'historiques des pannes pour l'année 2019, et loi de Wei bull et Méthode ABC (Diagramme Pareto) parce que la loi plus utilisée dans le domaine de maintenance.

Dans ce travail, nous réalisons 2 parties : la première concerne l'analyse des pannes par le diagramme de Pareto et la seconde est dédiée à une étude FMD.

IV.2. Historique des pannes :

D'après l'historique des pannes de la machine Grenailleuse Intérieure de la société de maintenance des équipements industriels de l'année 2019, on résume les temps de réparations dans le tableau :

Tableau IV. 1. Historique De La Machine Grenailleuse Intérieur

Date	Temps D'arrêt (H)	TBF	L'action	Cause
19-01-2019	30min	9H30min	Réparation un galet d'appui	Usure dans les roulements du galet
28-01-2019	2H	68H	Déblochage vis Archimède (récupérateur grain)	Blocage à cause de présence des pièces étranger
02-02-2019	4H	36H	Démontage table porteuse flèche	Cisaillement d'une vis
16-02-2019	1H30min	128H30min	Changement registre et distributeur	Délai demandé par le fabricant pour changement
20-02-2019	8H	32H	Changement la couronne des galets d'appui	Usure dans la surface polyéthylène
01-04-2019	1H30min	348H30min	Réparation un galet d'appui	Usure dans les roulements du galet
07-04-2019	30min	49H30min	Élimination fuit de l'air sur flexible d'alimentation vérin de mise en place tube	Usure dans le joint
09-04-2019	1H	19H	Réparation file électrique d'un capteur	Desserrage du fil électrique

21-04-2019	30min	99H30min	Réparation une Galet d'appui	Blocage du roulement
22-04-2019	6H30min	3H30min	Démontage motoréducteur de rotation côté droit	Cisaillement l'axe d'entraînement du chariot support flèche
24-04-2019	1H	19H	Serrage support de fixation galet d'appui	Desserrage de la fixation
27-04-2019	30min	29H30min	Réparation une Galet d'appui	Usure dans les roulements du galet
08-06-2019	6H	354H	Renforcement de la flèche dans son support avec soudage	Fissuration au niveau la fixation
09-06-2019	4H	6H	Démontage axe de la couronne galets d'appui	Cisaillement l'axe
26-06-2019	30min	149H30min	Réparation une Galet d'appui	Usure dans le galet
30-06-2019	2H	38H	Serrage support de fixation galet d'appui	Présence des fissurations
07-07-2019	3H	57H	Réparation une Galet d'appui	Cisaillement du support de galet d'appui
09-07-2019	2H	18H	Démontage galet de translation chariot support flèche	Usure dans l'état des galets
16-07-2019	3H	57H	Changement 4 roulements des roues de rotation tube	Roulements usée
27-07-2019	2H	88H	Changement godets port grain	Dégradation dans l'état des godets
24-09-2019	7H	503H	Démontage fixation du support flèche pour changement 4 vise	Vise cisailée
30-09-2019	30min	49H30min	Appoint d'huile sur group hydraulique	Niveau d'huile au minimal
05-10-2019	4H30min	35H30min	Débloccage vis Archimède (récupérateur grain)	Accumulations des chutes et déchets
06-10-2019	2H	8H	Nettoyage filtre de pompe hydraulique	Consignes de constructeur
12-10-2019	1H	39H	Serrage support de fixation galet d'appui	Coincement de paliers
13-10-2019	30min	9H30min	Réparation file électrique d'un capteur	Existence un obstacle du capteur lumineux

15-10-2019	30min	19H30min	Appoint d'huile sur group hydraulique	Usure des joints
------------	-------	----------	---------------------------------------	------------------

IV.3. L'application pratique des méthodes d'analyse :

IV.3.1. Méthodes d'analyse prévisionnelle « abc (Pareto) » :

Définition : pour l'application de la méthode ABC, il faut en premier lieu faire un classement des pannes par ordre décroissant des heures des pannes puis procéder à l'établissement d'un graphe de Pareto :

Tableau IV. 2. L'analyse ABC

L'action	Temps d'arrêt (h)	Cumul Temps d'arrêt (h)	Cumul Temps d'arrêt (%)	Nbre Pannes	Cumul Nb Pannes	Cumul Nb Pannes (%)
Changement la couronne des galets d'appui	8	8	12.31	1	1	3.7
Démontage fixation du support flèche pour changement 4 vise	7	15	23.08	1	2	7.41
Réparation une Galet d'appui	6.5	21.5	33.08	6	8	29.63
Déblocage vis Archimède (récupérateur grain)	6.5	28	43.08	2	10	37.04
Démontage motoréducteur de rotation côté droit	6.5	34.5	53.08	1	11	40.74
Renforcement de la flèche dans son support avec soudage	6	40.5	62.31	1	12	44.44
Démontage table porteuse flèche	4	44.5	68.46	1	13	48.15
Démontage axe de la couronne galet d'appui	4	48.5	74.62	1	14	51.85
Serrage support de fixation galet d'appui	3	51.5	79.23	3	17	62.96
Changement 4 roulements des roues de rotation tube	3	54.5	83.85	1	18	66.67

Démontage galet de translation chariot support flèche	2	56.5	86.92	1	19	70.37
Changement godets port grain	2	58.5	90	1	20	74.07
Nettoyage filtre de pompe hydraulique	2	60.5	93.08	1	21	77.78
Changement registre et distributeur	1.5	62	95.38	1	22	81.48
Réparation file électrique d'un capteur	1.5	63.5	97.69	2	24	88.89
Appoint d'huile sur group hydraulique	1	64.5	99.23	2	26	96.3
Élimination fuit de l'air sur flexible d'alimentation vérin de mise en place tube	0.5	65	100	1	27	100

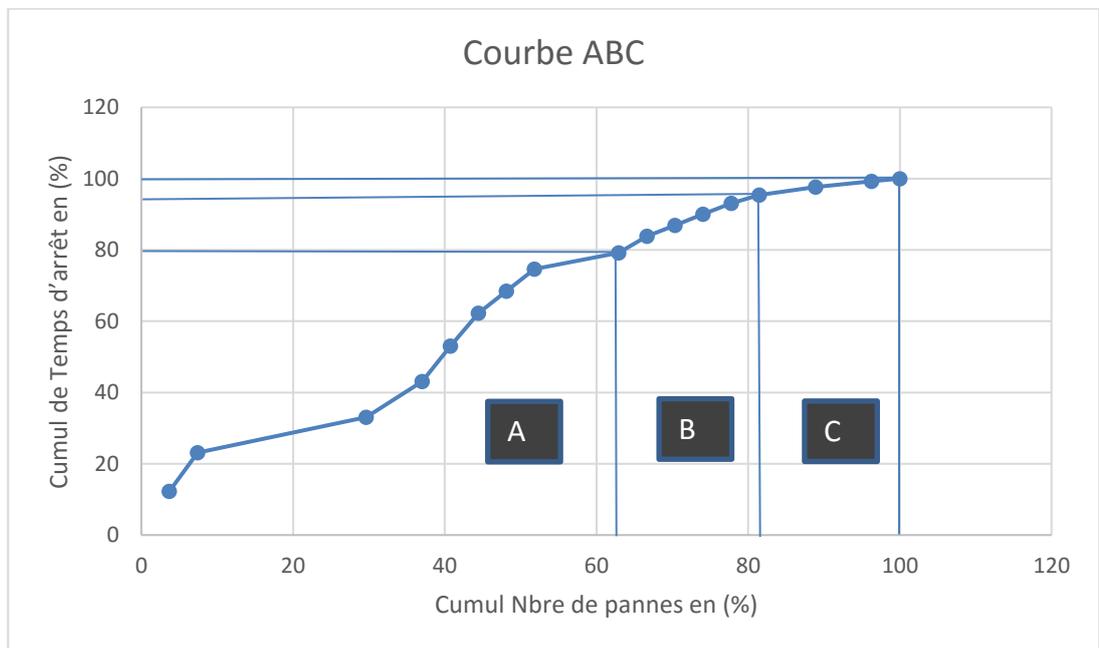


Fig. IV. 1. La courbe d'ABC

❖ Interprétation des résultats :

On a le nombre des pannes est 27 pannes, donc :

Zone "A " :

Dans la majorité des cas, on constate qu'environ 62.96 % des pannes représente 79.23 % des heures d'arrêts, ceci constitue la zone A, zone des priorités :

- Changement la couronne des galets d'appui.
- Démontage fixation du support flèche pour changement 4 vise.
- Réparation un galet d'appui.
- Déblocage vis Archimède (récupérateur grain).
- Démontage motoréducteur de rotation côté droit.
- Renforcement de la flèche dans son support avec soudage.
- Démontage table porteuse flèche.
- Démontage axe de la couronne galet d'appui.
- Serrage support de fixation galet d'appui.

Cette zone nécessite une intervention systématique a un intervalle de temps bien étudier.

Zone "B" :

Dans cette tranche, les 33.33 % des pannes représentent 16.15 % supplémentaire

Zone "C" :

Dans cette zone les 18.52 % des pannes restantes ne représentent que 4.62 % des heures d'arrêts

IV.4. Calcul les paramètres de weibull :

Le tableau suivant (tableau IV.3) comporte les TBF classés par ordre croissant, et la fonction de répartition réelle F(i) calculé par la méthode des ranges moyennes

$F(i) = \frac{ni}{N+1} \approx F(t)$ (Dans notre cas $20 < N < 50$) puis on utilisera le papier de Wei bull pour tracer la courbe F(i) en fonction de TBF :

Tableau IV. 3. La Fonction de réparation réelle

$\sum ni$	TBF	TTR	Fi	Xi	Yi
1	3.5	0.5	4%	1.252763	-3.31408
2	6	1	7%	1.791759	-2.60223
3	8	1.5	11%	2.079442	-2.17746
4	18	1.5	15%	2.890372	-1.86982

6	28.5	2	22%	3.349904	-1.42229
7	32	2	26%	3.465736	-1.2459
8	36	2	30%	3.583519	-1.08924
9	49.5	3	33%	3.901973	-0.94735
10	57	3	37%	4.043051	-0.81682
12	69	4	44%	4.234107	-0.5805
13	88	4	48%	4.477337	-0.47136
16	96	6	59%	4.564348	-0.1657
18	103.5	6.5	67%	4.639572	0.029189
19	128.5	6.5	70%	4.855929	0.126615
20	354.5	6.5	74%	5.870708	0.225351
21	503	7	78%	6.22059	0.326634
27	693.5	8	100%	6.541751	1.203634

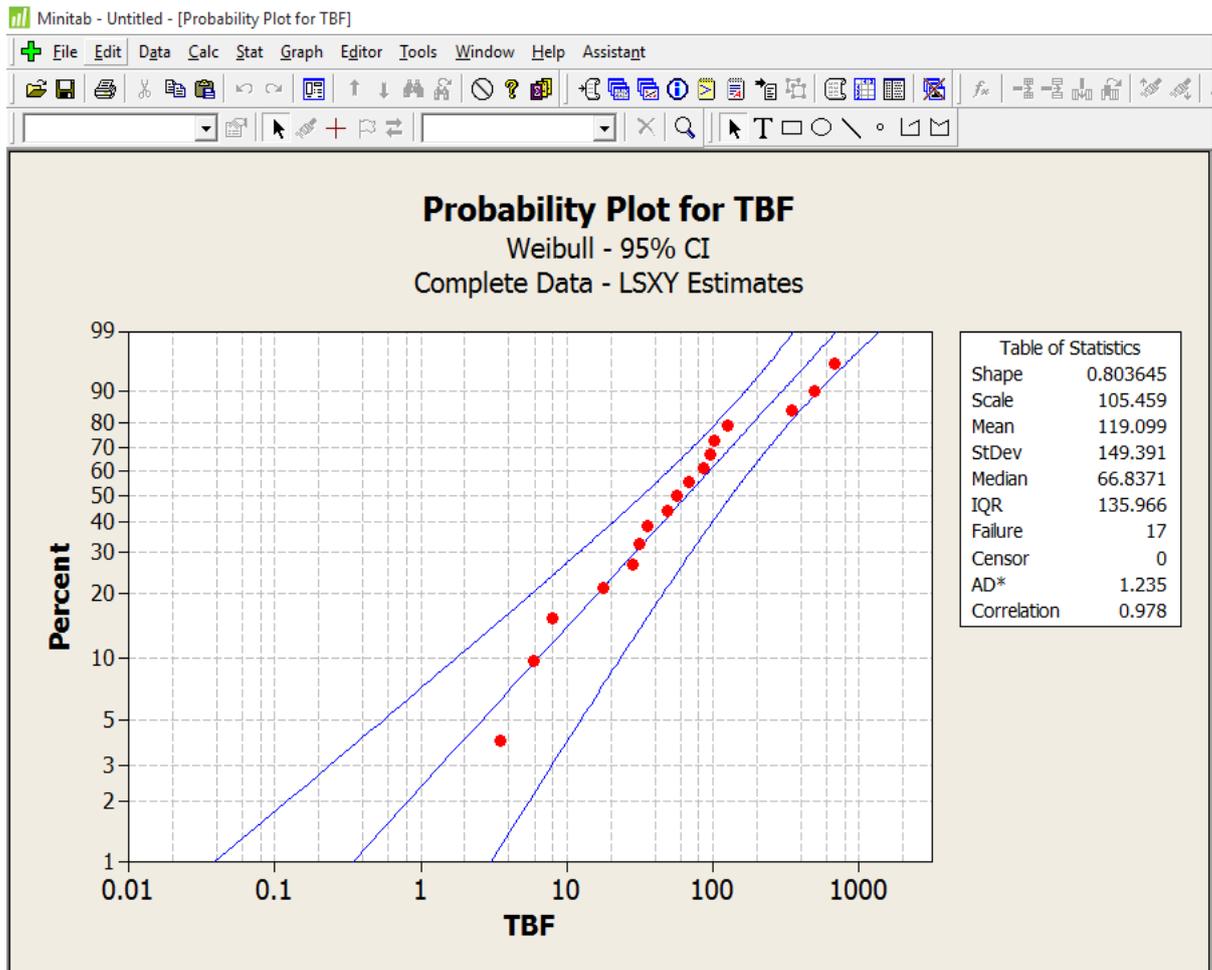


Fig. IV. 2. Papier de Weibull en logiciel minitab16

Extraire les paramètres β , η et γ . du papier de Weibull en logiciel minitab16 :

$$\beta = 0.803645$$

$$\eta = 105.459$$

$\gamma = 0$ par ce que les pannes passent à l' origine du temps.

Donc :

La loi de weibull permet aussi la MTBF et l'écart type L'expression de l'écart type est donné par :

$$\sigma = B \times \eta \tag{IV.1}$$

Avec B une constant à déterminer à partir du tableau donnant les constants A et B en fonction de β .

On trouve d'après le tableau :

$$A = 1.13300 \qquad \text{et} \qquad B=1.42816$$

$$MTBF = A \eta + \gamma \tag{IV.2}$$

Application Numérique :

$$\sigma = 150.6123$$

$$MTBF = 119.485 \text{ h}$$

Tableau IV. 4. Paramètres De Weibull

Paramètres	Valeur
Beta (β)	0.803645
Eta (η)	105.459
MTBF	119.485
Sigma	150.6123
Gamma (γ)	0
A	1.13300
B	1.42816

IV.4.1. La fonction de la densité de probabilité :

On peut définir la fonction de densité de probabilité en fonction des paramètres de méthode de Wei bull par la relation suivante :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \quad (\text{IV.3})$$

$$f(MTBF) = 0.003456$$

Tableau IV. 5. Calcul de la densité de probabilité

$\sum ni$	TBF	f(t)
1	3.5	0.016816
2	6	0.012107
3	8	0.011149
4	18	0.008469
6	28.5	0.006947
7	32	0.006563
8	36	0.006174
9	49.5	0.005129
10	57	0.004673
12	69	0.004067
13	88	0.003326
16	96	0.003071
18	103.5	0.002856
19	128.5	0.00227
20	354.5	0.000425
21	503	0.000168
27	693.5	5.6E-05

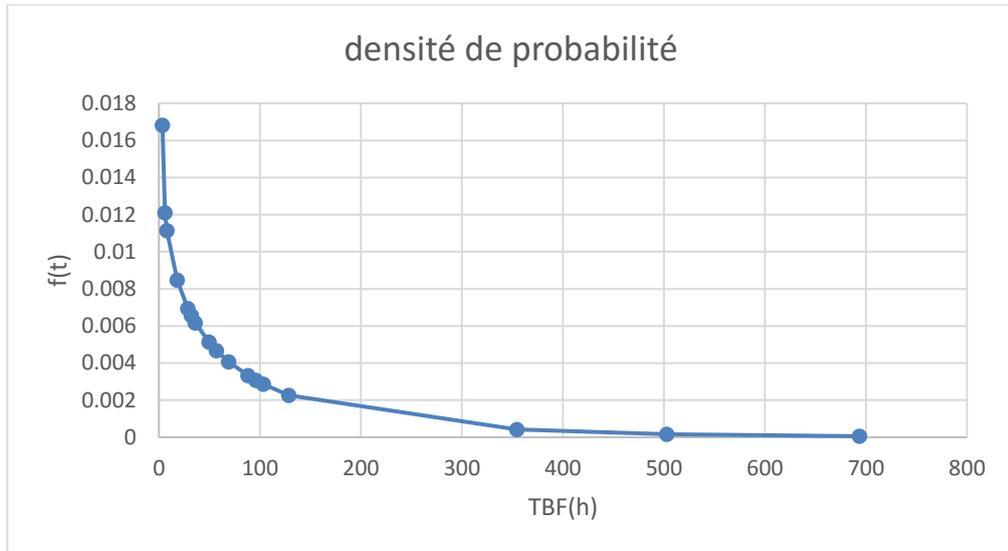


Fig. IV. 3. La courbe de densité de probabilité

Les résultats de calcul de la densité de probabilité en fonction de TBF et les paramètres de méthode de Wei bull de la machine Grenailleuse Intérieure sont présentés par le tableau (IV.5) et la figure (IV.3).

IV.4.2. Fonction de répartition f(t) :

La fonction de répartition en fonction du temps de bon fonctionnement et les paramètres extraits par le modèle de Wei bull est exprimée par l'équation suivante :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{IV.4}$$

$$F(MTBF) = 0.566049 = 57\%$$

Tableau IV. 6. Calcul De La Fonction De Répartition

$\sum ni$	TBF	F(t)
1	3.5	-0.13062
2	6	0.095062
3	8	0.118271
4	18	0.214567
6	28.5	0.294897
7	32	0.318528
8	36	0.343986
9	49.5	0.419884

10	57	0.456595
12	69	0.508904
13	88	0.578795
16	96	0.604364
18	103.5	0.626577
19	128.5	0.690287
20	354.5	0.929305
21	503	0.970092
27	693.5	0.98936

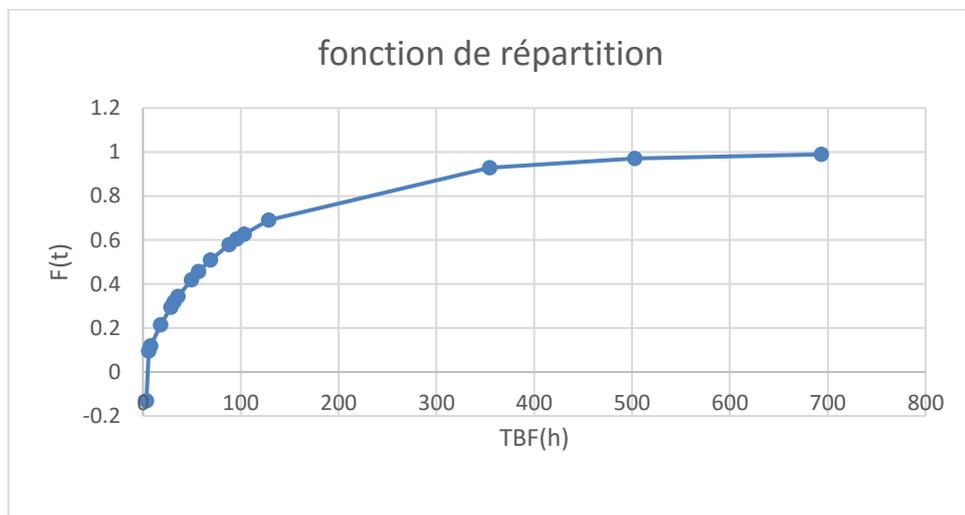


Fig. IV. 4. La courbe de fonction de répartition

La fonction de défaillance croissant en fonction de temps.

IV.5. La fiabilité R(t) :

La fiabilité en fonction de la fonction de répartition est donnée par l'expression suivante :

$$R(t) = 1 - F(t) \tag{IV.5}$$

Les calculs de la fiabilité en fonction des temps de bon fonctionnement et les paramètres du modèle de Wei bull sont effectués par la formule suivante :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{IV.6}$$

$$R(MTBF) = 0.433951 = 43\%$$

Tableau IV. 7. Calcul De La Fiabilité

$\sum ni$	TBF	R(t)
1	3.5	1.130624
2	6	0.904938
3	8	0.881729
4	18	0.785433
6	28.5	0.705103
7	32	0.681472
8	36	0.656014
9	49.5	0.580116
10	57	0.543405
12	69	0.491096
13	88	0.421205
16	96	0.395636
18	103.5	0.373423
19	128.5	0.309713
20	354.5	0.070695
21	503	0.029908
27	693.5	0.01064

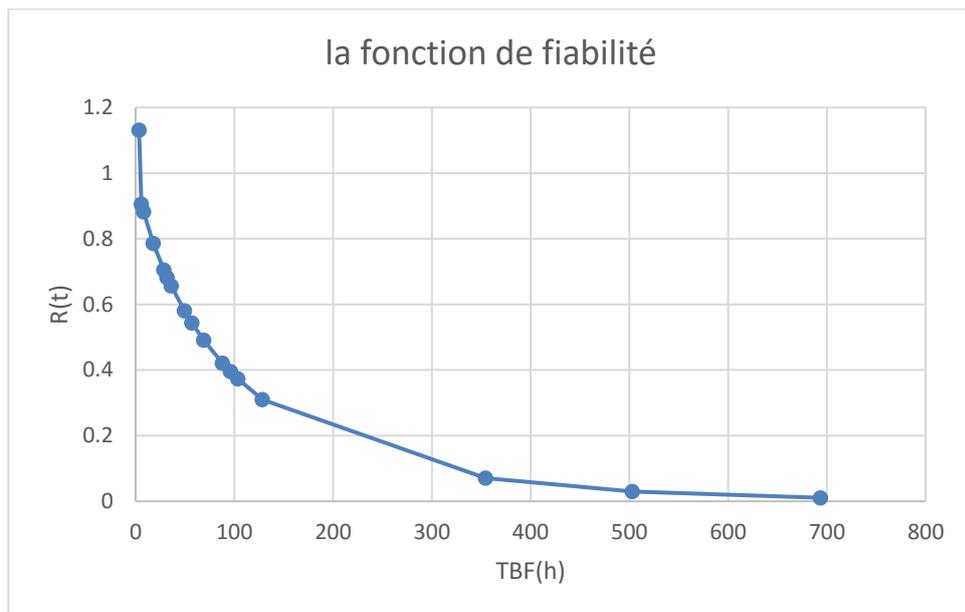


Fig. IV. 5. La courbe de la fonction de fiabilité

La figure (IV.5) montre la fonction de fiabilité $R(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF), on remarque à partir cette courbe que la fiabilité diminue avec le temps.

IV.5.1. Le taux de défaillance :

Le calcul du taux de défaillance en fonction du temps de bon fonctionnement et les paramètres du modèle de Wei bull sont effectués par la formule suivante :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (\text{IV.7})$$

$$\lambda(MTBF) = 0.011871$$

Tableau IV. 8. Calcul Du Taux De Défaillance

$\sum ni$	TBF	$\lambda(t)$
1	3.5	0.014873
2	6	0.013379
3	8	0.012644
4	18	0.010783
6	28.5	0.009853
7	32	0.009631
8	36	0.009411
9	49.5	0.008841
10	57	0.008599
12	69	0.008282
13	88	0.007896
16	96	0.007762
18	103.5	0.007649
19	128.5	0.00733
20	354.5	0.006006
21	503	0.005607
27	693.5	0.003341

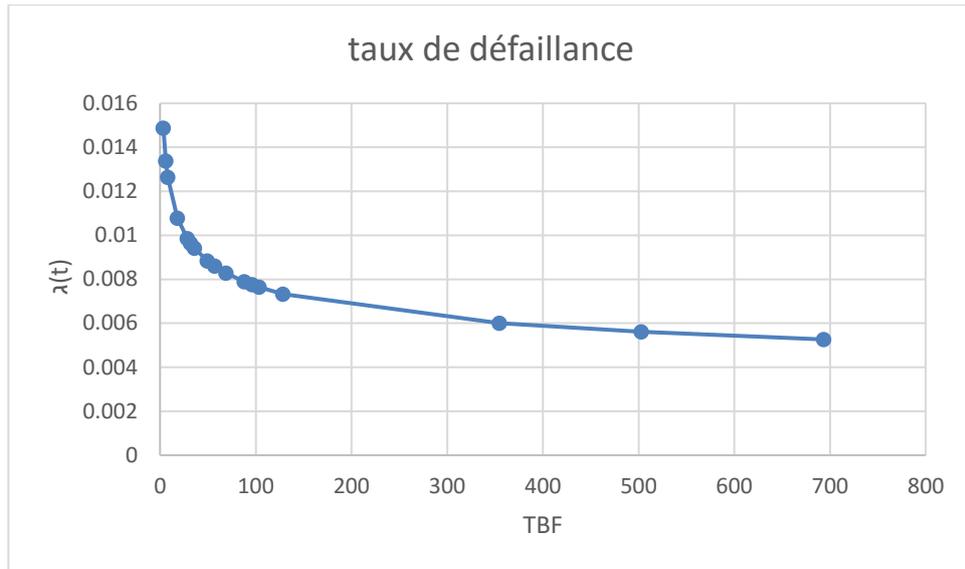


Fig. IV. 6. La courbe du taux de défaillance

La figure (IV.6) présente le taux de défaillance en fonction du temps de bon fonctionnement de la machine Grenailleuse Intérieure.

On remarque d'après cette courbe que le taux de défaillance augmente avec le temps.

IV.6. La maintenabilité :

La maintenabilité en fonction du taux de réparation est donnée par la formule suivante :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{IV.8})$$

D'après l'historique de panne, on peut calculer la maintenabilité et les résultats de calcul de simulation sont présentés par le tableau (IV.8) et la figure (IV.6).

On a aussi la moyenne du temps de réparation exprimé par :

$$\begin{aligned} MTTR &= \sum TTR / N & (\text{IV.9}) \\ &= 65 / 27 = 2.407407 \end{aligned}$$

TTR : temps de réparation ; N : nombre de panne ; μ : taux de réparation.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = 0.415385$$

$$M(t = MTTR) = 0.699919 = 70\%$$

Tableau IV. 9. Calcul De La Maintenabilité

$\sum ni$	TTR	M(t)
1	8	0.187543015
2	7	0.339913647
3	6.5	0.463708232
4	6.5	0.463708232
6	6.5	0.564286007
7	6	0.564286007
8	4	0.564286007
9	4	0.71239114
10	3	0.71239114
12	3	0.810153317
13	2	0.810153317
16	2	0.917281144
18	2	0.932794487
19	1.5	0.932794487
20	1.5	0.932794487
21	1	0.945398412
27	0.5	0.963958237

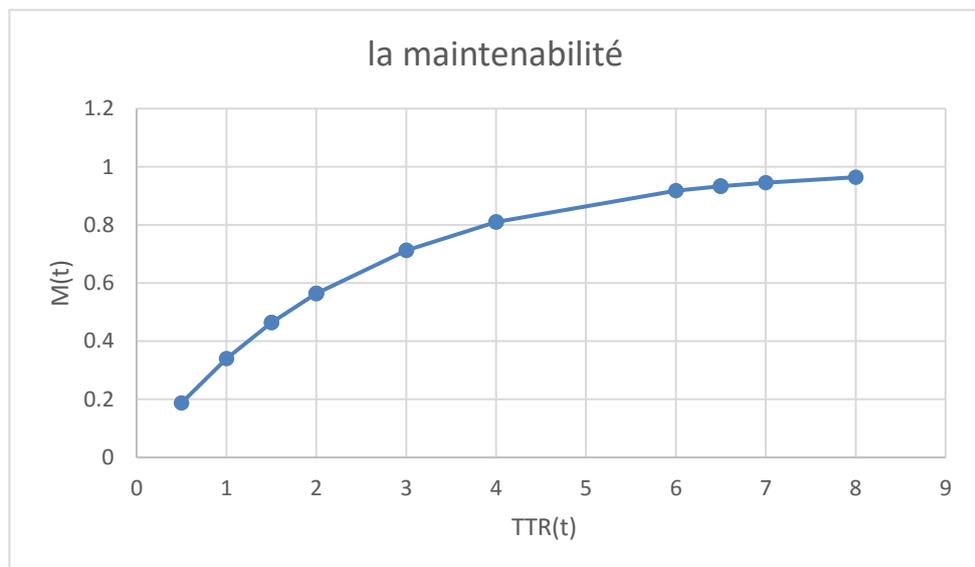


Fig. IV. 7. La courbe de la maintenabilité

La figure (IV.7) montre la maintenabilité en fonction des temps de réparation (TTR), on remarque à partir cette figure que la maintenabilité augmente avec l'augmentation du temps de réparation (TTR).

IV.7. La disponibilité :

IV.7.1. La disponibilité intrinsèque théorique :

La disponibilité intrinsèque théorique en fonction de moyenne de bon fonctionnement et de moyenne de réparation est exprimée par :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (IV.10)$$

$$D_i = \frac{84.24074}{84.24074 \times 2.407407} = 0.415385$$

IV.7.2. La disponibilité instantanée :

La disponibilité instantanée en fonction du taux de défaillance et du taux de réparation est exprimée comme suit :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu+\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t} \quad (IV.10)$$

Les résultats de calculs et de simulation sont montrés par le tableau (IV.10) et la figure suivante (Figure IV.8) :

Tableau IV. 10. Calcul De La Disponibilité Instantanée

$\sum ni$	TTR	D(t)
1	8	0.994656
2	7	0.990339
3	6.5	0.986853
4	6.5	0.986853
6	6.5	0.984038
7	6	0.984038
8	4	0.984038
9	4	0.979927

10	3	0.979927
12-	3	0.977246
13	2	0.977246
16	2	0.974356
18	2	0.973944
19	1.5	0.973944
20	1.5	0.973944
21	1	0.973612
27	0.5	0.973126

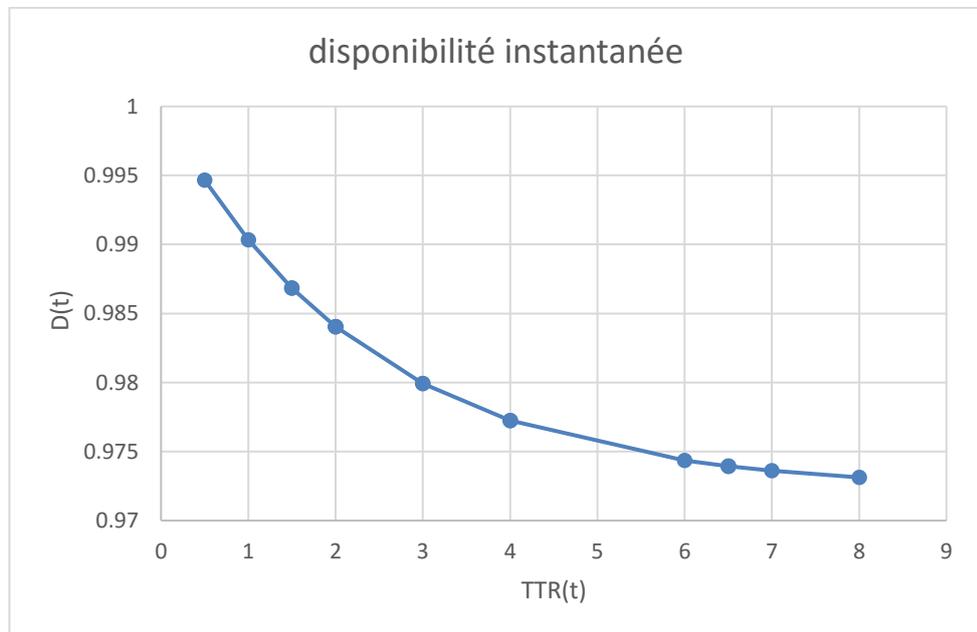


Fig. IV. 8. La courbe de disponibilité instantanée

La figure (IV.8) montre la disponibilité en fonction du temps de réparation. D'après la courbe de cette figure, on voit que la disponibilité diminue avec l'augmentation du temps de réparation.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail nous avons traité le thème « Etude Des Paramètres FMD D'une Machine (Grenailleuse Intérieure) dans l'usine ALFAPIPE ». Ce sujet relève d'une grande importance pour cette unité.

Dans notre travail, les généralités et concepts de base sur la maintenance et son importance sont présentés en précisant ses définitions et ses avantages. Les types, les opérations et les niveaux de maintenance sont bien expliqués avec une description paramétrique de la fiabilité.

Nous avons fait un stage au sien de l'entreprise de ALFAPIPE, ce stage a pour le but de faire le contact avec le milieu industriel et de connaitre la constitution de cette entreprise, et on a vu généralement les produits de cette entreprise et leur personnel, Ces connaissances nous ont permis de choisir une machine importante dans la chaine de production.

L'historique de panne de la machine choisie nous a permis de calculer les temps de bon fonctionnement (TBF) selon le mode d'emploi de cette machine et le temps d'arrêt (TTR) pendant l'année 2019. On a utilisé le papier de Weibull pour tracer la courbe de la fonction de répartition en fonction du temps de bon fonctionnement. Cette courbe a facilité d'extraire les paramètres de méthode de Weibull, et on trouve que $\beta = 0.80$ donc ($\beta < 1$), et une croissance au niveau de $\lambda(t)$ par apport le temps, c'est deux indicateurs signifiera que la machine est dans la période Jeunes, pour vérifier quelle méthode acceptée pour calculer la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité.

D'après les résultats obtenus, on a conclu que la fiabilité de la machine $R(t) = 43\%$ est très faible à cause de l'adoption seulement par la maintenance corrective, et l'augmentation du temps d'arrêt.

Finalement, comme conclusion il est nécessaire de programmer un échancier de contrôle des organes regroupés dans la zone A de la courbe ABC ; afin d'éviter des arrêts brusque. Ou même une stratégie d'une maintenance préventive appropriée ; pour cela un stock des pièces les plus usés soit disponible à tous moments. Tout se faire pour améliorer la fiabilité et la maintenabilité et la disponibilité de la machine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Bank historique du département de la maintenance, ALFAPIPE, Tuberie Ghardaïa.
- [2] Selmers. Manuel Technique, Grenailleuse Intérieure, Projet 448 Alfapipe Algérie.
- [3] A. Belhomme, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [4] Rezgi Imane, cour maintenance industriel Univ-Ouargla 2017.
- [5] Dr. Karim.Bourouni,cour maintenance industriel, Ecole nationale d'ingénieurs de Tunis, Septembre2014.
- [6]. Jean Heng, pratique de la maintenance préventive (4e éd), Paris : Dunod (2017).
- [7] François Monchy Jean-Pierre Vernier, maintenance méthode et organisations.
- [8] Anter Lebidi, « Développement de la production d'un système électromécanique par une proposition d'une politique de maintenance efficace » Mémoire de Master en génie électrique, université de M'sila ,2014.
- [9] Negadi Ali, « la maintenance des Equipements de forage (CAS TP127 HASSI MESSAOUD) » Mémoire de master génie mécanique, université ABDOU BEKR BELKAID-TLEMCEN, juin 2014.
- [10] Taibi Omar & Maouche Samir & Benhamed Aissa, « Gestion Des Risques, Analyse Et Evaluation Par La Maintenance Intégrée application « Moulins El Hodna M'sila » », Mémoire De Fin D'étude En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur D'état En Génie Electrotechnique, Université de M'sila, 2009/2010.
- [11] Hathat Abdelkader, Deblaoui Hicham Mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR990) université Kasdi Merbah – Ouargla 2014/2015.
- [12] Llaurens Jeremy, « Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique » Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie diplôme d'état, université Joseph Fourier, faculté de pharmacie de Grenoble, 16 Février 2011.

[13] http://lpmei.com/cd_bac_mei/Ressources/5%20Ressource%20Gestion%20de%20Maintenance/Pareto.pdf

[14] A. Herzallah : « Etude thermodynamique, maintenance et fiabilité d'un turbine à gaz MS5002b », mémoire d'ingénieur d'Etat, encadré par : Mr. ZOUGAB, université de Boumerdas, (2007).

[15] Ahmed Brillaouar M.A. Salima Beleulmi. Fiabilité maintenabilité disponibilité.

[16]. H. Kaffel, "La maintenance distribuée : concept, évaluation et mise en œuvre". Thèse présentée à la faculté de l'étude supérieure de l'université Laval pour l'obtention du grade de philosophie doctorat (ph.d) département de génie mécanique faculté des sciences et de génie université Laval Québec octobre 2001.

[17] N. Bendris, B. Saadi, Maintenance préventive, élaboration d'un planning préventif pour la machine tréfileuse coupeuse, Mémoire de master, Université de Bejaia, 2016/2017.

[18] Renée Veysseyre, Statistique et probabilités pour l'ingénieur, 2eme édition. 489p.

[19] H. Dif, E. Tacht, Mesure de la disponibilité d'un échantillon de 8 groupes électrogènes et proposition d'amélioration de cette disponibilité, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Électromécanique Université de Boumerdès, 2009.

[20] A. Abdiche : « Etude Thermodynamique, Maintenance Et Fiabilité D'une Turbine A Gaz Ms 5002b », mémoire d'ingénieur d'Etat, encadré par : Mr. ZOUGAB, université de Boumerdas.

[21] Pr.A. Bellaouar, M.A.S. Beleulmi. « Fiabilité Maintenabilité Disponibilité », Livre, université Constantine 1, (2014).

[22] A. Dafdaf, O. Faid : « Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique », mémoire master, encadré par : Mr. Z. Ghemari, université Mohamed Boudiaf – M'sila, (2018).

ANNEXES

β	A	B	β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,05	2,43290E+18	9,03280E+23	1,75	0,89062	0,52523	3,45	0,89907	0,28822	5,15	0,91974	0,20505
0,1	3,62880E+06	1,55977E+09	1,8	0,88929	0,51123	3,5	0,89975	0,28473	5,2	0,92025	0,20336
0,15	2,59357E+03	1,21993E+05	1,85	0,88821	0,49811	3,55	0,90043	0,28133	5,25	0,92075	0,20170
0,2	1,20000E+02	1,90116E+03	1,9	0,88736	0,48579	3,6	0,90111	0,27802	5,3	0,92125	0,20006
0,25	2,40000E+01	1,99359E+02	1,95	0,88671	0,47419	3,65	0,90178	0,27479	5,35	0,92175	0,19846
0,3	9,26053E+00	5,00780E+01	2	0,88623	0,46325	3,7	0,90245	0,27164	5,4	0,92224	0,19688
0,35	5,02914E+00	1,99761E+01	2,05	0,88589	0,45291	3,75	0,90312	0,26857	5,45	0,92272	0,19532
0,4	3,32335E+00	1,04382E+01	2,1	0,88569	0,44310	3,8	0,90379	0,26558	5,5	0,92320	0,19379
0,45	2,47859E+00	6,46009E+00	2,15	0,88561	0,43380	3,85	0,90445	0,26266	5,55	0,92368	0,19229
0,5	2,00000E+00	4,47214E+00	2,2	0,88562	0,42495	3,9	0,90510	0,25980	5,6	0,92414	0,19081
0,55	1,70243E+00	3,34530E+00	2,25	0,88573	0,41652	3,95	0,90576	0,25701	5,65	0,92461	0,18935
0,6	1,50458E+00	2,64514E+00	2,3	0,88591	0,40848	4	0,90640	0,25429	5,7	0,92507	0,18792
0,65	1,36627E+00	2,17887E+00	2,35	0,88617	0,40080	4,05	0,90704	0,25162	5,75	0,92552	0,18651
0,7	1,26582E+00	1,85117E+00	2,4	0,88648	0,39345	4,1	0,90768	0,24902	5,8	0,92597	0,18512
0,75	1,19064	1,61077	2,45	0,88685	0,38642	4,15	0,90831	0,24647	5,85	0,92641	0,18375
0,8	1,13300	1,42816	2,5	0,88726	0,37967	4,2	0,90894	0,24398	5,9	0,92685	0,18240
0,85	1,08796	1,28542	2,55	0,88772	0,37319	4,25	0,90956	0,24154	5,95	0,92729	0,18107
0,9	1,05218	1,17111	2,6	0,88821	0,36696	4,3	0,91017	0,23915	6	0,92772	0,17977
0,95	1,02341	1,07769	2,65	0,88873	0,36097	4,35	0,91078	0,23682	6,05	0,92815	0,17848
1	1,00000	1,00000	2,7	0,88928	0,35520	4,4	0,91138	0,23453	6,1	0,92857	0,17721
1,05	0,98079	0,93440	2,75	0,88986	0,34963	4,45	0,91198	0,23229	6,15	0,92898	0,17596
1,1	0,96491	0,87828	2,8	0,89045	0,34427	4,5	0,91257	0,23009	6,2	0,92940	0,17473
1,15	0,95170	0,82971	2,85	0,89106	0,33909	4,55	0,91316	0,22793	6,25	0,92980	0,17351
1,2	0,94066	0,78724	2,9	0,89169	0,33408	4,6	0,91374	0,22582	6,3	0,93021	0,17232
1,25	0,93138	0,74977	2,95	0,89233	0,32924	4,65	0,91431	0,22375	6,35	0,93061	0,17113
1,3	0,92358	0,71644	3	0,89298	0,32455	4,7	0,91488	0,22172	6,4	0,93100	0,16997
1,35	0,91699	0,68657	3,05	0,89364	0,32001	4,75	0,91544	0,21973	6,45	0,93139	0,16882
1,4	0,91142	0,65964	3,1	0,89431	0,31561	4,8	0,91600	0,21778	6,5	0,93178	0,16769
1,45	0,90672	0,63522	3,15	0,89498	0,31135	4,85	0,91655	0,21586	6,55	0,93216	0,16657
1,5	0,90275	0,61294	3,2	0,89565	0,30721	4,9	0,91710	0,21397	6,6	0,93254	0,16547
1,55	0,89939	0,59252	3,25	0,89633	0,30319	4,95	0,91764	0,21212	6,65	0,93292	0,16439
1,6	0,89667	0,57372	3,3	0,89702	0,29929	5	0,91817	0,21031	6,7	0,93329	0,16332
1,65	0,89421	0,55635	3,35	0,89770	0,29550	5,05	0,91870	0,20853	6,75	0,93366	0,16226
1,7	0,89224	0,54024	3,4	0,89838	0,29181	5,1	0,91922	0,20677	6,8	0,93402	0,16121