

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية



Faculté de sciences et

Technologie

Département de sciences et

Technologie

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم العلوم والتكنولوجيا

Université de Ghardaïa

Mémoire de fin d'étude en vue l'obtention du diplôme de

Master académique en électromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

THEME :

Etude de maintenance et FMD de la machine à souder S-SPM 2000 de L'entreprise ALFA PIPE Ghardaïa

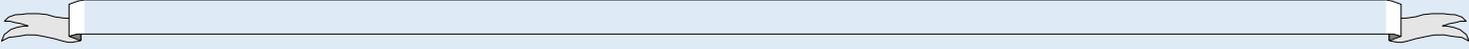
Présenté par :

- DJEKAOUA MOUNSIF.
- HACINI ACHRAF.

Encadrer par :

Dr. BOUKHARI HAMED

Année universitaire : 2019/2020



Remerciement

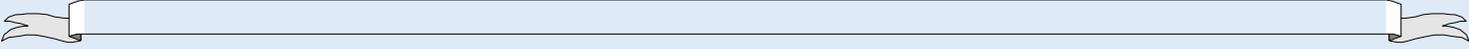
Après avoir rendu grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce document. Il s'agit plus particulièrement de :

Notre encadreur **Dr.BOUKHARI HAMED** on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier monsieur **OULED YAHIA YACINE** ingénieur en automatique pour sa disponibilité et ses conseils et aussi ses suivis qui aide nous pour comprend beaucoup chose à cet stage et aussi facile pour nous à obtenir les informations nécessaire pour la rédaction de mémoire.

Nos remerciements sincères vont à l'organisation et l'entreprise d'ALFAPIPE à tous les employés qui y travaille, Pour leur patience avec nous qui permis d'effectuer notre projet de fin d'étude et de continuer notre préparation de cette mémoire.



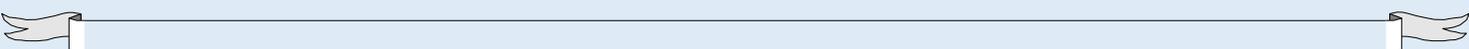


DÉDICACES

A notre parent. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de nos combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À tous ceux qui nous soutiennent tout au long de ce mémoire l'encadreur et le groupe d'ALFAPIPE et bien sur notre famille et nos amis.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce mémoire soit possible, nous voulons dire merci beaucoup.



Sommaire:	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Le Résumé	

Introduction générale :	1
--------------------------------	----------

CHAPITRE I

I. Présentation de l'entreprise :	3
Introduction :	3
Historique :	3
I.1. Domaine d'activité :	4
I.2. Etude de la production des tubes :	4
I.2.1. Les équipements :	4
I.2.2. Schéma synoptique de la procédure de fabrication des tubes :	5
I.2.3. Description de procédure de fabrication :	6
I.3. Schéma générale de d'entreprise ALFA PIPE :	11
I.4. Les certificats obtenus :	12

CHAPITRE II

I. la maintenance :	14
Introduction :	14
I.1. Définition de la maintenance :	14
I.2. Les différentes méthodes de maintenance :	15
I.2.1. Maintenance corrective :	16
I.2.2. objectives de maintenance corrective	16
I.2.3. Opérations de la maintenance corrective :	16
I.2.4. maintenance préventive :	16
I.2.5. Objectifs de la maintenance préventive :	17
I.2.6. Opérations de la maintenance préventive :	17
I.2.7. la maintenance améliorative :	18
I.2.8. Objectifs de la maintenance améliorative :	18
I.3. Les niveaux de maintenance :	18
I.4. les temps de maintenance :	20
I.5. Objectifs de la maintenance :	21
II. Fiabilité, maintenabilité et disponibilité (FMD) du système:	22
II.1. la Fiabilité :	22
II.1.1. Définition de fiabilité :	22

II.1.2. Différents types de fiabilité:	22
II.1.3. les indicateurs de fiabilité :	23
II.1.4. les lois de fiabilité :	24
II.1.5. Estimation des paramètres de la loi de Weibull :.....	26
II.1.6. diagramme de fiabilité:	27
II.2. Maintenabilité:.....	29
II.2.1. définition de la maintenabilité :	29
II.2.2. Temps Techniques de Réparation TTR :	29
II.2.3. Les critères de maintenabilité :.....	30
II.2.4. Les indicateurs de maintenabilité :	30
II.2.5. Expressions mathématiques :	31
II.3. Disponibilité:	31
II.3.1. définition de disponibilité :.....	31
II.3.2. Différente formes de disponibilité :.....	32

CHAPITRE III

Introduction :.....	35
I. Identification de la machine et description générale :.....	35
II. Caractéristiques technique :.....	36
III. Description des composants individuels de la machine :.....	36
III.1. Pièce d'entrée pivotable:	36
III.2. Le poste de formage :.....	44
III.3. Pièce de sortie :.....	47
IV. Le schéma symbolique de la machine:	50
V. Principales défaillances de la machine :.....	51
VI. Les maintenances appliquées sur la machine :.....	51

CHAPITRE IV

Introduction :.....	53
I. L'application pratique des méthodes d'analyse :	53
I.1. méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) » :.....	53
I.2. Calcul les paramètres de Weibull:.....	55
I.3. exploitation des paramètres de Weibull:	58
I.3.1. le MTBF :	58
I.3.2. La densité de probabilité en fonction de MTBF :.....	58
I.3.3. La fonction de réparation en fonction de MTBF :.....	58
I.3.4. La fiabilité en fonction de MTBF :	58

I.3.5. Le taux de défaillance en fonction de MTBF :	58
I.5. Étude de modèle de weibull :	58
I.5.1. La fonction de la densité de probabilité :	58
I.5.2. La fonction de réparation :	60
I.5.3. la fiabilité :	61
I.5.4. le taux de défaillance :	62
I.6. calcul de la maintenabilité de machine :	63
I.7. calcul de la disponibilité de machine :	64
I.7.1. disponibilité intrinsèque :	64
I.7.2. disponibilité instantané $D(t)$:	64
Conclusion générale :	67
Liste des références	
Annexe	

Liste des abréviations

Abréviations	Signification
ABC	Activité Basé sur le Cout
D(t)	Fonction de Disponibilité
FMD	Fiabilité Maintenabilité Disponibilité
f(t)	Densité de probabilité
F(t)	Fonction de Fiabilité
M(t)	Fonction de Maintenabilité
MTBF	Moyen de temps de Bon Fonctionnement
MTTR	Moyen de Temps de Réparation
TBF	Temps de Bon Fonctionnement
TR	Temps de Réparation
$\lambda(t)$	Taux de défaillance
γ	Paramètre de Position
η	Paramètre d'échelle
β	Paramètre de Forme
μ	Taux de Réparation

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II

Tableau 1: indicateur de fiabilité	23
Tableau 2: les indicateurs de maintenabilité	30

CHAPITRE III

Tableau 1: performance de machine S-SPM 2000	35
--	----

CHAPITRE IV

Tableau 1: historique de la machine à souder	53
Tableau 2: L'analyse ABC	53
Tableau 3: Fonction de réparation réelle	55
Tableau 4: calcul de variable de moinde carré.....	56
Tableau 5: calcul de la densité	59
Tableau 6: calcul de la fonction de répartition.....	60
Tableau 7: calcul de la fiabilité	61
Tableau 8: calcul de taux de défaillance.....	62
Tableau 9:la maintenabilité de la machine	63
Tableau 10:la disponibilité de la machine.....	64

LISTE DE FIGURES

CHAPITRE I

Figure 1.....	3
Figure 2 : procédure de fabrication de tubes.....	5
Figure 3 : machine à souder.....	6
Figure 4 : contrôle visuel.....	7
Figure 5 : contrôle radioscopique.....	7
Figure 6 : contrôle hydraulique.....	8
Figure 7 : contrôle radiographie.....	8
Figure 8 : examen ultra-sons.....	9
Figure 9: revêtement interne.....	9
Figure 10 : l'opération de revêtement.....	10
Figure 11 : schéma générale d'entreprise ALFA PIPE.....	11
Figure 12 : certificat d'ISO 9001.....	12
Figure 13 : certificat d'Accréditation.....	12

CHAPITRE II

Figure 1: type de maintenance.....	15
Figure 2: les temps de maintenance.....	20
Figure 3: objectifs de maintenance.....	21
Figure 4: la courbe de baignoire d'un système.....	23
Figure 5: la distribution de Weibull (graphique d'Allan Plait).	26
Figure 6: diagramme de fiabilité.....	27
Figure 7: Composants en série.	28
Figure 8: Composants en série.	28
Figure 9: composants en parallèle.....	29
Figure 10: la variation de disponibilité d'un système.....	32
Figure 11: La relation entre les notions FMD.....	33

CHAPITRE III

Figure 1: identification de la machine.....	35
Figure 2: Tube.....	36
Figure 3: matériau de base.....	36
Figure 4: bras de presseur.....	37
Figure 5: le burin.....	37
Figure 6: chariot de transport de bobine.....	38
Figure 7: support de bobine.....	38
Figure 8: le capteur de régulation.....	39
Figure 9: dispositifs de dressage moteur.....	39
Figure 10: soudage de feuillard.....	39
Figure 11: fraiseurs transversaux.....	40
Figure 12: partie de vérification de métal.....	40
Figure 13: guide-feuillard.....	41
Figure 14: dispositif de fraisages longitudinaux.....	41
Figure 15: nettoyage de feuillard.....	42
Figure 16: conducteur principal.....	42

Figure 17: lieu de croquage (tournage).....	43
Figure 18: table de guidage de feuillard	43
Figure 19: châssis d'entrée.....	44
Figure 20: commande de la fente de soudage	44
Figure 21: corps de forme	44
Figure 22: place de cintrage.....	45
Figure 23: châssis de base	45
Figure 24: Support de soudage.....	46
Figure 25: dispositif d'abaissement.....	46
Figure 26: poste ultrasons.....	47
Figure 27: dispositif de séparation	47
Figure 28: châssis de base	48
Figure 29: grille de sortie	48
Figure 30: le schéma général de la machine.....	49
Figure 31: le schéma symbolique de machine	50

CHAPITRE IV

Figure 1: la courbe d'ABC	54
Figure 2: page de calcul on Excel	57
Figure 3: Papier de WeiBull .sur logiciel Matlab	57
Figure 4: la courbe de la densité de probabilité.....	59
Figure 5: la courbe de la fonction de réparation	60
Figure 6: la courbe de la fonction de réparation	61
Figure 7: la courbe de la fonction de réparation	62
Figure 8: la courbe de maintenabilité	63
Figure 9: la courbe de disponibilité.....	64

Le résumé:

Plusieurs entreprises industrielles possèdent des méthodes et opérations de valorisation (évaluation) utilisé pour tous les activités des secteurs que vous possédé pour augmenter la performance de leur appareil et machine au but d'améliorer leur production et répondre aux besoins du marché et des clients.

L'objectif de cette étude consiste à mise en évidence l'historique et les annexes documentaires de la machine à souder en spirale de type S-SPM 2000 au but d'évaluer son performance de fonction l'aide d'analyse FMD (Fiabilité et Maintenabilité et Disponibilité) et la valorisation des valeurs et l'interprétation des courbes à travers les paramètres estimer (β , η , γ) préalablement.

Finalemnt, nous concluons que le résultat est indiqué un état ou performance moyen pour la machine, où nous pouvons dire la machine positionner entre la période de jeunesse et période de maturité.

الملخص:

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

الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على التاريخ والملاحق الوثائقية لآلة اللحام الحلزونية من نوع S-SPM 2000 بهدف تقييم أدائها الوظيفي باستخدام تحليل FMD (الموثوقية و الصيانة والتوافر) وتقييم القيم وتفسير المنحنيات من خلال المعلمات لتقدير (β , η , γ) مسبقاً.

أخيراً، سنستنتج أن النتيجة تدل على حالة أو أداء متوسط للآلة ، حيث يمكننا أن نقول وضع الآلة بين فترة الشباب وفترة النضج.

The summary:

Many industrial companies have valuation methods and operations, used for all activities in the sectors you own to increase the performance of their equipment and machines in order to improve their production and meet the needs of the market and customers.

The objective of this study is to highlight the history and documentary appendices of the S-SPM 2000 type spiral welding machine with the aim of evaluating its functional performance using RMA analysis (Reliability and Maintainability and Availability) and valuation of values and interpretation of curves through the parameters to estimate (β , η , γ) beforehand.

Finally, we will conclude that the result is indicated an average state or performance for the machine, where we can say the machine positioned between the period of youth and period of maturity.

Les mots-clé:

Disponibilité, Fiabilité, Maintenabilité, Machine à souder, Moindre carré, Paréto, Weibull

INTRODUCTION

Introduction générale

Introduction générale :

La fabrication des tubes aujourd'hui jouer un rôle très important pour le domaine de l'industrie parce que, nous considérons les comme un moyen essentiel de transporter tous les fluides qui utilisé pour obtenir l'énergie nécessaire de notre vie comme l'eau, gaz et principalement le pétrole qui est considéré une matière première très utilisé pour la production et la commercialisation, puisqu'il est la première source d'énergie et essentiel de la civilisation moderne.

Aujourd'hui, nous parlerons à propre l'usine d'ALFAPIPE GHARDAIA qui considéré une société par action du groupe des industries métallurgiques et sidérurgiques IMETAL. Elle est leader Algérien dans la fabrication et la commercialisation de tubes en acier soudé en hélicoïdale à l'arc sous flux solide (début de production en 1969).

Donc, l'exécution de la maintenance et le calcul de la fiabilité et en générale FMD dans une entreprise industrielle est d'une importance capitale pour maintenir les équipements en état de bon fonctionnement parce que l'équipement constitue un outil incontournable pour évaluer l'efficacité de n'importe quelle entité.

La machine à souder en spirale de type SP-SPM 2000 c'est un moyen de production des tubes avec une haute performance et avec une bonne qualité de tube et bon fiabilité aussi, c'est un machine fabrique dans une usine Allemands à la ville de Dortmund par un ingénieur italien.

Enfin, dans notre travail nous étudierons la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité (FMD) de la machine à souder en spirale de type SP-SPM 2000, cette étude bases sur l'exploitation historique déterminer par l'entreprise d'ALFAPIPE GHARDAIA et consiste à mettre en évidence sur une étude expérimentale des indicateurs FMD et en tracer sont courbes pour essayer d'améliorer la performance de la machine.

Donc généralement, ce travail se présentera en quatre chapitres :

- Chapitre I : Présentation d'ALFAPIPE Ghardaïa.
- Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD.
- Chapitre III : Généralité sur la machine à souder.
- Chapitre IV : Etude maintenance et FMD de la machine.

CHAPITRE I

I. Présentation de l'entreprise :

Introduction :

L'entreprise "ALFAPIPE" située à la zone industrielle de Bou Noura à Ghardaïa, à 10 km du chef-lieu de wilaya, l'usine occupe une superficie de 230 000 m² et son effectif s'élève en moyenne à 500 employés. En production depuis 1977, ALFAPIPE de Ghardaïa adopte la politique du changement dans la continuité. Sa spécialité est la fabrication de tubes en acier soudés en spirale (de diamètre 20 à 64 pouces, d'épaisseur 7,92 à 15 mm et d'une longueur de 7 à 13 m), adéquats à différents buts d'utilisation:

- La construction de pipelines (gazoducs et oléoducs).
- Les grands transferts d'eau entre les barrages et les agglomérations.
- Les activités des travaux publics.



Figure 1

Grâce à la qualité de ses produits, à la rigueur et l'expérience de son personnel, ALFAPIPE de Ghardaïa répond aux demandes spécifiques de ses clients et offre des prestations diverses, en respectant les délais. La satisfaction de nos clients, est l'objectif principal de notre société : elle conditionne le succès et la pérennité de l'entreprise.

ALFAPIPE de Ghardaïa est aujourd'hui un partenaire incontournable qui reste à l'écoute des nouvelles technologies et contribue pleinement au développement national. [1]

Historique :

Les puits de contrôle et de gaz se trouvent à proximité de l'usine Hassi R'mel et Hassi Messaoud la tuberie spiral d'El-Hadjar (Annaba) ne peuvent pas seul satisfaire les gros besoins de SONARTRACH en matière de transport et hydrocarbures .Il a été décidé de créer cette 2ème unité similaire à au 1er.

La mise en chantier de l'unité a démarré en Avril 1974 par une société allemande, et elle est entrée en production en 1977 d'une capacité de 120 .000 tonnes annuelle, d'une équivalence de 375KM de tube de 42 pouces de diamètre. Les bobines sont transportées par voie ferrée d'Annaba à Touggourt

ou elles sont stockées dans un dépôt d'une capacité De 40 .000 tonnes, pour être transportées par camion SNTR jusqu'à GHARDAIA (350Km). Le transport constitue pour limiter un goulot d'étranglement qui gêne par fois les paramètres de production.

I.1. Domaine d'activité :

L'entreprise ALFAPIPE a ou but de transformer les bobines et les produits plats au 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:

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

I.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 pouce, 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.2.1. Les équipements :

La fabrication des tubes en spiral nécessite des employeurs à haute qualification et des grandes 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 machines 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.
- Installation de revêtement extérieur.
- Installation de revêtement intérieur.

Chapitre I : l'entreprise et les équipements ALFA PIPE Ghardaïa

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

Des différents ateliers et des laboratoires :

- Atelier d'usinage.
- Atelier chaudronnerie.
- Atelier électrique, mécanique.
- Labo mécanique, chimique.
- Labo électronique.

I.2.2. Schéma synoptique de la procédure de fabrication des tubes :

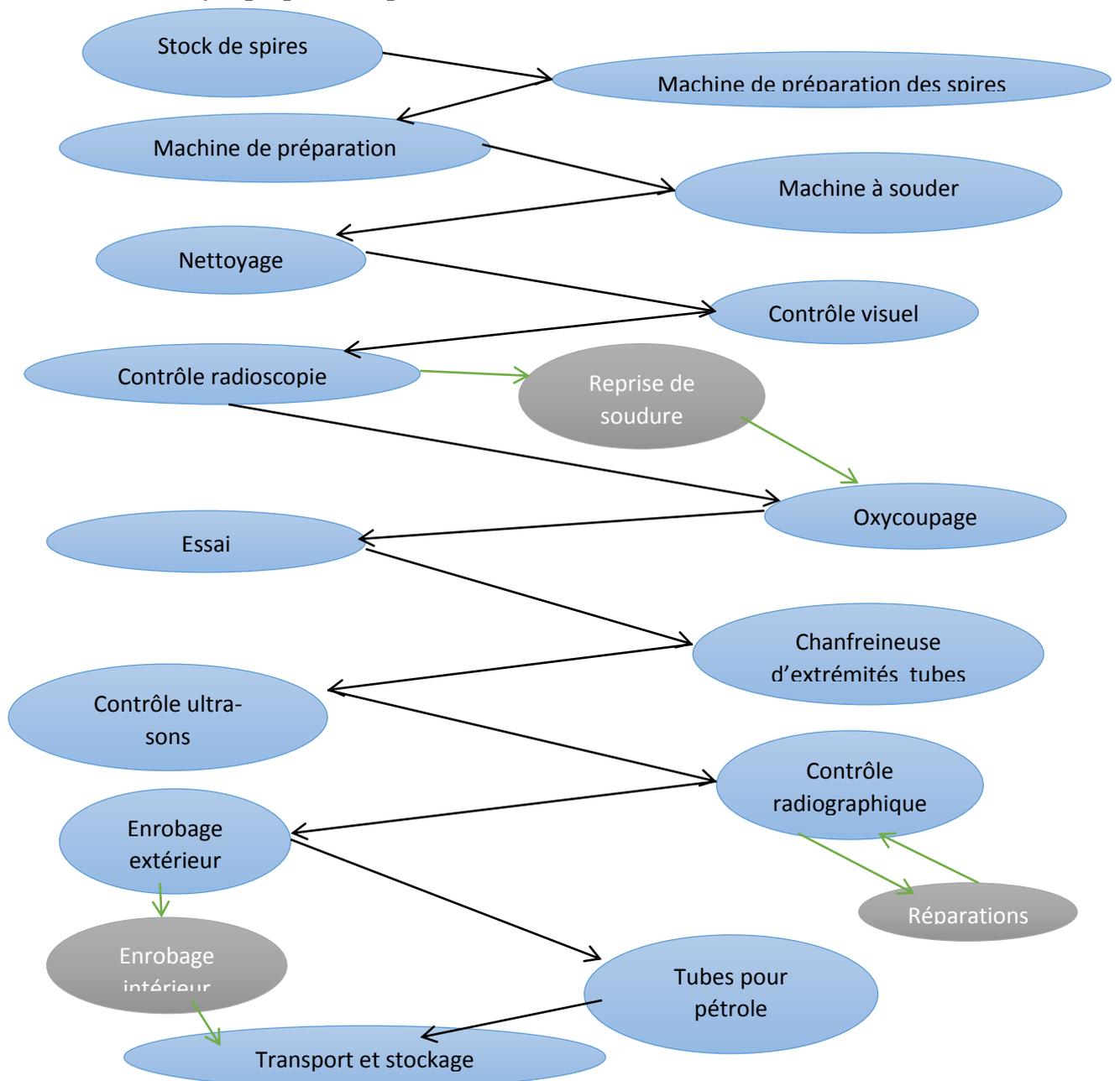


Figure 2 : procédure de fabrication de tubes

I.2.3. Description de procédure de fabrication :

I.2.3.1. Machine à souder en spirale :

La machine à souder en spirale sert à fabriquer des tubes à partir des bandes de différentes largeurs et épaisseurs dévidés des bobines. C'est bandes sont roulées en hélice et sont et sont ensuite soudées intérieurement et extérieurement selon le procédé de soudure en flux.



Figure 3 : machine à souder

Fonctionnement de la machine :

- Conformément à la largeur de la bande selon l'échelle graduée, la chaise support de la bobine se trouve dans la position requise transversalement à la direction du déroulement de la bobine (bande).
- Le chariot récepteur de bobine est avancé, c'est-à-dire que le dispositif de serrage se trouve face à face.
- La bobine se trouve dans la machine, la précédente bobine est épuisée, il y a lieu, maintenant, de souder l'extrémité de la bande de la nouvelle bobine, sur l'extrémité (fin) de la précédente.
- Planeuse avec guide bande.
- Cisaille circulaire avec râcheuse.
- Support de raclage avec outils de recalage des rives.
- Brosse des rives et des surfaces...etc.
- Cylindre de l'entraîneur, galet de préformage des rives et barre de guidage sont pré réglés sur l'épaisseur respectivement, la largeur de la bande.
- Cage de formage.
- Tête de soudure extérieure
- Dispositifs de réglage.
- Lunette de commande.

- Dispositifs de contrôle ultrasons.
- Chariot d'oxycoupage...etc.

I.2.3.2. Contrôle visuel :

Le but est de contrôler visuellement la qualité de soudure intérieure et extérieure par désargentés professionnelle. S'il existe un défaut le tube sera réparé avant de continuer la fabrication.



Figure 4 : contrôle visuel

I.2.3.3. Contrôle radioscopique :

C'est une installation composée d'un tube de rayon porté par un bar de fer et qui entre dans le tube pendant que celui-ci tourne hélicoïdalement, cela permet la transmission de l'image sur l'écran. A l'aide de cette installation radioscopie, le contrôleur détecte les défauts signalés auparavant et même cause non signalés en marquant exactement sur l'endroit du défaut et décide si



Figure 5 : contrôle radioscopique

le tube peut être dirigé vers la réception finale ou bien il doit être renvoyé à la réparation d'une soudure non admissible ou au tronçonneur pour la coupe, le cas de débouleur irréparable.

I.2.3.4. banc d'essai hydrostatique :

Chaque tube est soumis à une épreuve hydraulique le tube est bloqué entre deux têtes remplis d'eau et soumis à l'aide de pompe haute pression à la pression prescrite, qui correspond à une sollicitation qui voisine la limite élastique.

La maintenance pendant un temps fixé.



Figure 6 : contrôle hydraulique

I.2.3.5. Contrôle radiographique :

C'est une machine de Rayons X2 qui contient un système YXLON Image 2500/3500 est un système d'amélioration d'image et d'archivage qui nous offre de nouvelles solutions de création, affichage, traitement et archivage de radiographies. Il a été développé spécialement pour radiographier avec des détecteurs numériques modernes, YXLON Image 2500/3500 peut être utilisé pour le contrôle de cordons de soudure et photographie des point de réparation, ceci pour détecter d'éventés rencontrés lors de l'essai hydraulique.



Figure 7 : contrôle radiographie

I.2.3.6. Chanfreinage (tournage) :

Les extrémités des tubes sont chanfreinées afin de permettre un raccordement cohérent et efficace entre deux tubes adjacents (chantier de canalisation).

Pour le chanfreinage, le tube est fixé par ses deux bouts, et à l'aide de deux machines tournant disposant d'outils spéciaux usinent, les circonférences des deux extrémités de tube.

I.2.3.7. Examen ultra-sons [2] :

La surveillance interne de la qualité de la soudure spirale a lieu immédiatement après le soudage à l'aide d'installation automatique. Ils existent deux examens aux ultra-sons, l'un est fait pour le contrôle de la soudure, l'autre est fait pour le contrôle et la détection des dédoubleurs.

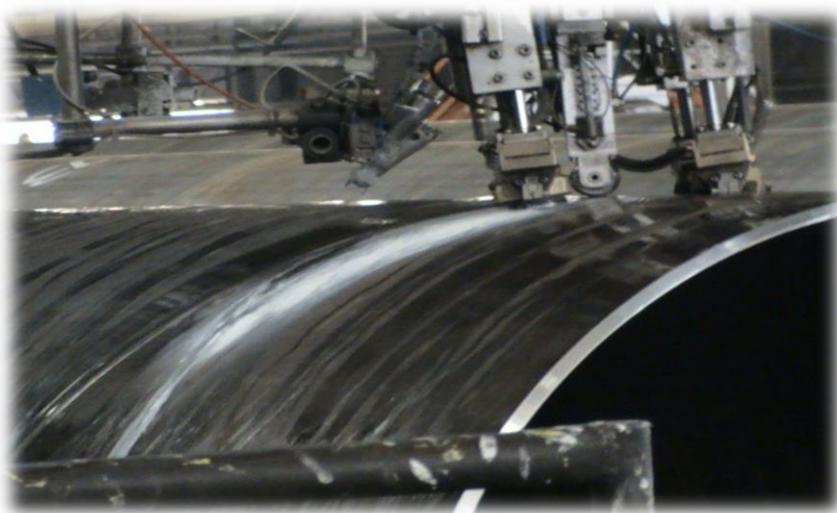


Figure 8 : examen ultra-sons

- Examen de soudure : est réalisé à l'aide de palpeur à angles dans le cas de l'examen plus simple pour détecter les défauts longitudinaux on utilise deux palpeur dont faisceau ultrasonores est perpendiculaire à la nature.
- Examen de dédoubleurs : pour cet examen, en utilise l'examen ultrasons avec ondes longitudinales est effectuer sur la surface externe du tube.

I.2.3.8. Processus de revêtement intérieur [3] :

- Nettoyage au karcher.
- Séchage par bruleur à gaz.
- Grenailage tube.
- Peinture intérieur.
- Contrôle final.

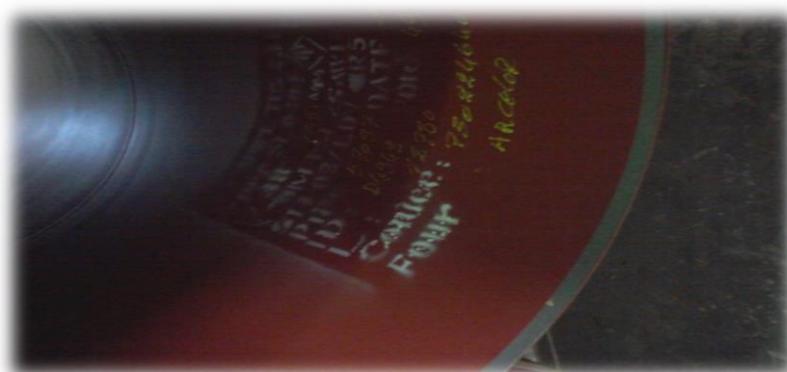


Figure 9: revêtement interne

I.2.3.9. Processus de revêtement extérieur [3]:

- Séchage.
- Grenailage extérieurs.
- Chauffage par induction.
- Revêtement de tube en polyéthylène.
- Tunnel de refroidissement.
- Cut-back d'extrémité.
- Bosseuse d'extrémité.
- Contrôle d'électrique de défaut de revêtement.



Figure 10 : l'opération de revêtement

Le séchage :

Il se fait par annulaire monté entre 2 convoyeurs à rouleaux est le gaz d'une puissance de 800 thermies.

Le four est contrôlé par armoire de commande disposant d'un régulateur de température qui agit sur des vannes d'arrêt à gaz liés à 4 brûleurs.

Une sonde avec gaine lg 150 sert à détecter la température du four.

L'intérêt du séchage est d'éliminer l'humidité qui est une gêne pour l'opération de grenailage.

Grenailage :

Cette fonction permet un nettoyage poussé des tubes c'est une projection de grenailage métallique sur le tube.

Le système est constitué de :

- Une cabine.
- Elévateur.
- Turbine.
- Installation électrique.
- Circuit de récupération.
- Séparateur.
- Filtre.
- Installation pneumatique.

I.3. Schéma générale de d'entreprise ALFA PIPE :

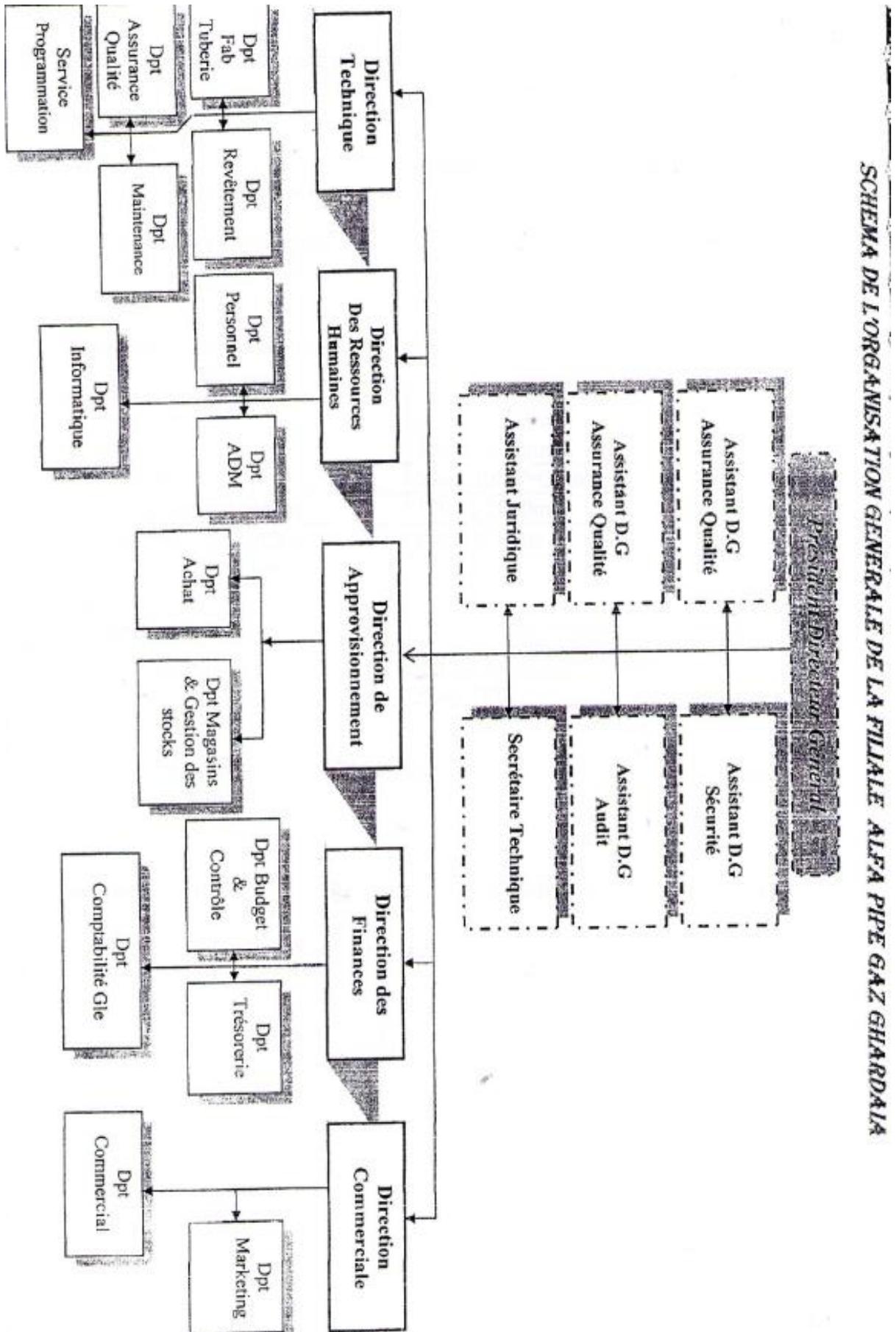


Figure 11 : schéma générale d'entreprise ALFA PIPE

I.4. Les certificats obtenus :

Les deux usines de fabrication d'ALFA PIPE sont certifiées specQ1, API 5L / et ISO 9001 depuis l'année 2001.



Figure 12 : certificat d'ISO 9001

Les laboratoires de essais mécaniques des deux unités sont accrédités selon la norme ISO/CEI 17025 depuis juillet 2018 par ALGERAC [Organisme Algérien d'Accréditation] pour les activités d'essais mécaniques et chimiques sur matériaux métalliques.



Figure 13 : certificat d'Accréditation

CHAPITRE II

I. la maintenance :

Introduction :

L'évolution de la maintenance se manifeste dans le passage du concept d'entretien à celui de la maintenance. Ce changement d'appellation reflète en fait une lente et longue évolution.

L'entretien consistait à prendre soin des différents types de matériel, entretien d'exploitation, comprenant le nettoyage, la lubrification, le graissage, à attendre la panne pour réparer et changer les pièces, entretien curatif, à rechercher certains aménagements, entretien d'amélioration. et aussi venu s'ajouter un entretien préventif de type systématique visant à éviter la panne par des contrôles et des changements de pièces à intervalles réguliers.

Enfin, las de procéder à des changements systématiques de pièces encore en bon état et de devoir périodiquement arrêter la production pour ces interventions, les responsables de ce qui est en train de devenir la maintenance s'orientent désormais vers une maintenance conditionnelle, c'est-à-dire subordonnée à l'apparition d'indicateurs de l'opportunité d'une intervention de maintenance préventive.

Le slogan: « Entretien c'est subir, la maintenance c'est maîtriser ».

I.1. Définition de la maintenance :

Le 1994 l'AFNOR est donnée une première définition normative de la maintenance donc « c'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé » selon [NFX 60-010].

Depuis 2001, elle à été remplacé par une nouvelle définition, donc « c'est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de managements durant le cycle de vie d'un bien , destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ». Selon [NF EN 13306 X 60-319].

La maintenance regroupe ainsi les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, manufacturés...etc.).

Un service maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le cout... etc.

I.2. Les différentes méthodes de maintenance :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de politique de ce dernier et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise, pour choisir, il faut être informé des objectifs de la direction, des décisions politiques de maintenance, mais il faut être informé des aussi connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthodes, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production, Donc le schéma ci-dessus représente les différents types de maintenance :[NF EN 13306].

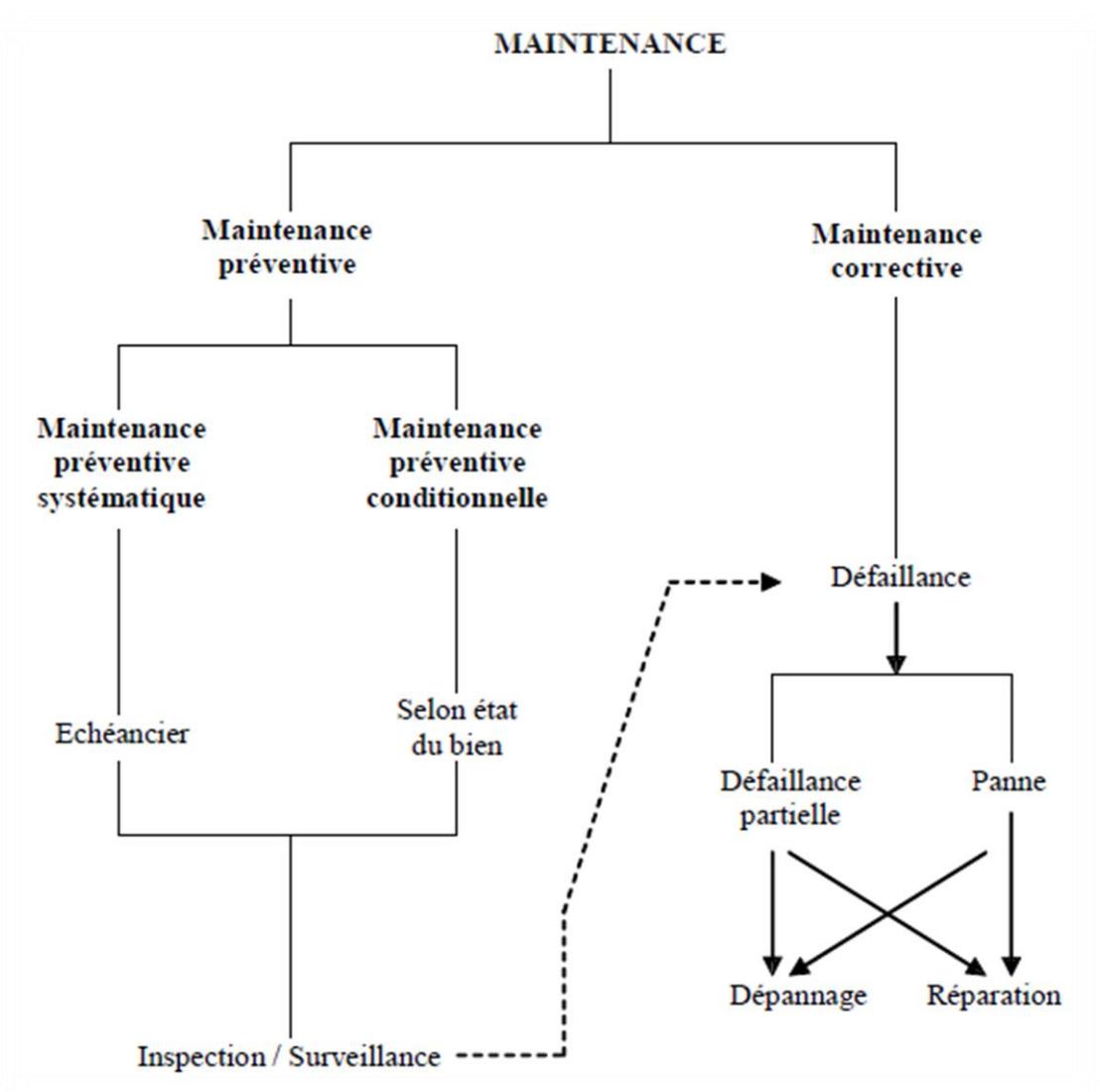


Figure 1: type de maintenance

I.2.1. Maintenance corrective [4]:

C'est la maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état le quel il peut accomplir une fonction requise. [NF EX 13306 X 60-319].

I.2.1.1 Maintenance palliative :

Dépannage provisoire de l'équipement permettant de perturber le moins possible l'activité de l'entreprise. Cette solution restant fragile, elle doit être suivie assez rapidement d'une maintenance curative.

I.2.1.2. Maintenance curative :

Réparation du dysfonctionnement et remise le matériel dans son état initial.

I.2.2. objectives de maintenance corrective :

- la disponibilité et la durée de vie du bien.
- La sécurité des hommes et du bien.
- La qualité des produits.
- La protection d l'environnement.
- L'optimisation des couts de maintenance.

I.2.3. Opérations de la maintenance corrective :

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

I.2.4. maintenance préventive [5]:

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

I.2.4.1. la maintenance préventive systématique [4] :

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

I.2.4.2. la maintenance préventive conditionnel [6]:

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

I.2.4.3. la maintenance préventive prévisionnelle [7] :

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

I.2.5. Objectifs de la maintenance préventive :

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

I.2.6. Opérations de la maintenance préventive :

- Inspection : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- Contrôle : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- Visite : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

- Test : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- Echange standard : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- Révision : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien.

I.2.7. la maintenance améliorative [9] :

L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise .on apporte donc des modifications à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc..., C'est une aide importante si l'on décide ensuite de construire un équipement effectuant le même travail mais à la technologie moderne : on n'y retrouvera plus les mêmes problèmes.

I.2.8. Objectifs de la maintenance améliorative :

La maintenance améliorative est un état d'esprit nécessitant un pouvoir d'observation critique et une attitude créative. Un projet d'amélioration passe obligatoirement par une étude économique sérieuse : l'amélioration doit être rentable. Tout le matériel est concerné, sauf bien sûr, le matériel proche de la réforme. Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont:

- L'augmentation des performances de production.
- L'amélioration de la maintenabilité.
- La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble.
- L'augmentation de la sécurité des utilisateurs et de fiabilité.

I.3. Les niveaux de maintenance :

1^{er} niveau : Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.... Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock des pièces consommables nécessaires est très faible.

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

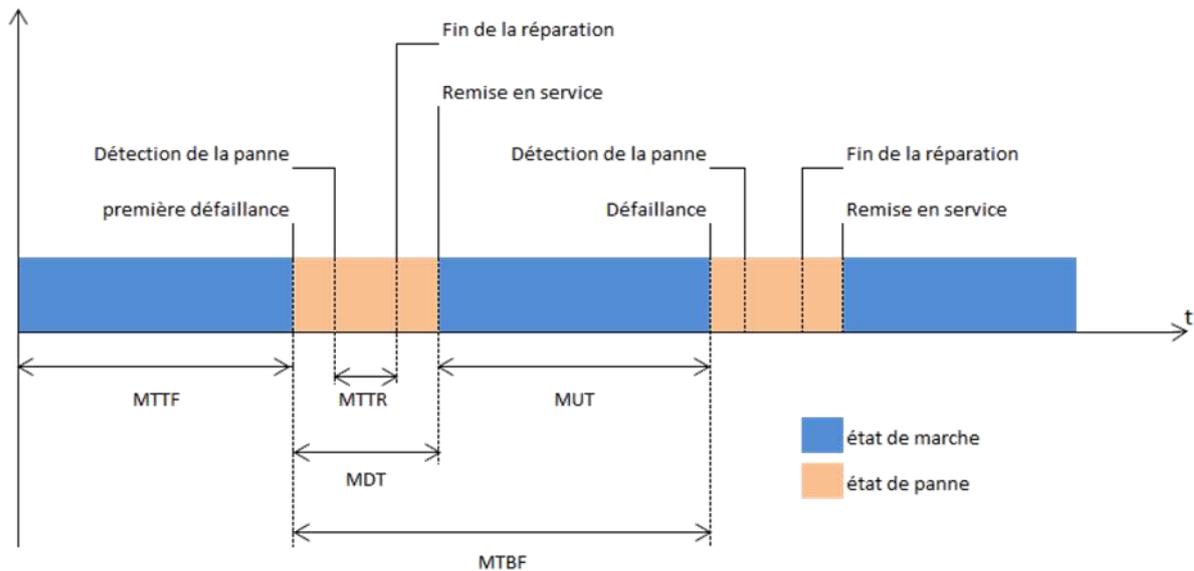
2^{ème} niveau : Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

3^{ème} niveau : Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

4^{ème} niveau : Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons du travail par les organismes spécialisés. Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.

5^{ème} niveau : Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.

I.4. les temps de maintenance [8] :



Le MTBF :

Figure 2: les temps de maintenance

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

Remarque : En anglais, MTBF signifie mean time between failures (norme X60-500).

Le MTTR :

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

Remarque : En anglais, MTTR signifie mean time to restoration (norme X60-500).

Le MTTA :

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.).

I.5. Objectifs de la maintenance :

Un programme de maintenance d'un exploitant à quatre objectifs :

- Assurer la réalisation des niveaux de sécurité, et de fiabilité inhérents aux équipements.
- Etablir la sécurité, et la fiabilité des équipements à leur niveau inhérent, lorsqu'une détérioration a eu lieu.
- Obtenir l'information nécessaire, pour améliorer le design des composants dont la fiabilité inhérente est inadéquate.
- Accomplir ces objectifs au meilleur cout total possible, incluant les couts d'entretien et les couts des défaillances résiduelles.

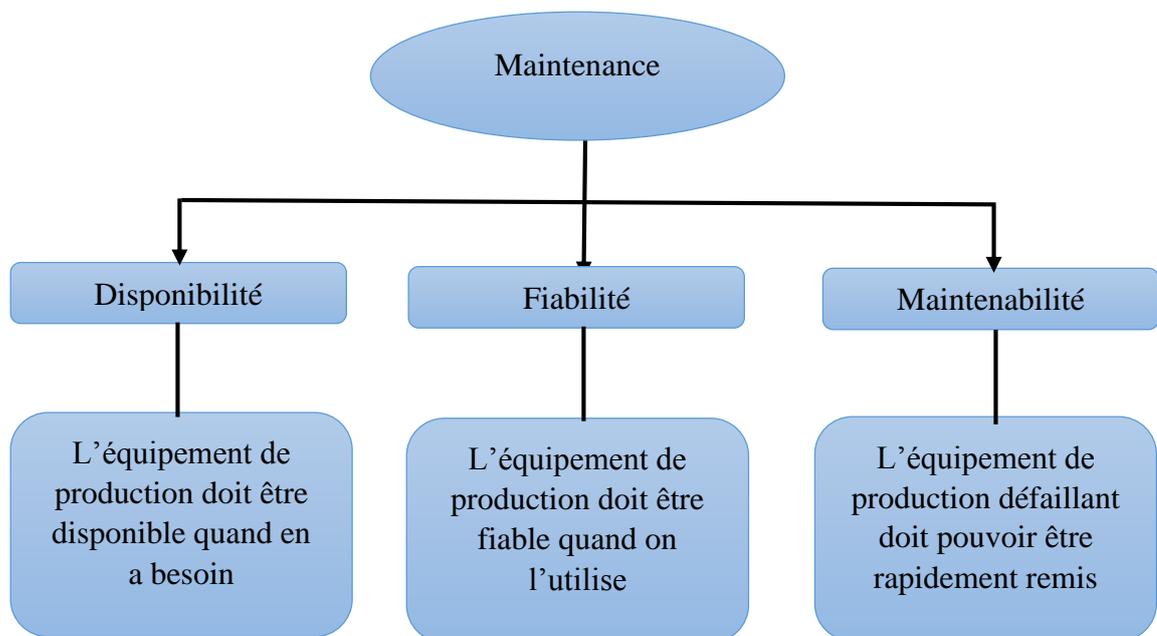


Figure 3: objectifs de maintenance

II. Fiabilité, maintenabilité et disponibilité (FMD) du système:

La fiabilité a pour objectif de [10] :

- 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, et aussi pour choisir le stock.

II.1. la Fiabilité [10]:

II.1.1. Définition de fiabilité :

La fiabilité "R" est la probabilité qu'un bien (produit ou système) à accomplir, de manière satisfaisante, une fonction requise, sous des conditions données et période de temps donné.

II.1.2. Différents types de fiabilité:

II.1.2.1. Fiabilité prévisionnelle :

La fiabilité prévisionnelle permet d'estimer la fiabilité a priori d'un composant, d'un équipement, 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.

II.1.2.2. 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).

II.1.2.3. Fiabilité opérationnelle [11]:

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

II.1.3. les indicateurs de fiabilité :

Indice	Description
N	Nombre de pannes.
MTTF	Moyenne des temps de bon fonctionnement jusqu'à la première défaillance, dont la date d'arrivée est peu significative de la suite.
R(t)	Fonction fiabilité. C'est la fiabilité stricte définie comme la probabilité de bon fonctionnement d'un système à l'instant t, déterminée comme précédemment à partir d'un modèle probabiliste ajusté à un échantillon.
MTBF	Calculée à partir l'espérance mathématique de la variable aléatoire TBF en utilisant une loi de probabilité R(t) ajustée à un échantillon de n valeurs de TBF relevés.
λ	Fonction taux de défaillance. Dérivée de la fonction R(t), c'est un bon indicateur du comportement temporel du système (jeunesse, maturité, vieillesse). En d'autre terme, c'est la vitesse à laquelle les défaillances se produisent.

Tableau 1: indicateur de fiabilité

II.1.3.1. Taux de défaillance instantané [12] :

Le taux de défaillance est un indicateur de fiabilité qui représente :

- Soit le nombre de défaillance par unité d'usage : c'est le taux de défaillance moyen :

$$\lambda = (\text{Nombre de défaillance}) / (\text{Durée d'usage})$$

- Soit la fonction $\lambda(t)$ qui représente la probabilité d'apparition d'une défaillance d'un équipement à l'instant t : c'est le taux de défaillance instantané. Par conséquent, l'appareil considéré est encore en fonctionnement à l'instant t.

Le taux de défaillance s'exprime le plus souvent en panne / heure, voici quelque formule :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{Ou} \quad \lambda(t) = \frac{R'(t)}{R(t)} \quad \text{Ou} \quad \lambda(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

Remarque : expérimentalement $\lambda(t)$ est une courbe en baignoire.

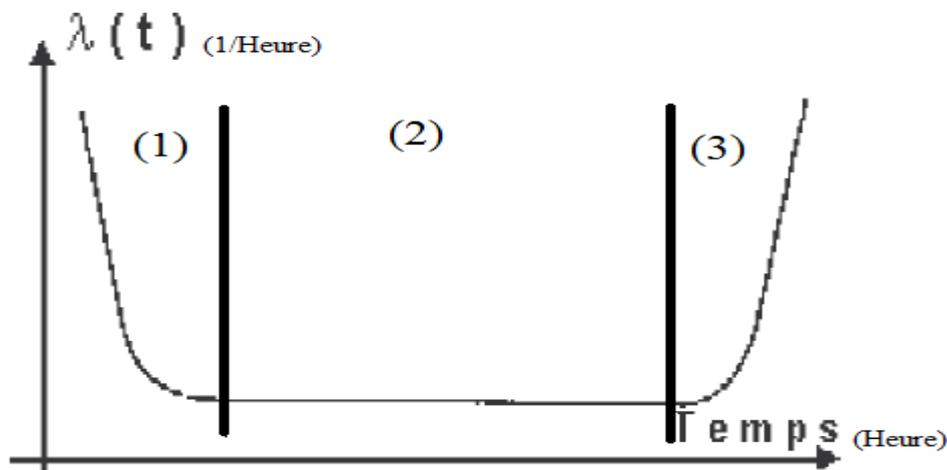


Figure 4: la courbe de baignoire d'un système

La courbe met en évidence 3 périodes distinctes :

- (1). La période de jeunesse, caractérisée par des défaillances précoces.
- (2). La période de maturité, caractérisée par des défaillances aléatoires et un taux de défaillance sensiblement constant.
- (3). La période de vieillesse, ou d'usure, caractérisée par un taux de défaillance croissant jusqu'à obsolescence.

II.1.3.2. Temps moyen entre deux défaillances successives (MTBF) :

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

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t)$$

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps.

$$MTBF = \frac{\text{somme des temps des fonctionnement entre les pannes}}{\text{nombre totale des pannes}}$$

Si λ est constant :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

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

II.1.4. les lois de fiabilité :

Il est toujours possible d'associer à une variable aléatoire une probabilité et définir ainsi une loi de probabilité. Lorsque le nombre d'épreuves augmente indéfiniment, les fréquences observées pour le phénomène étudié tendent vers les probabilités et les distributions observées vers les distributions de probabilité ou loi de probabilité. Une loi de probabilité est un modèle représentant "au mieux", une distribution de fréquences d'une variable aléatoire.

II.1.4.1. Les lois de probabilité utilisées en fiabilité :

- Lois discrètes : loi de binomiale et la loi de poisson.
- Lois continues : la loi de Weibull, loi d'exponentiel, loi normale, et loi log normale.

II.1.4.2. les lois usuelles de la fiabilité :

Loi exponentiel : En raison des applications multiples de cette loi qui n'est autre qu'un cas particulier de la loi de Weibull, on présentera dans ce qui suit un large développement de cette loi avec plusieurs applications.

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

- Fonction de la fiabilité : $R(t) = e^{-\lambda t}$
- Fonction de défaillance : $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$
- Densité de probabilité : $f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$

Loi de Weibull [13]: c'est une loi de fiabilité à 3 paramètres qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillances n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). Cette loi permet :

- Une estimation de la MTBF.
- Les calculs de $\lambda(t)$ et de $R(t)$ et leurs représentations graphiques.
- Grâce au paramètre de forme β d'orienter un diagnostic, car β peut être caractéristique de certains modes de défaillance.

Les 3 paramètres de cette loi sont : γ , η , β 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 ($-\infty > \gamma > +\infty$).

Les différentes formules utilisées pour la distribution de Weibull sont :

- La densité de probabilité : $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

$f(t)$: probabilité d'avarie au temps t .

- La fonction répartition : $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

$F(t)$: probabilité d'avarie cumulée au-delà du temps.

- La fonction de fiabilité : $R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

$R(t)$: probabilité de suivi cumulée au-delà temps.

- Le taux de défaillance : $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$

$\lambda(t)$: probabilité d'avarie au temps $t+\Delta t$

II.1.5. Estimation des paramètres de la loi de Weibull [14]:

Un des problèmes essentiel est l'estimation des paramètres (β , η , γ) de cette loi, pour cela, nous disposons de la méthode suivante :

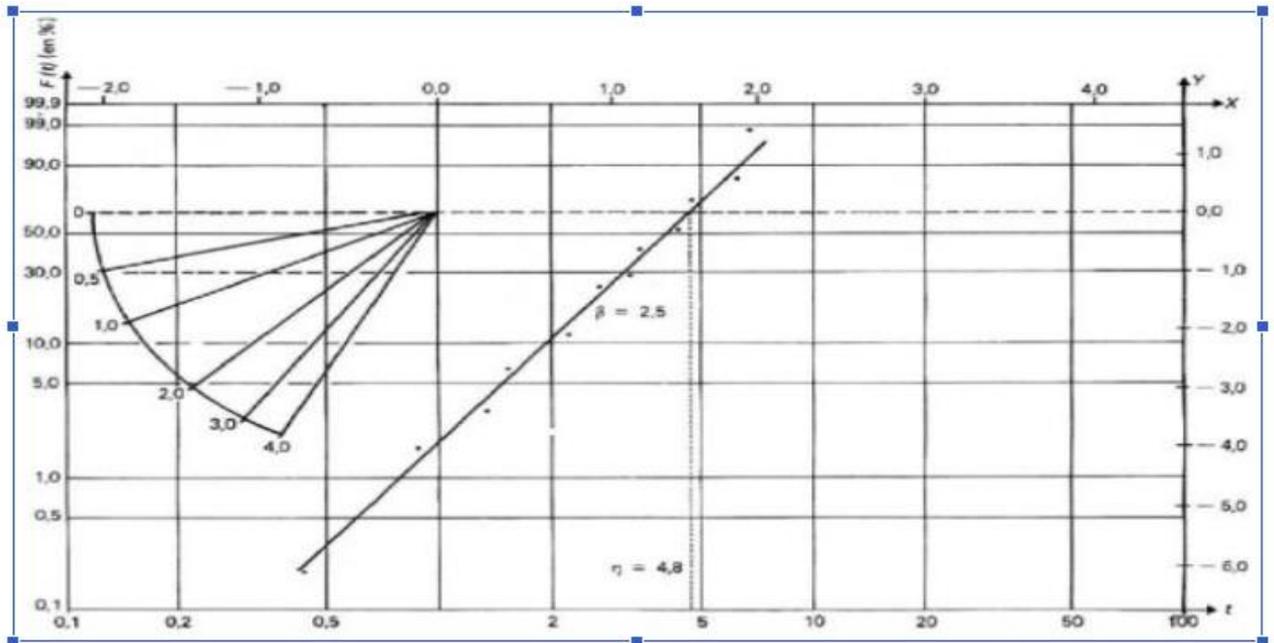


Figure 5: la distribution de Weibull (graphique d'Allan Plait).

Axe de t en (heures), et l'axe de F(t) (en %).

Remarque : l'historique permet de déterminer des Temps de bon fonctionnement et des fréquences cumulées de défaillance F(i), approximation de F(t).

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

On a 3 cas différents :

1. Si $N > 50$, regroupement des Temps de bon fonctionnement par classes avec la fréquence cumulée (Méthode des rangs bruts) :

$$F(i) = \frac{ni}{N} \approx F(t)$$

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

2. Si $20 < N < 50$ on affecte rang « Ni » à chaque défaillance (approximation des rangs moyens) :

$$F(i) = \frac{ni}{N + 1} \approx F(t)$$

3. Si $N < 20$ on affecte un rang « Ni » à chaque défaillance (approximation des rangs médians):

$$F(i) = \frac{ni - 0.3}{N + 0.4} \approx F(t)$$

ni : range (1, 2,3...).

a. Recherche de γ :

Si le nuage de points correspond à une droite, alors $\gamma = 0$. ($\gamma = 0$)

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

b. Recherche de η :

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

c. Recherche de β :

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

II.1.6. diagramme de fiabilité [15]:

Le digramme de fiabilité est un modèle graphique utilisé en sûreté de fonctionnement pour représenter l'état de marche d'un système en fonction des états de marche de ses composants.

Il partage avec l'arbre de défaillances les mêmes bases booléennes et probabilité. Cet article décrit sa mise en œuvre, les difficultés et les solutions pour l'utiliser qualitativement (coupes minimales) et quantitativement (disponibilité, fréquence de défaillance ou fiabilité). Il décrit l'état de l'art basé sur l'utilisation des digrammes de décision binaires, fournit des exemples illustratifs et aborde les extensions aux aspects non cohérents ou dynamiques.

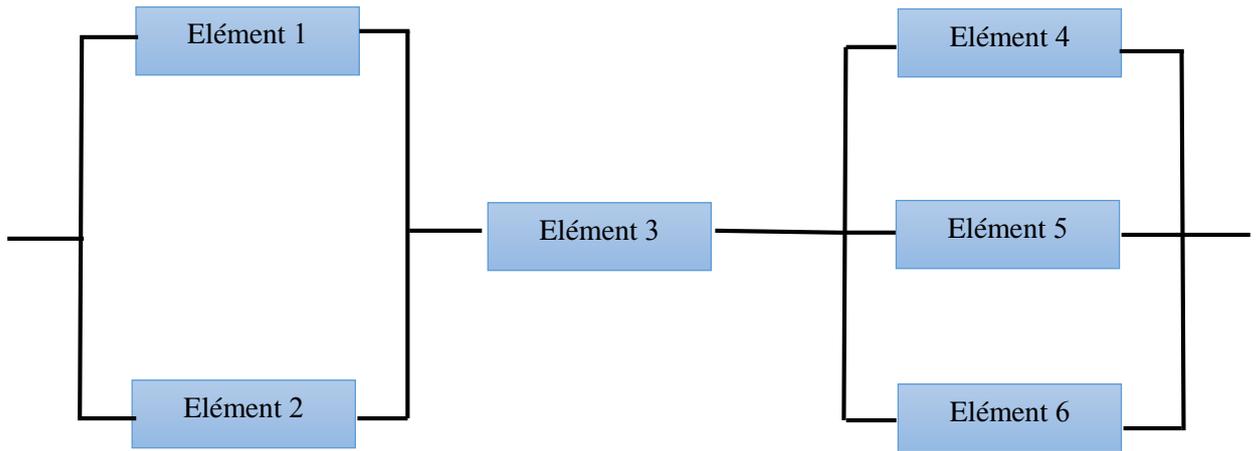


Figure 7: Composants en série.

II.1.6.1. fiabilité de système constitué de plusieurs composants :

- Elément en série :

La fiabilité R_s d'un ensemble de n constituants connectés en série est égale au produit des fiabilités respectives R_A, R_B, R_C, R_n de chaque composant.

$$R_s = R_A \times R_B \times R_C \times \dots \times R_n$$

Si les 'n' composants sont identiques avec une même fiabilité R la formule sera la suivante :

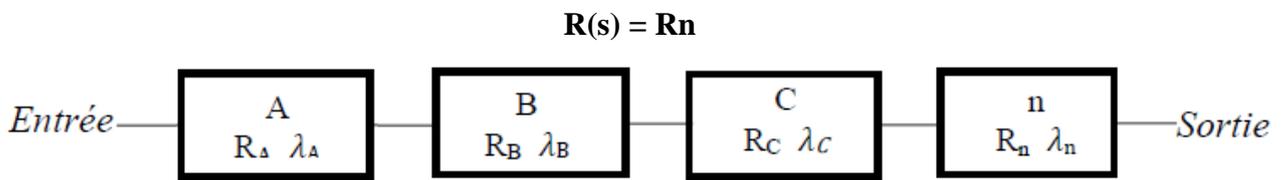


Figure 8: Composants en série.

Si les taux de défaillances sont constants au cours du temps la fiabilité sera calculée suivant la formule:

$$R(t) = (e^{-\lambda_A t}) \times (e^{-\lambda_B t}) \times (e^{-\lambda_C t}) \times \dots \times (e^{-\lambda_n t})$$

Avec :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \dots + \lambda_n}$$

- Elément parallèle :

La fiabilité d'un système peut être augmentée en plaçant les composants en parallèle. Un dispositif

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

constitué de **n** composants en parallèle ne peut tomber en panne que si les **n** composants tombent en panne au même moment.

Si **F_i** est la probabilité de panne d'un composant, la fiabilité associée **R_i** est son complémentaire:

F_i = 1 - R_i , F_i représentant la fiabilité associée

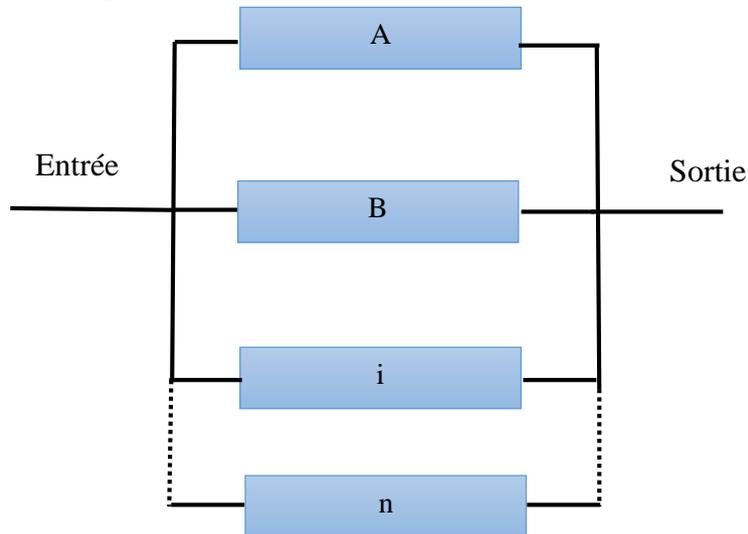


Figure 9: composants en parallèle

Soit les '**n**' composants de la figure ci-dessous montés en parallèle. Si la probabilité de panne pour chaque composant repéré (**i**) est notée **F_i** alors:

$$R(s) = 1 - (1 - R)^n$$

II.2. Maintenabilité [5]:

II.2.1. définition de la maintenabilité :

D'après la norme AFNOR X 60-010 ; « dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyen prescrits ».

Par analogie avec la fiabilité, il est possible de donner à la maintenabilité une définition probabiliste : « la maintenabilité est la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions et avec des moyens prescrits [2] ».

II.2.2. 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.

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

- 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.

II.2.3. Les critères de maintenabilité :

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. L'avant-dernier 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 dernier 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.

II.2.4. Les indicateurs de maintenabilité :

Indice	Description
N	Nombre de pannes.
MTTR	La MTTR est le principal indicateur de maintenabilité. Elle peut être obtenue par la moyenne statistique d'un échantillon de valeurs TTR ou par l'espérance mathématique de TTR obtenue à partir d'un modèle probabiliste. n
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.

Tableau 2: les indicateurs de maintenabilité

II.2.5. 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 :

$$M(t) = \int_0^t g(t) dt$$

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

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

$$\mu(t) = g(t)/(1 - M(t))$$

Le MTTR est donné par :

$$MTTR = \int_0^{+\infty} tg(t) dt$$

$$MTTR = 1 / \mu$$

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.

II.3. Disponibilité [9]:

II.3.1. définition de disponibilité :

Lorsqu'on étudie la fiabilité, on s'intéresse non seulement à la probabilité de panne, mais aussi au nombre de pannes et en particulier, au temps requis pour faire les réparations. Dans cette perspective, deux nouveaux paramètres de la fiabilité deviennent notre centre d'intérêt.

La disponibilité est la probabilité qu'un système soit disponible pour être utilisé à un moment donné de temps.

Cette définition est proche de celle de la fiabilité, sauf que le système demandé doit fonctionner à l'instant (t) et non sur une période de temps (0 à t) [15].

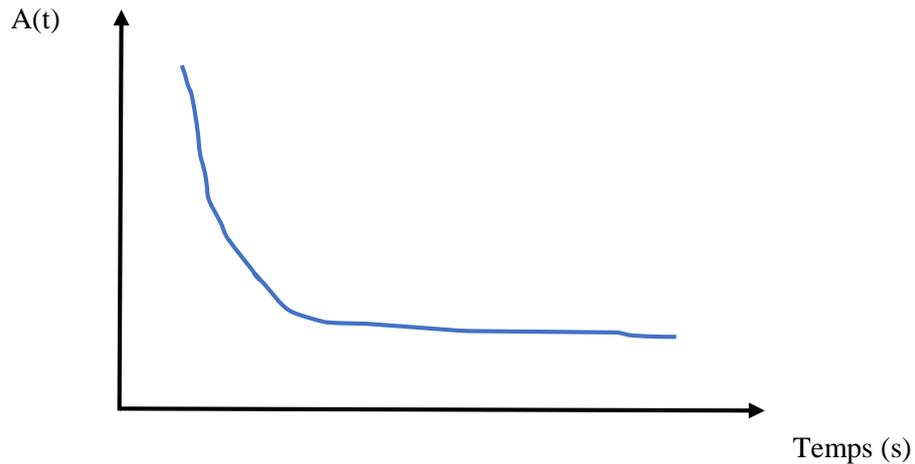


Figure 10: la variation de disponibilité d'un système

$A(t)$: probabilité qu'un système fonctionne de façon satisfaisante au moment t .

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

II.3.2. Différente formes de disponibilité :

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production.
- Etre rapidement remis en bon état s'il tombe en panne.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité.

On a trois formes de disponibilité qui sont :

- Disponibilité moyenne :

La disponibilité moyenne sur intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport suivant :

$$D = D(t) = \frac{\text{temps de disponibilité}}{\text{temps de disponibilité} + \text{temps d'indisponibilité}}$$

Indisponibilité = 1 – disponibilité = 1 - D

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \right)$$

- Disponibilité intrinsèque :

Elle exprime le point de vue du concepteur. Ce dernier a conçu et fabriqué le produit en lui donnant un certain nombre de caractéristiques intrinsèques, c'est à dire des caractéristiques qui prennent en

Chapitre II : Généralité sur la maintenance et FMD

compte les conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement, supposées idéales.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF : moyen de temps de bon fonctionnement.

MTTR : temps moyen de réparation.

- Disponibilité opérationnelle :

Il s'agit de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de maintenance. C'est la disponibilité du point de vue de l'utilisateur.

Le calcul de D_o fait appel aux mêmes paramètres TBF, TTR et TTE sauf que ces 3 paramètres ne sont plus basés sur les conditions idéales de fonctionnement mais sur les conditions réelles (historiques d'exploitation).

$$D_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL}$$

MTL : moyenne des temps logistique.

II.3.3. La relation entre les notions FMD :

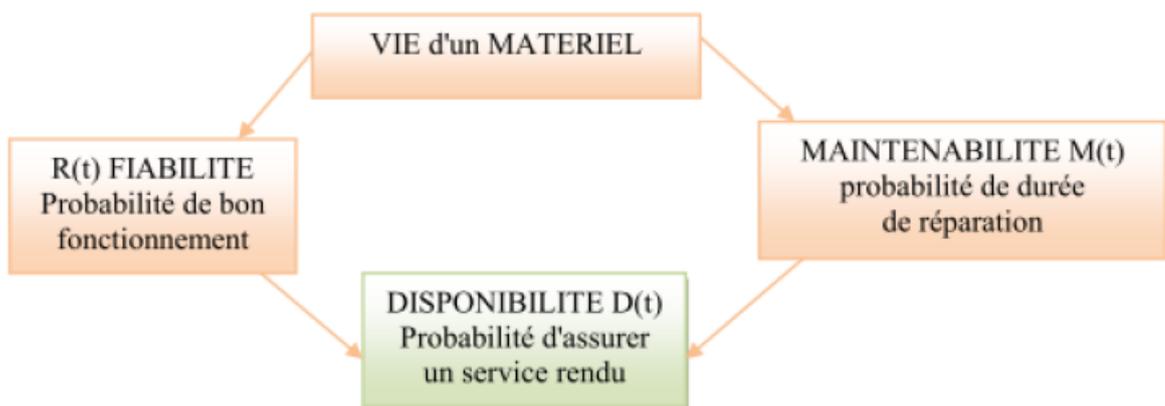


Figure 11: La relation entre les notions FMD

Pour qu'un matériel soit disponible il faut s'assurer que sa fiabilité est optimum et qu'il est aussi maintenable.

CHAPITRE III

Introduction :

Pour améliorer la production, l'entreprise a acheté une nouvelle machine à souder en spirale de type SP-SPM 2000, cette machine commence sa production officielle au mois d'octobre 2017.

Elle est conçue pour former des tubes en spirale à partir de bobines à larges feuillards (bande), et souder complètement ces tubes à l'intérieur et à l'extérieur à l'aide d'un équipement de soudage SAW en technique multi-fil.

La machine S-SPM 2000 est capable d'augmenter notre production de 200000T à 400000T et aussi pour fabriquer les tubes à grande épaisseur (25.4 mm), pour la première fois en Algérie.

La nouvelle machine avec les performances suivantes :

Le diamètre	20 à 80 pouces
L'épaisseur	6.34 mm à 25.4 mm
La largeur	10 m à 18 m
Nuance d'acier	Jusqu'à X100

Tableau 1: performance de machine S-SPM 2000

I. Identification de la machine et description générale [16]:

- Type : machine à former et à souder des tubes en spirale S-SPM 2000
- N° de machine : KP0J5801-02/03
- Année de construction : 2014
- Fabricant : DANIELI W+K :
 - W+K IndustrieTechnik GmbH & Co.KG Hauert 12a
 - 44227 Dortmund.
 - Téléphone : +49 (0) 231 – 79 22 11 – 0
 - Fax : +49 (0) 231 – 79 22 11 – 9
 - Site web : www.danieli-wk.de

Figure 1: identification de la machine

La machine S-SPM 2000 est essentiellement constituée des éléments suivants :

- **La pièce d'entrée pivotable** sur laquelle sont montés tous les dispositifs nécessaires qui transforment les bobines en un feuillard (bande) de tôle approprié et le transportent vers le poste de formage.
- **Le poste de formage** dans lequel le feuillard de tôle préparé, retiré, rogné, transformé en tube Zn spirale et soudé complètement à l'intérieur.

- **La pièce de sortie** sur laquelle sont montés les dispositifs assurant le soudage extérieur et le contrôle de la soudure par ultrasons ainsi que les guidages et le dispositifs de découpage de la ligne de tube fabriquée et le dispositif d'évacuation du tube coupé vers le système de transport des tubes.

II. Caractéristiques technique [16] :

a. Tube :

- Diamètre extérieur : 20" – 80"
- Epaisseur de feuillard (bande) : 508 mm – 2032 mm
- Longueur de tube : 6 m – 18 m
- Qualité de tube : conformément à la spécification API 5 L numéro 44, octobre 2008.
- Qualité matériau : max. X100
- Angle soudure en spirale : 10° - 45° en pas gauche.
- Vitesse de soudage : max 2.5 m/min

Figure 2: Tube

b. Matériau de base : (bobines feuillards laminés à chaud)

- Tolérance matériau : selon DIN EN 10051
- Largeur de feuillard : 1100 mm – 2050 mm
- Sabre de feuillard : longueur max. 20 mm /10 m
- Diamètre intérieur bobine : 700 mm – 900 mm
- Diamètre extérieur bobine : 1200 mm – 2400 mm
- Poids rouleau : 45 T max.
- Qualité matériau : X100
- Limite d'élasticité : X100, 690 N/mm² min, 840 N/mm² max.

Figure 3: matériau de base

III. Description des composants individuels de la machine :

III.1. Pièce d'entrée pivotable [16] :

III.1.1. Bras de presseur :

Le bras de presseur est conçu comme une bascule ou le système de pivot de la bascule est monté contre les dispositifs de dressage. La bascule est munie à l'avant des rouleaux presseurs caoutchoutés et du moteur d'entraînement hydraulique qui entraîne les rouleaux via une chaîne. L'autre côté de la bascule comporte un vérin de calage hydraulique pour le pivotement de la bascule ou pour abaisser les rouleaux rotatifs sur la bobine. Les rouleaux presseurs sont maintenus dans leur position pendant et après le changement de bobine jusqu'à ce que tout saut de premières spires de la bobine pendant le

fonctionnement puisse être exclu.



Figure 4: bras de presseur

III.1.2. Le burin :

la cage de guidage du burin est montée sur le support de dressage de manière à ce qu'elle puisse positionner le burin contre la bobine pour la séparation, pour cela, la cage de guidage est pivotable et le burin dans la cage de guidage est réglable en hauteur, les deux mouvements



Figure 5: le burin

sont effectués à l'aide d'un vérin hydraulique. Dès que le conducteur auxiliaire est fermé et par conséquent, que le début de bobine est fixé, le burin revient dans sa position de départ.

III.1.3. Chariot de transport de bobines :

Le chariot de transport de bobines, disposé sur la partie avant du châssis de base d'entrée, sert à recevoir la bobine (feuillard (bande) de tôle enroule) et, à l'aide d'un dispositif de déplacement hydraulique, conduit la bobine dans la position de réception par les supports de bobine, à l'aide des rouleaux rotatifs à entraînement hydraulique disposés sur le chariot de transport de bobines et des rouleaux presseurs supérieurs également entraînés hydrauliquement.



Figure 6: chariot de transport de bobine et des rouleaux presseurs supérieurs également entraînés hydrauliquement.

La bobine est tournée de manière à ce que le début de feuillard sont séparé par les bas à l'aide du burin et enfilé par le conducteur auxiliaire ouvert.

III.1.4. Support de bobine :

Les deux supports de bobine sont reliés par des guidages linéaires au châssis de base d'entrée. Chaque support de bobine peut être déplacé dans le sens transversal et réglable en hauteur par un vérin hydraulique.

Une fois le début la bobine fixé dans le conducteur auxiliaire, les deux supports de bobine pénètrent latéralement dans l'ouverture intérieurs de la bobine et la soulèvent du



Figure 7: support de bobine

chariot de transport de bobines pour permettre à ce dernier de retourner dans sa position de réception arrière.

III.1.5. Régulation du centrage :

Cette opération est assurée par une utilisation des capteurs spécialisés pour le centrage.

Ces capteurs est placé dans le haut de machine juste après les supports de bobine.



Figure 8: le capteur de régulation

III.1.6. Dispositif de dressage moteur (conducteur auxiliaire) :

Le conducteur auxiliaire permet de pousser le début de bobine par le dispositif de dressage fermé jusqu'à ce qu'il peut toucher par le chariot de serrage du soudage des feuillards bande.



Figure 9: dispositifs de dressage moteur

III.1.7. Soudage de feuillard (bande) :

Dans cet organe le début de feuillard de la nouvelle bobine est soudé avec le début de feuillard déroulé transversalement par rapport au sens de production, la fin de feuillard est coincée et le bout résiduel inutilisable est coupé au moyen d'un dispositif de séparation au plasma.



Figure 10: soudage de feuillard

III.1.8. Fraiseurs transversaux :

Le dispositif de fraisage transversal BF 30 est utilisé comme accessoire pour le fraisage de la nervure normale ou d'un chanfrein ou forme Y pour assurer l'intégrité structurelle entre le bande.



Figure 11: fraiseurs transversaux

III.1.9. Vérification de métal de base :

Cette partie responsable pour le contrôle de métal, et constitué essentiellement par ces organes :

- Bâti de base.
- Poste d'alimentation.
- Contrôle par ultrasons.



Figure 12: partie de vérification de métal

III.1.10. Guide-feuillard :

Cette partie assure le réglage de feuillard (bande), en cas de peu de déviation ou bien de changement de direction, spécialement à la cote de feuillard.



Figure 13: guide-feuillard

III.1.11. Dispositifs de fraisage longitudinaux :

Est composé de deux machines de fraisage individuel identique qui sont montées sur le châssis de base commun.



Figure 14: dispositif de fraisages longitudinaux

III.1.12. Nettoyage de feuillard :

Le nettoyage de feuillard à pour nettoyer les copeaux de fraisage et la calamine pouvant se trouver sur la partie supérieure de feuillard entrant dans le conducteur. Un ventilateur est installé à cet effet sur le conducteur qui souffle les copeaux résiduels de la cote supérieure du feuillard par des conduits, des tuyaux et des buses réglables.



Figure 15: nettoyage de feuillard

III.1.13. Conducteur principal :

Est constitué d'une cage fermée soudé stable dans laquelle sont poussés les deux rouleaux entraînés chacun par un engrenage planétaire. Le cylindre supérieur est serré hydrauliquement par deux pistons plongeurs.



Figure 16: conducteur principal

III.1.14. Crauquage (tournez) bords de feuillard :

Est monté dans le sens de déplacement du feuillard directement derrière le conducteur principal.

Dans cette unité, lors du passage du feuillard, les bords de feuillard (bande) latéraux sont croqués de manière à ce que la remontée sur le tube formé et l'excentricité des deux bords de feuillard à côté de la soudure se situent dans le cadre de la tolérance admise.

Est constituée de deux support réglables sur la largeur de feuillard, dans chaque support sont montés trois rouleaux trempés qui se règlent de manière à ce que le contour nécessaire soit croqué (tournez) au niveau des fins de feuillard lors du passage.



Figure 17: lieu de croquage (tournage)

III.1.15. Table de guidage de feuillard :

Est constituée de trois paires de barres qui sont montées entre le conducteur principal et le formage. Chaque paire de barres est constituée d'une barre revêtue de plastique montée sous le feuillard et d'une autre montée sur le feuillard. Celle-ci empêche le fléchissement du feuillard poussé par le conducteur principal vers le formage.



Figure 18: table de guidage de feuillard

III.2. Le poste de formage :

III.2.1. Châssis d'entrée :

Le châssis d'entrée complet se compose au total de quatre châssis individuels. Les différents châssis sont vissés ensemble sur la face frontale via des plaques de bridage. Sur le côté de se trouvent des galets d'appui. Ils soutiennent le châssis et se déplacent sur les segments.



Figure 19: châssis d'entrée

Sur le châssis se trouvent toutes les surfaces et perçages nécessaires au montage des différents éléments.

III.2.2. Commande de la fente de soudage :

La fente pré-réglée par l'opérateur est maintenue constante pour le soudage du feuillard entrant avec la boucle tubulaire déformée.



Figure 20: commande de la fente de soudage

III.2.3. Corps de forme :

Ce corps Pour fonction de maintenir dans sa géométrie la boucle tubulaire déformée dans le système de cintrage à trois cylindres. Le guidage de la boucle tubulaire est pris en charge par une cage de roulement.



Figure 21: corps de forme

Chapitre III : Généralité sur la machine à souder

La cage de roulement est constituée de plusieurs barres qui sont réglables sur le diamètre de tube via un moteur.

III.2.4. Système de cintrage :

Le feuillard entrant est transformé en tube dans le système de cintrage à trois cylindres. Le feuillard poussé par le conducteur principal est transformé par les rouleaux de formage du bras intérieur pour obtenir le diamètre de tube

correspondant. Les différentes barres sont équipées de toutes les possibilités de réglage nécessaires :

Le système de cintrage à trois cylindres est essentiellement constitué des éléments suivants :

Cadre soudé fixé dans la fondation avec guidages longitudinaux pour la cage de ramassage et fixation pour le vérin de déplacement.



Figure 22: place de cintrage

Cage de ramassage soudée résistante avec perçages pour les bras intérieurs.

Bras intérieur avec système de direction.

III.2.5. Châssis de base :

Est soudé au fer et coulé dans du béton. Sur le châssis se trouvent tous les guidages et surfaces de vitesse pour la fixation du système de cintrage.



Figure 23: châssis de base

III.2.6. Support de soudage :

Dans ce point on trouve le rouleau de déplacement à soulèvement et abaissement hydrauliques. Ces rouleaux ont pour fonction de soutenir les deux bords de feuillard. Le réglage de ces rouleaux permet également, dans une certaine mesure, de corriger le diamètre du tube.



Figure 24: Support de soudage

III.2.7. Dispositif d'abaissement de tube :

Les dispositifs d'abaissement sont constitués d'une barre à levier qui peut être soulevée et abaissée hydrauliquement. Sur se trouvent les deux galets porteurs sur lesquels le tube est déposé. Ces galets transporter le tube latéralement.



Figure 25: dispositif d'abaissement

III.2.8. Poste ultrasons :

L'équipement ultrasons pour contrôler la soudure extérieure est monté sur le poste ultrasons.

Le poste ultrasons est relié au châssis de sortie par des guidages linéaires. Par la roue dentée et la céramique.



Figure 26: poste ultrasons

III.3. Pièce de sortie :

III.3.1. Dispositif de séparation :

Est essentiellement constitué des éléments suivants :

Bâti de base soudé pour la réception du chariot de déplacement.

Chariot de déplacement pour le passage de torche.

Unité d'entraînement pour le chariot de déplacement.

Support de torche.



Figure 27: dispositif de séparation

Paroi de protection contre étincelles et le balai de masse.

III.3.2. Châssis de sortie :



Figure 28: châssis de base

III.3.3. Grille de sortie :



Figure 29: grille de sortie

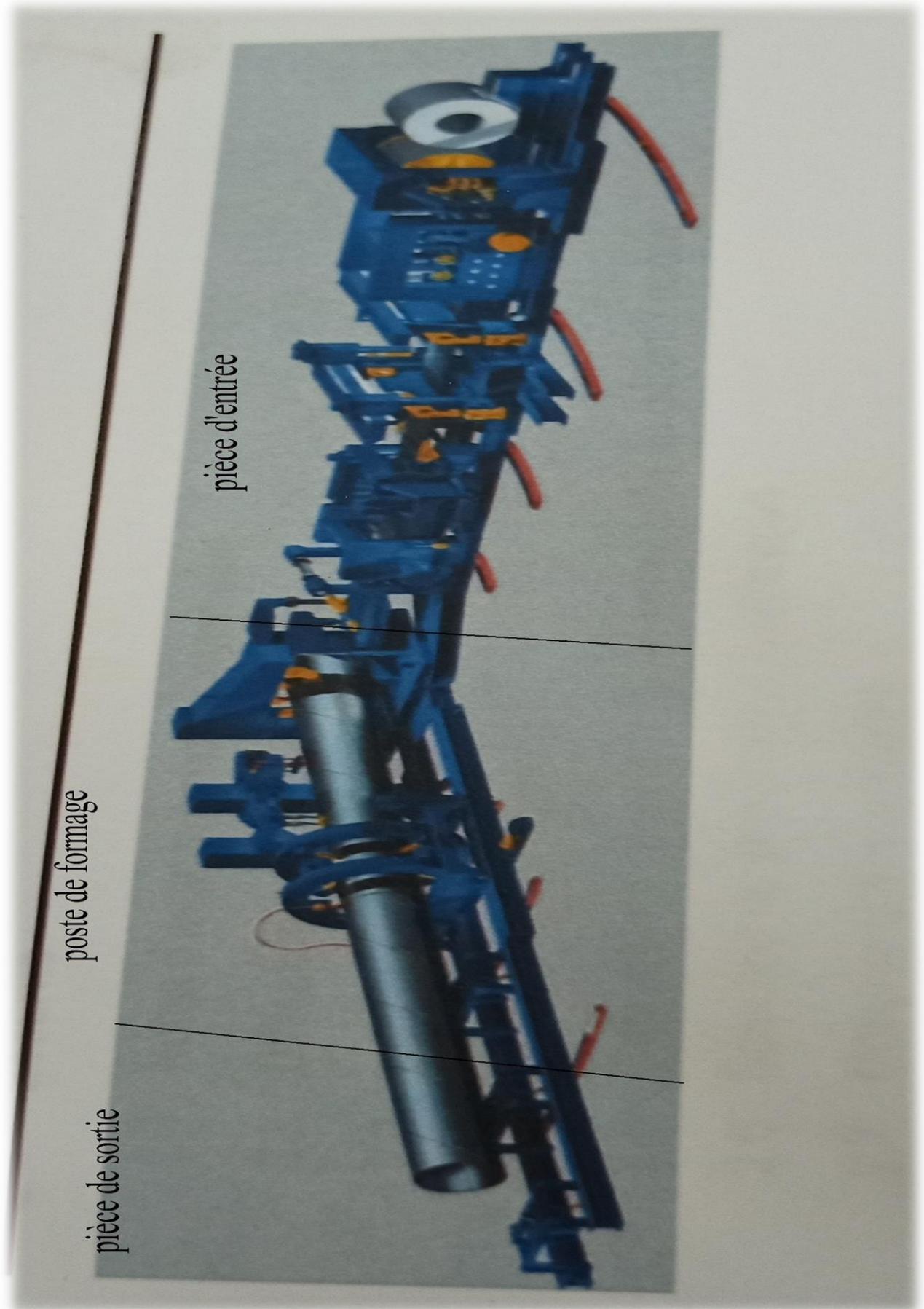


Figure 30: le schéma général de la machine

IV. Le schéma symbolique de la machine [16]:

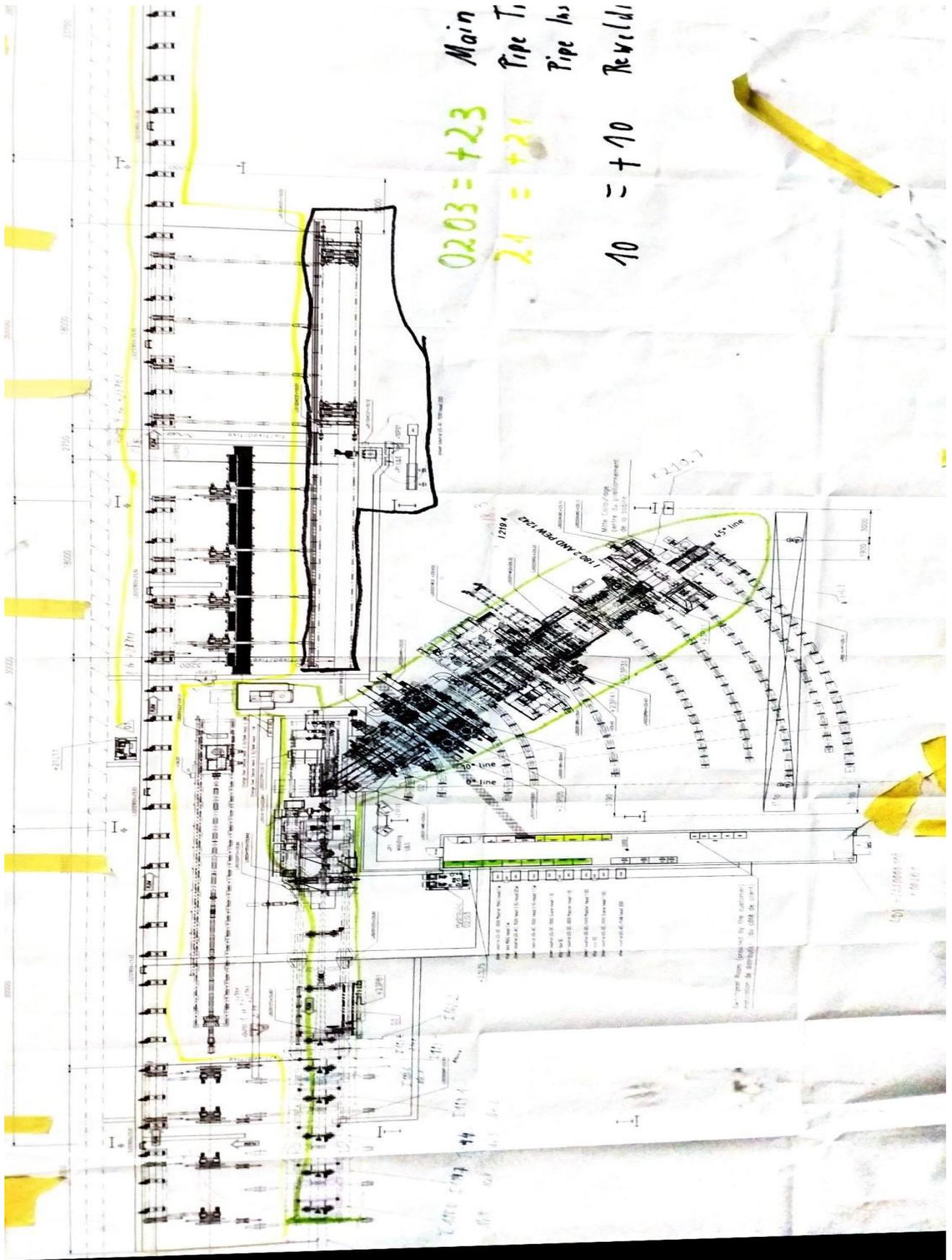


Figure 31: le schéma symbolique de machine

V. Principales défaillances de la machine :

Puisque on considère la machine à la période centrale (entre la période jeunesse et maturité), on ne peut pas détecter beaucoup de défaillances. Mais on trouve simples problèmes au niveau de :

- Pignons de la chaîne de chariot de transport.
- Roulements.
- Galets des cotes de machine...etc.

VI. Les maintenances appliquées sur la machine :

Pour cette machine la maintenance, souvent utilisé c'est la maintenance préventive.

La maintenance préventive systématique :

- Changement d'huile et le graissage pour une période donnée.

La maintenance préventive conditionnelle :

- Changement des galets.
- Changement des roulements.
- Changement des pignons...etc.

CHAPITRE IV

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de réaliser une étude FMD de nouvelle machine à souder en spirale de type SP-SPM 2000 de l'entreprise ALFAPIPE. La méthode utilisée repose sur l'exploitation de l'historiques de pannes de cette machine à souder afin d'extraire les indicateurs FMD et chercher à expliquer les tendances observées, La machine est commencé sa marché pendant la date : 01/01/2018, et on a un autre document historique de cette machine indique les différents informations de machine

N°	DATE	PANNE	TTR(h)	TBF(h)	TA(h)
1	21/01/2018	capteur de sécurité	0,5	42	0,5
2	24/01/2018	les néons des caméras de centrage	1	89	1
3	30/01/2018	les moteurs des têtes laser	3	130	3
4	06/02/2018	capteur de présence de tube	0,5	170	0,5
5	14/02/2018	réparation de différent capteur	2,5	210	2,5
6	25/02/2018	réparation des codeurs	3	260	3
7	10/03/2018	le vérin de chariot bobine	2	300	2
8	24/03/2018	groupes hydraulique	8	350	8
9	11/04/2018	moteurs de la machine	8	420	8
10	01/05/2018	galet qui porte les tubes	3	490	3
11	25/05/2018	la chaîne de bras de presseur	16	580	16
12	22/06/2018	carte électronique de ventilateurs	4	650	4
13	28/07/2018	postes à souder	6	880	6

Tableau 1: historique de la machine à souder

I. L'application pratique des méthodes d'analyse :

I.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.

PANNE	TA(h)	CUMUL TA(h)	CUMUL TA(h) %
la chaîne de bras de presseur	16	16	28%
groupes hydraulique	8	24	42%
moteurs de la machine	8	32	56%
postes à souder	6	38	66%
carte électronique de ventilateurs	4	42	73%
les moteurs des têtes laser	3	45	78%
réparation des codeurs	3	48	83%
galet qui porte les tubes	3	51	89%
réparation de différent capteur	2,5	53,5	93%
le vérin de chariot bobine	2	55,5	97%
les néons des caméras de centrage	1	56,5	98%
capteur de sécurité	0,5	57	99%
capteur de présence de tube	0,5	57,5	100%

Tableau 2: L'analyse ABC

La courbe :

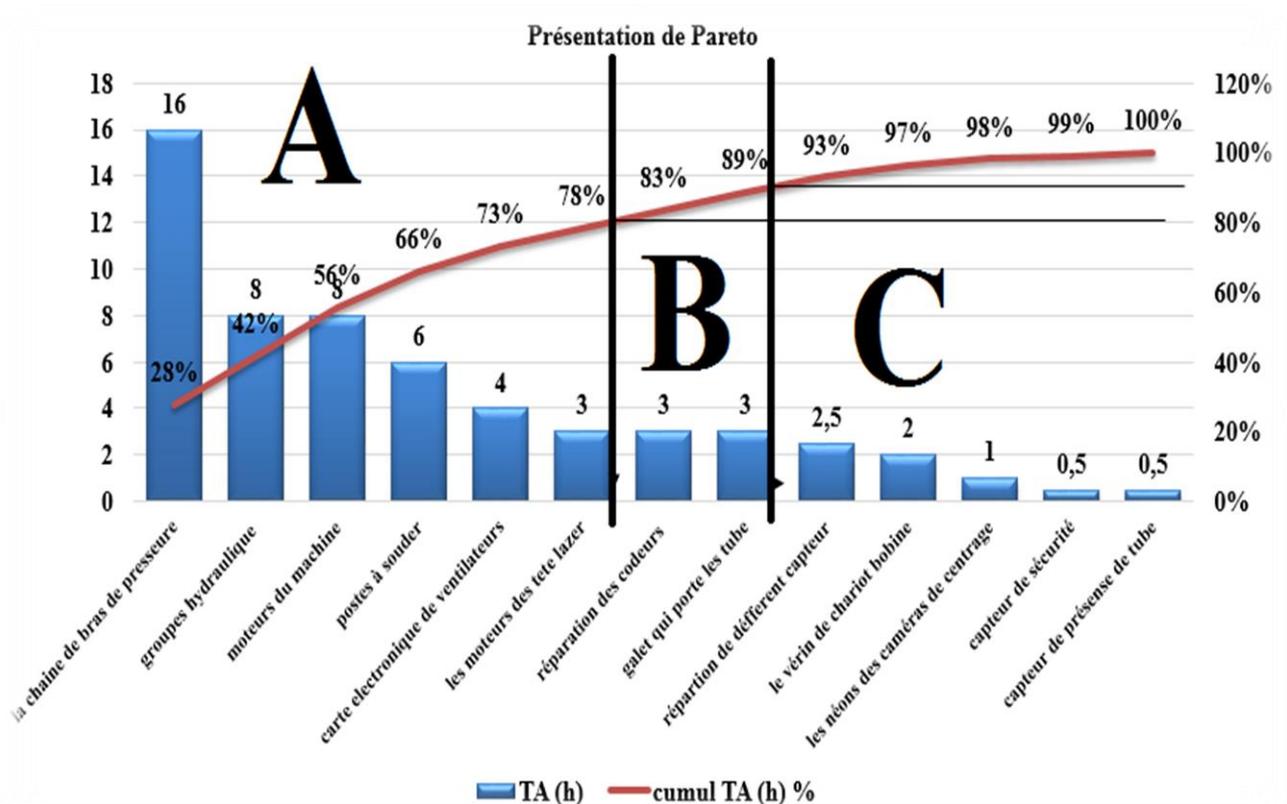


Figure 1: la courbe d'ABC

➤ **Interprétation des résultats :**

On a le nombre des pannes est 13 pannes, donc :

Zone "A": on 6 pannes ($6 \times 13 / 100 = 46.15\%$), donc dans cette zone, on constate que environ de 46.15% causes représente 80% des heures d'arrêts, ceci constitue la zone A, (la chaîne de bras de presseuse, groupes hydraulique, moteur électrique, poste à souder, carte électronique de ventilateurs, les moteurs de laser).

Zone "B": on a 2 panne ($2 \times 13 / 100 = 15.38\%$), dans cette zone, on constate que environ de 15.38% causes représente 15% des heures d'arrêts, ceci constitue la zone, B (réparation des codeurs, galet qui porte les tubes).

Zone "C": on a 5 pannes ($5 \times 13 / 100 = 38.46\%$), dans cette zone, on constate que environ de 38.46% causes représente 5% des heures d'arrêts, ceci constitue la zone, C (réparation de différent capteur, le vérin de chariot bobine, les néons des caméras de centrage, capteur de sécurité, capteur de présence de tube).

I.2. Calcul les paramètres de Weibull:

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les F(i) calculés par la méthode

des ranges médians $F(i) = \frac{ni-0.3}{N+0.4}$ (on à N=13 donc 13<20) et on trace la courbe de Weibull :

N°	TBF(h)	$\sum ni$	F(i)	F(i)
1	42	1	0,0522	5%
2	89	2	0,1269	13%
3	130	3	0,2015	20%
4	170	4	0,2761	28%
5	210	5	0,3507	35%
6	260	6	0,4254	43%
7	300	7	0,5000	50%
8	350	8	0,5746	57%
9	420	9	0,6493	65%
10	490	10	0,7239	72%
11	580	11	0,7985	80%
12	650	12	0,8731	87%
13	880	13	0,9478	95%

Tableau 3: Fonction de réparation réelle

Pour estimer les paramètres de "Weibull" β, η, γ , à partir des temps de bon fonctionnement «TBF» on utilise entre autres, la méthode des moindres carrés :

➤ **La méthode des moindres carrés :**

Elle consiste à chercher la droite pour minimiser la somme des carrés des distances horizontales des divers points à la droite et donne les paramètres de "Weibull" (β et η). On estime la valeur de ces paramètres par la méthode des moindres carrés en utilisant les expressions suivantes:

$$\beta = \frac{\sum XiYi - \ddot{Y} \sum Xi}{\sum (Xi)^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}, \quad \eta = e^{\ddot{X} - \ddot{Y}/\beta}, \quad \gamma = 0$$

Avec:

$$Yi = \text{Ln} [\text{Ln} (1/ (1-F (i)))]$$

$$Xi = \text{Ln} (\text{TBF})$$

$$\ddot{X} = \sum_{i=1}^n \frac{Xi}{n}$$

$$\ddot{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{Yi}{n}$$

➤ **L'exploitation de méthode de moindre carré:**

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

On utilise l'Excel pour calculé les différents paramètres de weibull (β, η, γ) :

X	Y	XY	X ²
3,737669618	-2,925223234	-10,93351801	13,97017418
4,48863637	-1,99756029	-8,966321769	20,14785646
4,86753445	-1,491606142	-7,260444285	23,69289163
5,135798437	-1,129704207	-5,801933102	26,37642559
5,347107531	-0,839487848	-4,488831796	28,59155895
5,560681631	-0,59052854	-3,283741204	30,9211802
5,703782475	-0,366512921	-2,090509973	32,53313452
5,857933154	-0,156901171	-0,919116574	34,31538084
6,040254711	0,046589839	0,281414493	36,48467698
6,194405391	0,252253233	1,562558787	38,37065815
6,363028104	0,47125468	2,998606773	40,48812665
6,476972363	0,724949317	4,695476691	41,95117099
6,779921907	1,082459075	7,338988	45,96734107

Tableau 4: calcul de variable de moinde carré

Donc :

$$\sum_{i=1}^{13} X_i = 72.553$$

$$\sum_{i=1}^{13} Y_i = -6.920$$

$$\sum_{i=1}^{13} X_i Y_i = -26.86$$

$$\sum_{i=1}^{13} (X_i)^2 = 413.811$$

$$\left(\sum_{i=1}^{13} X_i \right)^2 / 13 = 404.926$$

$$\check{X} = 5.581$$

$$\check{Y} = -0.53231$$

Donc on utilise : les formes :

on a :

$\gamma = 0$

$$\beta = \frac{\sum X_i Y_i - \check{Y} \sum X_i}{\sum (X_i)^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$$

$\beta = 1.3$

$$\eta = e^{\check{X} - \check{Y} / \beta}$$

$\eta = 397$

La page de calcul on Excel :

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

X	Y	XY	X ²		xi	Yi	$\sum (xi)^2$	$(\sum xi)^2/13$	$\sum xiYi$
3,73767	-2,92522	-10,9335	13,97017		72,55372614	-6,92002	413,8106	404,926398	-26,8674
4,488636	-1,99756	-8,96632	20,14786						
4,867534	-1,49161	-7,26044	23,69289						
5,135798	-1,1297	-5,80193	26,37643						
5,347108	-0,83949	-4,48883	28,59156						
5,560682	-0,59053	-3,28374	30,92118						
5,703782	-0,36651	-2,09051	32,53313						
5,857933	-0,1569	-0,91912	34,31538						
6,040255	0,04659	0,281414	36,48468		x''	5,581056	β	1,3	
6,194405	0,252253	1,562559	38,37066		y''	-0,53231	η	397	
6,363028	0,471255	2,998607	40,48813						
6,476972	0,724949	4,695477	41,95117						
6,779922	1,082459	7,338988	45,96734						
						A	0,9236		
						MTBF	366		
					R(t)	0,406491			
					F(t)	0,593509			

Figure 2: page de calcul on Excel

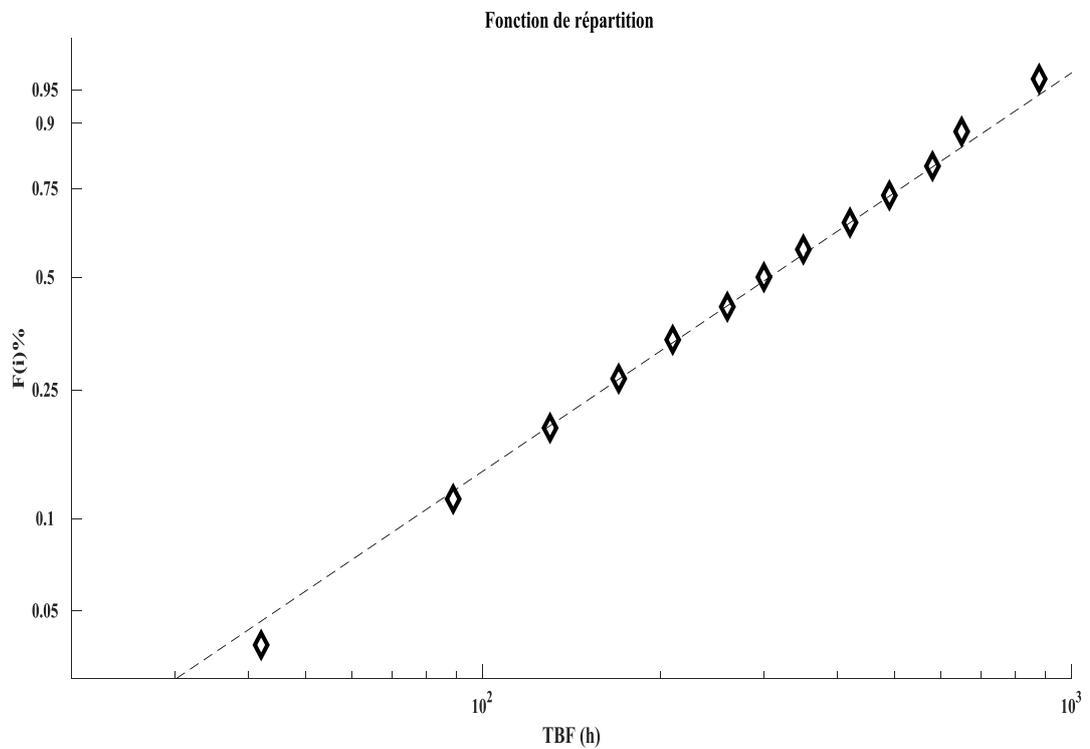


Figure 3: Papier de Weibull .sur logiciel Matlab

I.3. exploitation des paramètres de Weibull:

I.3.1. le MTBF :

Donc on estime A, B par la méthode de gamma d'Euler on trouve :

$$\Gamma(n) = (n-1)!$$

$$A = \Gamma(1+1/\beta) \text{ donc } A = (1+1/\beta - 1)! = (1/\beta)!$$

$$A = 0.9236$$

Donc

$$B = 0.716$$

$$\text{MTBF} = A \cdot \eta + \gamma$$

$$\text{MTBF} = 366 \text{ heure}$$

$$\text{MTBF} = (0.9236) \times (397) + 0$$

I.3.2. La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t = \text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta} = 0.00312 = 0.312\%$$

I.3.3. La fonction de réparation en fonction de MTBF :

$$F(t = \text{MTBF}) = 1 - e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta} = 0.593 = 59.3\%$$

I.3.4. La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - 0.593 = 0.406 = 41\%$$

On remarque la fiabilité de la machine est moyenne.

I.3.5. Le taux de défaillance en fonction de MTBF :

$$\lambda(t = \text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} = 0.00208 \text{ panne/heure}$$

I.5. Étude de modèle de weibull :

I.5.1. La fonction de la densité de probabilité :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t)$$

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

TBF (h)	f(t)
42	0,001533644
89	0,001791476
130	0,001850285
170	0,001830591
210	0,001764369
260	0,001642256
300	0,001526758
350	0,001372544
420	0,001155452
490	0,000951598
580	0,000722128
650	0,000572582
880	0,000244888

Tableau 5: calcul de la densité

La courbe :

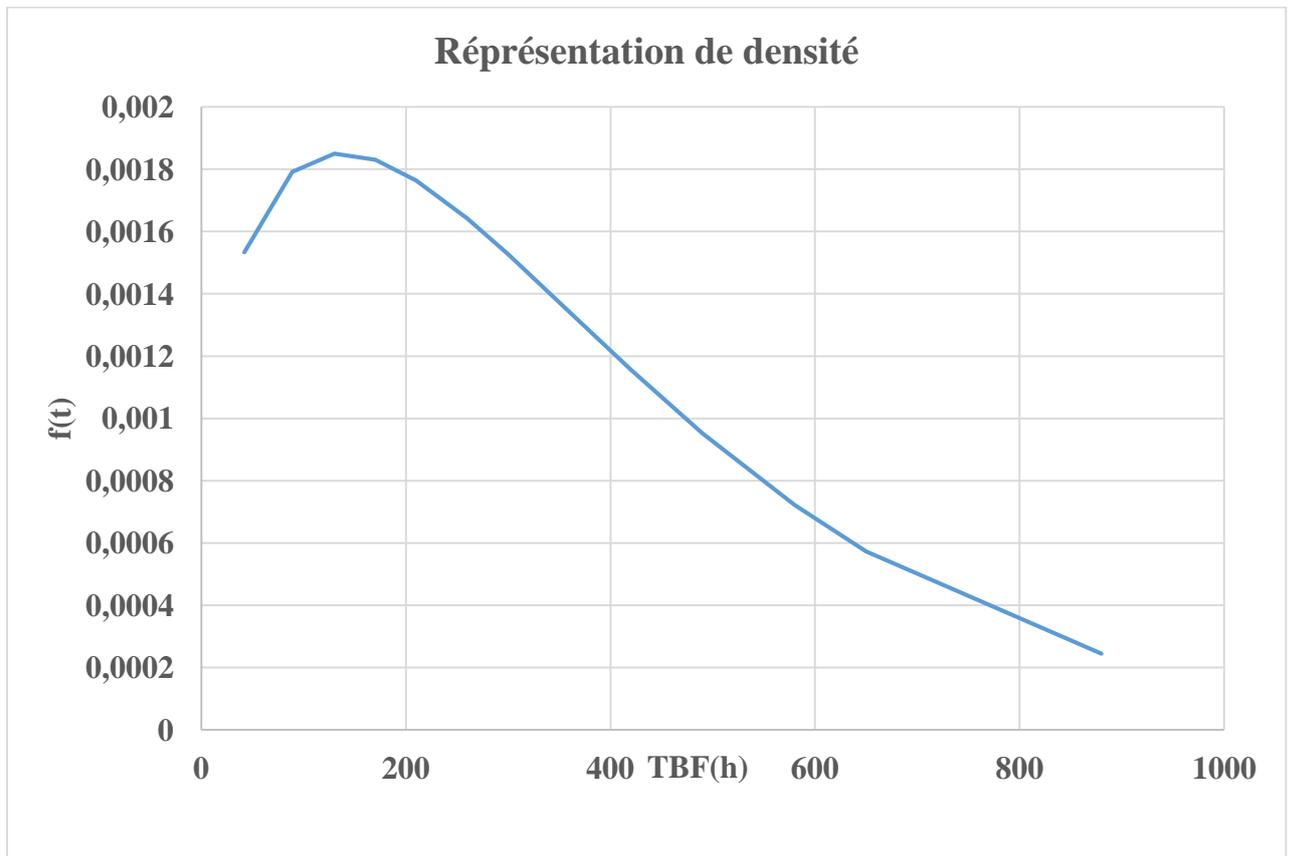


Figure 4: la courbe de la densité de probabilité

Analyse de la courbe :

D'après cette courbe on remarque que la fonction $f(t)$ (densité de probabilité) diminue avec le temps.

I.5.2. La fonction de réparation :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-y}{\eta}\right)^\beta}$$

TBF (h)	F(t)
42	0,051
89	0,1211
130	0,2045
170	0,2954
210	0,3215
260	0,4378
300	0,5014
350	0,5999
420	0,6651
490	0,7275
580	0,8121
650	0,8602
900	0,9324

Tableau 6: calcul de la fonction de répartition

La courbe :

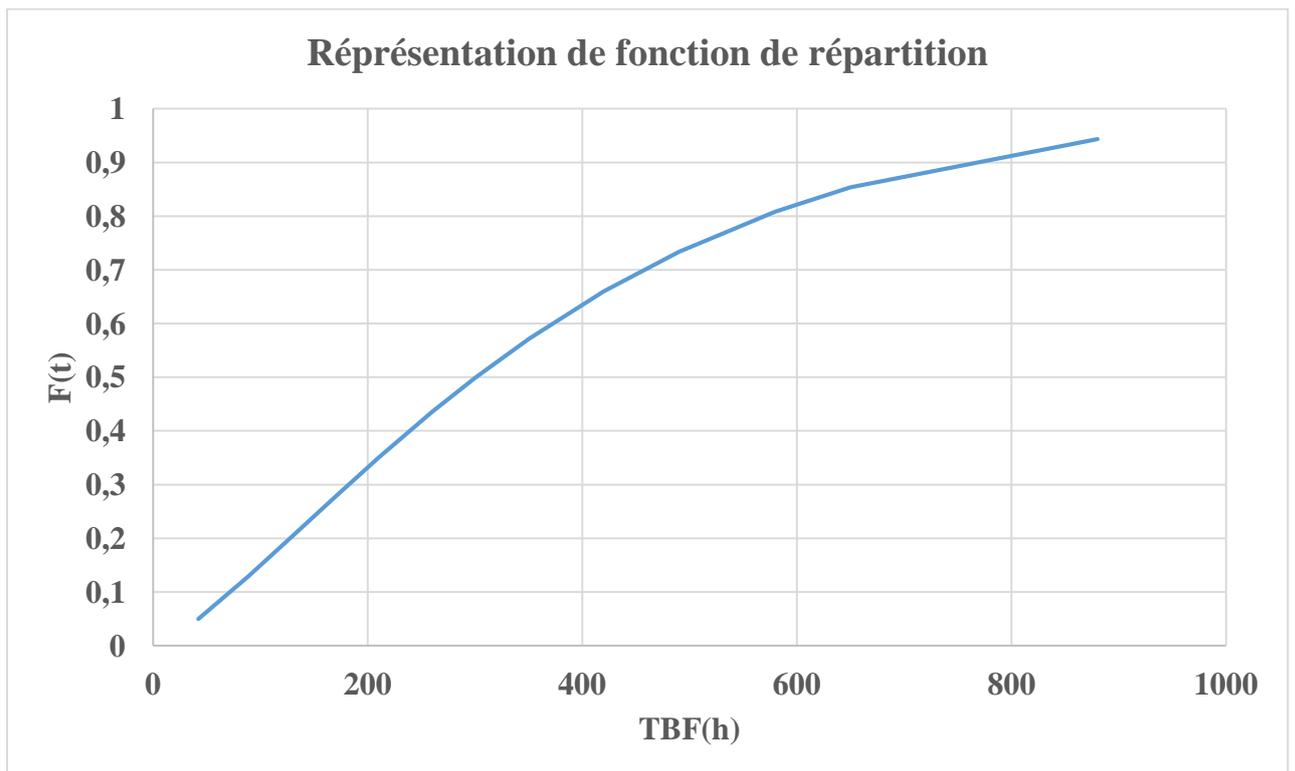


Figure 5: la courbe de la fonction de réparation

Analyse de la courbe :

La fonction de défaillance croissant en fonction de temps.

I.5.3. la fiabilité :

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

TBF (h)	R(t)
42	0,950043185
89	0,870745104
130	0,795738717
170	0,72192757
210	0,649907107
260	0,564604558
300	0,501188352
350	0,428680923
420	0,340239912
490	0,266602433
580	0,191589585
650	0,146424044
900	0,056786688

Tableau 7: calcul de la fiabilité

La courbe :

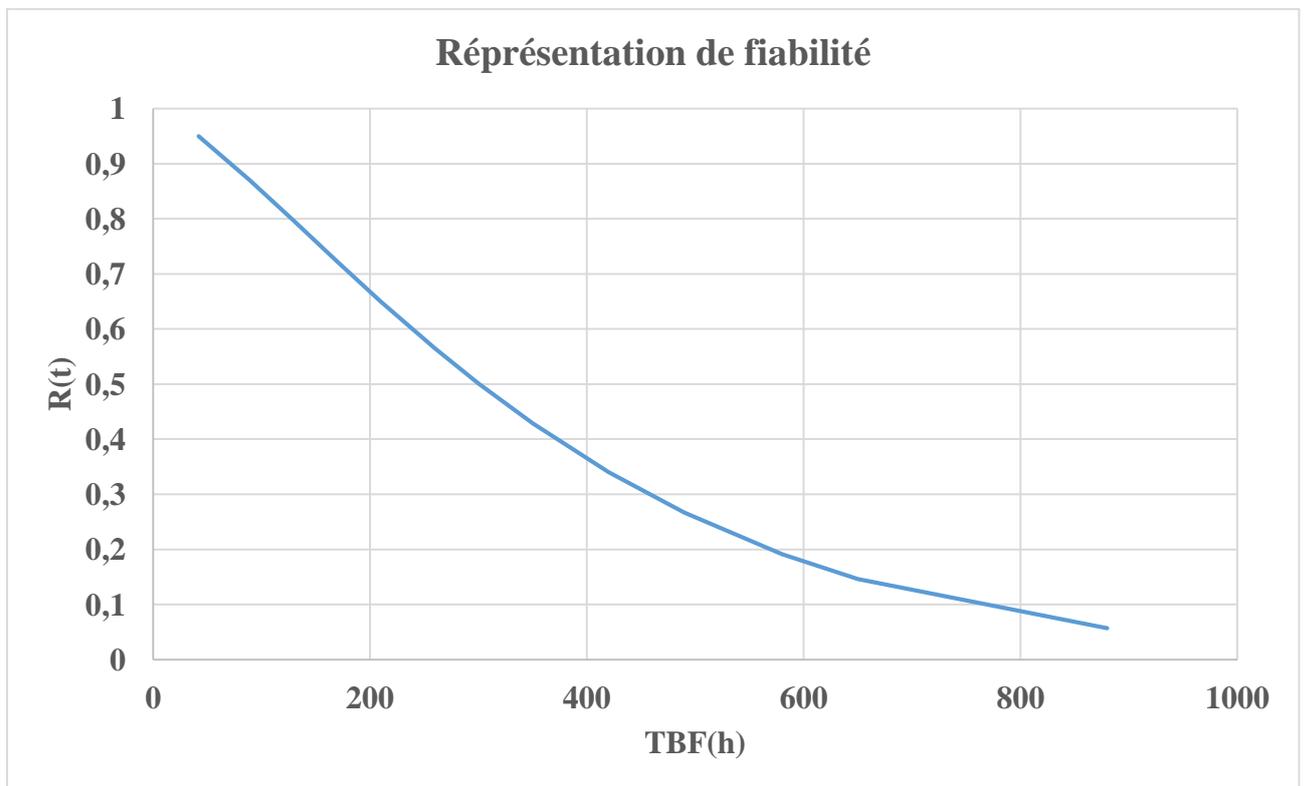


Figure 6: la courbe de la fonction de réparation

Analyse de la courbe :

Le graphe décroissant en fonction de temps.

I.5.4. le taux de défaillance :

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

TBF (h)	R(t)
42	5,87012E-09
89	4,93035E-07
130	4,61044E-06
170	2,24453E-05
210	7,80855E-05
260	0,000275308
300	0,00064046
350	0,001590296
420	0,004662805
490	0,011577993
580	0,031311335
650	0,061328907
900	0,366373615

Tableau 8: calcul de taux de défaillance

La courbe :

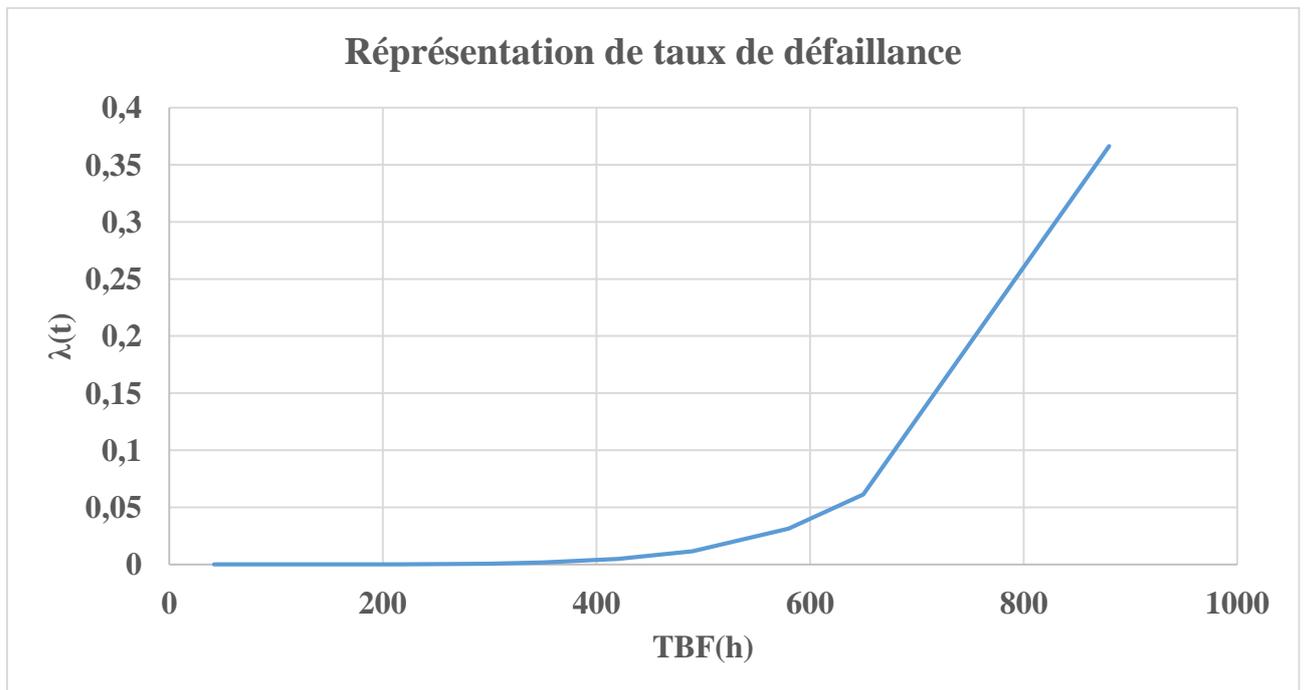


Figure 7: la courbe de la fonction de réparation

Analyse de la courbe :

Le taux de défaillance est croissant en fonction de temps, cette augmentation est considérée normale et logique c-à-dire. Ne pas rapide.

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

I.6. calcul de la maintenabilité de machine :

$$\text{On } MTTR = \sum TTR / N$$

TTR : temps techniques de réparation.

N : nombre de panne.

$$\text{AN : } MTTR = 57.5 / 13 = 4.4231 \approx 4.5 \text{ Heure}$$

$$M(t) = e^{-\mu t}$$

Avec $\mu = 1 / MTTR = 1 / 4.5 = 0.23$ intervention / heure

T(h)	M(t)
1	0,202351262
2	0,363756491
3	0,492501168
4	0,595194197
5	0,677107162
6	0,742444936
7	0,794561528
8	0,836132262
9	0,869291106
10	0,895740215
11	0,916837314
12	0,933665389
13	0,947088281

Tableau 9: la maintenabilité de la machine

La courbe :

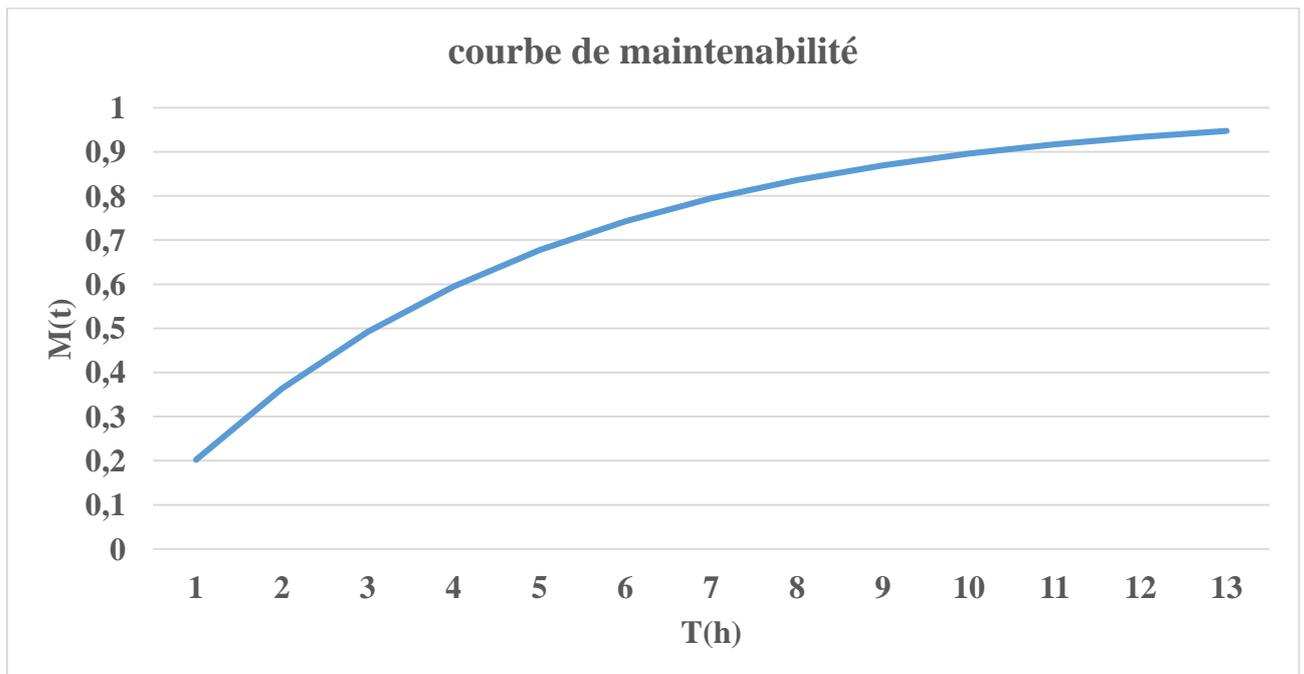


Figure 8: la courbe de maintenabilité

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

L'analyse de courbe :

La maintenabilité est croissant en fonction de temps, donc on a à l'instant T=13 heures, la maintenabilité 94.7%

I.7. calcul de la disponibilité de machine :

I.7.1. disponibilité intrinsèque :

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{366}{366 + 4.5} = 0.9878$$

I.7.2. disponibilité instantané D(t) :

$$Di = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\lambda + \mu)t}\right)^{-1}$$

On a $\mu = 0.23$

$\lambda = 1 / MTBF = 1 / 366 = 0.003$

$\lambda + \mu = 0.233$; $\frac{\mu}{\lambda + \mu} = 0.9871$

T(h)	D(t)
10	0,97158302
20	0,970452171
30	0,970342144
40	0,970331439
50	0,970330398
60	0,970330296
70	0,970330287
80	0,970330286

Tableau 10: la disponibilité de la machine

Le courbe:

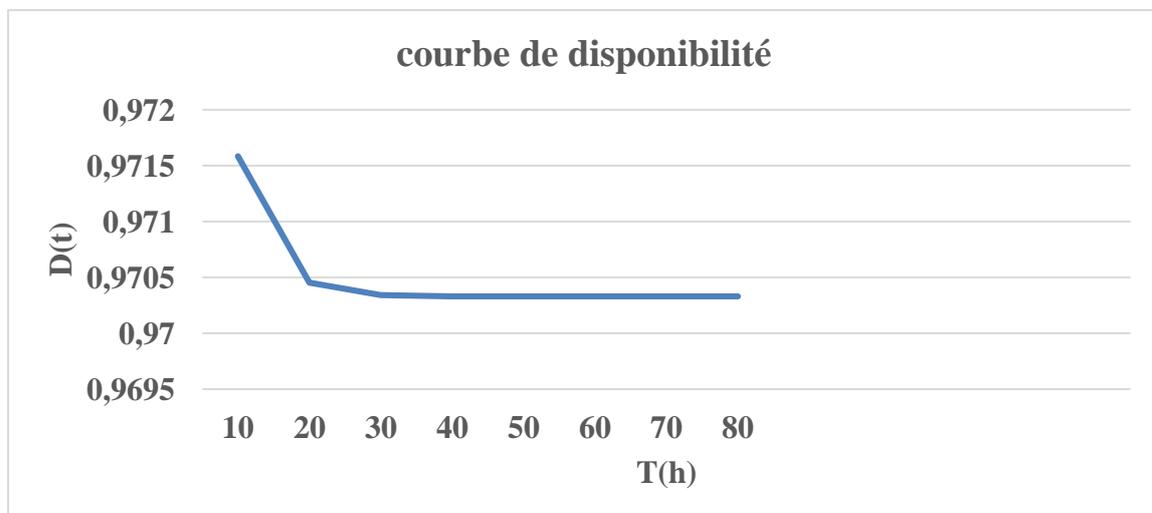


Figure 9: la courbe de disponibilité

Chapitre IV : Etude de maintenance et FMD de la machine

Analyse de courbe:

La disponibilité est décroissante en fonction de temps.

Conclusion :

Pour augmenter la disponibilité d'une machine il faut diminuer le nombre de ses arrêts (augmenter la fiabilité) et réduire le temps nécessaire pour résoudre les causes de ceux-ci (augmenter sa maintenabilité).

CONCLUSION

Conclusion générale

Conclusion générale :

Généralement les contrôles de performance d'un bien sont des opérations très essentielles pour toutes les entreprises industrielles qui produisent une marchandise requise sur le marché.

Donc, la finalité de ce travail consiste essentiellement à valoriser la performance de la machine à souder de type S-SPM 2000, et l'estimation de quelque valeur de paramètre pour déduire les courbes de l'FMD, tout au but de l'évaluation de la performance et essayer d'évacuer les grands problèmes et améliorer le fonctionnement de la machine pour obtenir un accomplissement de la fonction requise au futur.

Pour cela, nous faisons une mise en évidence pour l'historique de la machine, avec une généralité sur la maintenance et l'FMD, et aussi en spécialisant un chapitre pour une description abrégée de la machine à souder de type S-SPM 2000, et à la fin, nous avons abordé l'aspect appliqué, qui comprend l'étude des performances de cette machine.

L'analyse FMD consiste aussi à mettre en valeur l'état de la machine à souder de type S-SPM 2000, donc le résultat qui a été trouvé indique que la machine est en état faible,

Donc, pour plus d'explication on peut dire que cette faiblesse n'est pas due à la charge de fonctionnement ou bien à beaucoup d'années d'utilisation, mais une faiblesse instantanée c'est-à-dire la panne de cette machine n'est pas une panne irréparable ou bien a besoin de l'intervention du constructeur générale juste des petites pannes par exemple (réparation des codeurs, les bras de presseur, poste à souder, changement de tête de laser...etc.).

Finalement, on peut dire que cette faiblesse est causée par le fait que la machine est dans une période entre la jeunesse et la maturité, donc il faut appliquer la maintenance corrective jusqu'à l'assurance que la machine est en une période de maturité stable.

REFERENCES

Références et Bibliographie

- [1]. DJEKAOUA, et HACINI : **Archive**, Présentation d'entreprise, ALFA PIPE, 2020.
- [2]. Bouhbila Hamza : **Contrôle non destructif des tube soudés en spirale**, université de Annaba, Génie mécanique p38.
- [3]. Nesrine Gouasmia, « **Etude de contrôle qualité des revêtements interne et externe en polymère des tubes** », Mémoire de Master, 97 pages, Année 2015.
- [4]. HALIMI Djamel, **Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures**, Génie Mécanique, Alger, Université, M'HAMED Bougara-Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, 2014, 115p.
- [5]. ASBI Samir : **évaluation des caractéristiques du fonctionnement d'une turbine à gaz**, univ Bejaïa 2017. P 22.
- [6]. Hafaiifa Ahmed, Attia Daoudi and Kouider Laroussi, **Application of fuzzy diagnosis in fault detection and isolation to the compression system protection**. Control and Intelligent Systems ACTA Press, July 2011, vol. 39, no. 3, pp. 151-158.
- [7]. BELAZIZ Takai Eddine et BENLAHBIB Bilal, **Bureau de méthodes de maintenance, Génie Mécanique**, Alger, Université KASDI MERBAH Ouargla, 2016, 33p.
- [8]. [TAHAN, 1998] A. Tahan, C. Valderrama, H. Duran, "**TPM – Total Productive Maintenance**". 1^{ère} édition : 1 octobre 1998.
- [9]. Devarun Ghosh, Sandip Roy, **Maintenance optimization using probabilistic costbenefit analysis**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2009; 22(4): 403-407.
- [10]. BELLAOUR Ahmed, BELEULMI Salima : **Fiabilité Maintenabilité Disponibilité**, univ constantine1, 2014 p106.
- [11]. 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.

- [12]. A.BELHOMME : **stratégie de maintenance**, présente par Dr. BELLAOUR université de Ghardaïa, 2018 p33.
- [13]. Rausand M., Høyland A, **System Reliability Theory, Models, Statistical Methods, and applications, Second Edition**, New Jersey, Editions Wiley, 2004.
- [14]. FERDI Oussama : **étude FMD des machines à soudé en spirale** : univ Badji Mokhtar Annaba, p39.
- [15]. BELEKEBIR Lamine : **Etude de FMD et l'analyse de l'AMDEC sur la turbine à gaz**, univ Ghardaïa 2019.
- [16]. Danieli W+K: **documentation technique**, alfa pipe Ghardaïa, 2014.

ANNEXE

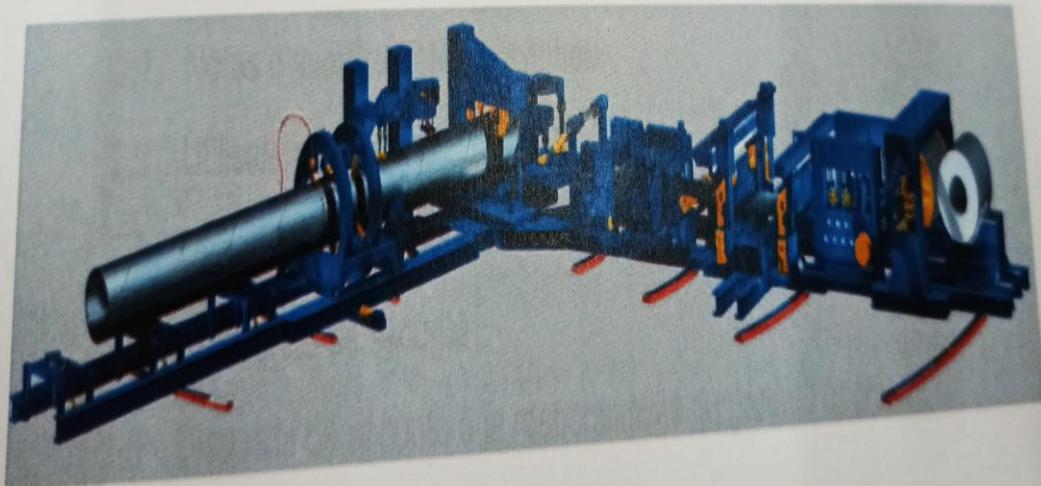
DOCUMENTATION TECHNIQUE

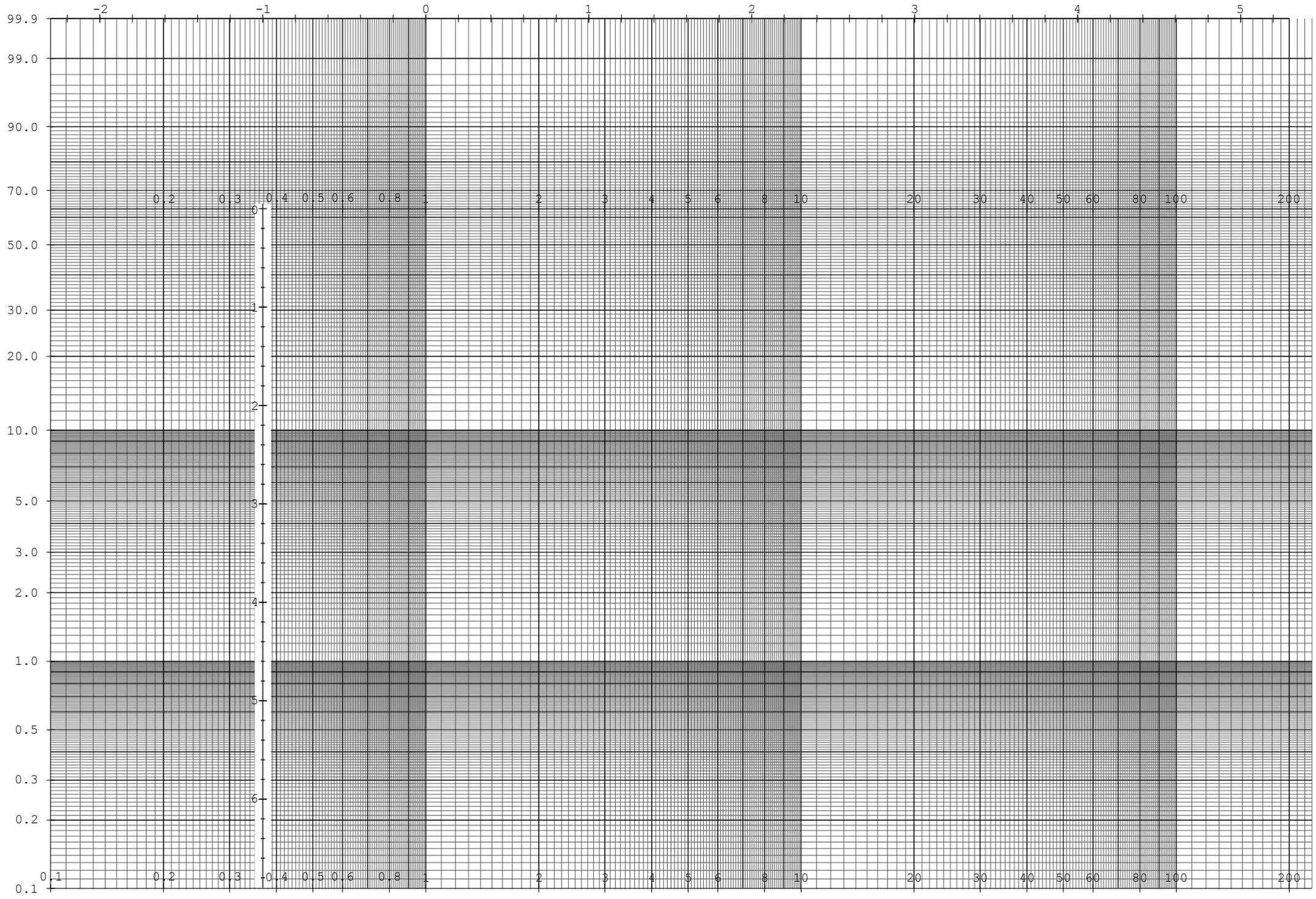
Machine : Machine à former et à souder des tubes en spirale
S-SPM-2000

N° de machine : KP0J 5801- 02/03

Client : Alfapipe - Ghardaia

**Année de
construction :** 2014





T

able de la loi de Weibull

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	0,89657	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