



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et
Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement
/...../...../...../.....

Université de Ghardaïa

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الآلية والكهروميكانيك

Département de d'automatique et électromécanique

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences et Technologies

Filière : électromécanique

Spécialité: maintenance industrielle

Thème

Amélioration de la maintenance d'une machine à souder par la méthode AMDEC

Soutenue publiquement le : 10/06/2021

Par

AMIEUR ABDELHADI et SEBA NACREDDINE

Devant le jury composé de:

MARZOUG HOCINE	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
AKERMI FOUZI	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
MOUATS SOFIANE	MAA	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2020/2021



Remerciements

*Tout d'abord merci mon Dieu
Pour nous donner la volonté et la patience et
Bonne santé pour faire notre travail et
Diplômé.*

*Nous voulons traverser
Gratitude et sincères remerciements à m.*

MOUATS SOFIANE

*Il nous a conduit dans cette entreprise avec beaucoup de
Gentillesse et beaucoup de faveur et
Une patience infinie avec nous pour conquérir
Les difficultés que nous avons rencontrées tout au long
Superviseur.
sans oublier*

*Nous remercions tous les membres du corps professoral de
Faculté d'électromécanique*

La science et la technologie, en particulier

Mr. Le chef de département ARRIF Mohammed,

Au final, je suis très honoré et ravi

Je transmets mes chaleureux remerciements à

Toute l'équipe ALFAPIPE, surtout

HANNAI Yacine qui

Aidez-nous à faire ce travail





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail de recherche à :
À ma chère mère, qui m'a donné le monde et n'a
jamais attendu merci.

À mon père la lumière de ma vie pour son
soutien, ses sacrifices et ses encouragements.

Mes chères frères et ma petite sœur, pour ses
confiances dans les moments les plus difficiles où
j'ai perdu la confiance en moi.

À mes chères amis qui m'ont toujours tendu la
main quand j'en avais besoin.

À tous ceux que j'aime.

Que Dieu les bénisse



ABDELHADI



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail de recherche à :
À ma chère mère et mon cher père, qui m'ont
donné le monde et n'ont jamais attendu merci.

Mes chers frères pour leur confiance dans les
moments les plus difficiles où j'ai perdu
confiance en moi.

A mes chers amis qui me contactent toujours
quand j'en ai besoin.

Pour tous ceux que j'aime.

Dieu les bénisse



NACREDDINE

Sommaire

<i>Introduction général</i>	1
-----------------------------------	---

Chapitre I : présentation de l'Entreprise

I .1-Introduction	2
I.2- Historique :.....	2
I .3- Développement de TUS Ghardaïa :.....	3
I.3-Plan de l'usine :	4
I .4-domaine d'activité de l'entreprise :.....	5
I .5-Les avantages et caractérisations du tube	5
I .6- Organigramme de l'usine :	6
I.7- procédé de la fabrication :	7
I .7.1- Les équipements :	7
I.7.2- Schéma synoptique du procédé de fabrication :.....	8
I .7.3- Préparation de bobine :	9
I.7.4- Usine de revêtement de tubes :	9
I .7.4.1- Revêtement extérieur :	10
I .7.4.2- Revêtement intérieur :.....	10
I .8-Présentation du département maintenance :	11
I .8.1- Processus maintenance :.....	11
I .8.1.1-Les fonctions de base :.....	11
I .8.1.2- Les fonctions complémentaires :	11
I .8.2- Planification de la maintenance	12
I .8.2.1- Le suivi de l'état technique des installations :.....	13
I .8.2.2- préparation des travaux :	14
I .8.2.3- Approvisionnement et distribution des ressources :	14
I .8.2.4-Planning de lancement :	15
I .8.2.5- Contrôle et réception :.....	15
I .8.3- Exécution des travaux de maintenance :	15
I .8.3.1- Travaux programmes (maintenance systématique) :	15
I .8.3.2- Dépannage (maintenance corrective) :.....	16
I .8.4- Contrôle et collecte des informations :.....	16
I .8.5- Amélioration élémentaire :.....	16
I .9- Conclusion	17

Chapitre II : généralité la maintenance et la méthode AMDEC

II.1. INTRODUCTION	18
II.2. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)	19
II.3. Les objectifs de la maintenance (Norme FD X 60-000)	19
II.4. La stratégie de maintenance (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000).....	19
II.5. Historique et évolution de la maintenance :.....	20
II.6. – LE SERVICE MAINTENANCE.....	20
II.6.1. Les fonctions du service maintenance.....	20
II.6.1.1. Etude.....	20
II.6.1.2. Préparation.....	20
II.6.1.3. Ordonnancement.....	21
II.6.1.4. Réalisation	21
II.6.1.5. Gestion.....	21
II.6.2. Domaines d'action du service maintenance	21
II.6.3. Place du service maintenance dans l'entreprise	22
II.6.4. Le technicien de maintenance	23
II.6.5. Le management de la maintenance.....	23
II.7. LES TYPES DE MAINTENANCE (norme NF EN 13306).....	24
II.7.1. La maintenance corrective	25
II.7.1.1. Objectives de maintenance corrective :	25
II.7.1.2. Opérations de la maintenance corrective :	25
II.7.2. La maintenance préventive :.....	25
II.7.2.1. La maintenance préventive systématique	25
II.7.2.2. La maintenance préventive conditionnelle	25
II.7.2.3. La maintenance préventive prévisionnelle	26
II.7.2.4. Objectifs de la maintenance préventive :.....	26
II.7.2.5. Opérations de la maintenance préventive :	26
II.7.3. Maintenance améliorative :.....	27
II.7.3.1. Objectifs de la maintenance améliorative :.....	27
II.8. LES ACTIVITES DE LA MAINTENANCE (norme NF EN 13306) :	27
II.8.1. L'inspection :	27
II.8.2. La surveillance :	27
II.8.3. La réparation	27
II.8.4. Le dépannage :	28
II.8.5. L'amélioration :	28
II.8.6. La modification :	28
II.8.7. La révision :	28

II.8.8.La reconstruction :	28
II.9. LES TEMPS DE LA MAINTENANCE :	29
II.9. 1. La MTBF :	29
II.9. 2. La MTTR :	29
II.9. 3. La MTTA :	29
II.9. 4. Les échelons de maintenance (<i>norme FD X 60-000</i>) :	29
II.10.Présentation de la méthode AMDEC :	30
II.10.1 Définition :	30
II.10.2. Historique et domaines d'application :	30
II.10.3.Objectifs de l'AMDEC :	31
II.11.Les types de l'AMDEC :	32
II.11.1.AMDEC machine :	32
II.11.2.AMDEC produit :	32
II.11.3.AMDEC processus :	32
II.11.4.AMDEC organisation :	32
II.11.5.AMDEC service :	32
II.11.6.AMDEC sécurité :	32
II.12.Avantages et inconvénients de l'AMDEC :	33
II.12.1.Avantages de la méthode AMDEC :	33
II.12.2.Inconvénients de la méthode AMDEC :	33
II.13.Les aspects de la méthode AMDEC :	33
II.13.1.L'aspect qualitatif :	33
II.13.2. L'aspect quantitatif :	33
II.14.AMDEC machine :	33
II.14.1.Définition :	33
II.14.2. Les intérêts :	34
II.14.3.Cas d'application :	34
II.15.AMDEC prévisionnelle :	35
II.16.AMDEC opérationnelle :	35
II.17.Les démarches pratiques de l'AMDEC machine :	35
II.17.1.Initialisation :	35
II.17.2.Démarches :	35
II.18.L'analyse fonctionnelle :	36
II.19.Analyse des défaillances :	38
II.19.1.Modes de défaillances :	38
II.19.2.Causes de défaillances :	39
II.19.3.Effets de défaillances :	39
II.20.Evaluation de la criticité:	39
II.20.1.Critère G (gravité) :	40

II.20.2.Critère F (fréquence) :.....	41
II.20.3.Critère D (non-détection) :.....	41
II.20.4.Calcul de la criticité :.....	42
II.20.5.Synthèse :.....	42
II.20.6.Hiérarchisation des défaillances :	43
II.20.7..Les actions :	43
II.21.Conclusion.....	44

Chapitre III : présentation de la machine à soudure spirale

III .1. Introduction :.....	45
III.2. Machine à soude en spiral :.....	45
III.2.1.Description :.....	45
III.2.2.Caractéristiques techniques :	46
III.2.3.chaises-support de bobine :	46
III.2.4. Support de bobine :.....	47
III.2.5.Dresseuse	47
III.2.6.Dispositif de serrage du commencement de bande	48
III.2.7.Raboutage de bande, planeuse de bande, guidage de bande :.....	48
III.2.8.Cisailage :	49
III.2.9.Formage de la bande :	49
III.2.10.Soudage des bandes :	50
III.2.11.Oxycoupage des tubes :.....	51
III.2.12.plan la machine à souder spirale R-SPP1800 :	52
III.3.Sécurité de la machine à souder :	53
III.4. Entretien de la machine à souder en spirale :	53
III.5.Conclusion:	54

Chapitre IV : application la méthode AMDEC sur la machine à soudure

VI. INTRODUCTION	55
VI.1. Application de la démarche AMDEC :.....	55
VI.1.1.Initialisation.....	55
VI.1.2.Décomposition structurelle :	55
VI.1.3Analyse AMDEC	59
VI.1.3Classification des éléments par leur criticité :.....	64
VI.2.Interprétation des résultats de l'analyse :	65

VI.2.1.Actions d'amélioration :	67
VI.3.Conclusion :	68

Conclusion général	69
Résumé :	70
Bibliographie	73

Introduction général

Dans de nombreuses entreprises industrielles, la sûreté de fonctionnement est un facteur clé pour garantir une compétitivité optimale de l'outil de production.

Ainsi, la sûreté de fonctionnement comprend des symboles de base tels que la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité pour un système industriel qui produit des biens ou des services.

ALFAPIPE fait partie des entreprises industrielles spécialisées dans la fabrication de tubes spiralés, puisque le premier pipeline pétrolier a été réalisé en 1976 par la machine à souder spirale R-SPP1800.

Parmi les facteurs contribuant au maintien et à l'amélioration de la disponibilité et de la sécurité opérationnelle des installations industrielles complexes, les méthodes d'analyse sont des outils importants tels que: AMDEC, Arbre De Défaillances, Diagramme De Noiret, Diagramme D'Ichikawa.

AMDEC fait partie des méthodes largement utilisées pour les études de sécurité opérationnelle lors de la conception et lors de l'exploitation de systèmes industriels.

Notre travail consiste à étudier la méthode AMDEC et à l'application réelle de cette dernière sur la machine a soudure hélicoïdale R-SPP1800, et pour cela, nous avons travaillé comme suit:

Chapitre I : présentation de l'Enterprise

Chapitre II : généralité la maintenance et la méthode AMDEC

Chapitre III : présentation de la machine à soudure spirale

Chapitre IV : application la méthode AMDEC sur la machine à soudure.

I.1-Introduction

L'unité TUS (Tuberie Spirale) de GHADAIA est une filiale de société ALFAPIPE (algérienne de fabrication de pipe) SPA. Située à 600 Km de la capitale et à 200 km de Laghouat au sud de notre pays. Implantée exactement à la zone industrielle BOUNOURA-GHARDAIA à 10 Km de chef-lieu de wilaya ; l'usine occupe une surface de 230000 m².

L'implantation de cette 2eme tuberie spirale entre dans le cadre de politique d'équilibre régional et du développement des régions déshéritées, a cette raison politique s'ajoutent des motivations économiques : [1]



Figure I.1 : Image satellitaire de l'usine

I.2- Historique :

L'implantation de cette tuberiez spirale entre dans le cadre de politique d'équilibre régional et du développement des régions déshéritées, a cette raison politique s'ajoutent des motivations économiques:

- les puits de pétrole et de gaz (HASSI R' MEL et HASSI MESSAOUD), se trouvent à proximité de l'usité.
- la tuberiez spirale d'EL HADJAR ne pouvant pas seule satisfaire les gros besoins de SONTRACH en matière de transport des hydrocarbures.

CHAPITER I : Présentation de l'Entreprise

Il a été décidé de créer cette 2ème unité similaire au 1^{er}. Sa réalisation a essentiellement confiée à des entreprises algériennes.

La construction des principaux équipements a été confiée aux entreprises étrangères (HOECH principal fournisseur des équipements). L'unité produit une gamme des tubes allant de 16 à 64 pouces (406.4 à 1625.6mm), de 7 à 20 mm d'épaisseur et 7 à 16 m de longueur (la demande a exigé jusqu'à présent 13m de longueur max) Q1-0403 et ISO 9001. [2]



Figure I.2 : Certifiée ISO 9001, API Q1 et API Spec 5 L

I.3- Développement de TUS Ghardaïa :

1974 c'était la mise en chantier de SNS (société national da sidérurgie) à Ghardaïa. Et la mise en service de l'unité de production c'était qu'après deux ans, d'une capacité de 125000 t/ans ; l'équivalent de 375 km.

Pour améliorer ces produit; en 1992 la SNS a fait une extension et à la démarrer les deux unités de revêtement ; intérieure et extérieure. Après cette extension elle a été capable de fabriquer les tubes gazoduc et oléoduc.

Après la restructuration des entreprises elle à devenu SNTTP (la société National de Traitement des Produits Plats) du groupe ANABIB, et direction Alger. En 2001 elle à devenu PIPE GAZ filiale ANABIB, et en 2006 elle à devenu TUS Ghardaïa, la jumelle de TUS Annaba ; filiales de ALFAPIPE.

CHAPITER I : Présentation de l'Entreprise

Jusqu'à 1999 toutes les unités ont été commandées par les technologies câblées. Après ils ont automatisés l'unité de production et celle de revêtement extérieure.

Et en 2003 ils ont renouveler les automates des quatre machines à soudées. [2]

I.3-Plan de l'usine :

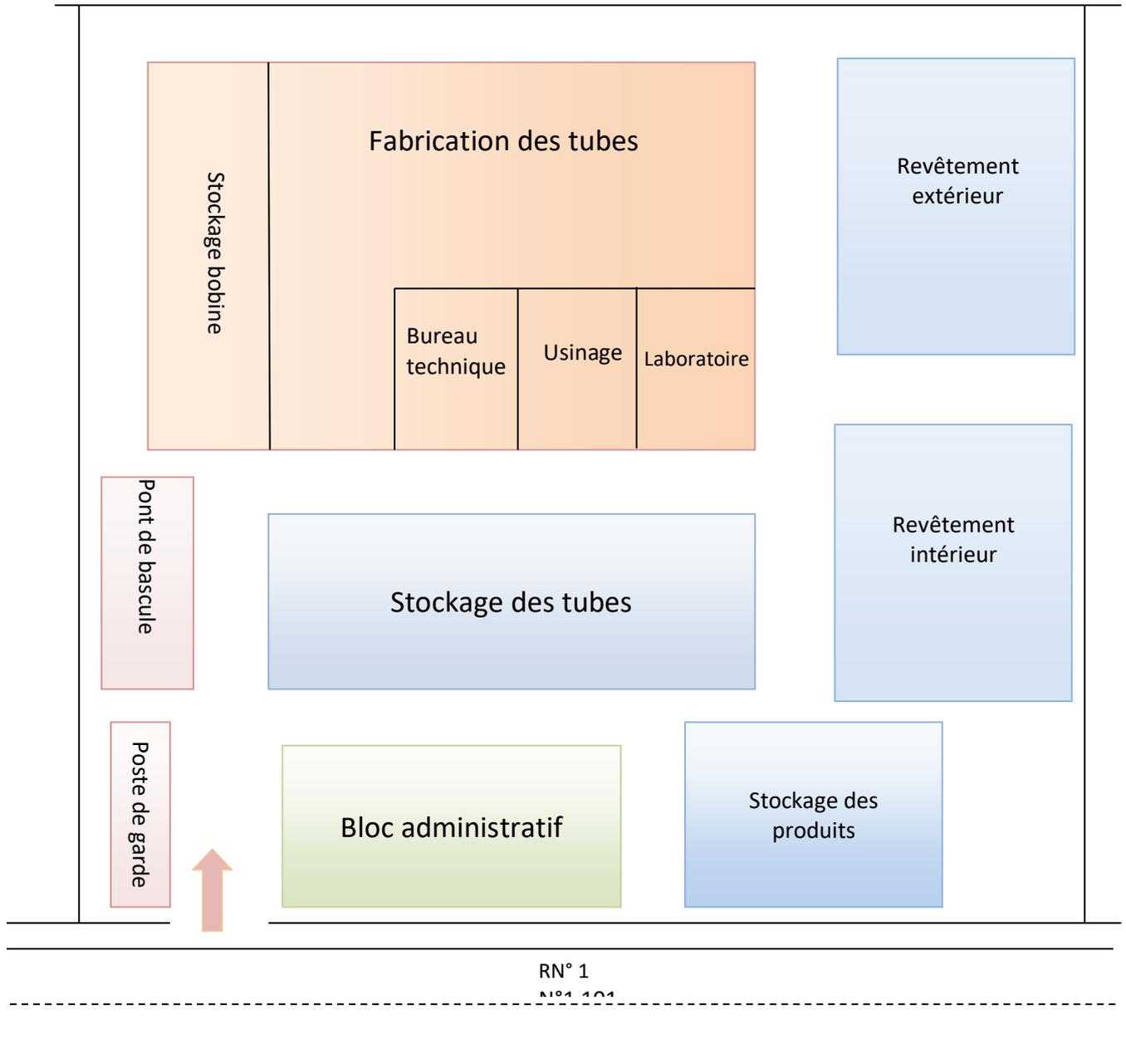


Figure I.3. Implantation de d'efférentes zones de l'usine[2]

I.4-domaine d'activité de l'entreprise :

L'entreprise ALFA PIPE transforme les bobines en tubes spirales pour transporter le pétrole, le gaz, l'eau et tous autres liquides sous haute pression.[2]

- Pipe line

- ✓ -Oléoducs (transport du pétrole).
- ✓ Gazoducs (transport du gaz).

-Hydraulique :

- Transport d'eau.
- Alimentation en eau potable.
- Infrastructure hydraulique.
- Assainissement (Hegou).
- -Drainage.
- Soutien puits.

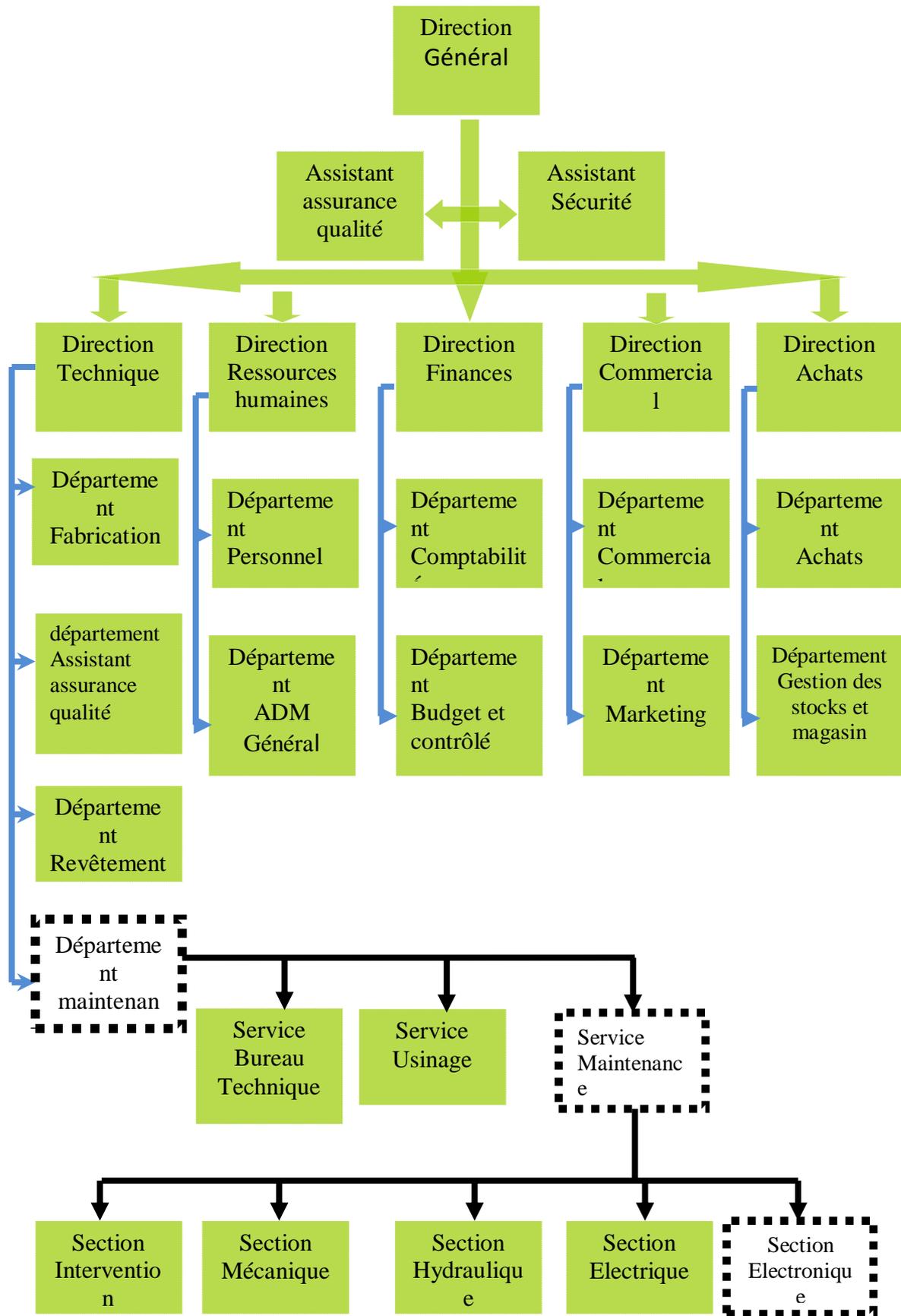
I.5-Les avantages et caractérisations du tube

- La construction de pipeline (gazoducs et oléoducs).
- Les grands transferts d'eau entre les barrages et les agglomérations.
- La construction métallique

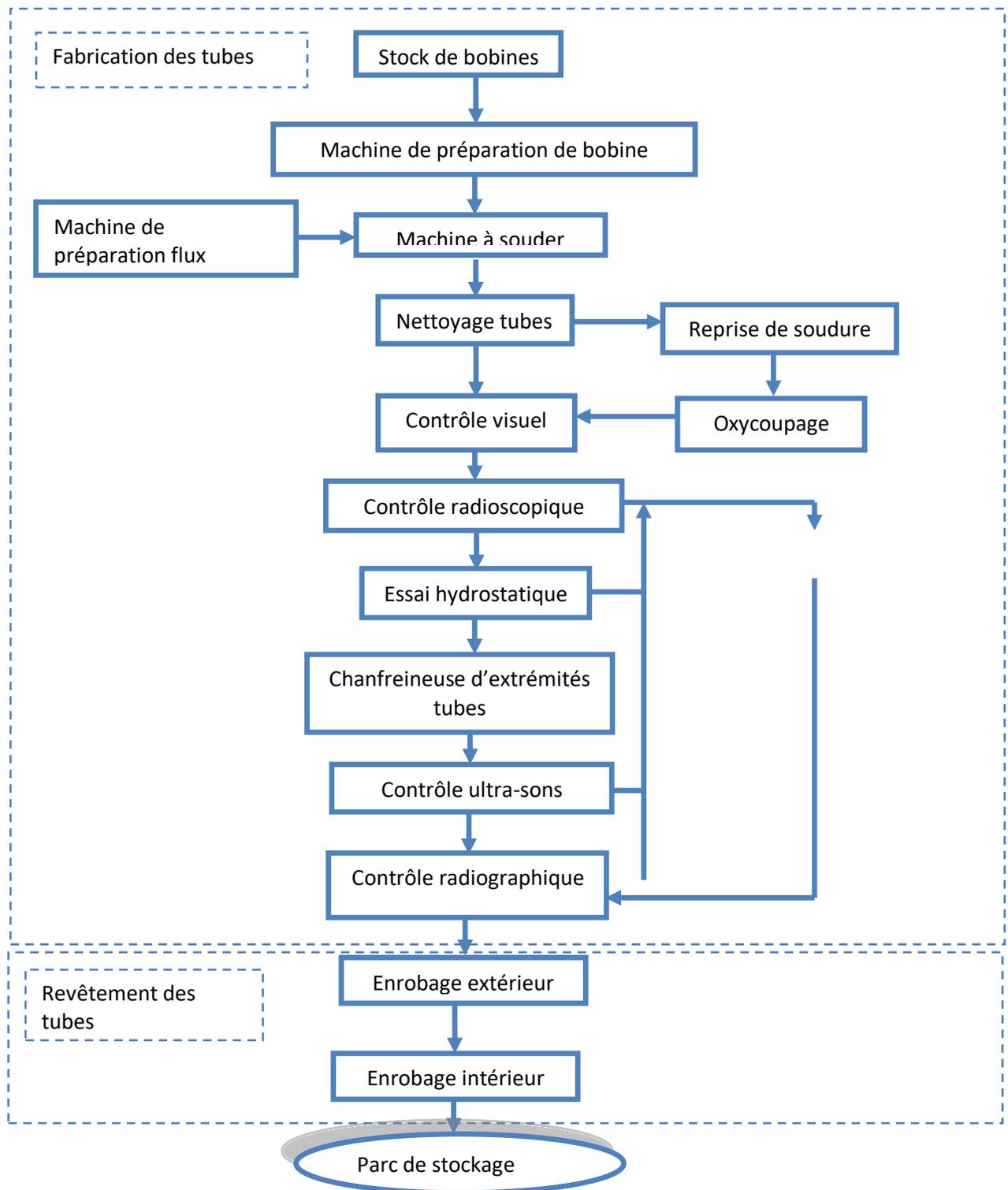


Figure I.4 : Bobine de la matière première [2]

I.6- Organigramme de l'usine :



I.7.2- Schéma synoptique du procédé de fabrication :



I.7.3- Préparation de bobine:

Contiens les séquences suivantes:

- ✓ déroulage de bobine.
- ✓ dressage.
- ✓ rognée les deux cotés.
- ✓ brossage.
- ✓ préparation des rives.

Tous les éléments de la partie*préparation de bobine* sont fixés sur un châssis de base qui repose sur des, et il est pivoté dans la position correspondante (angle d'entrée) selon la largeur de la bande et le diamètre du tube.

- Caractéristiques techniques:

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| - Poids de bobine | max 30 ton |
| - Diamètre intérieur de bobine | 600 à 820mm |
| - Diamètre extérieur de bobine | 1200 à 2000 mm |



Figure I.5. Bobine de la matière première

I.7.4- Usine de revêtement de tubes :

Cette usine fait le revêtement de tubes extérieurement par le polyéthylène et intérieurement par la peinture.

Processus de la chaîne de revêtement extérieur :

- Séchage.
- Grenailage extérieur
- Chauffage par induction.

CHAPITER I : Présentation de l'Enterprise

- Revêtement de tube en PE.
- Tunnel de refroidissement
- Cut- back d'extrémité
- Bosseuse d'extrémité
- Contrôle d'électrique de défaut de revêtement.

Processus de la chaîne de revêtement intérieur :

- Nettoyage au karcher.
- Séchage par brûleur à gaz.
- Grenailage tube
- Peinture intérieure
- Contrôle final

Le séchage 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 ne faste pour l'opération de grenailage.

I .7.4.1- Revêtement extérieur:

Par application d'un revêtement extérieure, le tube est protégé contre les facteurs externes mécaniques et chimique .Le revêtement est obtenu par le film Enroulé sur le tube suivent ces étapes:

- ✓ Séchage.
- ✓ grenailage.
- ✓ chauffage par induction.
- ✓ revêtement de 2.5 à 4 mm en polyéthylène.

I .7.4.2- Revêtement intérieur:

La surface interne de tube est protégée après le grenailage et nettoyage, la couche de peinture est de 40 à 70 micromètre d'épaisseur.

- ✓ revêtement en époxy gaz pour hydrocarbure.
- ✓ revêtement en époxy alimentaire pour tubes transfère d'eau

Grenaillage :

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

Le système est constitué de :

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

I .8-Présentation du département maintenance:

I .8.1- Processus maintenance :

Le processus Maintenance est constitué de différentes fonctions qui peuvent être classées en deux catégories :

I .8.1.1-Les fonctions de base :

- ✓ La Préparation
- ✓ L'ordonnancement
- ✓ La programmation des réparations
- ✓ L'approvisionnement et la distribution des moyens nécessaires.
- ✓ La réalisation des travaux de maintenance
- ✓ La collecte des informations sur les réparations.
- ✓ La collecte des informations sur les pannes.

I .8.1.2- Les fonctions complémentaires :

- ✓ Les études d'amélioration.
- ✓ La planification et la standardisation de la programmation des travaux.
- ✓ La gestion budgétaire.

I .8.1.2.1- Préparation :

La préparation des travaux nécessite le plus de rigueur possible dans la collecte des informations pour définir le triplet « symptôme, cause et remède de panne ». Les informations peuvent être collectées par plusieurs intervenants avec pour support la GMAO mais nécessitent toujours rigueur et objectivité.

I .8.1.2.2- Analyse de panne :

l'application d'une méthodologie d'analyse de panne est conseillée pour diminuer le temps de réparation : une procédure basée éventuellement sur une méthodologie (5 pourquoi, QQQQCP) est préconisée. Dans le cas où l'entreprise a mis en place une GMAO, l'utilisation de l'AMDEC (analyse des modes de défaillances selon leurs effets et leur criticité) sera un outil très performant.

I .8.1.2.3- Ordonnancement

La fonction d'ordonnancement permet d'organiser le travail à réaliser :

- prévoir la chronologie du déroulement des différentes tâches de maintenance,
- optimiser les moyens nécessaires en fonction des délais,
- ajuster la charge,
- contrôler l'avancement et la fin des travaux,
- analyser les écarts entre les prévisions et les réalisations,
- avoir une vision à long terme (plan de charge annuel), à moyen terme et à court terme.

I .8.2- Planification de la maintenance

Elle comporte :

- ✓ La préparation
- ✓ L'ordonnancement
- ✓ La programmation des réparations
- ✓ L'approvisionnement et la distribution des moyens nécessaires.

Les trois première fonctions « La préparation, L'ordonnancement, La programmation des réparations) sont intimement liées avec la quatrième fonction (L'approvisionnement et la distribution des moyens nécessaires) et l'une agit directement sur les autres.

La programmation des travaux de maintenance doit assurer :

- ◆ Le suivi de l'état technique des installations,

CHAPITER I : Présentation de l'Enterprise

- ◆ L'élaboration des listings des travaux,

- ◆ La préparation des travaux

Elle se trouve complétée par :

- L'approvisionnement et la distribution des ressources,
- L'élaboration du planning de lancement des travaux

I.8.2.1- Le suivi de l'état technique des installations :

Le suivi et la gestion de l'état technique des installations constituent la première tâche du département de maintenance. Cette tâche se situe en amont de tout le processus de la programmation des travaux.

Des visites journalières d'inspection sont assurées par le technicien de zone.

Il utilise pour cela un support appelé « planning de visite » par zone et par spécialité, indiquant :

- Les points à contrôler
- La fréquence de contrôle (périodicité)

Fiche de visite:

Après la visite, le technicien de zone établit un listing de l'état technique des équipements suite :

- inspections
- incidents
- réparations

La fiche de visite comporte.:

- L'unité : fabrication, revêtement intérieur, revêtement extérieur.
- La spécialité et le code spécialité : mécanique, électrique, hydraulique, électronique,
- L'installation

CHAPITER I : Présentation de l'Entreprise

- Le sous-ensemble
- L'imputation [3]

I .8.2.2- préparation des travaux :

Sur la base de la fiche de visite, il sera procédé à :

A- La détermination des ressources :

- humaines
- matériels
- documentaires
- budgétaires

Pour l'effectuer, le technicien de zone fera appel à son expérience propre, aux informations recueillies à la faveur d'opérations similaires et par référence aux standards existants.

B- La vérification de la disponibilité des ressources

Le préposé à cette tâche devra faire l'inventaire des ressources disponibles et programmer l'acquisition de celles qui ne le sont pas encore.

I .8.2.3- Approvisionnement et distribution des ressources :

La disponibilité de la PDR constitue un préalable à toute action de maintenance. L'importance de l'approvisionnement des PDR est capitale. Les structures chargées de l'approvisionnement des ressources assurent :

- L'expression des besoins en affinant les prévisions,
- La gestion des stocks en corrigeant les paramètres de gestion,
- Le suivi des achats,
- Le stockage (magasinage),...etc.

I .8.2.4-Planning de lancement :

Les actions figurant sur le listing des travaux et ne pouvant être réalisées par manque de ressources, seront planifiées en fonction des dates prévisionnelles d'acquisition des moyens.

I .8.2.5- Contrôle et réception :

Une fois les travaux lancés, il convient de suivre leur déroulement pour, éventuellement, décider de la conduite à tenir en cas d'imprévu. A l'issue de la réalisation des travaux, l'installation réparée devra être réceptionnée (fiche de réception) après essai de bon fonctionnement.

I .8.3- Exécution des travaux de maintenance:

I .8.3.1- Travaux programmes (maintenance systématique):

I .8.3.1.1- Préparation :

Après réception des demandes de travail (BT, DI) et du planning, l'Exécution est chargé de:

- Vérifier la faisabilité des travaux.
- Vérifier la disponibilité des PDR et des outillages spéciaux.
- Désigner les agents.
- Les doter en outillage nécessaire.
- Déterminer les mesures de sécurité à prendre.

I .8.3.1.2- Exécution du travail :

L'exécution doit être conformément au planning et selon les règles de l'art, en relation avec les responsables de la zone.

Face à des situations imprévues, des mesures seront prises avec les responsables de la zone concerné afin d'éviter des arrêts intempestifs et une surconsommation de PdR.

I .8.3.2- Dépannage (maintenance corrective) :

Il consiste à remettre en état de marche une installation qui s'est arrêtée suite à une anomalie quelconque.

Le dépannage (maintenance corrective) est une fonction immuable de la maintenance.

Il peut être réduit à des seuils acceptables grâce à la mise en œuvre de la maintenance préventive, mais il ne peut pas disparaître complètement.

I .8.4- Contrôle et collecte des informations:

La collecte des informations sur les travaux effectués suite à réparation ou panne, se fera sur la base des documents suivants :

- Les bons de travail (BT)[3].

- Les demandes d'intervention (DI).

- Les bons d'incidents (BI).

- Les carnets de quart (carnets de poste).

- Les rapports d'intervention suite à panne.

Ces informations doivent être relevées par le responsable de la zone concernée et contrôlées par la suite par l'ingénieur de spécialité.

I .8.5- Amélioration élémentaire :

Pour un bon fonctionnement, il est capital d'en assurer le Feed-back (retour d'informations). Ces informations recueillies relatives aux travaux réalisées, aux pannes et à l'état technique des équipements doivent être traitées et permettre des améliorations au niveau de la programmation des travaux.

La prise en charge des fonctions de base constitue une condition sine qua non avant de prétendre à l'atteinte des stades évolués de maintenance. Le fait de réduire les pannes tant en amplitude qu'en fréquence, et réaliser les travaux de maintenance suite à inspection concourra à enregistrer des résultats plus appréciables.[3]

I .9- Conclusion

Pendant trois (03) mois de stage exécuté dans la société Alfa Pipe à Ghardaïa, on a eu l'occasion de développer nos connaissances théoriques et d'avoir des idées assez concrètes de l'environnement industriel mécanique et électrique.

A titre de conclusion, il semble intéressant de mettre en évidence les questions actuelles qui se posent sur l'avenir de l'industrie de métal, de savoir comment les acteurs économiques vont faire développer le contrôle et la maintenance. Au centre de cette question se trouve naturellement le problème de qualité des équipements. En effet, notre stage a été très bénéfique à cet égard : pour les quels nous interrogeons nous même sur leur fonctionnement pour comprendre les différentes types d'entraînement. Il en résultera une grande dépendance entre la théorie et la pratique.

II.1. INTRODUCTION

La maintenance s'inscrit parmi les contraintes que rencontre tout exploitant d'une installation industrielle. Plus généralement, une installation de production nécessitant un ensemble de moyens matériels et humains n'est en mesure d'assurer le service qu'on lui demande qu'après avoir surmonté diverses contraintes, dont la maintenance des équipements de production utilisés. Construire une usine ou un atelier ne sert à rien en l'absence de production significative, ou de personnel qualifié, ou d'un système d'organisation permettant le maintien en état des installations.

Les installations, les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples telles que l'usure, la déformation due au fonctionnement ou l'action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphères, etc.). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement, diminuer les capacités de production, mettre en péril la sécurité des biens et des personnes, provoquer des rébus ou diminuer la qualité, augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.) ou diminuer la valeur marchande de ces moyens. Maintenir c'est donc effectuer des opérations de dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration etc., qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir c'est aussi assurer ces opérations au coût global optimum.

Mais aujourd'hui, maîtriser la disponibilité des biens, des matériels et des équipements industriels, permettrait à l'industrie d'agir sur la régularité de sa production, sur ses coûts de fabrication, sur sa compétitivité et sur son succès commercial.

Pour vendre plus, pour vendre mieux, il s'agit à présent non plus seulement de proposer un meilleur mode de conduite de l'installation mais de garantir à l'exploitant un mode d'intervention rapide, une mise en place de détection et de diagnostic de défaillances, en un mot une maintenance de qualité permettant d'atteindre la production optimum.[4]

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

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

II.3. Les objectifs de la maintenance (Norme FD X 60-000)

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance .

La politique de maintenance conduit, en particulier, à faire des choix entre :

- maintenance préventive et/ou corrective, systématique ou conditionnelle ;
- maintenance internalisée et/ou externalisée.

II.4. La stratégie de maintenance (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000)

"La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance."

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- élaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- organiser les équipes de maintenance ;
- internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance ;
- définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de

Production en matière de productivité et de maintenabilité.

II.5. Historique et évolution de la maintenance :

a – Le terme "maintenance" a son origine dans le vocabulaire militaire, dans le sens maintien dans des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant.

Il est évident que les unités qui nous intéressent ici sont les unités de production, et le combat est avant tout économique.

L'apparition du terme "maintenance" dans l'industrie a eu lieu vers 1950 aux USA. En France, il se superpose progressivement

à "l'entretien".

b – Entretien ou Maintenance ?

- Entretien c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production. Entretien c'est subir.

- Maintenir c'est choisir des moyens de prévenir, de corriger ou de rénover le matériel, suivant sa criticité économique afin

d'optimiser le coût global de possession. **Maintenir** c'est **maîtriser**

II.6. – LE SERVICE MAINTENANCE

II.6.1. Les fonctions du service maintenance

II.6.1.1. Etude

Sa mission principale est l'analyse du travail à réaliser en fonction de la politique de maintenance choisie. Elle implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés et des indicateurs mesurables.

II.6.1.2. Préparation

La préparation des interventions de maintenance doit être considérée comme une fonction à part entière du processus maintenance. Toutes les conditions nécessaires à la bonne réalisation d'une intervention de maintenance seront ainsi prévues, définies et caractérisées. Une telle préparation va de bien sûr s'inscrire dans le respect des objectifs généraux tels qu'ils sont définis par la politique de maintenance : coût, délai, qualité, sécurité,...

Quel que soit le type d'intervention à réaliser, la préparation sera toujours présente. Elle sera :

implicite (non formalisée) : dans le cas de tâches simples, l'intervenant assurera lui-même, par expérience et de façon souvent automatique la préparation de ses actions ;

explicite (formalisée) : réalisée par un préparateur, elle donne lieu à l'établissement d'un dossier de préparation structuré qui, faisant partie intégrante de la documentation technique, sera utilisé chaque fois que l'intervention sera réalisée. Il sera donc répertorié et conservé sous réserve de mises à joutérieures.

II.6.1.3.Ordonnancement

L'ordonnancement représente la fonction "chef d'orchestre". Dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité, l'absence de chef d'orchestre débouche vite sur la cacophonie quel que soit le brio des solistes.

II.6.1.4.Réalisation

La réalisation consiste à mettre en œuvre les moyens définis dans le dossier de préparation dans les règles de l'art, pour atteindre les résultats attendus dans les délais préconisés par l'ordonnancement.

II.6.1.5.Gestion

La fonction gestion du service maintenance devra être capable d'assurer la gestion des équipements, la gestion des interventions, la gestion des stocks, la gestion des ressources humaines, et la gestion du budget.

II.6.2.Domains d'action du service maintenance

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

- La maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, ...

CHAPITER II : généralité la maintenance et la méthode AMDEC

- l'exécution et la réparation des pièces de rechanges.
 - l'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges, ...
 - l'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules,
- Ce qui prouve le bien-fondé d'une formation polyvalente.

II.6.3. Place du service maintenance dans l'entreprise

Les installations, les équipements, tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples : usures, déformations dues au fonctionnement, action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphériques, etc.).

Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement (panne); diminuer les capacités de production; mettre en péril la sécurité des personnes; provoquer des rebuts ou diminuer la qualité; augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.); diminuer la valeur marchande de ces moyens.

Dans tous les cas ces détériorations engendrent des coûts directs ou indirects supplémentaires. Le service maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise.

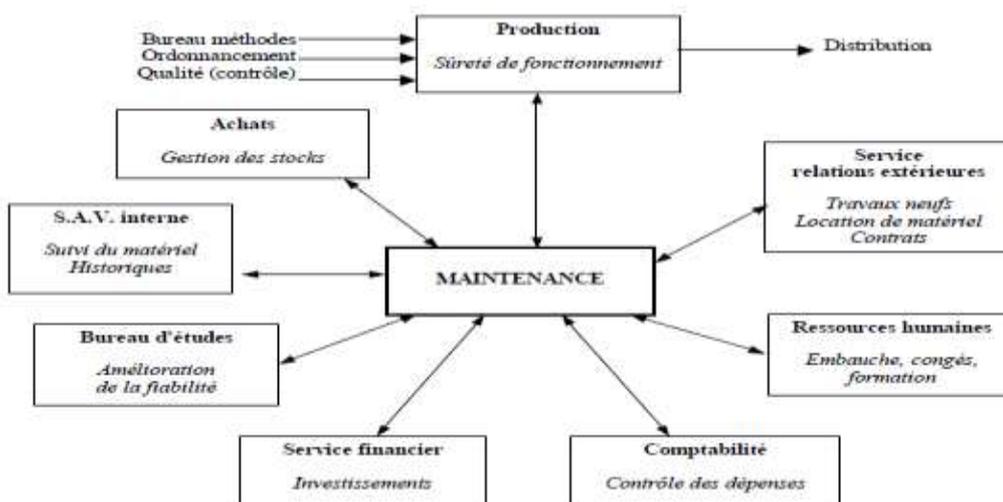


Figure II.1. Place du service maintenance dans l'entreprise.

La maintenance est de plus en plus concernée par la qualité des produits, qui passe par la qualité des machines. La **TPM (Total Productive Maintenance)** japonaise montre l'intérêt qu'il y a à confier à des conducteurs de machines les actions de maintenance de 1^{er} et 2^e niveaux. Dans la même logique, le **TRS (taux de rendement synthétique)** est un indicateur de gestion qui prend en compte à la fois des performances de production et de maintenance.

Organisation géographique du service maintenance: Deux types d'organisation peuvent être mis en place selon la spécificité et la taille de l'entreprise :

- Un service maintenance centralisé (atelier central)

- Des services maintenance décentralisés à proximité de chaque secteur d'activité

II.6.4. Le technicien de maintenance

Pour atteindre les objectifs de la maintenance, et en tenant compte d'un contexte de mondialisation visant à réduire les coûts pour assurer la compétitivité, les entreprises ont besoin de techniciens ayant des compétences très fortes tant dans les domaines techniques que dans l'approche économique des problèmes et dans la capacité à manager les hommes.

La technologie des matériels actuels implique une **compétence technique polyvalente**. Les frontières entre les domaines mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, informatique ... ne sont pas évidentes sur une machine compacte.

Une polyvalence au niveau de la gestion est aussi indispensable, ainsi que **la maîtrise des données techniques, économiques et sociales**.

Le profil du technicien de maintenance, est celui **d'un homme de terrain**, de contact et d'équipe, qui s'appuie sur sa formation initiale puis sur son expérience pour faire évoluer la prise en charge du matériel dont il a la responsabilité.

II.6.5. Le management de la maintenance

Le management de la maintenance est à la charge d'une (ou plusieurs) personne(s) désignée(s) dont les responsabilités et autorité doivent être définies (*norme. FD X 60-000*)

CHAPITER II : généralité la maintenance et la méthode AMDEC

Il appartient au management et aux responsables de :

Définir les profils d'emploi nécessaires à l'accomplissement de la mission de la fonction maintenance ;

Gérer les ressources disponibles en interne dans cet esprit et en particulier de prendre des dispositions pour assurer la formation, la qualification et l'habilitation du personnel en vue de :

- lui permettre d'assurer les tâches de maintenance avec un optimum d'efficacité ;
- s'assurer que les règles de sécurité sont connues et mises en œuvre ;
- être conforme aux exigences réglementaires en matière d'habilitation ;

II.7. LES TYPES DE MAINTENANCE (norme NF EN 13306)

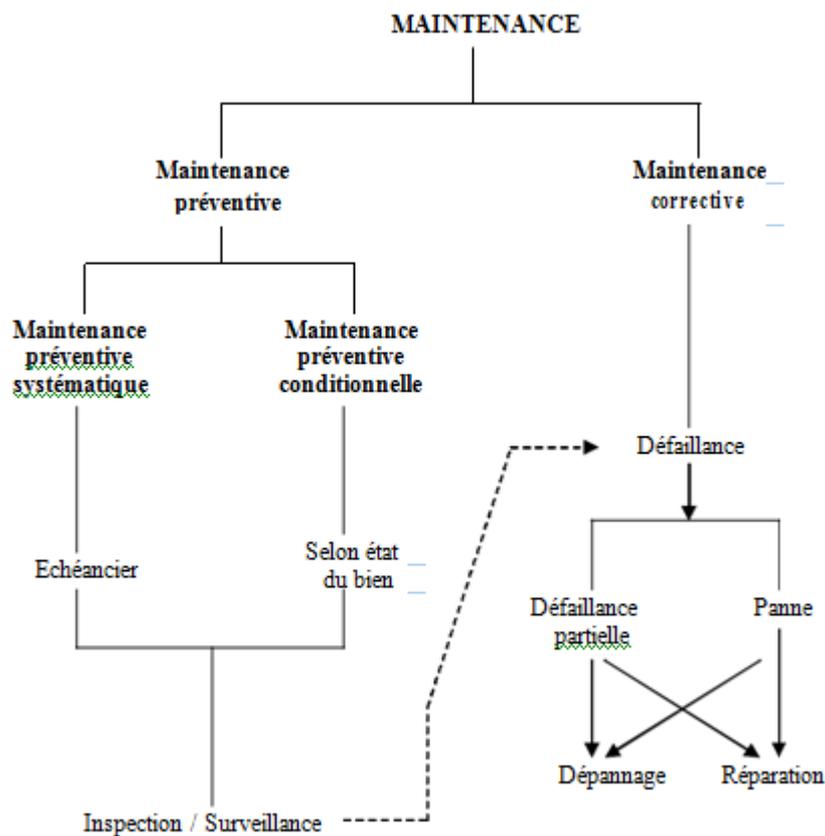


Figure II.2. LES TYPES DE MAINTENANCE

II.7.1. La maintenance corrective

C'est la maintenance exécutée après détection d'une panne destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.[5]

II.7.1.1. 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 de l'environnement.
- L'optimisation des coûts de maintenance.

II.7.1.2. 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.

II.7.2. La maintenance préventive :

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.[6]

II.7.2.1. La maintenance préventive systématique

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.[5]

II.7.2.2. La maintenance préventive conditionnelle

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.[7]

II.7.2.3.La maintenance préventive prévisionnelle

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation d paramètres significatifs de la dégradation du bien.[8]

II.7.2.4.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.

II.7.2.5. 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.
- 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.

II.7.3.Maintenance améliorative :

L'amélioration des biens d'équipements 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 » (norme NF EN 13306). 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. [8]

II.7.3.1.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.

II.8.LES ACTIVITES DE LA MAINTENANCE (*norme NF EN 13306*) :

II.8.1.L'inspection :

C'est un contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.

En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant après ou d'autres activités de maintenance.

II.8.2.La surveillance :

C'est l'activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien

La surveillance se distingue de l'inspection en ce qu'elle est utilisée pour évaluer l'évolution des paramètres du bien avec le temps.

II.8.3.La réparation

Ce sont les actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.

II.8.4.Le dépannage :

Ce sont les actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.

II.8.5.L'amélioration :

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise.

II.8.6.La modification :

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à changer la fonction d'un bien.

II.8.7.La révision :

Ensemble complet d'exams et d'actions réalisés inaf de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité.

II.8.8.La reconstruction :

Action suivant le démontage d'un bien et la réparation ou le remplacement des composants qui approchent de la fin de leur durée de vie utile et/ou devraient être systématiquement remplacés.

La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations.

L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine.

II.9. LES TEMPS DE LA MAINTENANCE :

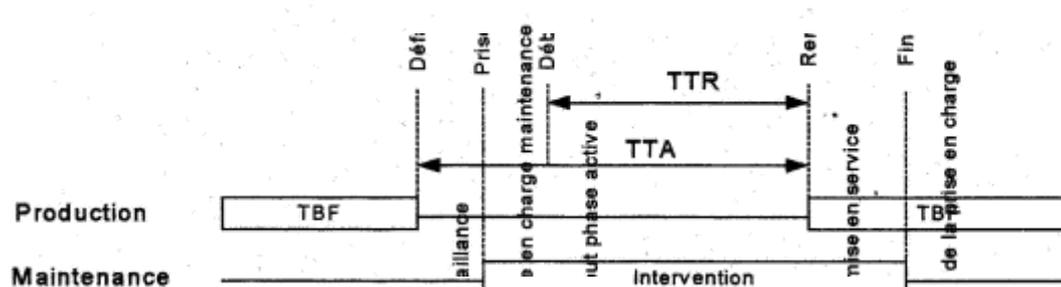


Figure II.3. Temps caractéristiques lors d'une intervention

II.9. 1. La MTBF :

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

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

II.9. 2. La 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.

II.9. 3. La 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.).

II.9. 4. Les échelons de maintenance (norme FD X 60-000) :

Il est important de ne pas confondre les niveaux de maintenance avec la notion d'échelon de maintenance qui spécifie l'endroit où les interventions sont effectuées. On définit généralement trois échelons qui sont :

- — la **maintenance sur site** : l'intervention est directement réalisée sur le matériel en place ;

- — la **maintenance en atelier** : le matériel à réparer est transporté dans un endroit, sur site, approprié à l'intervention ;
- la **maintenance chez le constructeur** ou une **société spécialisée**: le matériel est alors transporté pour que soient effectuées les opérations nécessitant des moyens spécifiques.

Bien que les deux concepts de niveau et d'échelon de maintenance soient bien distincts, il existe souvent une corrélation entre le niveau et l'échelon. Les opérations de niveaux 1 à 3, par exemple, s'effectuant sur site, celles de niveau 4 en atelier, et celles de niveau 5 chez un spécialiste hors site (constructeur ou société spécialisée). Si cela se vérifie fréquemment (dans le domaine militaire par exemple), il convient cependant de ne pas en faire une généralité. On peut rencontrer en milieu industriel des tâches de niveau 5 effectuées directement sur site.

II.10. Présentation de la méthode AMDEC :

II.10.1 Définition :

L'AMDEC, analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité, est un outil d'analyse performant qui permet de recenser de manière exhaustive les risques de dérive d'un processus, d'un produit ou d'un moyen de production. Elle s'inscrit dans la logique de maîtrise des risques ; sa finalité est de mettre en place des plans d'actions préventives visant à éliminer ou réduire les risques liés à la sécurité de l'utilisateur, au non qualité, à la perte de productivité, à l'insatisfaction des clients [9].

L'AMDEC se définit comme une « méthode inductive d'analyse de système utilisée pour l'analyse systématique des causes, des effets des défaillances qui peuvent affecter les composants de ce système ». Cette méthode est systématique, participative et préventive [10].

II.10.2. Historique et domaines d'application :

L'AMDEC a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966². Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement sous le nom de

FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique et plus récemment, on commence à s'y intéresser dans les services. Dans le domaine de l'informatique la méthode d'Analyse des Effets des Erreurs Logiciel (AEEL) a été développée ³. Cette approche consiste en une transcription de l'AMDEC dans un environnement de logiciels. Aujourd'hui, dans un contexte plus large comme celui de la qualité totale, la prévention n'est pas limitée à la fabrication. Il est maintenant possible d'anticiper les problèmes dans tous les systèmes du processus d'affaires et de rechercher à priori des solutions préventives. C'est pourquoi l'application de l'AMDEC dans les différents systèmes du processus d'affaires est très utile,

Souvent même indispensable. Cette méthode est donc considérée comme un outil de la qualité totale.

Il est important de souligner que l'utilisation de la méthode se fait avec d'autres outils de la qualité et cette combinaison augmente considérablement la capacité et l'efficacité de la méthode (certains exemples sont mentionnés plus loin).[11]

II.10.3.Objectifs de l'AMDEC :

L'AMDEC a pour objectif, dans une démarche inductive rigoureuse, d'identifier les défaillances dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement d'un système et de les hiérarchiser selon leur niveau de criticité afin de les maîtriser. On obtient en sortie l'ensemble des dysfonctionnements potentiels associés à leur criticité (fréquence d'apparition, gravité des effets et probabilité de détection de la défaillance) ainsi que les plans d'actions à mettre en œuvre afin de diminuer la criticité en faisant varier un des trois facteurs [12]. L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production [13]. Elle permet de déterminer les points faibles d'un système et d'y apporter des remèdes, de préciser

les moyens de se prémunir contre certaines défaillances, de faire dialoguer les personnes concernées par un projet, mieux connaître le système, et principalement d'étudier les conséquences de défaillance [14]

II.11.Les types de l'AMDEC : [11]

II.11.1.AMDEC machine :

Elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le taux de rebuts, le taux de panne et analyse de la conception des équipements de production pour améliorer leur disponibilité.

II.11.2.AMDEC produit :

Elle permet de verrouiller la conception des produits, ceci consiste à étudier les plans et caractéristiques d'un produit afin de détecter préventivement les situations qui peuvent conduire à une fonction non ou mal réalisée.

II.11.3.AMDEC processus :

Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'elle réponde aux spécifications définies, elle consiste à rechercher dans un processus de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent conduire à un produit défectueux.

II.11.4.AMDEC organisation :

Elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

II.11.5.AMDEC service :

Elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance.

II.11.6.AMDEC sécurité :

Elle s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existedes risques pour ceux-ci.

II.12. Avantages et inconvénients de l'AMDEC :

II.12.1. Avantages de la méthode AMDEC :

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est-à-dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs.

II.12.2. Inconvénients de la méthode AMDEC :

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place.

II.13. Les aspects de la méthode AMDEC :

II.13.1. L'aspect qualitatif :

Elle consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

II.13.2. L'aspect quantitatif :

Elle Consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qu'ilimineraient complètement les causes des défauts potentiels.

II.14. AMDEC machine :

II.14.1. Définition :

Ces techniques d'analyses qui ont pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise des défaillances. Elles ont pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements

industriels. Leurs rôles n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement. En particulier :

- Définir un système de surveillance : détection des anomalies, alarme, signalisation...
- Optimiser les stocks de pièces de rechange.
- être en place une maintenance conditionnelle : suivi vibratoire, analyse des huiles,...
- Construire les aides au diagnostic.

II.14.2. Les intérêts :

Le groupe qui procède à l'AMDEC recherche essentiellement des solutions pour être mise en place par la maintenance elle-même en particulier :

- Réduire le nombre de défaillances,
- Prévention des pannes.
- Fiabilisation de la conception.
- Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation.
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
- Amélioration de la surveillance et des tests.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Détection précoce des dégradations.
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance.
- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Amélioration de la testabilité.
- Amélioration de la maintenance corrective.
- Amélioration de la sécurité.

II.14.3. Cas d'application :

- L'AMDEC machine est particulièrement destinée aux constructeurs (AMDEC prévisionnelle) et aux utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle).

II.15.AMDEC prévisionnelle :

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (élément nouveau, spécifiques ou complexe) dont on connaît mal le comportement. Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en place des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

II.16.AMDEC opérationnelle :

Elle est utilisée en période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique et pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques.). Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine.

II.17.Les démarches pratiques de l'AMDEC machine :

II.17.1.Initialisation :

But : L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, plus précisée avec le groupe de travail. Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

II.17.2.Démarches : [11]

- 1- Définition du système à étudier.
- 2- Définition de la phase de fonctionnement 3- Définition des objectifs à atteindre.
- 4- Constitution du groupe de travail. 5- Etablissement du planning.
- 6- Mise au point des supports de l'étude.

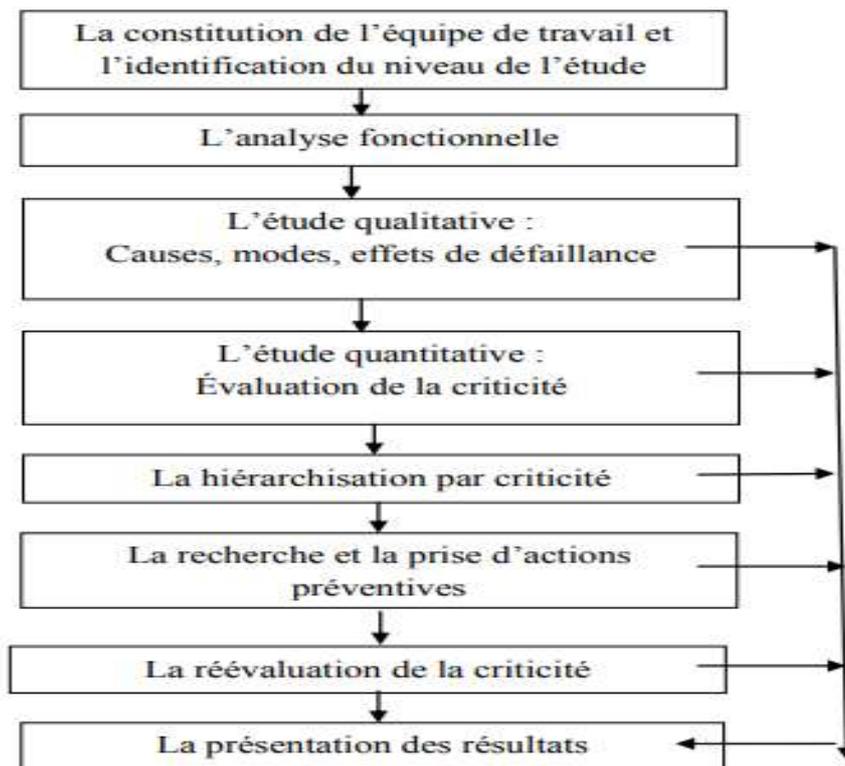


Figure II.3. : Démarche AMDEC

II.18.L'analyse fonctionnelle : [11]

Une défaillance est la disparition ou la dégradation d'une fonction. Donc pour trouver les défaillances potentielles il faut connaître les fonctions.

Le but de *l'analyse fonctionnelle* est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

- Les fonctions principales sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.
- Les fonctions contraintes répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.
- Les fonctions élémentaires assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système.

II.19.Analyse des défaillances :

Par défaillance on entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble

- Ne fonctionne pas
- Ne fonctionne pas au moment prévu
- Ne s'arrête pas au moment prévu
- Fonctionne à un instant non désiré
- Fonctionne, mais les performances requises ne sont pas obtenues

II.19.1.Modes de défaillances : [4]

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le Tableau III.4, mais généralement on travaille avec 5 modes de défaillance génériques suivants:

- Perte de la fonction.
- Fonctionnement intempestif
- Refus de s'arrêter.
- Refus de démarrer
- Fonctionnement dégradé

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique (coincement)	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Retard de fonctionnement
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Est en dessous de la limite supérieure	30	Court-circuit
13	Fonctionnement intempestif	31	Circuit ouvert
14	Fonctionnement intermittent	32	Fuite électrique
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillances exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Écoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

Tableau II.1. Modes de défaillance génériques [4]

II.19.2. Causes de défaillances :

Une cause de défaillance est évidemment ce qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, on déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour corriger.

II.19.3. Effets de défaillances :

Les effets d'une défaillance sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou du service.

II.20. Evaluation de la criticité:

L'évaluation de la criticité se fait selon 3 critères principaux :

- la gravité
- la fréquence
- la non-détection

La définition de ces critères doit être absolument rigoureuse pour ne laisser aucune place à

CHAPITER II : généralité la maintenance et la méthode AMDEC

l'interprétation afin que quiconque les utilise de manière identique. Généralement, chaque critère reçoit un indice sur une échelle qui varie de 1 à 4 en fonction de son importance. Cependant, il est tout à fait logique de se détourner de cet ordinaire et augmenter ou diminuer le découpage selon ses propres besoins ou objectif. Ainsi une entreprise qui privilégierait la fiabilité pourrait découper le finement le critère « fréquence » en 5,6, ou 7 niveaux ou même plus.

II.20.1.Critère G (gravité) :

Le critère de gravité évalue le risque pour l'utilisateur ainsi que pour le système et le service rendu. A chacun des effets d'une défaillance correspond un indice de gravité. Le critère de gravité, comme celui de fréquence, doit être très précis dans ses définitions, la sévérité et la gravité étant des notions subjectives.

Niveau de la gravité G		Définitions
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : - Arrêt de production inférieur à 2 minutes. -Aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : - Arrêt de production de 2 à 20 minutes, ou repos possible d'intervention. -Remise en état de courte durée ou petite réparation sur place nécessaire. -Déclassement du produit.
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : - Arrêt de production de 20 à 60 minutes. -Chargement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit nécessaire ou rebat (non qualité détectée à la production).
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : - Arrêt de production de 1 à 2 heures. -Intervention importante sur sous ensemble. -Production de pièces non-conformes, non détectées.
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : - Arrêt de production supérieur à 2 heures. -Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux. -Problème de sécurité du personnel ou l'environnement.

Tableau .II.2. Grille de cotation de la gravité. [15]

II.20.2.Critère F (fréquence) :

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

Niveau de la fréquence F		Définitions
Fréquence très faible	1	Défaillance rare: mois d'une défaillance par année.
Fréquence faible	2	Défaillance possible; mois d'une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente: mois d'une défaillance par semaine.
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente: plusieurs défaillances par semaine.

Tableau .II.3. Grille de cotation de la fréquence. [15]

II.20.3.Critère D (non-détection) :

Le critère D est l'indice de non détectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance par une note estimée allant de 1 (dégradation élémentaire) à 4 (défaillance soudaine).

Niveau de détection D		Définitions
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100 % : -Détection à coup sûr de la cause de la défaillance. - Signe avant coureur évidant d'une dégradation.
Détection possible	2	Défaillance détectable : -Signe avant coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel,...).
Détection improbable	3	Défaillance détectable : - Signe avant coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable au nécessitant une action au des moyens complexes (démontage, appareillage,...).
Détection impossible	4	Défaillance détectable : -Aucun signe avant coureur de la défaillance.

Tableau .II.4. Grille de cotation de la détection. [15]

II.20.4. Calcul de la criticité :

$$C = G * F * D$$

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

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

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

Niveau	Définition
$C < 9$	Faible : Aucun problème particulier. Surveillance habituelle.
$9 < C < 25$	Acceptable : Nécessite une surveillance particulière et/ou une révision de la politique de maintenance.
$C > 25$	Forte : Surveillance accrue. Remise en cause de la maintenance. Eventuellement, arrêt pour amélioration.
$C = 64$	Dangereuse : Révision de la politique de maintenance et/ou modification du système. (Arrêt si sécurité est menacée).

II.20.5. Synthèse :

Cette étape consiste à effectuer un bilan d'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de cause, les actions à effectuer. Ce bilan est essentiel pour tirer vraiment parti de l'analyse.

II.20.6.Hiérarchisation des défaillances :

Pour la hiérarchisation des défaillances selon les niveaux atteints par les critères de criticité, on utilise des représentations graphiques ou des divers classements.

a) Liste des points critiques :

Cette liste permet de recenser les points faibles de la machine et les éléments les plus critiques pour le bon fonctionnement du système.

b) Liste des recommandations :

Cette liste permet de recenser, voire de classer par ordre de priorité, les actions préconisées. On utilise souvent une grille dans laquelle on peut faire apparaître les critères de coût et de difficulté de mise en place des actions à entreprendre.

II.20.7..Les actions :

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de 3 types :

• **Actions préventives** : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.

• **Actions correctives** : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide.

• **Actions amélioratives** : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

- Plan d'action
- Désignation d'un responsable de l'action
- Détermination d'un délai
- Détermination d'un budget

- Révision de l'évaluation après mise en place de l'action et retours des résultats

II.21.Conclusion

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

III .1. Introduction :

L'entreprise algérienne de fabrication de tubes spiralés est basée sur quater la machine à souder Spirale R-SSP1800, et cette machine a commencé sa production officielle le 27 février 1976. Il est conçu pour former des tubes en spirale à partir de bobines de grandes bandes (ruban) et soudez complètement ces tubes à l'intérieure à l'extérieure avec un équipement de soudage SAW.



Figure III.1 : Le premier tube produit par la machine à souder spirale

III.2. Machine à soude en spiral :[2]

III.2.1.Description :

La machine à souder en spirale sert à fabriquer des tubes à partire des bandes de différentes largeurs et épaisseurs dévidés des bobines. Ces bandes sont roulées en hélice et sont ensuit soudées intérieurement et extérieurement selon le procédé de soudure en flux.

Ces éléments essentiels sont constituées par :

- élément de préparation de bobine (BANDE)
- Élément de formage du tube.
- Élément de sortie du tube.

L'élément de réparation des bandes : s'étend du dispositif de déroulage des bandes dévidées jusqu'aux rouleaux de l'entraineur. Dans cette zone la bobine est tirée au travers de la machine et passe par différents stades de l'usinage. Elle est dressée, guidée et rongée des deux cotés par la cisaille circulaire de rognage qui fait ensuit.

L'élimination des bords de laminage est liée à la mise au point d'une largeur constant de bande. Ensuite à l'aide des outils raboteurs et de brosse de nettoyage, on prépare les rives pour la soudure.

CHAPITER III : présentation de la machine à soudure spirale

Le défilement des bobines est assuré par le rabotage des bobines pour obtenir une bande sans fin fait également partie de la réparation des bandes. L'opération se fait comme suit :

- couper les languettes de fin de bande.
- aligner les rives.
- souder.

Pendant cette phase de l'usinage, la soudure de tube est interrompue, pendant un court laps de temps. Tous les éléments de la partie préparation des bobines sont boulonnés fixés sur le châssis de base de la machine, celui-ci repose sur des galets et il est pivoté dans la position correspondante (angle d'entrée) selon la largeur et le diamètre du tube.

Dans la cage de formage, la bande est formée en tube selon le principe de la cintruse à rouleaux multiples. Les rives qui convergent dans la cage de formage sont soudées intérieurement d'abord, extérieurement ensuite. Sur un châssis orientable pour le réglage de la fonte de soudure sont montées la lunette de commande (dispositif de guidage du tube) le support avec la traverse pour l'installation de soudage extérieur et le dispositif de descente du tube.

Le tube sortant est réduit à la longueur correspondante par le chariot mobile d'oxycoupage.

Le tube sectionné à la longueur voulue, pendant son passage continu, est descendu sur l'installation de transport (grille) est évacuée latéralement hors de la machine.

III.2.2.Caractéristiques techniques :[2]

Largeur de bande	
Bande non rongée	630 à 1830mm
Bande rongée	600 à 1800mm
Poids de bobine	Max .30MP=30tonnes
Diamètre extérieur de bobine	1200 à 2000mm
Diamètre intérieur de bobine	600 à 820mm
Angle d'entrée de bobine	18° à 45°
Epaisseur de la paroi du tube	8 à 16mm
Gamme de diamètre du tube	16 à 64pouce (406.4 à 1625.6mm)
Gamme de longueur du tube	9 à 16m
Qualité de tube	Acier+Fer

Tableau III.1. Caractéristiques techniques

III.2.3.chaises-support de bobine :

La chaises-support de bobine doit être réglée latéralement et verticalement conformément au diamètre de la bobine et a la largeur de la bande.

CHAPITER III : présentation de la machine à soudure spirale

A l'aide de la soupape hydraulique à main, la chaise-support est pré-réglée sur la valeur de l'échelle qui correspond à la largeur de la bande.

Si la bobine doit être prise ultérieurement par le support de bobine, il ya a lieu d'effectuer un réglage de précision.

Pour les diamètres de bobine supérieurs à 1.700 mm, il ya a lieu d'enlever la pièce (3).

Pour les largeurs de bande inférieures à 1.250 mm, les consoles (4) doivent être enlevées.

III.2.4. Support de bobine :

Les butées des supports de bobine sont régler conformément aux différentes largeurs de bande.

La fixation du vérin, cote opérationnel, n'est pas modifiée. la butée intérieure fixe du support sur le coté opérationnel n'est ajustée que lors de la première mise en servisse.

La fixation du vérin est réglée sur la largeur de bobine correspondante.

L'abutée intérieure est également régler sur la largeur correspondante de la bobine.

Les cônes de réception existants peuvent être employés pour les diamètres intérieurs de bobine de 600 à 720 mm.

Pour des diamètres intérieurs de bobine, supérieurs à 720 mm, il ya lieu de mettre des corps de galets supplémentaires de 700 mm de diamètre sur les cônes.[2]

(Frais supplémentaires ne sont pas à la charge du fabricant).



Figure III.2. supporte bobine

III.2.5. Dresseuse

Lors de la réception d'une nouvelle bobine par marche arrière commune de la bobine et du chariot de dressage avec les unités support de bobine, dresseuse à rouleaux et dispositif de

CHAPITER III : présentation de la machine à soudure spirale

serrage du commencement de bande, les rouleaux supérieurs de la dresseuse doivent se trouver en haut.[2]

III.2.6.Dispositif de serrage du commencement de bande

Le réglage de la force de pression de 100 Mp pour les différentes largeurs de bande d'effectue de la manière suivante :

La règle graduée, fournie séparément, est suspendue dans le forage de centra du boulon. Puis, la vis de serrage(2) est réglée jusqu'a ce que l'index indique sur l'échelle graduée l'épaisseur de la bande qui doit être serrée.

Ensuite, le contre-écrou(3) doit être serré. [2]

III.2.7.Raboutage de bande, planeuse de bande, guidage de bande :

Le réglage de la pression s'effectue de la même manière que celle décrite sou

Les coulisseaux de guidage de bande sont à régler sur la valeur exacte de bande.

Les coulisseaux de guidage sur le coté opérationnel de la machine sont fixes. [2]



Figure III.3.Raboutage de bande

CHAPITER III : présentation de la machine à soudure spirale

III.2.8.Cisailage :

Des cisailles de rive permettant la mise en largeur définitive de la bande. Les chutes ainsi obtenues par cisailage sont coupées par simple rotation de deux tourteaux hacheurs équipés de plusieurs couteaux en acier. [16]

III.2.9.Formage de la bande :

La bande est entraînée par deux (02) rouleaux cylindriques, elle subit un préformage par des galets cambreurs, des bras de guidage avec plaque d'usure en TEFLON maintiennent la bande. Celle-ci est introduite dans la cage de formage constituée de plusieurs trains de galets, ajustés suivant le diamètre à réaliser.

La bande ainsi formée, est soudée intérieurement, puis une demi-spire après extérieurement. Le procédé utilise est le soudage automatique à arc immergé sous flux ; une centrale permet de récupération de flux en excès pour le recycler. Le tube formé est coupé à la longueur voulue par un chariot d'oxycoupage prévu à cet effet.



figure III.4.Formage de la bande

III.2.10.Soudage des bandes :

Une fois enroulées en hélice, les bandes sont soudées par un procédé dit à l'arc immergé sous flux deux passes successives, l'un à l'intérieur du tube, à l'accostage des rives, l'autre d'extérieur, une demie spire plus loin.

La préparation des bords pour soudage se fait sur le châssis amont de la machine ou sont fixés les dispositifs de planage de la tôle, de cisailage et de chan-freinage. Avec l'emploi de bobine importée comportant des risques d'oxydation de la tôle, la machine est de plus équipée de dispositifs de brossage énergétique de la face intérieur du tube après chan-freinage.

Lors du soudage, l'accostage des rives est contrôlé par un système automatique de réglage de la fente de soudage, la machine conçue pour passer des bandes présentant un cambrage de l'ordre de 25 mm sur une longueur de 10 m.[16]



Figure III.4. Soudage extérieur de tube **Figure III.5. Soudage intérieur de tube**

III.2.11.Oxycoupage des tubes :

Lorsque le tube a atteint sa longueur programmée, il aura un oxycoupage automatique sur le châssis arrière de la machine spirale, puis évacué sur grilles de stockage.



Figure III.6. Oxycoupage par chalumeur

Figure III.7. Oxycoupage par plasma

III.2.12.plan la machine à souder spirale R-SPP1800 :

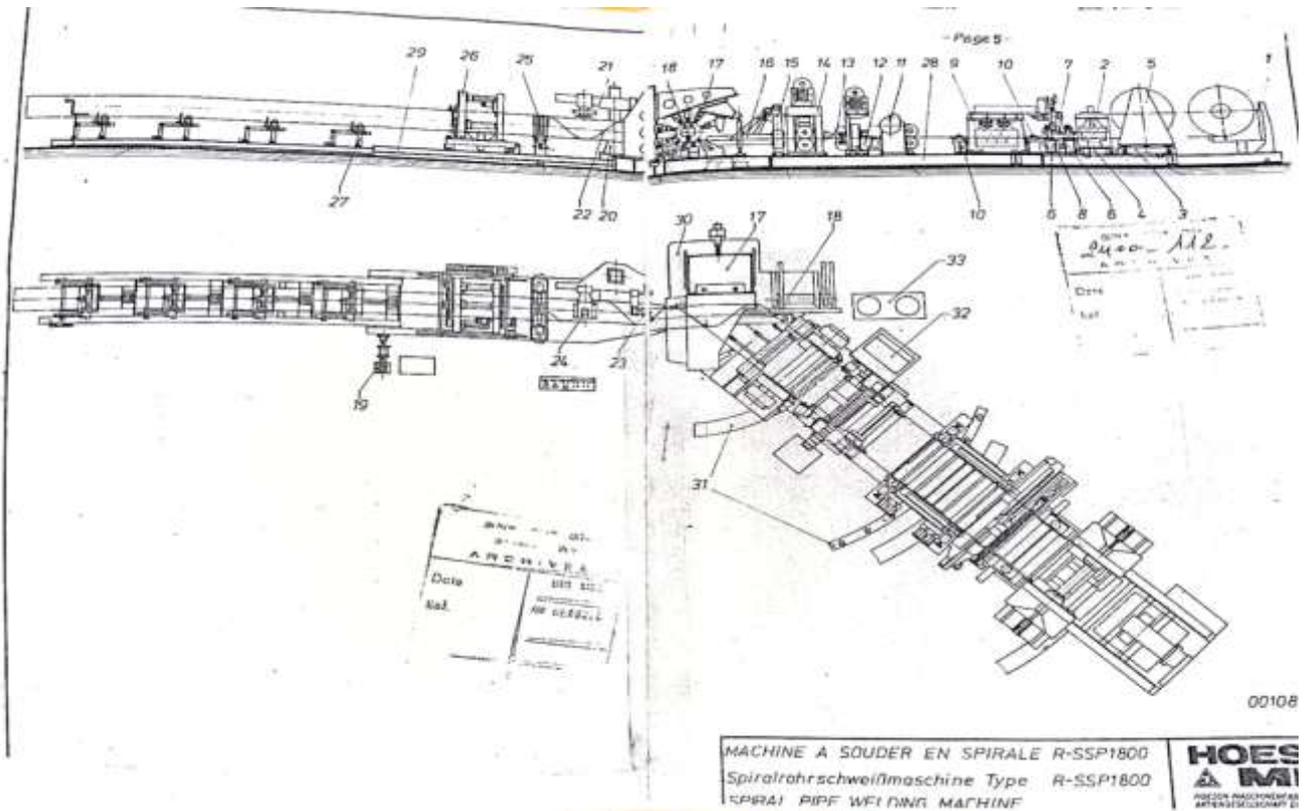


Figure III.: plan la machine à souder spirale R-SPP1800 [2]

1. support de bobine de réserve
2. dresseuse à 3 rouleaux
3. chariot de bobine
4. chariot dressage
5. support de bobine
6. dispositif de serrage d'extrémités de tubes (début et fin)
7. dispositif de soudage transversal des bandes et dispositif de cisailage
8. dispositif d'ébavurage et de rabotage
9. dresseuse à rouleaux multiples
10. guidage de bande
11. cisaille de rognage
12. dispositif de raclage
13. unité de brossage de rives de bande
14. entraineur principal
15. dispositif de préformage des rives de bandes
16. table de guidage de bande

17. cage de formage
18. bras intérieur
19. dispositif de réglage de la fente de soudure
20. support pour soudage extérieur
21. traverse pur soudage extérieur et contrôle US
22. dispositif de réglage pour tête de soudure extérieur et contrôle US
23. soudure extérieure (mécanique)
24. dispositif contrôle US pour fente de soudure (mécanique et électronique)
25. lunette de commande
26. chariot d'oxycoupage
27. dispositif de descente de tubes
28. châssis d'entrée
29. châssis sortie
30. châssis pour cage de formage et bras intérieur
31. plaques de fondation
32. installation hydraulique
33. dispositif de soudage

III.3.Sécurité de la machine à souder :

Avant la mise en route de la machine à souder en spirale, les opérations doivent s'assurer de la présence de dispositifs dans la zone dangereux de la soudure.

Avant tout, il y a lieu de tenir éloignée de la machine toutes personnes étrangères.

Les zones, particulièrement, dangereuses sont ceux entre la chaise-support de bobine et le chariot récepteur de bobine, entre les support de bobine, entre les dispositifs de serrage, devant la râcheuse et la cisaille circulaire, dans la zone de l'entraîneur, dans la zone de déplacement du chariot d'oxycoupage, en les dispositifs de descente des tubes.

En cas d'urgence appuie sur les boutons poussoirs rouge (ARRET D'URGANCE) qui se trouve sur tous les tableaux et pupitre de commande.[2]

III.4. Entretien de la machine à souder en spirale :

Il est indiscutable qu'au premier chef de la sécurité du fonctionnement et la longévité de l'équipement dépendant d'un entretien minutieux et du soin qu'on en prend à cet effet il y a lieu :

- * de nettoyage l'équipement une foi par semaine.
- * de graisser, après le nettoyage hebdomadaire, les broches coulisses, vis en mouvement.
 - * de rincer proprement les engrenages et les paliers lors de renouvellement de la graisse, avant le nouveau remplissage.

CHAPITER III : présentation de la machine à soudure spirale

* de n'employer que les huiles et les graisses indiquées par le constructeur.[2]

Remarque :

- Les travaux d'entretien ne doivent être entrepris que lorsque la machine est mise hors circuit.

III.5.Conclusion:

En conclusion, la qualité des tubes soudés en spirale fabriqués par la société algérienne pour la fabrication de tubes en spirale dépend du processus de fabrication et du bon contrôle de la machine au moyen d'un contrôle périodique et d'une réduction de la réception des matières premières (la bobine) à la produit final. (Un tube).

Le respect des procédures de contrôle, des normes, des références et des spécifications clients lui a permis de réserver sa place de fournisseur potentiel dans le domaine de la fabrication de pipelines soudés aux hydrocarbures, au niveau national.

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudure

VI. INTRODUCTION

Cette étude a été réalisée sur les quatre machines à souder spirale R-SPP1800, de la société ALFAPIPE qui travaille dans l'industrie des oléoducs et gazoducs. L'intérêt économique de la fonction de maintenance réside dans l'anticipation des anomalies potentielles, plus que dans les mesures correctives, c'est-à-dire dans la maîtrise de tous les éléments du processus de fabrication. Dans ce contexte, AMDEC est sans aucun doute un véritable outil d'amélioration des coûts de maintenance.

VI.1. Application de la démarche AMDEC :

VI.1.1.Initialisation

L'étude porte sur l'élaboration d'un plan de maintenance de la machine à souder spirale R-SSP1800, et la proposition d'actions correctives afin d'éviter les pannes et ainsi réduire la production.

VI.1.2.Décomposition structurelle :

AMDEC est une méthode de pensée créative qui repose principalement sur la décomposition du système en éléments simples jusqu'au niveau des composants de base, et la segmentation de l'arborescence a été mise en œuvre selon quatre machines.

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudure

➤ Sous-système 1: machine A

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : machine à soudure spirale		Sous-systèmes 1 : machine A	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
table élévatrice	Support de tube	Fuite d'huile	Éclatement flexible	Melle montre
Bloc chanfrein	Porte de outille	Vibration	Desserrage	Melle ébauche
chariot transfère tube	transfère tube	Cisaillement le cardent	La fatigue	Manque rotation
Vérin mécanique	Montre de cantonais	Usure	- Fatigue	Melle de cantonais
vérin carré	Guidage dévidoir	-fuite d'huile	Sur charge	Melle de fonctionnement
Conduite de flux	Transport de flux	Blocage de flux	Déformation de conduite	Manque flux

Tableau VI.1 : Sous-système 1: machine A

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

➤ Sous-système 2: machine B

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : machine à soudeuse spirale		Sous-systèmes 2 : machine B	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Tête de soudage	Soudage	Coupe circuit	Carbonisation baculite	Etincelle
Poste souder	Générateur de courant	Monovoies génération de courant	Fatigue de transformateur	Manque soudage
Clapet d'aspiration et de refoulement	Faire passer le fluide dans un seul sens	- colmatage - Usure	- Fatigue - mauvaise -fonctionnement de filtre	Diminution de pression
Filtre	Filtre d'huile	Pas de filtration	Filtre déchire	Marche dégradée
Joint	Evites fuites	Fuite externe	-Usure par le temps -mauvais positionnement	-Baisse production air -arrêt

Tableau VI.2 :Sous-système 2: machine B

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudure

➤ Sous-système 3: machine C

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : machine à soudeuse spirale		Sous-systèmes 3 : machine C	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
bloc chanfrein	Guidage de bonde	Usure	-surmenage - Fatigue	Echauffement et blocage
tunnel guide chute	guide chute	Desserrage	vibration	Blocage le chute
Bloc cisaille	Cisaillement les chutte bonde	Étalage de roulement	-usure	Mauvaise coupage
Chariot d'oxycoupage	Coupage la bonde	-blocage	- manque phase du moteur	- démarrage mauvaise
Dévidoir	Maintenir la bobine	Manque resquille	Fuite de huile de vérin	Coincement dévidoir
Table guidage la bonde	Guidage la bonde	Usure	Fatigue	Frottement

Tableau VI.3 : Sous-système 3: machine C

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeure

➤ Sous-système 4: machine D

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : machine à soudeure spirale		Sous-systèmes 4 : machine D	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Chaise bobine	Support la bobine	Manque déplacement	-manque d'huile -éclatement flexible	Melle déplacement
Rouleau planeur	Dressage la bonde	- enlisent	Caillement la tige de vérin mécanique	Melle dressage
Plateaux dévidoir	Ronge la bonde	Déformation	Les effort	Frottement
Sabot rabotage	Fixation la bonde	L'enlisent	Choque la bonde	Déformation
Aspirateur d'air	Pilotage	Non fonctionnement	Manque la fiche	Mauvaise pilotage
Chariot transporteur chute	Dégagement de chute	Pas de marche	Manque moteur électrique	Coincement la chute

Tableau VI.4 : Sous-système 4: machine D

VI.1.3 Analyse AMDEC

L'analyse AMDEC a été faite pour chaque élément. L'évaluation de la criticité « C » a été réalisée par les trois indicateurs suivants :

- **F : la fréquence d'apparition d'une défaillance ;**
- **G: la gravité de la défaillance ;**
- **N : la probabilité de non détection de la défaillance.**

La valeur de « C » est obtenue par le produit des 3 notes.

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

$$C = F \times G \times N$$

• Fréquence

Définition	
1	Défaillance pratiquement inexistante
2	Défaillance rarement apparue (un défaut par années)
3	Défaillance occasionnellement apparue (un défaut par trimestre)
4	Défaillance fréquemment apparue (un défaut par mois)

Tableau VI.5 : Grille de cotation «Fréquence»

•Gravité

Définition	
1	Défaillance mineure :aucune dégradation notable du matériel (TI <10 min)
2	Défaillance moyenne=une remise en état de courte durée (10 min < TI < 30min)
3	Défaillance majeure=une intervention de longue durée (30min <TI <90min)ou non-conformité du produit, constatée dans l'Entreprise et corrigée
4	Défaillance catastrophique=une grande intervention (TI> 90min) ou non –conformité du produit, constatée par un client aval(interne a l'entreprise).
5	Sécurité/qualité : accident provoquant des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention. Ou non-conformité du produit envoyé en clientèle.

Tableau IV.6 : Grille de cotation « Gravité »

• Détection

Définition	
1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant dévier les sur la effets clientèle
2	Il existe un signe avant-coureur la défaillance mais il y a risque
3	systeme de détection peu fiable
4	aucune détection

Tableau IV.7 : Grille de cotation « Détection »

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

- **Sous-système 1: machine A**

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : machine à soudeuse spirale			Sous-systèmes 1 : machine A.		
Elément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
table élévatrice	visuel	1	2	2	4	- changement le flexible
Bloc chanfrein	visuel	2	4	2	16	- réparation bloc chanfrein
chariot transfère tube	visuel	2	4	2	16	- changement cardant
Vérin mécanique	visuel	3	2	1	6	- nettoyage de vérin mécanique et lubrification
vérin carré	visuel	3	4	2	24	- réparation de vérin carre
Conduite de flux	visuel	4	2	1	8	-réparation conduit de flux

Tableau VI.8 : Sous-système 1: machine A

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

- **Sous-système 2: machine B**

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : machine à soudeuse spirale				Sous-systèmes 2 : machine B	
Elément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
Tête de soudage	- visuel	2	3	2	12	-réparation de tête soudage
Poste souder	Visuel	2	3	2	12	- réparation de générateur de courant
Clapet d'aspiration et de refoulement	visuel	2	2	2	8	- changement de clapet -nettoyage ou changement de filtre
Filtre	Auditif	3	2	1	6	- changement de filtre
Joint	Auditif	2	2	2	8	- changement le joint

Tableau VI.9 :Sous-système 2: machine B

- **Sous-système 3: machine C.**

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : machine à soudeuse spirale				Sous-systèmes 3 : machine C	
Elément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudure

bloc chanfrein	-bruit Échauffement	2	3	2	12	Nettoyage bloc chanfrein
tunnel guide chute	Visuel	1	3	1	3	Réparation tunnel guide chute
Bloc cisaille	visuel	2	4	2	16	Nettoyage Bloc cisaille et lubrification de roulement
Chariot d'oxycoupage	Auditif	2	4	4	32	Réparation les phases ou Changement du moteur
Dévidoir	Visuel	3	4	2	24	Réparation dévidoir
Table guidage la bonde	Visuel	2	2	2	8	Nettoyage et lubrification Table guidage la bonde

Tableau VI.10 : Sous-système 3: machine C

- **Sous-système 4: machine D**

Date de l'analyse: 2019	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système :machine à soudure spirale			Sous-systèmes 4 :machine D		
Elément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
Chaise bobine	- Visuel	3	3	1	9	Changement de flexible
Rouleau planeur	- Visuel	2	4	2	16	Réparation de rouleau planeur

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudure

Plateaux dévidoir	visuel	3	3	2	18	-nettoyage et lubrification de plateaux dévidoir
Sabot rabotage	visuel	2	4	3	24	Changement sabot rabotage
Aspirateur d'air	auditif	3	2	1	6	Réparation d'aspirateur
Chariot transporteur chute	visuel	1	4	2	8	Réparation du moteur électrique

Tableau IV.11 : Sous-système 4: machine D

VI.1.3 Classification des éléments par leur criticité :

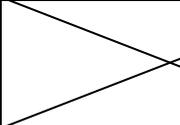
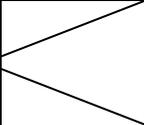
Machine A	Criticité	Machine B	Criticité	Machine C	Criticité	Machine D	Criticité
vérin carré	24	Tête de soudage	12	Chariot d'oxycoupage	32	Sabot rabotage	24
Bloc chanfrein	16	Poste souder	12	Dévidoir	24	Plateaux dévidoir	18
chariot transfère tube	16	Clapet d'aspiration et de refoulement	8	Bloc cisaille	16	Rouleau planeur	16
Conduite de flux	8	Joint	8	bloc chanfrein	12	Chaise bobine	9
Vérin mécanique	6	Filtre	6	Table guidage la bonde	8	Chariot transporteur chute	8
table élévatrice	4			tunnel guide chute	3	Aspirateur d'air	6

Tableau VI.12 : Classification des éléments par leurs criticités

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

VI.2. Interprétation des résultats de l'analyse :

Cette approche est basée sur l'analyse AMDEC. La mise en œuvre d'une telle démarche montre sa contribution dans la réduction des défaillances. En effet elle permet :

- de définir les exigences de sûreté de fonctionnement de manière précise,
- d'identifier les fonctions critiques pour le système.
- de définir la politique de maintenance pour le système et ses composants.

La criticité des conséquences de différentes fonctions critiques pour le système, a été appréciée selon des échelles de probabilité et de gravité. Au niveau de la fiabilité du système, nous avons identifié les composants sur lesquels une attention particulière doit être portée.

L'exemple traité dans le cadre de ce travail a été développé suivant une méthode logique et structurée. Elle a permis de mieux maîtriser le système étudié tout en identifiant les maillons faibles.

D'après le tableau VI.12, on a considéré 3 catégories de criticité représentées ci-dessous selon le tableau suivant :

Catégories	Niveau de criticité
1	$1 \leq C < 8$ Criticité négligeable
2	$8 \leq C < 16$ Criticité moyenne
3	$16 \leq C \leq 32$ Criticité élevée

Tableau VI.13 : Les 3 catégories de criticité

- 1^{ERE} CATEGORIE

Machine A	Criticité	Machine B	Criticité	Machine C	Criticité	Machine D	Criticité
Vérin mécanique	6	Filtre	6				
table élévatrice	4	 	 	tunnel guide chute	3	Aspirateur d'air	6

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

- 2^{EME} CATEGORIE

Machine A	Criticité	Machine B	Criticité	Machine C	Criticité	Machine D	Criticité
Conduite de flux	8	Tête de soudage	12	bloc chanfrein	12	Chaise bobine	9
		Poste souder	12	Table guidage la bonde	8	Chariot transporteur chute	8
		Clapet d'aspiration et de refoulement	8				
		Joint	8				

- 3^{EME} CATEGORIE

Machine A	Criticité	Machine B	Criticité	Machine C	Criticité	Machine D	Criticité
vérin carré	24			Chariot d'oxycoupage	32	Sabot rabotage	24
Bloc chanfrein	16			Dévidoir	24	Plateaux dévidoir	18
chariot transfère tube	16			Bloc cisaille	16	Rouleau planeur	16

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudeuse

VI.2.1.Actions d'amélioration :

Pour améliorer le rendement de la machine à souder spirale R-SSP1800, les actions de maintenance doivent se concentrer sur la troisième catégorie en appliquant une maintenance régulière (contrôle, nettoyage, lubrification, etc.) et systématique (changement périodique de des pièces de rechanges) .

Pour la deuxième catégorie, une maintenance conditionnelle (capteurs, etc.) doit être appliquée.

Pour la première catégorie, une maintenance corrective est suffisante.

CHAPITRE IV : Application la méthode AMDEC sur la machine a soudure

VI.3.Conclusion :

Cette étude nous a permis de faire la lumière sur certaines des faiblesses des quatre machines à soudure spirale R-SSP1800.

De sorte qu'il nécessite une maintenance stricte surtout les éléments dont la valeur de criticité dépasse 16 tels que :

- Machine A, vérin carré, Bloc chanfrein, chariot transfère tube
- Machine C, Chariot d'oxycoupage, Dévidoir, Bloc cisaille
- Machine D, Sabot rabotage, Plateaux dévidoir, Rouleau planeur

Conclusion général

Ce travail nous a permis d'étudier l'amélioration de la fonction maintenance par la méthode AMDEC.

Une véritable étude de cas appliqué sur la machine à souder spirale R-SSP1800 et réalisée au sein de l'entreprise Alfa Pipe Company, nous a permis de :

- Définir précisément les exigences de sécurité opérationnelle ;
- Déterminer les fonctions critiques du système ;
- Déterminez la politique de maintenance du système et de ses composants.

En termes de fiabilité du système, nous avons identifié les composants auxquels une attention particulière doit être accordée. Cela nous a permis aussi de mieux maîtriser le système étudié tout en identifiant les points faibles et déterminer le type de maintenance doit être appliqués à chaque sous-système et composant.

Ces travaux s'inscrivent dans une démarche globale visant à étudier la sécurité et essayé de mettre le système en question dans des bonnes conditions d'exploitations cependant cela demande beaucoup d'efforts publiés pour atteindre cet objectif.

Résumé :

Cette note aborde la problématique de l'amélioration de la fonction maintenance par la méthode AMDEC, qui repose sur l'analyse des schémas de défaillance, de leur impact et de leurs aspects critiques.

Enfin, pour confirmer l'importance de l'étude AMDEC dans l'amélioration de la maintenance, nous avons réalisé une étude de cas sur la machine de soudage hélicoïdal ALFAPIPE R-SSP1800.

Mots clés : maintenance, amélioration, AMDEC, défaillance.

Summary :

This note addresses the problem of improving the maintenance function using the AMDEC method, which depends on the analysis of failure patterns, their impact and their critical aspects.

Finally, to confirm the importance of the AMDEC study in improving maintenance, we conducted a case study on the ALFAPIPE R-SSP1800 helical welding machine.

Keywords: maintenance, improvement, AMDEC, failure.

ملخص

تعالج هذه المذكرة مشكلة تحسين وظيفة الصيانة وهذا باستعمال طريقة AMDEC والتي تعتمد على تحليل أنماط الفشل وأثرها وأوجهها الحرجة وبذلك تسمح لنا بتصنيف العناصر الأكثر أهمية والتي تحدد لنا وضع الصيانة الذي سيتم تطبيقها.

وأخيرا لتأكيد أهمية دراسة AMDEC في تحسين الصيانة قمنا بدراسة حالة على آلة اللحام الحلزونية R-SPP1800 بمؤسسة

.ALFAPIPE

الكلمات المفتاحية: الصيانة, تحسين, AMDEC, الفشل.

Liste des figures

Figure I.1 : Image satellitaire de l'usine	2
Figure I.2 : Certifiée ISO 9001, API Q1 et API Spec 5 L	3
Figure I.3. Implantation de d'efférentes zones de l'usine	4
Figure I.4 : Bobine de la matière première	5
Figure I.5. Bobine de la matière première	9
Figure II.1. Place du service maintenance dans l'entreprise	22
Figure II.2. LES TYPES DE MAINTENANCE	24
Figure II.3 : Temps caractéristiques lors d'une intervention	29
Figure II.4. : Démarche AMDEC	36
Figure II.5. L'analyse fonctionnelle	37
Figure III.1 : Le premier tube produit par la machine à souder spirale	45
Figure III.2. Supporte bobine	47
Figure III.3. Raboutage de bande	48
figure III.4. Formage de la bande	49
Figure III.4. Soudage extérieur de tube	49
Figure III.5. Soudage intérieur de tube	49
Figure III.6. Oxycoupage par chalumeur	50
Figure III.7. Oxycoupage par plasma	51
Figure III.: plan la machine à souder spirale R-SPP1800	52

Liste des tableaux

Tableau II.1. Modes de défaillance génériques	39
Tableau .II.2. Grille de cotation de la gravité.	40
Tableau .II.3. Grille de cotation de la fréquence.	41
Tableau .II.4. Grille de cotation de la détection.	41
Tableau III.1. Caractéristiques techniques	46
Tableau VI.1 : Sous-système 1: machine A	56
Tableau VI.2 : Sous-système 2: machine B	57
Tableau VI.3 : Sous-système 3: machine C	58

Tableau VI.4 : Sous-système 4: machine D	59
Tableau VI.5 : Grille de cotation «Fréquence»	60
Tableau IV.6 : Grille de cotation « Gravité »	60
Tableau IV.7 : Grille de cotation « Détection »	60
Tableau VI.8 : Sous-système 1: machine A	61
Tableau VI.9 :Sous-système 2: machine B	62
Tableau VI.10 :Sous-système 2: machine C	63
Tableau VI.11:Sous-système 2: machine D	64
Tableau VI.12 : Classification des éléments par leurs criticités	64
Tableau VI.12 : Les 3 catégories de criticité	65

Symboles et abréviation

AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effet et de leurs Criticité
C	Indice de Criticité
G	Gravité
F	Fréquence /ou occurrence
D	Détection / ou non Détection
TI	Temps d'Intervention
MTBF	Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
MTTR	Moyenne des Temps Techniques de Réparation
MTTA	Moyenne des Temps Techniques d'Arrêt

Bibliographie

- [1] Mr. BENNADIR ALI, Mémoire de fin d'étude Master II , « Etude et Automatisation d'une chanfreineuse de tube à base d'automate programmable industriel type SIMATIC S7-300), Université de Ghardaïa, promo 2016.
- [2] AMIEUR, et SEBA: Archive, Présentation d'entreprise, ALFA PIPE, 2021.
- [3] : Documentation du service de maintenance, Entreprise ALPHA PIPE Annaba, Consulté Avril 2017.
- [4] : Livre Cours de Maintenance Industrielle/TEC 336/ Smail BENISSAAD/UNIV.MENTOURI-CONSTANTINE/FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR / 2007-2008.
- [5]. HALIMI Djamel, Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures, Génie Mécanique, Alger, Université, M'HAMED Bougera-Boumer des, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, 2014, 115p.
- [6]. ASBI Samir : évaluation des caractéristiques du fonctionnement d'une turbine à gaz, univ Bejaïa 2017. P 22.
- [7]. 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.
- [8]. BELAZIZ Takai Eddine et BENLAHBIB Bilal, Bureau de méthodes de maintenance, Génie Mécanique, Alger, Université KASDI MERBAH Ouargla, 2016, 33p.
- [9]. Devarun Ghosh, Sandip Roy, Maintenance optimization using probabilistic costbenefit analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2009; 22(4): 403-407.
- [11] prof. Joseph Kélada. *École des HEC - 1994 - Reproduction strictement interdite pp. 3-8*
- [16] : Documentation du bureau de méthodes, Fabrication des tubes, Entreprise ALPHA PIPE Annaba, Consultée Mars 2017.
- [12] BIGRET. R, FÉRON. J.L avec la collaboration de PACHAUD. C, Diagnostic - maintenance disponibilité des machines tournantes (modèle-mesurage-analyses-des vibrations).
- [13] RIDOUX. M, ag4220 AMDEC – Moyen, base documentaire : méthodes de production dans le thème : Conception et Production et dans l'univers Génie industriel, date de publication : 10/07/1999.

- [10] HERGON. E, CRESPEAU. H, ROUGER. Ph, Modes de défaillance du processus transfusionnel. Intérêt de l'analyse prévisionnelle de sureté de fonctionnement, Institut National de la Transfusion Sanguine, Paris.
- [9] Fiche pratique, 0512 Pratiquer l'AMDEC, base documentaire : Evaluer et maîtriser le risque chimique, délivré le : 23/06/2014.
- [14] MARTIN. C, CLAUDE BOCQUET. J, Conception Intégrée. Interopérativité des méthodes : AF, QFD, AMDEC dans le cadre du projet PIRAMID, Thèse à l'ADEPA, Ecole Centrale – Paris : Laboratoire Productique Logistique, Congrès Primeca, La Plagne (3-5 avril 1999).
- [15] : Michel RIDOUX. AMDEC- Moyen Technique de l'ingénieur, AG4220, 07/ 1999.