

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

غرداية جامعة



N° d'enregistrement

A.... /.... /...

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الية وكهر وميكانيك

Département de d'automatique et d'électromécanique

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

Master

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécaniques

Spécialité : maintenance industrielle

Thème

*Optimisation de la maintenance préventive de la machine à souder*

*S-SPM 2000 (au sein de l'entreprise ALFAPIPE)*

Présenté par :

Ben Mebarek Loubna

Hamiani Ikram

Soutenue publiquement le :03 /06/2024

Devant le jury composé de :

BOU ARICHA Omar

MCA

Univ. Ghardaïa

Président

MERZOUG Hocine

MAA

Univ. Ghardaïa

Encadreur

BEN DAOUIE Massoud

MCB

Univ. Ghardaïa

Examineur

BELAGHIT Abed Elhakime

MAB

Univ. Ghardaïa

Examineur

Année universitaire 2023/2024

# ***REMERCIEMENTS***

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à **ALLAH**, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force et la connaissance nécessaires à la réalisation de ce travail.*

*Nous souhaitons également manifester notre profonde reconnaissance à toute l'équipe de l'entreprise **ALFAPIPE** pour l'accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé tout au long de notre stage. Un remerciement particulier s'adresse à notre promoteur, **Eng. HANNAI Yassine**, pour son aide précieuse tout au long de cette expérience.*

*Nous tenons aussi à remercier notre encadrant honorable, **M.MERZOUG Hocine**, pour son soutien. Enfin, nous exprimons notre gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à la mise au point de ce travail.*

**HAMIANI IKRAM & BEN MEBAREK LOUBNA**

## اهداء

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة....

وها أنا ذا أختتم بحث تخرُّجي بكل همّة ونشاط،

قال عز وجل " وقضى ربك ألا تعبدوا الا اياه وبالوالدين احسانا اما يبلغن عندك الكبر أحدهما أو كلاهما فلا تقل لهما أف ولا تنهرهما وقل لهما قولاً كريماً واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيراً "

الى من أفضّلها على نفسي، ولم لا؛ فلقد ضحّت من أجلي

ولم تندخر جُهداً في سبيل إسعادي على الدوام

(أمي الحبيبة).

نسير في دروب الحياة، ويبقى من يُسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه

صاحب الوجه الطيب، والأفعال الحسنة.

فلم يبخل عليّ طيلة حياته

(والدي العزيز).

والى نجوم كوكبي الخاص بي اخوتي .

إلى أصدقائي، وجميع من وقفوا بجواري وساعدوني بكل ما يملكون، وفي أصعدة كثيرة

أقدّم لكم هذا البحث، وأتمنى أن يحوز على رضاكم.

حمياتي اكرام

## اهداء

من قال انا لها " نالها"

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها ان تكون

لكنني فعلتها ونلتها

شكرا و امتنانا الذي بفضلله ها انا اليوم انظر الى حلما الحمد الله حبا و

طال انتظاره وقد أصبح واقعا افتخر به

الى خير سند و عوض الى من دعمني بلا حدود واعطاني بلا مقابل "ابي"

الى ملاكي الطاهر وقوتي بعد الله داعمتي الأولية والابدية "امي"

اهديكما هذا الإنجاز لولا تضحياتكما لما كان له وجود ممتنة لان الله قد اصطفاكم لي من البشر

الى من امننت بقدراتي و امان ايامي "اختي الكبرى"

الى من قيل فيهم (سنشد عضدك بأخيك)

"اخوتي"

الى من يذكرني بقوتي و يقف خلفي كظلي

الى من مد يده دون كلل ولا ملل وقت ضعفي " صديقاتي"

لبني بن مبارك

## *Résumé*

Les entreprises cherchent constamment à améliorer leur production et à accélérer la mise sur le marché de leurs produits en adoptant des solutions rapides. Dans cette optique, nous avons examiné les objectifs spécifiques associés à la machine à souder des tubes fabrique à ALFAPIPE, à savoir l'amélioration de sa faisabilité, de sa fiabilité et de sa maintenabilité et disponibilité. Nous vous accompagnerons dans une analyse détaillée visant à atteindre ces objectifs en réduisant les temps d'arrêt et en augmentant les temps de bon fonctionnement de la machine.

**Mots clés :** Amélioration, Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Temps d'arrêt, AMDEC

## *المُلخَص*

تتطلع الشركات باستمرار إلى تحسين إنتاجها وتسريع طرح منتجاتها في السوق من خلال اعتماد حلول سريعة. مع أخذ ذلك في الاعتبار، نظرنا إلى الأهداف المحددة المرتبطة بآلة تلحيم أنابيب ALFAPIPE، وهي تحسين جدواها وموثوقيتها وإمكانية صيانتها. سندعمك في تحليل مفصل يهدف إلى تحقيق هذه الأهداف من خلال تقليل وقت التوقف عن العمل وزيادة وقت تشغيل الماكينة.

**كلمات مفتاحية:** التحسين، الموثوقية، التوافقية، قابلية الصيانة، الجدوى، أوقات التشغيل، أوقات التوقف.

## *Abstract*

Companies are constantly seeking to improve their production and accelerate the time-to-market of their products by adopting fast solutions. In this context, we have examined the specific objectives associated with the Alfa Pipe tube-manufacturing machine, namely improving its feasibility, reliability, maintainability, and availability. We will guide you through a detailed analysis aimed at achieving these objectives by reducing downtime and increasing the machine's uptime.

**Keywords :** Improvement, Reliability, Maintainability, Availability, Downtime, and FMEA.

# SOMMAIRE

Remerciement	I
Dédicace	II
Résumé	IV
Symboles et abréviation	XII
Introduction générale	13
<b>CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise</b>	
I.1.présentation de l'entreprise ALFPAIPE	15
I.2.Historique	15
I.3.Domaine d'activité de l'entreprise	15
I.3.1.Pipe-line	15
I.3.2.Transport d'eau	16
I.4.Domaine d'application	16
I.5.Organisation de l'usine	18
I.6.Procède de la fabrication	19
I.7.Caractéristiques techniques	19
I.8.Equipements de l'usine et installations	19
I.9.Les méthodes d'analyse des tubes	20
I.9.1.Contrôle visuel	20
I.9.2.Contrôle radioscopique	20
I.9.3.Contrôle radiographique	20
I.9.4.Banc d'essai hydrostatique	21
I.9.5.Chan freinage	21
I.9.6.Examen ultra-sons	22
I.9.7.Processus de revêtement intérieur	23
I.9.8.Processus de revêtement extérieur	23
I.10.Schéma synoptique du procède de fabrication	24
<b>CHAPITRE II : Description générale de la machine à souder SPM-2000</b>	
II .1.Introduction	26
II .2.Identification de la machine et description générale	26
II .3.Caractéristique techniques de la machine	27
II .3.1.1.Tube .	27
II .3.1.2.Matériau de base	27
II .3.1.3.Plan de production de la machine	28
II .4 .Description des composants individuels de la machine	29
II .4.1.châssis d'entrée pilotage	29
II .4 .1.2 .Dispositif de débobinage	29
II .4 .1.3.Chariot de transport de bobines	29
II .4 .1.4.Supports de bobine (dévidoir)	30
II .4 .1.5.Bras de presseur	31
II .4 .1.6.Ciseau	31
II .4 .1.7.Dispositif de dressage	32
II .4.1.8.Conducteur auxiliaire	32
II .4 .1.9.rouleaux de dressage	33
II .4 .1.10.Dispositif de retenue de feuillard	34
II .4 .1.11.Raboutage par Soudage	34
II .4 .1.12.Chariot de ramassage pour début de feuillards	34

II .4 .1.13.Pousseur	35
II .4.1.14.Cage de ramassage pour fin de feuillard	35
II .4 .1.15.Voie de guidage avec chariot de fraisage	35
II .4 .1.16.Chariot de séparation de soudage	35
II .4 .1.17.Dispositif de serrage	36
II .4 .1.18.Chariot de résidus de feuillards	36
II .4 .1.19.Le dispositif de Fraisage transversal	36
II .4 .1.20.Zone de contrôle Ultrasonique du matériau de base	37
II .4 .1.21.Bâti de base	37
II .4 .1.22.Poste d'élimination d'eau	38
II .4 .1.23.Zone des soins de bandes	38
II .4 .1.24.Dispositif de fraisage des bords longitudinaux de la band	39
II .4 .1.25.Nettoyage de feuillard	41
II .4 .1.26.Conducteur Principal De La Bande	42
II .4 .1.26.1.Conducteur principal	42
II .4 .1.26.2.Dispositif de cambrage des bords de feuillard	42
II .4 .1.26.3.les bras de guidage de feuillard	43
II .4 .2.Dispositif De Formage	44
II .4 .2.1.Corps de forme	44
II .4 .2.2.Le corps de forme est essentiellement constitué des éléments suivants	44
II .4 .2. 3.Système de cintrage à trois cylindres	45
II .4.2.4 .Les possibilités de réglages sont les suivantes	45
II .4.3.Châssis de sortie	46
II .4 .3.1.Section De Soudage	46
II .4 .3.1.2.Commande de la fente de soudage	46
II .4 .3.1.3.Poste de soudage extérieur	47
II .4 .3.2.Support de soudage	48
II .4 .3.3.Tests de cordon de soudure par ultrasons	48
II .4 .3.3.Section guide de tube	49
II .4 .3.3.1.Lunette auxiliaire	49
II .4 .3.3.2.Lunette de commande	49
II .4 .3.3.3.Support de tubes	50
II .4 .3.4.Section séparation de tube	51
II .4 .3.5.Dispositif d'abaissement de tubes	51
II .4 .3.6.Grille de sortie	52
II .5.Conclusion	52

### **Chapitre III : La maintenance industrielle et ses méthodes d'analyse**

III. 1 .Introduction à la maintenance industrielle	54
III.1.1.Définition de la maintenance	54
III.1.2. Les objectifs de la maintenance	54
III.1.3.La stratégie de la maintenance	54
III.1.4.Historique et évolution de la maintenance	55
III.2.Le service maintenance	55
III.2.1.Les fonctions du service maintenance	55
III.2.2.Domaines d'action du service maintenance	56
III.3.Les types de la maintenance	57
III.4.Les activités de la maintenance	58
III.5.Les tempes de la maintenance	58
III.5.1.La MTBF	59
III.5.2.La MTTR	59

III.5.3.La MTTTA	59
III.6.Les différentes méthodes d'analyse utilisées en maintenance	59
III.6.1.Méthode ABC (Diagramme de Pareto)	59
III.6.1.1 Principe de la méthode « ABC »	59
III.6.1.2 Méthodologie et démarche	59
III.6.1.4.Objective de diagramme de Pareto	60
III.6.1.3 Détermination des zones ABC	60
III.6.2.AMDEC	60
III.6.2.1 Définition AMDEC	60
III.6.2.2 Les notions de base pour la méthode AMDEC	61
III.6.2.3 Les objectifs de l'AMDEC	61
III.6.2.4 Les types d'AMDEC	61
III.6.2.5 Démarche pratique de l'AMDEC	62
III.6.2.6. La criticité C	62
III. 6.2.7.Les indices de criticité	63
III.7.Conclusion	63
<b>Chapitre IV : Application des outils d'analyses sur les données de l'entreprise</b>	
IV.1.Méthode d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)»	65
IV.1.1Définition	65
IV.2. L'application des méthodes d'analyse	66
IV.2.1 Application de la méthode de la courbe ABC (loi de Pareto)	66
IV.1.2 La Courbe de Pareto	67
IV.1.3.Interprétation des résultats	67
IV.3. Etude AMDEC	68
IV.3.1. Classification des éléments par leur criticité	71
IV.4.Conclusion	72
Conclusion générale	74
Bibliographie	75
Annexe	76

## Liste des tableaux

<b>Tableau de Chapitre I :</b>	
Tableau I.1 : Caractéristiques techniques	19
<b>Tableau de Chapitre II :</b>	
Tableau II.1 : Description générale de la machine à souder S-SPM-2000	26
Tableau II.2 : Caractéristique technique du tube	27
Tableau II.3 : bobines feuillards lamine a chaud	27
Tableau II.4 : Programme de production / Plan de production de tuyaux. Aux spécifications API. 5 L	28
Tableau II.5 : Données techniques générales de conducteur auxiliaire	33
Tableau II.6 : Données techniques générales	33
Tableau II.7 : Données techniques générale	37
Tableau II.8 : Unité de fraisage	37
Tableau II.9 : Données techniques générales	40
Tableau II.10 : Fraise de rognage	40
Tableau II.11 : Fraise de profil	40
Tableau II.12 : Données techniques générales	41
Tableau II.13 : Données techniques générales	43
Tableau II.14 : Données techniques générales	46
Tableau II.15 : Données techniques générales	49



<b>Tableau de Chapitre III :</b>	
Tableau III.1 : Les indices d'analyse d'AMDEC	63
<b>Tableau de Chapitre IV</b>	
Tableau IV.1 : L'historique des défaillances de la machine à souder SPM-2000	65
Tableau IV.2 : L'analyse ABC (Pareto)	66
Tableau IV.3 : Tableaux d'AMDEC	68
Tableau IV.4 : Classification des éléments par leur criticité	71

## Liste des figures

<b>Figure chapitre I</b>	
Figure I.01 : Photos de l'entrée de Entreprise ALFAPIPE –GHARDAIA	16
Figure I.02 : Photos des certifications ISO 9001, API Q1 et API Spec 5 L	17
Figure I.03 : Organigramme de l'usine	18
Figure I.04 : Contrôle visuel	20
Figure I.05 : Contrôle radioscopique	21
Figure I.06 : Contrôle radiographique	21
Figure I.07 : Banc d'essai hydrostatique	22
Figure I.08 : Examen par ultra-sons	23
Figure I.09 : Schéma synoptique du procédé de fabrication	24
<b>Figure chapitre II</b>	
Figure II.1 : Dispositif de débobinage	29
Figure II.2 : Chariot de transport de bobines	30
Figure II.3 : Supports de bobine (dévidoir)	31
Figure II.4 : Bras de presseur	31
Figure II.5 : Ciseau	32
Figure II.6 : Dispositif de dressage	32
Figure II.7 : Zone de contrôle Ultrasonique du matériau de base	38
Figure II.8 : Guidage de feuillards	39
Figure II.9 : Dispositif de fraisage	40
Figure II.10 : Fraiseuse de profil	41
Figure II.11 : Nettoyage de feuillard	42
Figure II.12 : Les bras de guidage de feuillard superficiels	43
Figure II.13 : Corps de formage	44
Figure II.14 : Commande de la fente de soudage	47
Figure II.15 : Poste de soudage extérieur	47
Figure II.16 : Lunette auxiliaire	49
Figure II.17 : Lunette de commande	49
Figure II.18 : Support de tubes	50
Figure II.19 : Grille de sortie	51
<b>Figure chapitre III</b>	
Figure III.1 : Les types des maintenances	57
Figure.III.2 : les temps de la maintenance	58
Figure.III.3 : courbe théorique d'analyse ABC	60
<b>Figure chapitre IV</b>	
Figure IV.1 : La Courbe d'ABC	67

# Symboles et abréviation

**API** : Application Programming Interface

**TTR** : Temps de réparation

**TBF** : Temps de bon fonctionnement

**MTTR** : Moyenne de temps de réparation

**ABC** : Activity Based Costing

**AMDEC** : Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité

**MTBF** : Moyenne de Temps de bon fonctionnement

**SAW** : Submerged (Soudage) arc welding

**MAG** : Meta lige active avec CO<sub>2</sub>

**Up to X 100** : Type d'acier

**Up to X 80** : Type d'acier

**C** : Criticité

**F** : Fréquence

**G** : Gravité

**D** : Non Détection

**AX** : Axillaire

**AN** : Angulaire

**SNTR** : Société nationale de transport routier

**AFNOR** : Association Française De Normalisation

**Disponibilité** : Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée. (norme NF EN 13306).

**Fiabilité** : Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné.

**Maintenabilité** : Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. (norme NF EN 13306) .



# ***INTRODUCTION GÉNÉRALE***

### **Introduction générale :**

La production de tubes joue aujourd'hui un rôle indispensable dans l'industrie, étant un moyen essentiel de transporter des fluides vitaux tels que l'eau, le gaz et le pétrole. Aujourd'hui, nous mettons en lumière l'usine ALFAPIPE GHARDAIA, faisant partie du groupe IMETAL, une société par actions dans le secteur métallurgique et sidérurgique. Cette usine est un leader en Algérie dans la fabrication et la vente des tubes en acier soudé en hélice à l'arc sous flux solide, avec une activité débutant dès 1969.

Pour garantir un fonctionnement sans heurts dans les usines, la gestion de la maintenance a évolué vers la recherche de disponibilités spécifiques. Cela a nécessité la résolution d'un large éventail de problèmes, à commencer par l'identification des équipements industriels nécessitant une expertise approfondie en sciences fondamentales telles que la mécanique, l'électricité, la régulation, l'acoustique, ainsi que la physique, la chimie et les mathématiques appliquées à la technologie.

Cette approche permet de créer des modèles pratiques pour surveiller le comportement des équipements, notamment en ce qui concerne les vibrations, les modes opérationnels, l'usure, les bilans énergétiques, les systèmes thermodynamiques, le vieillissement et la fiabilité.

Pour ce faire, nous avons organisé notre travail de la manière suivante :

- **Le premier chapitre** traite de la présentation de l'entreprise.
- **Le deuxième chapitre** se concentre sur la description de la machine et son fonctionnement dans son état actuel.
- **Le troisième chapitre** présente la situation de la maintenance en général et les méthodes d'analyse, dont ABC et AMEDC, qui décrit à elle seule les principaux concepts qui éclairent notre mémoire : définition et organisation de la maintenance des équipements de production, et concepts de maintenance.
- **Le dernier chapitre** expose l'application analytique de cette technique sur l'équipement de production étudiée sous "étude ABC et AMDEC d'un la machine à souder S-SPM 2000".

Finalement nous terminons notre travail par une conclusion générale.

# **CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE**

### I.1.présentation de l'entreprise ALFA PAIPE

ALFAPIPE GHARDAIA est implantée dans la zone industrielle de Bou Noura a Ghardaïa, a une distance de seulement 10 km de la capitale de la wilaya. Occupant une superficie de 230 000 m<sup>2</sup>, cette installation emploie en moyenne 700 travailleurs et est opérationnelle depuis 1977.

L'usine se spécialise dans la production de tubes en acier soudés en spirale, couvrant des diamètres allant de 16 à 64 pouces, des épaisseurs variant de 7,92 à 15 mm, et des longueurs de 7 à 13 mètres. Ces tubes sont conçus pour répondre à divers besoins spécifiques, selon leur utilisation prévue :

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

### I.2. Historique :

La proximité des puits de pétrole et de gaz à Hassi R'mel et Hassi Massoud a créé une demande croissante pour le transport des hydrocarbures, dépassant les capacités de la tuberie en spirale d'El-Hadjar à Annaba. Ainsi, la décision a été prise de mettre en place une deuxième unité similaire à la première.

Le projet de construction de cette nouvelle unité a débuté en avril 1974, avec la collaboration d'une entreprise allemande. Elle est entrée en production en 1977, avec une capacité annuelle de 120 000 tonnes, ce qui correspond à la fabrication de 375 km de tubes de 42 pouces de diamètre.

Les installations de cette usine permettent de fabriquer des tubes avec des diamètres variant de 16 à 80 pouces, des épaisseurs de 7,92 à 25 mm, et des longueurs de 7 à 13 mètres.

Les bobines produites sont acheminées par voie ferrée depuis Annaba jusqu'à Touggourt, où elles sont stockées dans un dépôt ayant une capacité de 35 000 tonnes. Par la suite, elles sont transportées par camion SNTR sur une distance de 350 km jusqu'à Ghardaïa. Ce mode de transport a été mis en place pour éviter les éventuels problèmes de congestion qui pourraient affecter les paramètres de production.

### I.3 Domaine d'activité de l'entreprise : [1]

ALFAPIPE vise à transformer les bobines et les produits plats en tubes soudés en spirale, destinés au transport de divers liquides tels que le pétrole, le gaz, l'eau et autres, sous haute pression. Ces tubes sont utilisés dans différents types de pipelines, notamment

#### I.3.1.Pipe-line

- Les oléoducs pour le transport du pétrole,
- Les gazoducs pour le transport du gaz,
- Les systèmes hydrauliques.

### I.3.2. Transport d'eau :

- Alimentation en eau potable.
- Infrastructure hydraulique.
- Assainissement (Ségou).
- Drainage.

### I.4. Domaine d'application : [2]

#### • Entendue de la spécification :

Cette spécification énonce les exigences techniques pour la fabrication, le contrôle destructif et non destructif, ainsi que la fourniture des tubes en acier destinés à être utilisés dans la construction d'infrastructures de transport d'hydrocarbures opérant dans des environnements corrosifs. L'usine chargée de la fabrication des tubes doit détenir les certifications API Q1, API et ISO. Les tubes sont produits conformément à la norme API 5L 44ème édition, ainsi qu'aux spécifications techniques spécifiques du client et aux réglementations de sécurité algériennes relatives aux pipelines de transport d'hydrocarbures.

#### • Les normes de Confiant :

La réalisation des équipements principaux a été déléguée à des sociétés étrangères, HOECH étant le principal fournisseur. L'usine fabrique une variété de tubes allant de 20 à 64 pouces (soit 406,4 à 1625,6 mm) de diamètre, avec des épaisseurs allant de 7 à 20 mm et des longueurs de 7 à 18 mètres (jusqu'à présent, la demande a exigé une longueur maximale de 13 mètres). Ces productions sont conformes aux normes Q1-0403 et ISO 9001.



**Figure I.1** : Photos de l'entrée de Entreprise ALFAPIPE –GHARDAIA



# Chapitre I : Présentation de l'entreprise

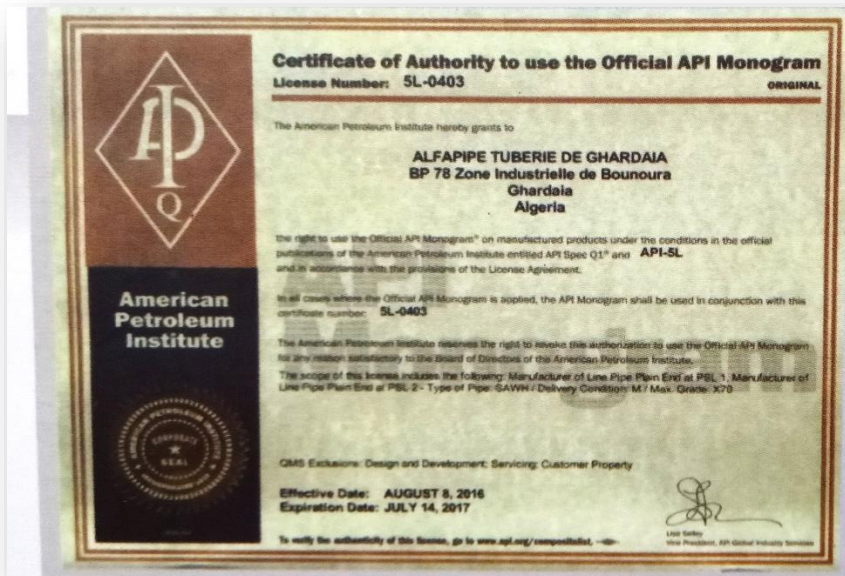
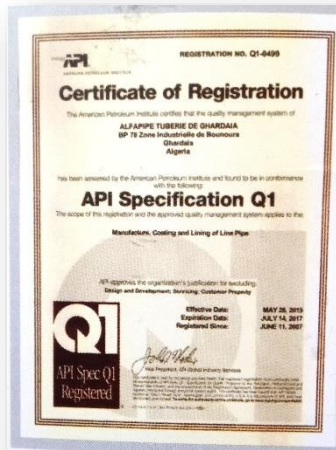


Figure I.2 : Photos des certifications ISO 9001, API Q1 et API Spec 5 L

I.5.Organisation de l'usine :

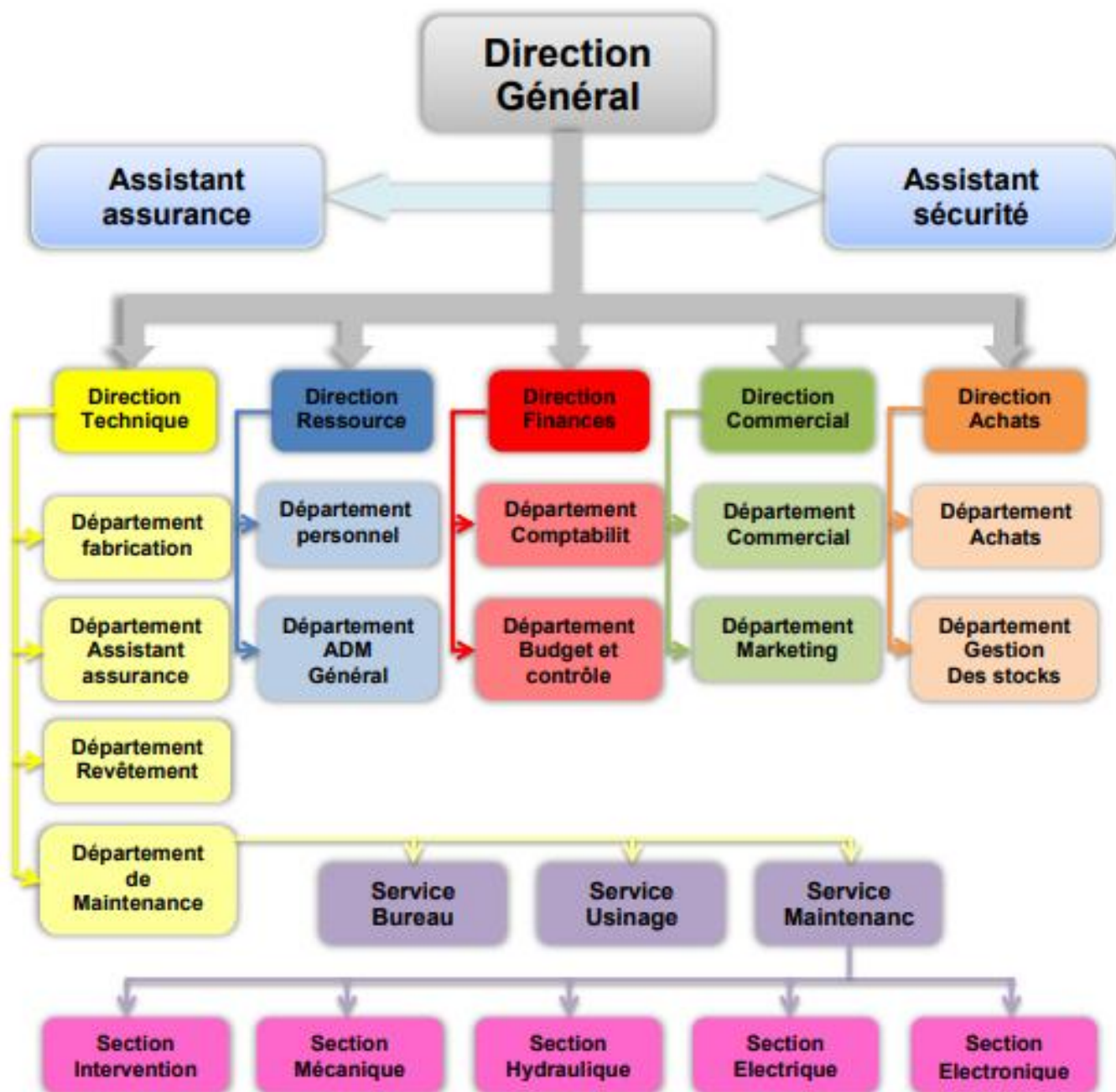


Figure I.3 : Organigramme de l'usine

### I.6. Procède de la fabrication :

Le processus de fabrication d'un tube soudé en spirale commence avec une bobine d'acier de dimensions variables en termes de largeur et d'épaisseur. Cette bobine est enroulée en spirale et soudée simultanément selon le procédé de soudure sous flux, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Les étapes de fabrication d'un tel tube sont les suivantes :

- Déroulage de bobine.
- Dressage.
- Rognée les deux côtés.
- Brossage.
- Préparez les bords.

Tous les composants de la section "préparation de bobine" sont montés sur un châssis de base soutenu par des supports, et ils sont pivotés à la position appropriée (angle d'entrée) en fonction de la largeur de la bande et du diamètre du tube.

### I.7. Caractéristiques techniques :

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

Tableau I.1 : Caractéristiques techniques

### I.8. Equipements de l'usine et installations : [3]

La production de tubes en spirale exige une main-d'œuvre hautement qualifiée ainsi que des équipements de grande envergure. C'est pourquoi ALFAPIPE dispose des machines suivantes :

- ❖ Machines de préparation des bobines,
- ❖ Quatre machines à souder,
- ❖ Nouvelle ligne de fabrication,
- ❖ Deux installations de nettoyage de tubes,
- ❖ Deux zones de reprise de soudure,
- ❖ Dispositif d'oxycoupage,
- ❖ Contrôle radioscopique et radiographique,
- ❖ Installation de chanfreinage,
- ❖ Banc d'essai hydrostatique,
- ❖ Machine ultra-son,
- ❖ Installation de revêtement extérieur,
- ❖ Installation d'enrobage intérieur,
- ❖ Des convoyeurs qui assurent les déplacements des tubes entre les différentes machines,

- ❖ Des pontes roulantes pour différents poids 15T et 34T.

En plus des équipements on trouve des différents ateliers et des laboratoires pour vérifier la qualité des produits et pour fournir les pièces de rechange pour les différentes machines :

- ❖ Atelier d'usinage
- ❖ Atelier chaudronnerie
- ❖ Atelier électrique
- ❖ Atelier mécanique
- ❖ Atelier hydraulique
- ❖ Atelier d'équipe de maintenance préventive
- ❖ Labo mécanique
- ❖ Labo électronique
- ❖ Labo chimique

### I.9. Les méthodes d'analyse des tubes : [4]

#### I.9.1. Contrôle visuel :

Le but est de garantir la qualité visuelle des soudures intérieures et extérieures en recourant à des soudeurs expérimentés. En cas de détection d'un défaut, le tube sera réparé avant de continuer le processus de fabrication.



**FIG I.4.** Contrôle visuel

#### I.9.2. Contrôle radioscopique :

Il s'agit d'une disposition où un faisceau de rayons traverse un barreau de fer et entre dans un tube rotatif de manière spiralée. Cette disposition permet la transmission d'images sur un écran. Grâce à ce dispositif de radioscopie, le superviseur peut repérer avec précision les défauts déjà identifiés ainsi que les défauts non déclarés, en les marquant avec précision sur la zone défectueuse.

Ensuite, le superviseur décide d'envoyer le tube pour l'inspection finale s'il est conforme, de le renvoyer pour réparation en cas de soudure non conforme, ou de le transmettre au tronçonneur pour une coupe si le défaut est irréparable.



**FIG I.5.** Contrôle radioscopique

### **I.9.3. Contrôle radiographique :**

Ce contrôle repose sur la différence d'absorption des rayons X2. Les variations de rayonnement émises par la pièce produisent une image latente sur le film. L'inspection radiographique des soudures se déroule dans deux chambres à rayons X2. Le cordon de soudure est entièrement visualisé par radioscopie. Cependant, la détection des défauts est confirmée par la prise de clichés.[12]



**FIG I.6.** Contrôle radiographique

### **I.9.4. Banc d'essai hydrostatique :**

Chaque tube est testé par une épreuve hydraulique, où il est positionné entre deux têtes remplies d'eau. À l'aide d'une pompe haute pression, une pression prédéfinie (Température min 1700 et max 3000) est appliquée sur le tube, atteignant une contrainte proche de sa limite élastique. Cette pression est maintenue pendant une période déterminée.



**FIG I.7.** Banc d'essai hydrostatique

### **I.9.5. Chanfreinage : [6]**

Pour faciliter une connexion cohérente et efficace entre deux tubes adjacents sur un chantier de canalisation, les extrémités des tubes sont préparées en les chanfreinant. Ce processus de chanfreinage implique la fixation du tube à ses deux extrémités, puis l'utilisation de deux machines rotatives équipées d'outils spéciaux pour usiner les circonférences des extrémités du tube.

### **I.9.6. Examen ultra-sons :**

Le tube est inspecté par deux sondes à ultrasons, placées de chaque côté du cordon de soudure, à une distance d'environ 15 cm. Ces deux sondes, contrôlées par une carte électronique, effectuent un cycle d'émission et de réception de signaux pour détecter la présence éventuelle d'un défaut de soudure.



**FIG I.8.** Examen par ultra-sons

### **I.9.7. Processus de revêtement intérieur : [7]**

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

### **I.9.8. Processus de revêtement extérieur :**

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

**I.10. Schéma synoptique du procédé de fabrication :**

La figure suivante présente le schéma synoptique du procédé de fabrication.

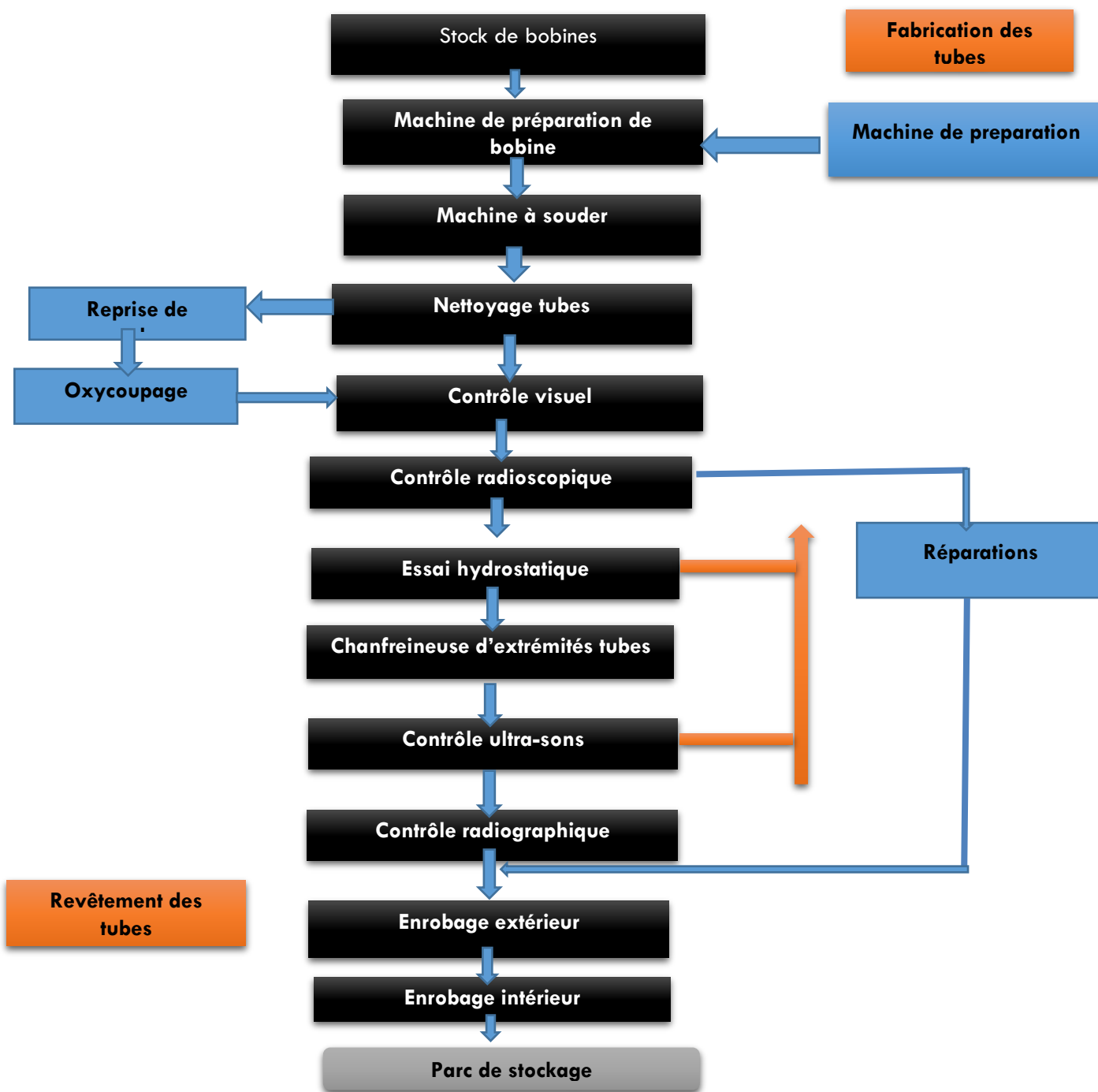


Figure I.9 : Schéma synoptique du procédé de fabrication



**CHAPITRE II :**  
**DESCRIPTION**  
**GENERALE**  
**DE LA MACHINE A**  
**SOUDER**  
**S-SPM 2000**

### II.1.Introduction :

Dans le but d'améliorer la productivité, la société a investi dans l'acquisition d'un nouveau modèle de machine à souder en spirale, le S-SPM 2000. Cette machine est entrée en service officiel en octobre 2017. Elle est spécialement conçue pour la fabrication de tubes en spirale à partir de bobines comportant de larges bandes, et pour souder ces tubes intégralement à l'intérieur et à l'extérieur à l'aide d'un équipement de soudage SAW à technique multi-fils. La machine S-SPM 2000 permet d'augmenter la capacité de production de l'entreprise de 200 000 tonnes à 400 000 tonnes, et elle peut également produire des tubes d'une épaisseur considérable (25,4 mm), ce qui constitue une première en Algérie.

### II.2. Identification de la machine et description générale :

Tableau II.1 : Description générale de la machine à souder S-SPM-2000.

Type	Machine à former et à souder des tubes en spirale S-SPM-2000
N° de machine :	KPOJ5801-02/03
Année de construction :	2014
Fabricant :	W+K Industries Technique GmbH & Co. KG Hauert 12a 44227 Dortmund
Téléphone :	+49 (0) 231 – 79 22 11 – 0
Fax :	+49 (0) 231 – 79 22 11 – 9
Site Internet :	<a href="http://www.danieli-wk.de">www.danieli-wk.de</a>

La machine S-SPM 2000 est spécialement élaborée pour façonner des tubes en spirale à partir de bobines de bandes larges, en effectuant une soudure complète à l'intérieur et à l'extérieur à l'aide d'un équipement de soudage SAW utilisant une technique multi-fil. Les composants fondamentaux de la machine S-SPM 2000 incluent :

- ✓ Le **châssis d'entrée pilotable** sur laquelle sont montés tous les dispositifs nécessaires qui transforment les bobines en un feuillard de tôle approprié et le transportent vers le poste de formage.
- ✓ Le **poste de formage** dans lequel le feuillard de tôle préparé, retiré, rogné, transformé en tube en spirale et soudé complètement à l'intérieur.
- ✓ le **châssis de sortie** sur laquelle sont montés les dispositifs assurant le soudage extérieur et le contrôle de la soudure par ultrasons ainsi que les guidages et le dispositif de découpage de la ligne de tube fabriquée et le dispositif d'évacuation du tube coupé vers le système de transport des tubes.

### II .3.Caracteristique techniques de la machine :

#### II .3.1 . Tube :

**Tableau II.2 :** Caractéristique technique du tube. [8]

<b>Diamètre extérieur :</b>	20"-80"      508 mm – 2 032 mm
<b>Épaisseur de feuillard :</b>	6,35 mm – 25,4 mm
<b>Longueur de tube :</b>	6,0 m – 18,0 m
<b>Qualité de tube :</b>	conformément à la spécification API 5 L numéro 44, octobre 2008
<b>Qualité matériau :</b>	max. X 100
<b>Angle soudure en spirale :</b>	10° - 45° en pas à gauche
<b>Vitesse de soudage :</b>	max. 2,5 m/min

#### II .3.2. Matériau de base :

**Tableau II.3 :** bobines feuillards lamines a chaud.

<b>Tolérance matériau :</b>	selon DIN EN 10051
<b>Largeur de feuillard :</b>	1 100 mm – 2 050 mm
<b>Sabre de feuillard :</b>	longueur max. 20 mm / 10 m
<b>Diamètre intérieur bobine :</b>	700 mm – 900 mm
<b>Diamètre extérieur bobine :</b>	1 200 mm – 2 400 mm
<b>Poids rouleau :</b>	45 t max.
<b>Qualité matériau :</b>	X100 max.
<b>Limite d'élasticité :</b>	X100 690 N/mm <sup>2</sup> min. 840 N/mm <sup>2</sup> max.

## II.3.3. Plan de production de la machine :

**Tableau II.4 :** Programme de production / Plan de production de tuyaux. Aux spécifications API. 5 L.[8]

Pipe Diameter		Épaisseur de pari																								
		Inch	0,219	0,25	0,281	0,312	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,5	0,528	0,562	0,591	0,625	0,688	0,719	0,75	0,812	0,875	0,938	1	1,062		
Diamètre Extérieur																										
Diamètre de tubes																										
Inch	Mm	Mm	5,56	6,35	7,14	7,92	8,74	9,52	10,31	11,13	11,91	12,7	13,4	14,27	15	15,88	17,48	18,26	19,05	20,62	22,23	23,83	25,4	26,97		
20	508																									
22	558,8																									
24	609,6																									
26	660,4																									
28	711,2																									
30	762																									
32	812,8																									
34	863,6																									
36	914,4																									
38	965,2																									
40	1016																									
42	1066,8																									
44	1117,6																									
46	1168,4																									
48	1219,2																									
50	1270																									
52	1320,8																									
56	1422,4																									
60	1524																									
64	1625,6																									
68	1727,2																									
72	1828,8																									
76	1930,4																									
80	2032																									

Up to X 100  
 Up to X 80

### II .4.Description des composants individuels de la machine :

#### II .4 .1.Chassis d'entrée pilotage:

L'ensemble complet du châssis d'entrée se compose de quatre châssis distincts au total. Ces châssis individuels sont assemblés ensemble sur la face avant à l'aide de plaques de bridage. Des galets d'appui sont situés sur le côté des châssis, servant de support et se déplaçant le long des segments de courbe (02) intégrés à la fondation. Le châssis comprend toutes les surfaces et perforations requises pour le montage des divers éléments. [8]

Le quatrième châssis arrière est équipé d'un dispositif hydraulique de réglage et de fixation, permettant de pivoter le châssis d'entrée à l'angle requis pour la fabrication du tube en spirale. À l'avant du premier châssis, se situe le pivot fixé à la base du poste de formage à l'aide d'un boulon. Le troisième châssis est essentiel pour le processus de fraisage des bords longitudinaux.

#### II .4 .1.2.Dispositif de débobinage :



Figure II.1 : Dispositif de debobinage.

#### II .4 .1.3.Chariot de transport de bobines :

Le chariot de transport des bobines, positionné à l'avant du châssis de base d'entrée, est destiné à accueillir la bobine (le feuillard de tôle enroulé) et, grâce à un système hydraulique de déplacement, guide la bobine vers la position où elle est reçue par les supports de bobine.



Figure II.2 : Chariot de transport de bobines.

En utilisant les rouleaux rotatifs à entraînement hydraulique installés sur le chariot de transport des bobines ainsi que les rouleaux presseurs supérieurs également actionnés hydrauliquement, la bobine est pivotée de sorte que le début du feuillard soit séparé en bas à l'aide du ciseau, puis enfourché par le guide auxiliaire ouvert.

### II .4 .1.4.Supports de bobine (dévidoir) :

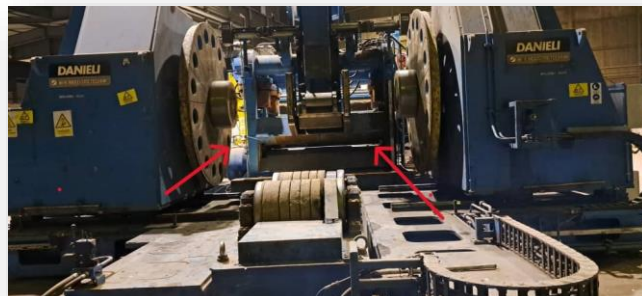
Une fois que le début de la bobine est fixé dans le conducteur auxiliaire, les deux supports de bobine pénètrent latéralement dans l'ouverture intérieure de la bobine et la soulèvent du chariot de transport de bobines, permettant à ce dernier de retourner à sa position de réception arrière.

Ces deux supports de bobine sont connectés au châssis de base d'entrée par des guidages linéaires et peuvent être déplacés transversalement grâce à des vérins hydrauliques.

Chaque support de bobine comporte des plateaux tournants montés sur des roulements et équipés de broches de support, réglables en hauteur à l'aide d'un vérin hydraulique via un système de levier. Ces ajustements permettent de recevoir des bobines de différentes largeurs de feuillard et de diamètres. Les côtés intérieurs des plateaux tournants sont revêtus de plaques d'usure.

Pendant la production, les broches de support sont positionnées automatiquement en hauteur et déplacées de manière à guider le feuillard retiré de la bobine verticalement vers le dispositif de dressage dans la mesure du possible.

Le déplacement latéral des supports de bobine assure que le feuillard en cours de défilement reste centré dans la machine pendant la production. La position du feuillard en amont du dispositif de dressage est mesurée par un dispositif de régulation du milieu de feuillard, et la position des supports de bobine est automatiquement ajustée en conséquence grâce à un système de commande hydraulique.



**Figure II.3** : Supports de bobine (dévidoir).

### II .4 .1.5. Bras de presseur :

Le bras presseur est configuré sous la forme d'une bascule, avec le système de pivotement fixé contre le dispositif de dressage. À l'avant de la bascule se trouvent des rouleaux presseurs revêtus de caoutchouc et un moteur hydraulique d'entraînement qui les actionne à l'aide d'une chaîne. De l'autre côté de la bascule, un vérin hydraulique de calage est installé pour pivoter la bascule ou pour abaisser les rouleaux rotatifs sur la bobine. Les rouleaux presseurs restent en position pendant et après le changement de bobine, garantissant ainsi l'absence de tout décalage des premières spires de la bobine pendant le fonctionnement.



**Figure II.4 :** Bras de presseur.

### II .4 .1.6. Ciseau :

La cage de guidage du ciseau est installée sur le support de dressage de manière à pouvoir placer le burin contre la bobine pour la séparation. Pour cela, la cage de guidage peut pivoter et le ciseau à l'intérieur de celle-ci est ajustable en hauteur. Ces deux mouvements sont réalisés grâce à un vérin hydraulique. Une fois que le conducteur auxiliaire est fermé et que le début de la bobine est ainsi fixé, le burin revient à sa position initiale.



Figure II.5 : Ciseau.

### II .4 .1.7. Dispositif de dressage :

Le dispositif de dressage, situé en aval du déroulement du feuillard et dans la direction de son déplacement, est solidement fixé au châssis d'entrée. À l'intérieur et sur la structure de soudage de la cage, plusieurs éléments sont intégrés, dont le conducteur auxiliaire, le dispositif de dressage, le burin, le presse-tôle et le dispositif de retenue. Le rôle principal du dispositif de dressage est de lisser le « bac » présent dans le feuillard de tôle en mouvement. Les ondulations présentes dans le feuillard, qui sont plus petites que l'écart entre les rouleaux horizontaux des galets redresseurs, ne peuvent pas être complètement éliminées. De même, les nœuds et les particules qui se trouvent sur le feuillard après son déroulement dans le laminoir ne peuvent pas être complètement éliminés.



Figure II.6 : Dispositif de dressage.

Le **dispositif de dressage** est constitué des composants suivants :

### II .4 .1.8. Conducteur auxiliaire :

Le guide auxiliaire est utilisé pour guider le début de la bobine à travers le dispositif de dressage fermé jusqu'à ce qu'il puisse être récupéré par le chariot de serrage des feuillards de soudage. En dehors de cette fonction, le guide auxiliaire n'applique aucune force de propulsion sur le feuillard. Pendant la production, le guide auxiliaire est ouvert et les rouleaux de commande tournent à une vitesse réduite selon la vitesse de fonctionnement de l'équipement.



Les composants principaux du guide auxiliaire comprennent :

- Deux cylindres de commande montés sur roulements.
- Dispositif de serrage hydraulique pour le cylindre de commande supérieur.
- Deux unités d'entraînement constituées d'une combinaison d'entraînement avec moteur d'entraînement fixé par brides.

**Tableau II.5 :** Données techniques générales de conducteur auxiliaire : [8].

Diamètre de cylindre :	460 mm
Puissance d'entraînement env. :	2 x 44 kW
Couple max sur le cylindre de commande :	2 x 95 000 Nm
Cylindre de pression Ø :	400 / 200 mm
Cylindre de pression levage :	100 mm
Pression hydraulique max. :	200 bars

### II .4 .1.9.Rouleaux de dressage :

Les 7 rouleaux de dressage sont conçus de manière à ce que chacun des cylindres supérieurs puisse être serré individuellement. La profondeur d'immersion des divers cylindres est affichée sur le tableau de commande. L'action de lissage proprement dite est effectuée par le premier cylindre supérieur et les deux cylindres inférieurs correspondants. Les autres cylindres sont là pour permettre au feuillard lissé de sortir du dispositif de dressage de la manière la plus horizontale possible.

Chaque cylindre supérieur est activé par deux vérins hydrauliques munis d'un système de mesure. Les composants principaux des rouleaux de dressage incluent :

- Quatre cylindres inférieurs montés sur des roulements dans des logements de palier
- Trois cylindres supérieurs montés sur des roulements dans des logements de palier réglables en hauteur
- Trois dispositifs de serrage hydrauliques pour les cylindres supérieurs

**Tableau II.6 :** Données techniques générales : [8].

Diamètre de cylindre :	322 mm
Vérin d'approche 1 et 2 cylindre supérieur :	Ø 280 / 200 mm
Vérin d'approche 3. Cylindre supérieur :	Ø 200 / 160 mm
Pression hydraulique :	200 bars
Force de réglage max. du 1er et 2ème cylindre sup.	2400 KN
Force de réglage max. du 3ème cylindre supérieur :	1200 Kn

### II .4 .1.10. Dispositif de retenue de feuillard :

Le mécanisme de retenue de la bande prévient le rebondissement initial de la bobine, causé par la tension de la bobine lors de l'ajustement de la bande après l'activation du dispositif de dressage et du guide auxiliaire.

Les composants clés du dispositif de retenue comprennent principalement :

- Deux consoles de logement soudées avec supports intégrés pour les vérins de calage et les guidages pour les sabots de serrage
- Deux sabots de serrage avec chacun quatre galets de guidage sur roulements disposés transversalement par rapport au feuillard et serrés hydrauliquement

Chaque sabot de serrage équipé de galets de guidage est actionné par un vérin hydraulique, exerçant une pression sur le feuillard à aligner. Cela permet d'éviter tout rebondissement du feuillard dans la direction de déplacement lors de l'ajustement automatique, mais autorise un déplacement transversal du feuillard grâce aux galets de guidage par rapport à la direction de déplacement.

### II .4 .1.11. Raboutage par Soudage :

#### Dispositif de soudage des feuillards :

Dans le processus de soudage des feuillards, le début de la nouvelle bobine est soudé au début du feuillard provenant de la bobine précédente, mais dans une orientation perpendiculaire à la direction de production. La fin du feuillard est immobilisée et la partie inutilisable est coupée à l'aide d'un dispositif de séparation au plasma. Après la découpe du début de la nouvelle bobine, la partie séparée de la fin de la bobine est évacuée transversalement de la ligne par le chariot dédié aux résidus de feuillards.[5]

Les extrémités du feuillard, à la fois la fin et le début, sont ensuite usinées sur leur face frontale pour obtenir le profil nécessaire au soudage. Le début du feuillard est maintenu fermement par le chariot de collecte et poussé contre des butées. Ensuite, les deux extrémités du feuillard sont réunies et fusionnées par soudage MAG et à l'arc. Un dispositif de support hydraulique solide, avec un bain de soudure intégré, est utilisé pour éviter toute fuite de soudure pendant le processus de soudage.

Le dispositif de soudage des feuillards est constitué des composants suivants :

### II .4 .1.12. Chariot de ramassage pour début de feuillards :[8]

Le chariot de collecte est assemblé par soudage et connecté au châssis de base grâce à des guidages linéaires, et il est déplacé dans la direction du déplacement du feuillard par un vérin hydraulique. Le châssis du chariot intègre les points d'articulation nécessaires pour le dispositif

de serrage et l'unité d'ajustement, également appelée pousseur. En amont de la table de serrage, une plateforme de soudage à serrage hydraulique est positionnée sur la face avant. Une échelle permet d'accéder à une plateforme d'observation du processus de soudage située sur le chariot.

### **II .4 .1.13.Pousseur :**

Le dispositif pousseur est installé sur le chariot dédié à la collecte du début du feuillard. Avant que le début du feuillard de la nouvelle bobine ne soit serré avec le dispositif de serrage sur le chariot, il est automatiquement positionné au centre de la machine à l'aide de deux pousseurs et d'un mécanisme de réglage central du feuillard.

Des sabots palpeurs, fixés sur des guidages linéaires à l'aide de deux vérins hydrauliques équipés d'un système de mesure intégré, sont ensuite utilisés pour pousser le feuillard au centre de l'installation. Si nécessaire, le centre de l'installation peut être ajusté en saisissant un décalage.

### **II .4 .1.14.Cage de ramassage pour fin de feuillard :**

La cage de ramassage est assemblée en étant soudée et fixée par des vis sur le châssis de base d'entrée. Elle est pourvue de points d'articulation destinés au dispositif de serrage. Au-dessus de la table de serrage, des surfaces de vissage sont prévues pour la voie de guidage commune du chariot de fraisage et du chariot de séparation de soudage. Sous la table de serrage, des butées à pivotement hydraulique sont installées pour régler la position de fraisage et de soudage, facilitant ainsi le positionnement du chariot de collecte avec le début du feuillard coincé.

### **II .4 .1.15.Voie de guidage avec chariot de fraisage :**

La cage de collecte est assemblée en étant soudée et fixée au châssis de base d'entrée à l'aide de vis. Elle est équipée de points d'articulation conçus pour le dispositif de serrage. Au-dessus de la table de serrage, des surfaces de fixation sont aménagées pour accueillir la voie de guidage commune du chariot de fraisage et du chariot de séparation de soudage. Sous la table de serrage, des butées à pivotement hydraulique sont installées pour ajuster la position de fraisage et de soudage, ce qui facilite le positionnement du chariot de collecte avec le début du feuillard bloqué.

### **II .4 .1.16.Chariot de séparation de soudage :**

Le chariot de séparation de soudage se déplace le long des guidages linéaires de la voie de guidage destinée au chariot de fraisage. À l'avant, le chariot soudé est pourvu d'une plaque réceptrice sur laquelle sont installés le dispositif de séparation et l'équipement de soudage. Un motoréducteur régulé, fixé sur la voie de guidage, déplace ce chariot via une courroie crantée reliée au chariot de séparation. Les extrémités de course du chariot sont surveillées par des interrupteurs de fin de course.

La configuration pour accueillir la torche à plasma comprend un bras pivotant à 90° actionné hydrauliquement, avec un guidage linéaire et un chariot électriquement entraîné équipé d'un support pour la torche. Ce système permet de découper successivement la fin et le début du feuillard avec la même torche.

### **II .4 .1.17.Dispositif de Serrage :**

Chaque chariot de ramassage est équipé d'un système de serrage pour maintenir en place le début du feuillard, tandis que dans la cage de collecte, un système de serrage est utilisé pour maintenir en place la fin du feuillard. Ce dispositif de serrage se compose d'une barre munie de griffes vissées et trempées qui exercent une pression sur le feuillard contre la table de serrage correspondante via un système de levier hydraulique. Pour assurer une répartition uniforme de la force de serrage sur le feuillard, les griffes de serrage sont fixées à la barre de serrage à l'aide de rondelles-ressort.

### **II .4 .1.18.Chariot de résidus de feuillards :**

Le chariot de résidus de feuillards est construit à partir d'un châssis de base soudé, équipé de profilés, et monté de manière à pouvoir pivoter en face du côté de commande sur le châssis d'entrée. Lorsque le châssis d'entrée pivote, le chariot repose sur le sol de la salle grâce à des roulettes. En position de travail, le châssis de base est stabilisé sur la fondation à l'aide de vis de réglage. À l'intérieur du châssis de base se trouve un cadre équipé de roulettes et d'une flèche pour recevoir les extrémités de feuillards séparées. Ce cadre est entraîné par un moteur électrique triphasé via une chaîne à rouleaux fixée sur celui-ci. Les limites de déplacement du cadre sont contrôlées par des interrupteurs de fin de course. Des bacs de récupération des scories sont placés de chaque côté de la flèche. Pour l'extraction des gaz produits lors de la séparation au plasma, des conduits d'aspiration ont été intégrés dans la table.

### **II .4 .1.19.Le dispositif de Fraisage transversal :**

Le dispositif de fraisage transversal est utilisé comme un accessoire pour réaliser le fraisage de la nervure normale ou d'un chanfrein en Y (préparation de la soudure) lors du traitement du début et de la fin de la bobine dans une machine de soudage de tubes en spirale. Les deux extrémités des feuillards sont fraisées successivement - pour le début du feuillard, la fraise est pivotée hydrauliquement à environ 30 mm du bord de fraisage de l'extrémité du feuillard. Un bac pour récupérer les copeaux, pouvant être ouvert hydrauliquement pour le vidage, est positionné sous la fraise.

Le dispositif de fraisage transversal est essentiellement constitué des éléments suivants :

- Unité de fraisage avec entraînement et dispositif de pivotement.
- Bac à copeaux ouvrable.
- Fraise avec tête de fraisage à deux rangées

**Tableau II.7 :** Données techniques générales [8].

Pression de service hydraulique :	160 bars
Largeur de transformation :	jusqu'à 2300 mm
Épaisseur de feuillard :	6 – 25,4 mm
Qualité de feuillard :	max. X 100 selon API 5L
Avance de fraisage selon l'épaisseur du feuillard, la profondeur de fraisage et la qualité du feuillard :	réglable de 0,3 à 3,0 m/min
Profondeur de fraisage :	max. 10 mm

**Tableau II.8 :** Unité de fraisage : [8].

Puissance nominale :	45 kW
Vitesse de rotation motrice :	1465 t/min
Vitesse de rotation broche :	162 t/min
Diamètre tête de fraisage :	400 mm
Poids total unité de fraisage :	env. 2600 kg

### **II .4.20.Zone de contrôle ultrasonique du matériau de base :**

La zone de contrôle Ultrasonic du matériau de base est constituée essentiellement des éléments suivants :

#### **II .4.1.21.Bâtis de base :**

Les deux bâtis de base avec les galets de guidage verticaux se trouvent en amont et en aval du contrôle par ultrasons de la substance et sont vissés sur le châssis de base d'entrée.

Leur fonction est de guider le passage en hauteur du feuillard pour que les éventuelles ondulations dans le feuillard n'endommagent pas les capteurs. [8]



**Figure II.7 :** Zone de contrôle Ultrasonique du matériau de base.

### **II .4.1.22.Poste d'élimination d'eau :**

Le poste d'élimination d'eau assure l'élimination de l'eau de couplage, nécessaire au contrôle par ultrasons, du feuillard qui passe et le recueil de l'eau qui s'égoutte latéralement du feuillard pour la reconduire dans l'installation US.

Ce poste est essentiellement constitué des éléments suivants :

- Lèvre en caoutchouc pneumatique qui est abaissée sur le feuillard lors de l'arrêt de la machine pour que l'eau ne puisse plus retourner dans la zone du soudage des feuillards.
- Bac de récupération d'eau sous l'unité complète.
- Dispositif de raclage et de soufflage qui sèche la surface du feuillard.

### **II .4 .1.23.Zone des soignements des bandes :**

#### **Guidage de feuillards :**

Dans la zone d'entrée se trouvent deux guide-feuillards chargés de maintenir le feuillard passant au milieu de la machine. En cas de largeurs de feuillard différentes, les galets de guidage sont automatiquement adaptés à la largeur de feuillard modifiée.[8]

Un guide-feuillard est directement monté en aval du soudage des feuillards. Il est chargé d'assurer que la fin de feuillard non guidée se trouve au milieu, depuis la bobine jusqu'au dispositif de serrage du dispositif de soudage des feuillards. L'autre guide-feuillard est disposé directement en amont de la machine de fraisage des bords longitudinaux. Celle-ci est chargée

de centrer le feuillard lors de son passage par la machine de fraisage pour que le rognage de chaque côté du feuillard soit si possible de la même taille.



**Figure II.8** : Guidage de feuillards.

Les guide-feuillards sont essentiellement constitués des éléments suivants :

- Barre de guidage soudée
- De chaque côté, deux galets de guidage trempés avec boudin qui sont logés dans un bras de levier.
- Deux dispositifs de serrage hydrauliques avec contre- palier qui pressent les bras de levier contre le feuillard avec les galets de guidage. Les vérins hydrauliques sont équipés d'un système de mesure permettant de mesurer et d'afficher la position du feuillard au milieu.

### **II .4 .1.24.Dispositif de fraisage des bords longitudinaux de la band :**

Le dispositif de fraisage des bords longitudinaux est composé de deux machines de fraisage individuel identiques qui sont montées sur un châssis de base commun. Le châssis de base fait partie du châssis de base d'entrée de la cintrouse et soudeuse de tubes en spirale.

Dans le dispositif de fraisage, le feuillard passant est rogné latéralement sur la largeur avec les chants correspondants pour le soudage. Le 1er poste de fraisage rogne env. 80 % de la largeur excédentaire du feuillard. Le 2ème poste assure le fraisage des 20 % de largeur excédentaire restants et le profil nécessaire pour le soudage.



**Figure II.9** : Dispositif de fraisage.

Les différentes têtes de fraisage sont chacune disposées dans un bras de levier réglable hydrauliquement. Chaque bras de levier est articulé sur un chariot de fraisage réglable sur la largeur de feuillard et, à l'avant, s'appuie par le haut sur le feuillard par des roulettes (copiage de la hauteur de la fraise). Dans le bras de levier, un dispositif règle les roulettes en hauteur. La position en hauteur de la fraise par rapport au feuillard est ainsi réglée, de même que la hauteur de nervure du profil à fraiser du bord de feuillard.

À l'avant, le chariot de fraisage est également équipé de roulettes sur lesquelles s'appuie le feuillard passant la mise en contact des fraises avec le feuillard (profondeur de fraisage) est effectuée par les chariots de fraisage qui peuvent être déplacés transversalement et individuellement sur le feuillard par des vis à billes et des motoréducteurs réglés.

En amont du 2ème poste de fraisage, le dispositif de fraisage des profils, un système de mesure assure la mesure de la position du feuillard par rapport au milieu de la machine. Si le décalage de la mesure est plus grand que la profondeur de fraisage effective de la fraise de profil, l'unité de fraisage de profil entière est déplacée automatiquement vers le centre du feuillard. Ainsi, les contours de profil fraisés des deux bords de feuillard sont toujours les mêmes. Ceci est nécessaire pour le soudage ultérieur afin de mesurer la forme de joint via des caméras laser.

Sous la zone de travail des fraises et dans le chariot de fraisage se trouvent des ouvertures par lesquelles les copeaux de fraisage parviennent sur un convoyeur de copeaux (1 par poste) et dans des conteneurs placés en face du côté de commande.

Pour remplacer les têtes de fraisage, sur le haut, la zone de travail des fraises est protégée par un couvercle pivotant et surveillée électriquement par des interrupteurs de sécurité.

Au-dessus de chaque poste, un rail est monté au milieu au-dessus des fraises. Équipé d'un palan à chaîne électrique, il permet le montage et le démontage des têtes de fraisage.



**Tableau II.9 :** Données techniques générales [8].

Largeur de fraisage :	min. 1 000 mm, max. 2 100 mm
Épaisseur de feuilard max. :	25,4 mm
Raccord hydraulique :	100 bars
Raccord d'air comprimé :	6 bars

**Tableau II.10 :** Fraise de rognage [8].

Puissance d'entraînement par fraise :	40 Kw
Opération de fraisage :	Synchronisation
Diamètre de fraisage :	600 mm
Profondeur de fraisage max. :	12 mm
Nombre de plaquettes :	2 x 28 unités

**Tableau II.11 :** Fraise de profil [8].

Puissance d'entraînement par fraise :	40 Kw
Opération de fraisage :	Synchronisation
Diamètre de fraisage :	600 mm
Profondeur de fraisage max. :	8 mm
Nombre de plaquettes :	3 x 18 unités
Profil :	X avec 2 x 30°



**Figure II.10 :** Fraiseuse de profil.

### II .4 .1.25. Nettoyage de feuilard :

Le nettoyage de feuilard a pour fonction de nettoyer les copeaux de fraisage et la calamine pouvant se trouver sur la partie supérieure du feuilard entrant dans le conducteur. Un

ventilateur est installé à cet effet sur le conducteur qui souffle les copeaux résiduels du côté supérieur du feuillard par des conduites, des tuyaux et des buses réglables.



**Figure II.11** : Nettoyage de feuillard.

### II .4 .1.26. Conducteur Principal De La Bande :

#### II .4 .1.26.1. Conducteur principal :

Avec le conducteur principal monté en amont du formage, toutes les forces de propulsions nécessaires au processus de fabrication des tubes en spirale sont transmises au feuillard. [8]

Le conducteur principal est constitué d'une cage fermée soudée stable dans laquelle sont logés les deux rouleaux entraînés chacun par un engrenage planétaire. Le cylindre supérieur est serré hydrauliquement par deux pistons plongeurs. La pression de serrage est réglable en fonction de la largeur et de l'épaisseur du feuillard ainsi que de la qualité du matériau. Le cylindre inférieur n'est pas réglable.

**Tableau II.12** : Données techniques générales : [8].

Diamètre de rouleau :	670 mm
Vitesse max. :	2,5 m/min
Puissance d'entraînement :	2 x 44 Kw
Couple d'entraînement :	2 x 370 000 Nm
Force de pression max. du cyl. supérieur :	8 000 kN
Cylindre de pression $\varnothing$ :	500 mm
Cylindre de pression levage :	40 mm
Pression hydraulique max. :	200 bars

### II .4 .1.26.2.Dispositif de cambrage des bords de feuillard :

Le dispositif de cambrage des bords de feuillard est monté dans le sens de déplacement du feuillard directement derrière le conducteur principal.

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

L'unité est constituée de deux supports réglables sur la largeur de feuillard. Dans chaque support sont montés trois rouleaux trempés qui se règlent de manière à ce que le contour nécessaire soit croqué au niveau des fins de feuillard lors du passage. Le réglage des rouleaux dépend de l'épaisseur du feuillard, de la qualité du matériau et de l'angle d'entrée du feuillard. Le réglage des deux supports sur la largeur du feuillard et le réglage en hauteur du rouleau de contre-appui supérieur s'effectuent par des broches à commande électromagnétique équipées d'un système de mesure. Les positions de ces réglages peuvent être enregistrées dans l'API et ainsi être reproduites ultérieurement. Toutes les autres broches de réglage pour le réglage du rouleau inférieur et de cintrage sont exécutées à la main.

Pour compenser les éventuelles tolérances du feuillard et des hauteurs excédentaires de soudure de la soudure transversale, le rouleau presseur supérieur est précontraint par un ensemble de ressorts.

**Tableau II.13** : Données techniques générales [8].

Largeur de feuillard :	1 100 à 2 000 mm
Diamètre de rouleau :	300 mm
Force de pression du rouleau presseur supérieur :	250 KN

### II .4 .1.26.3.Les bras de guidage de feuillard :

Les bras de guidage de feuillard sont constitués de trois paires de barres qui sont montées entre le conducteur principal et le formage. Chaque paire de barres est constituée d'une barre

revêtue de plastique montée sous le feuillard et d'une autre montée sur le feuillard. Celle-ci empêche le fléchissement du feuillard poussé par le conducteur principal vers le formage.



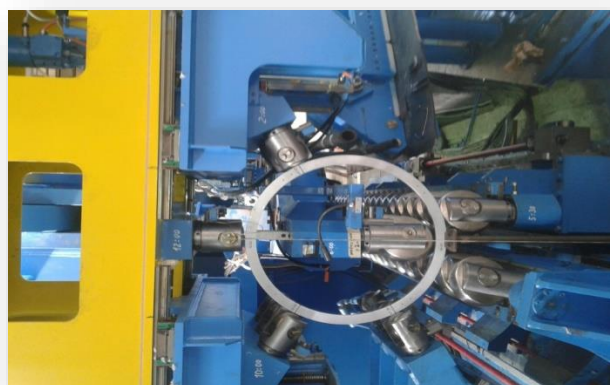
**Figure II.12** : Les bras de guidage de feuillard superficiels.

Les deux paires de barres extérieures peuvent être déplacées transversalement en fonction de la largeur du feuillard. Elles sont ajustables en longueur pour s'adapter à différents angles d'entrée ou largeurs de feuillard. Les barres inférieures sont réglables en hauteur pour correspondre à la hauteur de passage du feuillard et en cas d'usure. Ce même réglage s'applique également aux barres supérieures, qui peuvent également être serrées contre le feuillard à l'aide de tendeurs.

### **II .4 .2. Dispositif De Formage :**

Le corps de forme est en forme de horloge a pour fonction de maintenir dans sa géométrie la boucle tubulaire de formée dans le système de cintrage à trois cylindres. Le guidage de la boucle tubulaire est pris en charge par une cage de roulement. La cage de roulement est constituée de plusieurs barres qui sont réglables sur le diamètre de tube via un moteur. La position réglée des barres peut être enregistrée avec le diamètre de tube correspondant dans le terminal du pupitre de commande. En position de travail, les barres sont tendues hydrauliquement sur leurs bases. Sur les barres se trouvent les galets de guidage montés sur des roulements qui sont réglables en hauteur individuellement et réglables ensemble pour chaque barre à l'angle correspondant du dénivelé du tube. La cage de roulement est tendue sur le côté ouvert par un tendeur avec le châssis du système de cintrage à trois cylindres.

#### **II.4 .2 .1.Corps de forme :**



**Figure II.13 :** Corps de formage.

### **II.4.2.2. Le corps de forme est essentiellement constitué des éléments suivants :**

- Support soudé avec réceptacles et réglage en hauteur pour la flèche et la surface de vissage pour la poutre 9h00
- Flèche soudée avec surfaces de vissage pour les poutres 10h30, 12h00 et 1h30
- poutre 9h00, 10h30, 12h00 et 1h30 avec galets de guidage montés sur des roulements et dispositifs de réglage pour le réglage du dénivelé et du diamètre de tube.
- Tendeur avec broche en pas à droite et à gauche et dispositif de serrage hydraulique.

### **II .4.2.3. Système de cintrage à trois cylindres :**

Le feuillard entrant est transformé en tube dans le système de cintrage à trois cylindres. Le feuillard poussé par le conducteur principal est transformé par les rouleaux de formage du bras intérieur et des rouleaux des poutres 5h30 et 6h30 de manière à obtenir le diamètre de tube correspondant. Les différentes barres sont équipées de toutes les possibilités de réglage nécessaires :

### **II .4.2.4. Les possibilités de réglages sont les suivantes :**

- ❖ Poutre 5h30 – Réglage longitudinal et transversal de la barre complète, réglage de l'angle des rouleaux de formage, réglage en hauteur des différents rouleaux de formage. Tous les réglages, sauf le réglage transversal, sont effectués manuellement.
- ❖ Poutre 6h30 – Réglage longitudinal et transversal de la barre complète, réglage en hauteur du rouleau de formage complet et de chaque rouleau de formage, réglage pivotant des rouleaux de formage complets sur le milieu du tube, réglage de l'angle des rouleaux de formage. Tous les réglages, sauf le réglage transversal, sont effectués manuellement.
- ❖ Bras intérieur (6h00) – Réglage en hauteur motorisé du bras intérieur complet (en parallèle et incliné), réglage de l'angle des rouleaux de formage, réglage en hauteur des différents rouleaux de formage.

- ❖ L'unité complète peut ajuster hydrauliquement à la largeur de feuillard correspondante dans le sens horizontal sur l'axe du tube.

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

- ❖ Cadre soudé fixé à la fondation avec des guides longitudinaux pour la cage de ramassage, des points de fixation pour le vérin de déplacement, ainsi que des trous pour connecter le châssis d'entrée.
- ❖ Cage de ramassage résistante, soudée, avec des trous pour les bras intérieurs, des surfaces traitées pour la fixation des poutres à 6h30 et à 5h30, ainsi qu'un perçage pour connecter le châssis de sortie.
- ❖ Bras intérieur équipé d'un système de direction pour le réglage en hauteur, avec des trous filetés munis de chapes vissées pour recevoir les rouleaux de formage montés sur des roulements.
- ❖ Poutre à 6h30 dotée de chapes vissées pour recevoir les rouleaux de formage montés sur des roulements, ainsi que des dispositifs de réglage.
- ❖ Poutre à 5h30 munie de chapes vissées pour recevoir les rouleaux de formage montés sur des roulements, et équipée de dispositifs de réglage.

Rouleaux de formage en matériau ultra résistant à l'usure dont le logement est constitué de paires de paliers à roulement pré-réglés spéciaux.

**Tableau II.14** : Données techniques générales [8]

Diamètre des rouleaux de formage :	225 mm
Force de flexion barre 6:00 :	4 200 Kn

### II.4.3.Chassis de sortie :

Le châssis de sortie complet se compose au total de trois châssis individuels. Les différents châssis sont vissés ensemble sur la face frontale via des plaques de bridage. Sous ces dernières se trouvent les galets d'appui sur lesquels s'appuient les châssis des segments faisant partie de la fondation. Sur les châssis se trouvent toutes les surfaces et perçages nécessaires au montage et au démontage des différents éléments. Sur le premier châssis en aval du formage est fixé le vérin pivotant hydraulique qui assure le réglage de la fente de soudage. Sur la partie avant du châssis est monté un timon mobile à serrage hydraulique. Le timon est fixé sur la base du poste de formage par un boulon au niveau du point de soudage. Ainsi, en cas de modification de dimensions, le pivot du châssis de sortie se trouve toujours sous le point de soudage.

### II.4.3.1. Section De Soudage :

#### II.4.3.1.1. Commande de la fente de soudage :

Avec la commande de la fente de soudage, la fente pré réglée par l'opérateur est maintenue constante pour le soudage du feuillard entrant avec la boucle tubulaire déformée. Deux galets palpeurs sont montés en amont du point de soudage sur le bord de feuillard entrant et un galet palpeur est monté sur la boucle tubulaire qui arrive. Ces galets sont pressés contre le bord de feuillard ou la boucle tubulaire par la pression de ressort au moyen d'un système à ciseaux. Entre les deux bras de cisaille, un système de mesure de course linéaire est monté qui mesure l'écart entre le bord de feuillard entrant et la boucle tubulaire qui arrive. En cas de modification de la fente, le tube est pivoté en arrière en « mode automatique » via la lunette de commande par pivotement du châssis de sortie sur la fente pré réglée pour que la fente réglée reste constante. La plage de pivotement du châssis de sortie est de  $\pm 1,5^\circ$ . Le décalage de la position du vérin pivotant par rapport à la position zéro est indiqué sur le pupitre de commande. Le vérin pivotant est équipé d'un système de mesure. [8]



**Figure II.14** : Commande de la fente de soudage.

En mode manuel, le pivotement du châssis de sortie est effectué manuellement par les touches de commande se trouvant sur le boîtier de contrôle sur place.

L'unité complète s'ajuste manuellement à la largeur de feuillard et au diamètre de tube correspondant via des commandes à broches.

#### II.4.3.1.2. Poste de soudage extérieur :

L'équipement de soudage SAW pour le soudage de la soudure extérieure est monté sur le poste de soudage extérieur. Le poste de soudage extérieur est relié au châssis de sortie par des guidages linéaires. Par la roue dentée et la crémaillère, le poste de soudage est ajusté dans le

sens de la longueur du tube au dénivelé du tube correspondante via un entraînement électromécanique. La flèche, sur laquelle est monté l'équipement de soudage, se trouve sur le support. La flèche est reliée au support par des guidages linéaires et sa hauteur est ajustée au diamètre de tube correspondant avec la broche et l'entraînement électromécanique.



**Figure II.15** : Poste de soudage extérieur.

Pour effectuer des travaux de réglage sur l'équipement de soudage, une plateforme de travail mobile se trouve au niveau de la flèche.

### **II.4.3.1.3.Support de soudage :**

Le rouleau de déplacement à soulèvement et abaissement hydrauliques se situe sous le point de soudage. Son rôle est de soutenir les deux bords du feuillard afin de permettre un vissage sans décalage. En ajustant ces rouleaux, on peut également, dans une certaine mesure, corriger le diamètre du tube.

### **II.4.3.2.Tests de cordon de soudure par ultrasons :**

L'équipement ultrasons pour contrôler la soudure extérieure est monté sur le poste ultrasons. Le poste US est relié au châssis de sortie par des guidages linéaires. Par la roue dentée et la crémaillère, il peut être ajusté dans le sens de la longueur du tube au dénivelé du tube au moyen d'un entraînement électromécanique. La flèche, sur laquelle est monté l'équipement à ultrasons, se trouve sur le support. La flèche est reliée au support par des guidages linéaires et sa hauteur est ajustée au diamètre de tube correspondant avec la broche et l'entraînement électromécanique. :[5]

Pour effectuer des travaux de réglage sur l'équipement à ultrasons, une plateforme de travail mobile se trouve du côté de la commande.



**Tableau II.15** : Données techniques générales : [8].

Course dans l'axe longitudinal du tube :	2 500 mm
Réglage en hauteur :	1 660 mm

### II.4.3.3. Section guide de tube :

#### II.4.3.3.1. Lunette auxiliaire :

La lunette auxiliaire est disposée sur la première partie du châssis de sortie. Sa fonction est de soutenir la ligne de tube qui vient d'être formée, jusqu'à ce que cette dernière soit reprise par la lunette de commande. :[8]

La lunette auxiliaire est constituée du bâti de base et des deux galets porteurs montés sur des roulements et réglables manuellement au diamètre et au dénivelé de tube.



**Figure II.16** : Lunette auxiliaire.

#### II.4.3.3.2. Lunette de commande :

La lunette de commande est également disposée sur la première partie du châssis de sortie. La tube repose sur deux galets porteurs dans la lunette de commande. Les deux galets peuvent être ajustés d'une part au diamètre de tube au moyen de broches actionnées par un moteur électrique et d'autre part au dénivelé au moyen d'un mouvement rotatif manuel de l'unité de saisie des rouleaux.

Les entraînements pour le réglage du diamètre sont équipés d'un système de mesure. La position des rouleaux réglés peut être enregistrée pour être reproduite ultérieurement.

La lunette de commande fait également partie intégrante de la commande de la fente de soudage. En cas de modifications de la fente de soudage, le tube se trouvant dans la lunette de commande est saisi par le déplacement du châssis de sortie et modifie ainsi l'angle entre le feuillard entrant et le tube.



**Figure II.17 :** Lunette de commande.

### II.4.3.3.Support de tubes :

Devant le chariot de séparation se trouvent deux supports fixes et derrière le chariot de séparation, un support de tube à abaissement hydraulique. Les supports de tubes ont pour fonction de porter le tube soudé de la lunette de commande aux abaisseurs de tubes. Sur chaque support de tubes se trouvent deux galets porteurs sur lesquels repose le tube. Ces galets porteurs peuvent être ajustés d'une part au diamètre de tube correspondant au moyen de broches et d'autre part au dénivelé correspondant au moyen d'un mouvement rotatif manuel du support de rouleau. Pour que les galets porteurs n'exercent pas de pression sur le tube, le support de rouleau est logé de façon flottante.



**Figure II.18 :** Support de tubes.

### II.4.3.4. Section séparation de tube :

Le dispositif de séparation est installé à l'arrière de la machine, sur la deuxième partie du châssis de sortie du côté de la commande. Sa fonction principale est de diviser la ligne de tube continue en longueurs de tube prescrites. Cette séparation est réalisée à l'aide du dispositif de séparation au plasma. Une torche à plasma, montée sur un chariot mobile aligné avec l'axe longitudinal du tube, est pressée pneumatiquement contre le tube et se déplace à la même vitesse longitudinale que celui-ci, jusqu'à ce que le tube individuel soit séparé de la ligne de production (un tour de tube). Un galet de copiage ajustable, en contact avec la torche, assure un espace constant entre la torche et la surface du tube. La vitesse cible du chariot pendant le processus de séparation est transmise à l'entraînement du chariot (servomoteur, réducteur, roue dentée et crémaillère) par un capteur électronique qui enregistre la vitesse réelle du tube.[5]

La torche montée sur le chariot peut être réglée en hauteur ou en fonction du diamètre du tube à l'aide d'une manivelle, actionnant un mécanisme à broche.

Le **dispositif de séparation** est essentiellement constitué des éléments suivants :

- Bâti de base soudé avec guidages linéaires pour la réception du chariot de déplacement
- Chariot de déplacement avec guidage et l'entraînement à broche pour le passage de la torche.
- Unité d'entraînement pour le chariot de déplacement, composé d'un servomoteur réducteur, d'une roue dentée et d'une crémaillère
- Un support de torche muni d'un dispositif de serrage pneumatique pour la torche à plasma.
- Une paroi de protection contre les étincelles située de l'autre côté du tube.
- Un balai de masse à installation pneumatique pour le dispositif de séparation au plasma

### II.4.3.5. Dispositif d'abaissement de tubes :

Il Sur la dernière partie du châssis de sortie se trouvent les 4 dispositifs d'abaissement. Ils ont pour fonction de soutenir le tube séparé et de le positionner de façon à ce qu'il roule latéralement de la machine côté fixation sur la grille de sortie après l'abaissement.

Les dispositifs d'abaissement sont constitués d'une tringlerie à levier qui peut être soulevée et abaissée hydrauliquement. Sur la tringlerie se trouvent les deux galets porteurs sur lesquels le tube est déposé ou soutenu. Ces galets porteurs peuvent être ajustés d'une part au diamètre de tube correspondant au moyen de broches et d'autre part au dénivelé correspondant au moyen d'un mouvement rotatif manuel du support de rouleau. Pour que les galets porteurs n'exercent pas de pression sur le tube, ils sont alignés de façon flottante.

Pour transporter le tube latéralement hors de la machine sans entraves, il faut qu'il y ait suffisamment d'espace entre la fin de tube séparée et le début du nouveau tube arrivant. À cet effet, un galet porteur est entraîné pour chaque abaisseur, faisant avancer le tube séparé à l'écart souhaité. Ensuite, le tube est abaissé sur la grille de sortie.

### II.4.3.6.Grille de sortie :

Sur les 4 grilles de sortie inclinées qui sont fixées sur la fondation et alignées au-dessus du châssis de sortie, les tubes coupés aux longueurs souhaitées roulent jusqu'aux inserts du nettoyage des tubes. Les tubes arrivent sur les grilles de sortie par abaissement du dispositif d'abaissement.



**Figure II.19** : Grille de sortie.

### II.5.Conclusion :

En résumé, la qualité des tubes soudés en spirale fabriqués par ALFAPIPE repose sur un processus de fabrication rigoureux et un ajustement précis des machines, assuré par des contrôles périodiques minutieux, depuis la réception de la matière première (bobine) jusqu'au produit fini (tube). En respectant scrupuleusement les procédures de contrôle, les normes, les références et les spécifications des clients, ALFAPIPE a pu consolider sa position en tant que fournisseur potentiel de canalisations soudées pour hydrocarbures, notamment sur le marché national.

**CHAPITRE III : LA MAINTENANCE  
INDUSTRIELLE ET SES MÉTHODES  
D'ANALYSE**

### Introduction :

L'optimisation de la maintenance est un sujet crucial pour les entreprises qui visent à réduire les coûts, améliorer la disponibilité des équipements et donc la production, tout en renforçant la sécurité du personnel, des équipements et de l'environnement. Étant donné l'importance de la maintenance dans les performances des installations, différentes méthodes d'optimisation ont été développées. Celles-ci permettent aux responsables de maintenance de concevoir ou de modifier les stratégies de maintenance, telles que l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), la méthode Ishikawa (ou diagramme Causes Effets) et le diagramme de Pareto.

### III.1.Introduction à la maintenance industrielle :

#### III.1.1.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. Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.[9]

#### III.1.2. Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000) :

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

- Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :
- L'augmentation de la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- L'assurance de la sécurité des hommes et des biens ;
- L'amélioration de la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance ; etc.

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.

#### III.1.3. 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.[9]

### III.1.4. 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.**

## III.2 .Service maintenance :

### III.2.1.Fonctions du service maintenance (norme FD X 60-000) :

**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.

**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 devra 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 jour ultérieures.[9]

**Ordonnement** : L'ordonnement 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.

**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'ordonnement.

**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.

### III.2.2. Domaines d'action du service maintenance : [9]

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

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

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



## III.3.Types de maintenance (norme NF EN 13306)

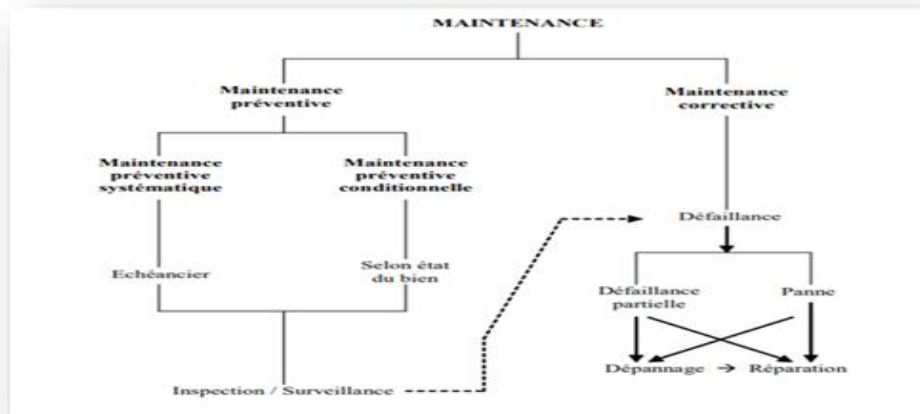


Fig III.01 : Les types de maintenance [9]

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

On peut distinguer deux types de maintenance corrective la maintenance curative et la maintenance palliative

**Maintenance curative :** Ce type de maintenance permet de remettre en état le système après l'apparition d'un dysfonctionnement

**Maintenance palliative :** Ce type de maintenance permet de dépannage temporaire des équipements afin de réduire les interruptions d'activité. [14]

[1] A. BELHOMME, Cours de stratégie de maintenance.

**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.

**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.

**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.

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

## III.4. Activistes de la maintenance (norme NF EN 13306) :

**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 ou après d'autres activités de maintenance.

**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.

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

**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.

**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.

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

**La révision :** Ensemble complet d'exams et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité.

**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.

## III.5. Les temps de la maintenance :

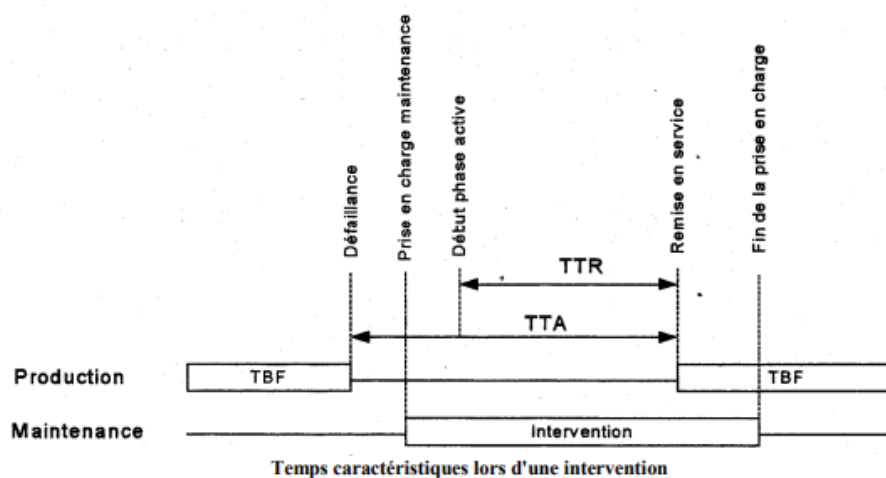


Figure.III.2 : les temps de la maintenance [9]

### III.5.1. La MTBF :

Est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF) : Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

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

### III.5.2. La MTTR :

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

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

### III.5.3. 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.).

## III.6. Différentes méthodes d'analyse utilisées en maintenance :

### III.6.1. méthode abc (diagramme de Pareto) : [10]

#### III.6.1.1. Principe de la méthode « ABC » :

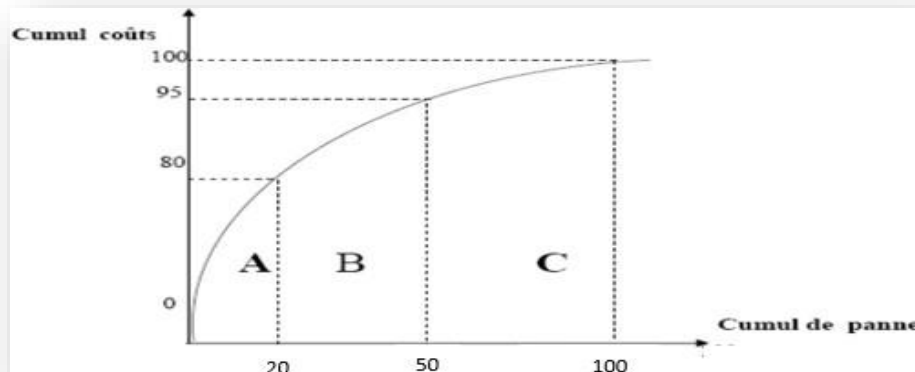
Cette méthode consiste à classer les défaillances par ordre d'importance en trois catégories afin de traiter chacune d'elles d'une manière différente. Elle permet donc au responsable de maintenance d'identifier les cibles d'actions prioritaires.

#### III.6.1.2 Méthodologie et démarche :

- Recensement des pannes à partir de la date de mise en place du dossier historique.
- Classement des nombres de pannes par ordre décroissant.
- Calcul du cumul de ces valeurs à partir du plus haut.
- Calcul pour chaque valeur cumulée la valeur en %.
- Le rang relatif % des différentes pannes.
- Tracer la courbe correspondante aux couples de points ci-dessus sur un graphique à deux dimensions, abscisses et ordonnées en pourcentage (%) à la même échelle.

## III.6.1.3 Détermination des zones ABC :

Sur le schéma, on observe trois zones.



**Figure.III.3** : courbe théorique d'analyse ABC.[10]

- **Zone A** : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts.
- **Zone B** : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires.
- **Zone C** : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

## III.6.1.4.Objectifs de diagramme de Pareto :

Le diagramme de Pareto est un moyen simple de classer les phénomènes par ordre d'importance. Parmi les objectifs on cite :

- Faire apparaître les causes essentielles du phénomène.
- Hiérarchiser les causes du problème.
- Evaluer les effets d'une solution.
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.

## III.6.2.AMDEC : [11]

### III.6.2.1 Définition de AMDEC :

La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets, et de leur Criticité) est un outil qualité d'analyse préventive permettant d'identifier et de traiter les causes potentielles de défauts et de défaillance avant qu'ils ne surviennent.

D'après AFNOR, l'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticités (AMDEC) est une méthode inductive permettant pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système.[6]

### III.6.2.2. Notions de base pour la méthode AMDEC :

**La défaillance (norme NF X 60 – 011) :** « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise ».

**Le mode de défaillance :** est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications.

**La 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, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour la corriger.

**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.[6]

### III.6.2.3 Les objectifs de l'AMDEC :

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité est une méthode structurée et systématique qui permet de :

- Réduire le nombre des défaillances.
- Prévention des pannes.
- Améliorer la maintenance préventive.
- Réduire les temps d'indisponibilité parés défaillance.
- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Améliorer la maintenance corrective.
- Améliorer la sécurité.

### III.6.2.4 Les types d'AMDEC :

Il existe plusieurs types AMDEC, parmi les plus importants, mentionnons :

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

**L'AMDEC-produit ou l'AMDEC-projet :** est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants, on applique l'AMDEC-composants.

**L'AMDEC-processus :** s'applique à des processus de fabrication. Elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Elle peut être aussi utilisée pour les postes de travail.

**L'AMDEC-moyen :** s'applique à des machines, des outils, des équipements et appareils de mesure, des logiciels et des systèmes de transport interne.

**L'AMDEC-service** : 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 défaillances.

**L'AMDEC-sécurité** : s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.[6]

### III.6.2.5 Démarche pratique de l'AMDEC : [12]

#### ✓ Initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la phase de fonctionnement
- Constitution de groupe de travail

#### ✓ Description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Découpage de la machine
- Inventaire des fonctions de service et techniques.

#### ✓ Analyse AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances.
- Évaluation de la criticité à travers.

#### ✓ Synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux.
- Décision des actions à engager

### III.6.2.6. La criticité C :

Elle permet de discriminer les actions à entreprendre et de les calculer à partir de la gravité, la fréquence et la défaillance de non détection.

$$C=F*G*D$$

**C** : criticité

**F** : fréquence

**G** : gravité

**D** : non détection

**III. 6.2.7.Indices de criticité :[4]**

**Tableau III.1 :** Les indices d'analyse d'AMDEC

Indice	Valeur	Indice de défaillance
Indice de fréquence F	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)
Indice de gravité G	1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel (TI <10 min).
	2	Défaillance moyenne = une remise en état de courte durée (10 min < TI <30 min).
	3	Défaillance majeure = une intervention de longue durée (30 min < TI < 90 min). Où Non-conformité du produit, constatée dans l'entreprise et corrigée.
	4	Défaillance catastrophique = une grande intervention (TI > 90 min) où Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise).
	5	Sécurité/Qualité : accident provoquant des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention. Où Non-conformité du produit envoyé en clientèle.
Indice de non détection D	1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant d'éviter les effets sur la production.
	2	Il existe un signe avant-coureur la défaillance mais il y a risque

**III.7.Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la notion de maintenance, ses types et ses objectifs. Puis nous avons abordé ses activités industrielles suivies des méthodes d'analyse de la maintenance notamment les deux méthodes choisis dans notre étude, la méthode ABC et la méthode AMDEC.

# **CHAPITRE IV : APPLICATION DES OUTILLES D'ANALYSES SUR LES DONNÉES DE L'ENTREPRISE**



**IV.1 Méthode d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) » :**

**IV.1.1 Définition**

Pour l'application de la méthode ABC, il faut en premier lieu faire un classement des pannes par ordre décroissant des heures des pannes puis procéder à l'établissement de la courbe de Pareto.

Le tableau ci-dessous (IV.1) présente l'historique des défaillances de la machine à souder SPM-2000 à partir du 09/10/2022 jusqu'à 12/06/2023.

**Tableau IV.1** : L'historique des défaillances de la machine à souder SPM-2000

N°	Désignation de l'anomalie	Période de panne		Temps d'arrêt (MIN)
1	Eclatement (Flexible)	09/10 /2022	14/10/2022	121
2	Desserrage (boulon de fixation)	10/10/2022	12/10/2022	85
3	dégradation (Couton)	06/11/2022	07/10/2022	72
4	Usure (barre d'usure)	08/11/2022	10/11/2022	69
5	Détérioration de filetage (écrou de serrage)	01/12/2022	03/12/2022	53
6	Déformation (Rondelle frein)	01/01/2023	01/01/2023	39
7	Dégradation (Pasté)	15/02/2023	17/02/2023	30
8	Désalignement ax _ an (Accouplement élastique)	17/03/2023	18/03/2023	21
9	Usure (Pignons)	02/04/2023	02/04/2023	20
10	Ecaillage ET GRAISSAGE (Roulement)	16/04/2023	17/04/2023	19
11	Usure (Galets de support)	28/04/2023	01/05/2023	15
12	Usure (Axes)	05/05/2023	06/05/2023	12
13	Détérioration (Brosse métallique)	10/05/2023	10/05/2023	12
14	Desserrage (Boulon de fixation)	19/05/2023	20/05/2023	8
15	Coupage (Courroies a crantée)	28/05/2023	28/05/2023	3
16	Blocage (System d'avance transversale)	12/06/2023	12/06/2023	2

**IV.2. L'application des méthodes d'analyse :**

**IV.2.1 Application de la méthode de la courbe ABC (loi de Pareto) :**

Pour appliquer la méthode de la courbe ABC, on doit :

- 1) Classer Temps d'arrêt.
- 2) Calculer leurs cumuls Temps d'arrêt.
- 3) Calculer le cumul et le pourcentage de la fréquence des pannes

L'application de la méthode est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau IV.2 : L'analyse ABC (Pareto)**

N°	Élément	F	Cumul F	Cumul F %	Temps d'arrêt [min]	Temps d'arrêt [min]	Temps d'arrêt [min] %	Zone
1	Flexible	4	4	6,55	121	121	20,82	<b>A</b>
2	boulon de fixation	4	8	13,11	85	206	35,450	
3	Couton	4	12	19,67	72	278	47,84	
4	barre d'usure	4	16	26,22	69	347	59,72	
5	écrou de serrage	4	20	32,78	53	400	68,84	
6	Rondelle frein	4	24	39,34	39	439	75,55	
7	Pasté	4	28	45,90	30	469	80,72	
8	Accouplement élastique	4	32	52,45	21	490	84,33	<b>B</b>
9	Pignons	4	36	59,01	20	510	87,77	
10	Roulement	3	39	63,93	19	529	91,04	
11	Galets de support	3	42	68,85	15	544	93,63	
12	Axes	4	46	75,40	12	556	95,69	
13	Brosse métallique	4	50	81,96	12	568	97,76	<b>C</b>
14	Boulon de fixation	3	53	86,88	8	576	99,13	
15	Courroies a crantée	4	57	93,44	3	579	99,65	
16	System d'avance transversale	4	61	100	2	581	100	

### IV.2.2 La Courbe de Pareto

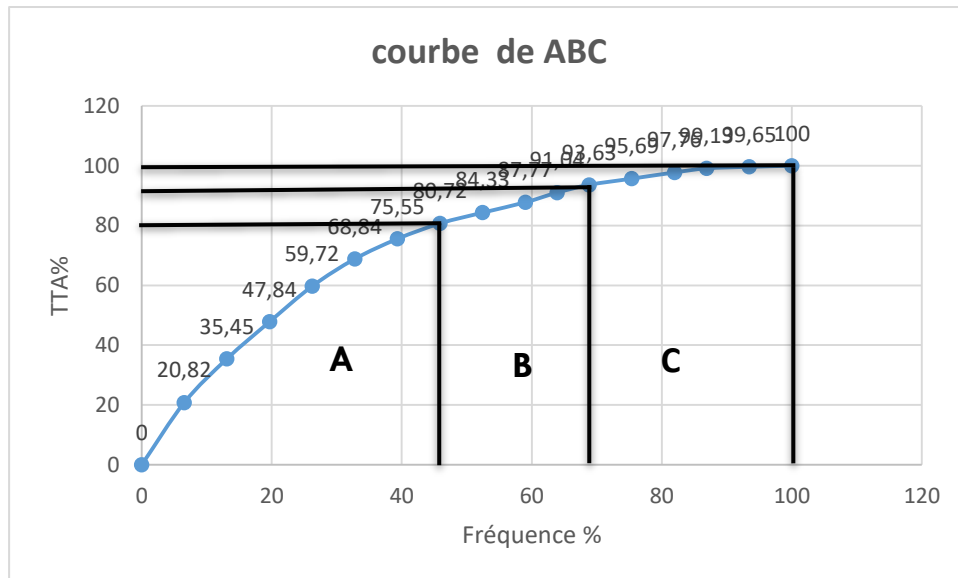


Figure (IV.1) : La Courbe d'ABC

### IV.2.3. Interprétation des résultats :

Dans la plupart des situations, on observe que près de 45.9% des pannes engendrent environ 80.72% des heures d'arrêt, formant ainsi ce qu'on appelle **la zone A**, ou la zone des éléments à prendre en charge en priorités. Après notre analyse quantitative, nous avons constaté que les éléments de la zone A sont : le Flexible, le Boulon de fixation, le Couton, la Barre d'usure, l'écrou de serrage, la Rondelle frein, et le Pesté.

Quant à **la zone "B"**, elle englobe les éléments pour lesquels environ 29.5 % des pannes représentent un supplément de 17.97 % d'heures d'arrêt. Les composants concernés dans cette zone incluent l'Accouplement élastique, les Pignons, les Roulements, les Galets de support et les Axes.

Enfin, dans **la zone "C"**, environ 4.31 % des pannes restantes ne génèrent que 24.59% des heures d'arrêt. Les éléments de cette zone comprennent la Brosse métallique, le Boulon de fixation, les Courroies crantées et le Système d'avance transversale.

Pour améliorer la productivité et réduire les temps d'arrêt des équipements de la zone A, il est nécessaire de :

- Renforcer la maintenance préventive pour les composants de la zone A.
- Programmer des cycles de formation pour les techniciens, axés sur maintenance et exploitation de la machine à souder SPM-2000, en particulier sur le matériel spécifique à la zone A.
- Prévoir un stock des pièces de rechange pour les composants des équipements mentionnés précédemment, en donnant la priorité de la zone A.

### IV.3. Etude AMDEC

L'AMDEC est une technique utilisée pour le développement des produits et des procédés afin de réduire les risques d'échecs et de documenter les actions entreprises pour la revue d'un processus. Il est aussi destiné à être utilisé pour les actions préventives.

**Tableau IV.3 :** Tableaux d'AMDEC

<b>PME :</b>		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités								
Sous-système : LA MACHINE A SOUDER S-SPM 2000		<b>DATE :</b>								
L'élément	Fonction	Modes de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Action
						F	G	D	C	
Flexible	Alimentation huile	Eclatement	Pression	Mauvais fonctionnement	Visuel	4	1	1	4	à changer
boulon de fixation	Fixation	Desserrage	Vibration	Mauvais fixation	visuel	4	4	1	16	à changer
Couton	Aide de coupage et déroulage	dégradation	dure de vie	Mouvais coupage	visuel	4	4	1	16	à réparé
barre d'usure	Réduire le frottement	Usure	Frottement	Mauvais protection	Visuel	2	3	1	6	à change

## CHAPITRE IV : Application des outils d'analyses sur les données de l'entreprise

Ecrou de serrage	Serrage	Détérioration de filetage	Desserrage répétitif	Mauvais serrage	Visuel	4	4	1	16	à changer
Rondelle frein	Freinage écrou	Déformation	Forçage	Mauvais freinage	Auditif	4	4	1	16	à changer
vérin de déplacement	déplacement	fuite huile	faible garniture	mauvais fonctionnement	Visuel	1	3	1	3	à changer
Pasté	Coupage	Dégradation	Frottement	Mauvais coupage	Visuel	4	2	1	8	à changer
Accouplement élastique	La liaison entre motorise et réceptrice	Désalignement ax_an	Desserrage	Bruit	Auditif	4	4	1	16	Serrage
Pignons	Transmission	Usure	Frottement	Mauvais fonctionnement	Visuel	4	1	1	4	Graissage
Roulement	Rotation et guidage	Ecaillage	Manque de graissage	Vibration	Auditif	3	3	1	9	Graissage
Galets de support	Ajustage extrémité de la bande	Usure	Frottement	Mauvais fonctionnement	Visuel	3	4	1	16	Serrage et graissage
galets de guidage	guidage	Usure	Frottement	Mauvais fonctionnement	Visuel	1	3	1	3	à changer
Axes	Guidage	Usure	Vibration et bruit	Mauvais fonctionnement	Auditif /Visuel	4	4	1	16	à servillé

## CHAPITRE IV : Application des outils d'analyses sur les données de l'entreprise

Brosse métallique	Nettoyage	Détérioration	Dire de vie	Mauvais brossage	Visuel	4	1	1	4	à changer
Boulon de fixation	Fixation	Desserrage	Contrainte	Vibration	Visuel	3	4	1	12	à changer
Courroies a crantée	Transmettre de mouvement	Coupage	Frottement	Mouvais fonctionnement	Visuel	4	3	1	12	Tondage
System d'avance transversale	Déplacement de bloc	Blocage	Manque de graissage	Mauvais fonctionnement	Visuel	4	1	1	4	Déblocage vis mèt
Glisser de fixation	Fixation	Usure	Contrainte	Vibration	Visuel	3	4	1	12	Fixation

### IV.3.1. Classification des éléments par leur criticité :

Les défis fondamentaux de la recherche visant à anticiper les problèmes et à trouver des solutions découlent d'une multitude de facteurs potentiels qui doivent être pris en considération.

Il est nécessaire d'établir une hiérarchisation afin de classer les différents modes de défaillance et de les traiter de manière séquentielle et stratégique. La priorisation en fonction du niveau de criticité permet de définir les actions prioritaires. Une approche efficace consiste à établir une liste des projets ou processus clés, généralement triés par ordre décroissant.

**Tableau IV.3 :** Classification des éléments par leur criticité.

Élément	Criticité	Maintenance appliquée
Accouplement élastique	16	Maintenance préventive
Boulon de fixation	16	Maintenance préventive
Couton	16	Maintenance préventive
Galets de guidage	16	Maintenance préventive
Axes	16	Maintenance préventive
Ecrou de serrage	16	Maintenance préventive
Rondelle frein	16	Maintenance préventive
Boulon de fixation	12	Maintenance préventive
Courroies a crantée	12	Maintenance préventive
Glisser de fixation	12	Maintenance préventive
Roulement	9	Maintenance préventive
Pasté	8	Maintenance corrective
Barre d'usure	6	Maintenance corrective
Flexible	4	Maintenance corrective
Pignons	4	Maintenance corrective
Vérin de déplacement	3	Maintenance corrective
Galets de support	3	Maintenance corrective
Brosse métallique	2	Maintenance corrective
System d'avance transversale	2	Maintenance corrective

#### IV.4.Conclusion :

Nous avons choisir ces deux méthodes importantes (AMDEC et ABC) afin de réduire le temps des arrêts involontaires (pannes) du processus de production, pour cela nous avons été obligés de connaître la nature des défauts (mode) et leurs causes ainsi que leurs effets.

La Méthode **ABC** a pour objectif la priorisation des éléments les plus perturbateur du fonctionnement du système pour les analyser et les prendre en charge (augmenter leurs fiabilité).

La Méthode **AMDEC** a pour but de connaître les modes, les causes et les conséquences de défaillances afin de les minimiser et pourquoi non les éliminer.

Bien que les méthodes ABC et AMDEC soient différentes, elles partagent une similitude fondamentale : la classification et la hiérarchisation des éléments les plus critiques de la machine à souder SPM-2000. Elles permettent également de déterminer les types d'actions à entreprendre pour améliorer leurs performances. Ces éléments incluent :

Flexible, boulon de fixation, couton, barre d'usure, écrou de serrage, rondelle frein, pesté accouplement élastique, pignons, roulement, galets de support, axes, brosse métallique.



# ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

### *Conclusion générale*

Dans notre travail, nous avons exploré les concepts généraux et fondamentaux de la maintenance, en mettant en lumière leur importance à travers leurs définitions et avantages. Nous avons détaillé les différents types, actions et niveaux de maintenance, ainsi que les descriptions paramétriques liées à la sécurité opérationnelle.

Lors de notre stage chez ALFA PIPE, nous avons cherché à nous familiariser avec le milieu industriel, à comprendre la carte de l'entreprise et à obtenir une vue d'ensemble de ses produits et de son personnel. Cette expérience nous a conduits à choisir une machine à souder S-SPM 2000 et à documenter son historique de pannes.

À la fin de notre étude, nous avons constaté l'importance de définir les pannes et de comprendre les phénomènes de défaillance et de dégradation des équipements. Nous avons également souligné la nécessité d'étudier en détail la fiabilité et la disponibilité pour choisir la meilleure politique de maintenance, réduisant ainsi les temps d'arrêt, l'indisponibilité et les coûts de maintenance, afin de concrétiser une organisation de maintenance optimale.

Nous avons utilisant la loi de Pareto (ABC) pour prioriser les problèmes, nous avons identifié les composants de la machine nécessitant des interventions prioritaires, notamment :

Le flexible, le boulon de fixation, le couton, le barre d'usure, l'écrou de serrage, l'arondelle frein, le pasté, l'accouplement élastique, les pignons, le roulement, les galets de support, les axes, la brosse métallique. Pour maintenir une fiabilité de 80%.

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) nous a permis de dresser un tableau des composants les plus critiques : Le flexible, le boulon de fixation, le couton, le barre d'usure, l'écrou de serrage, l'arondelle frein, le pasté, l'accouplement élastique, les pignons, le roulement, les galets de support, les axes, la brosse métallique. Ces résultats confirment ceux obtenus par la méthode ABC.

Enfin, sur la base de ces résultats, nous avons la capacité d'élaborer un plan de maintenance de la machine à souder étudiée dans le but d'améliorer les procédures de maintenance préventive pour la maintenir en bon état et prolonger sa durée de vie.

### Bibliographie :

- [1] Bank historique du département de la maintenance, ALFAPIPE, Tuberie Ghardaïa
- [2] Archive, Présentation d'entreprise, ALFA PIPE, 2020. Djekaoua, et Hacini.
- [3] Etude maintenance et analyse AMDEC d'une machine de préparation des bobines d'acier "ALFAPIPE" Bouhadda Ahmed & Tahtah Mustafa Ahmed ; Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 2023.p30
- [4] Documentation technique de l'entreprise ALFA-PIPE. Document interne de la société
- [5] Rapport de stage « les organes mécanique et électrique et hydraulique » Hamiani ikram & Ben Mebarek loubna.p6
- [6] Un Livre ingénierie de la maintenance, de Jean-Claude Francastel, la conception à l'exploitation d'une bien, 2 e édition.p18
- [7] (Identification expérimentale des caractéristiques mécaniques de l'acier X70 D'ALFAPIPE) MEHALLI Mouatez, Billah BENAMOR El hadj Université Kasdi Merbah Ourgla, 2020. p54
- [8] DANIELI W+K, Manuel utilisateur de la machine KP0J5801-02/03 S-SPM 2000, document interne de la société
- [9] COURE, Stratégie de maintenance, présente par Dr. Bellaour université de Ghardaïa.p4,7
- [10] COURS Fiabilité des systèmes, par Mr. Merzoug Hocine, Université de Ghardaïa, 2020
- [11] Optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC et FMD d'un banc hydrostatique. Abouna Mustafa et Habireche Salah, Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 2022.
- [12] Analyse des causes de défaillance d'une centrifugeuse à disques et mise en place d'actions correctives (AMDEC), Adrar Yassine, Hayoune Abdenour, Mémoire de fin d'études, Université Bejaia.p24

ANNEX :



MODIFICATION				DOSSIER TYPE DE LA MACHINE		
DATE : 01/12/23		POSTE : I	NOM DU CM : EL FATMI	VISA : [Signature]	VISA DU CHEF SECTION :	
CONSIGNES POSTE SUIVANT :			APPAREILS CONSIGNES :		CONSIGNES PARTICULIERS :	
N° D.I.	MACHINE	DUREE ARRET	CENTRE IMPUT.	TRAVAUX IMPREVUS P1/P2	CAUSES ARRÊT	ENUMERATION DES PIÈCES CHANGÉES
952	115	S/A	B102	Contrôle Circuit électrique et Remplacement électrovanne de 1150mm Conception C50 et fil en circuit		
4322	115	S/A	B340	Changement gâche Coupeur Cote G de 1135 et fil en machine		
345	115	S/A	B237	Reglage Daimbolla de 1126 et fil en machine		
623	115	S/A	B102	Contrôle Circuit électrique et Hydraulique et Reglage Pression et fil en machine		
436	115	S/A	B237	Contrôle Circuit Hydraulique et Reglage Pression et H.P. et fil en machine		
N° D.I.	MACHINE	DUREE ARRET	CENTRE IMPUT.	TRAVAUX IMPREVUS P3	OBSERVATION	ENUMERATION DES PIÈCES CHANGÉES

جمهورية الجزائر الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de L'enseignement Supérieur et de La recherche Scientifique



جامعة غرداية  
فakulté des Sciences et de la Technologie  
Département automatique et électromécanique

**إنذن بطباعة (مذكرة ماستر)**

بذ الأعلاف ففر التصديقات المطبوعة ففر مطبوز المذكرة المبتدأة من طرف الطلبة التالية لأعداد:

1. الطالب (ة): حميداني إكرام
2. الطالب (ة): بن مبارك تيمس

لتخصص: صيانة صناعية  
نوع البذل (المستوى):

الإمضاء	الصفة	الرتبة - الجامعة الأمينة	الاسم واللقب
	رئيس	جامعة غرداية - MCA	عمر بوعريشة
	ممتحن (1)	جامعة غرداية - MCB	مسعود بن تاوي
	ممتحن (2)	جامعة غرداية - MAB	عبد الحكيم بلاغيث
	موظف	جامعة غرداية - MAA	مرزوق حسين

الإنذن بطباعة النسخة النهائية لمذكرة ماستر المبتدأة بعنوان:

**Optimisation de la maintenance préventive de la machine à souder S-SPM 2000  
(au sein de l'entreprise ALFAPIPE)**

أعضاء رئيس للقم

  
العلمي عبد اللطيف  
رئيس قسم الآلية  
والكهرباء والميكانيك

