

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère De L'enseignement Supérieur et De La Recherche Scientifique

جامعة أمحمد بوقرة بومرداس

Université M'Hamed Bougara Boumerdès

Faculté de Technologie



Département : Génie Mécanique

Filière : Génie Industriel

En vue d'obtention de diplôme de Master II

Spécialité : Génie Industriel

Thème :

**Contribution à l'amélioration des processus de
production et de contrôle qualité des tubes au
sein de NATRA INTERNATIONAL**

Réalisé par :

Mlle. HEDIBELE Narimene

Mlle. BOUDISSA Loubna

Encadré par :

Dr. Ourari. S

UMBB 2022/2023

Remerciements

Nous remercions d'abord le tout puissant Dieu de nous avoir donné le courage, la santé et la foi de réaliser ce travail.

Nos vifs remerciements sont adressés à notre promotrice **Mme OURARI. S** pour son aide et ses précieux conseils durant la réalisation de ce travail.

On tient à remercier aussi **Mr SMAILL.Y** pour sa généreuse disponibilité, son professionnalisme exemplaire, son soutien et ses encouragements qui ont contribué à enrichir ce mémoire.

Nous remercions **Mr le directeur de production** de NATRA, qui nous a permis et accepté de réaliser notre stage pratique au sein de la société, on précise notre promoteur **Mr. HAMZA LEMRABET** qui nous a apporté son aide durant la période de stage pratique ainsi que tous les employés du service production de l'usine.

Nos remerciements s'adressent à tous nos professeurs de la faculté de technologie et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

A toute la promo Génie Industriel 2023.

Dédicace

À mes chers parents

Je tiens à exprimer mon immense respect et ma profonde gratitude envers mes chers parents, qui ont été une source inépuisable de soutien, d'amour et d'inspiration tout au long de ma vie. Leurs sacrifices, leur dévouement et leur enseignement ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi. Mes sentiments d'amour envers vous sont indescriptibles et je suis extrêmement chanceux d'avoir des parents exceptionnels.

À ma chère grand-mère

Ma chère grand-mère, Tu occupes une place unique et spéciale dans mon cœur, et je suis profondément reconnaissant pour les précieuses leçons que j'ai apprises grâce à tes paroles sages et à ton expérience de vie. Les histoires que tu m'as racontées, les conseils précieux que tu m'as prodigués et les moments de rire partagés sont des trésors que je chérirai toujours. Ma merveilleuse grand-mère, je te souhaite une existence remplie de bonheur, de santé.

À mes chers frères Boualem et Chihabe

Cette dédicace est une façon pour moi de vous exprimer tout mon amour et mon appréciation. Vous êtes plus que des frères pour moi, vous êtes mes compagnons de. À travers les hauts et les bas, vous avez toujours été là pour moi, prêts à me soutenir, à me comprendre et à partager des moments inoubliables. Mes chers frères. Que la vie vous comble de bonheur, de succès et de réalisations. Je suis honoré d'avoir des frères comme vous, et je suis impatient de continuer à partager de nombreux moments mémorables avec vous.

À ma chère sœur et à son mari (Faten et Djihade)

Ces mots sont une dédicace pleine d'amour et d'appréciation pour vous deux, qui formez un couple extraordinaire. Votre union est une source d'inspiration et de bonheur pour nous tous. Vous êtes un exemple de complicité, de soutien mutuel et d'amour inconditionnel. Puissiez-vous continuer à construire des souvenirs précieux et à réaliser ensemble tous vos rêves.

À mes chères sœurs Rihame et Rahaf

Cette dédicace est un hommage empreint d'affection et de gratitude envers vous deux, qui occupez une place spéciale dans mon cœur. Votre présence dans ma vie est un cadeau précieux. Rihame et Rahaf. Puissiez-vous être comblées de bonheur, de réussite. Sachez que je serai toujours là pour vous, prêt à vous soutenir et à partager les joies et les défis de la vie.

À mes chères tantes Nadjet, Assia et Zouhra

Je dédier ces mots à mes tantes, je suis reconnaissant de pouvoir partager des moments précieux avec vous. Mes Chères tantes je te souhaite une vie pleine de bonheur

Pour tout ma famille qu'elle soit issue de mon côté paternel ou maternel.

Et spécialement dédiés à Bilal et Hichame, qui sont plus que des cousins, ils sont frères d'esprit.

A mes copines : Kamilia, Nargesse, Hadjer, Maissa

A mon binôme Narimene : merci d'être un partenaire fiable et de partager cette expérience avec moi, Je suis fière de ce que nous avons accompli jusqu'à présent

Dédicace

First and foremost, I would like to express my sincere gratitude to God for granting me strength and guidance throughout my journey.

To my beloved parents

To my mom, my ultimate source of inspiration, the purest soul, and my truest best friend. who has taught me love and resilience.

To my dad, my unwavering support and guiding light in life. Your love, wisdom, and constant presence have shaped me into the person I am today.

Words cannot fully express the depth of my love and appreciation for both of you. This work is dedicated to you, as you are the reason behind everything I have become today.

To my wonderful grandma

I want to express my profound gratitude for being such a wonderful part of my life. You are the embodiment of grace, humor, and a genuinely kind soul. Your laughter and joyful presence never fail to brighten our moments together. My heartfelt wish is for God to bless you with good health and many more years of happiness.

To my sibling

To my siblings

To my oldest brother Amine, thank you for always being there to support me. May God protect you and your little family, Amina and Rahma.

To my brother Oussama, my partner in crime, the one who always listens to me and never fails to make me laugh, I wish you all the wonderful things in life.

To my sister Meriam, you are a piece of my heart, my sunshine. We may have our fair share of fights, but you are also the one I love the most.

To my friends

To my closest friend, my twin Sarah, I feel incredibly thankful for having you in my life. You're the cleverest, funniest, and most loving person I know. Thank you for always being by my side. You hold an incredibly special place in my heart.

To Hadjer, Loubna, Nargesse, and Kamilia, my angels, thank you for making the past five years better and worth remembering. Thank you for the laughter and the great memories.

To all my relatives from both my mom's and dad's families. And special thanks for my cousins and my friends Iman and Roumissa, may GOD bless your little families.

To my teammate Loubna : Thank you for being a dependable partner and sharing this experience with me. I am proud of what we have achieved.

Narimene

Résumé

Afin d'augmenter leur productivité, les entreprises cherchent à optimiser leurs processus internes, à améliorer leur efficacité opérationnelle et à maximiser l'utilisation de leurs ressources. Parallèlement à cela, la qualité des produits joue un rôle essentiel dans la fidélisation des clients et la différenciation face à la concurrence. Les entreprises doivent s'engager à maintenir des normes de qualité élevées, en mettant en place des processus rigoureux de contrôle qualité et en assurant la satisfaction des clients. En combinant une productivité améliorée et une qualité supérieure, elles peuvent alors les entreprises peuvent renforcer leur position concurrentielle et prospérer sur les marchés hautement compétitifs d'aujourd'hui.

Le travail réalisé dans ce mémoire est une contribution pour une amélioration de la performance au sein de l'entreprise NATRA en termes de productivité et de qualité de produits.

Abstract :

In order to increase their productivity, companies seek to optimize their internal processes, improve operational efficiency, and maximize the utilization of their resources. Simultaneously, product quality plays a crucial role in customer retention and differentiation the face of competition. Companies must commit to maintaining high-quality standards by implementing rigorous quality control processes and ensuring customer satisfaction. By combining improved productivity and superior quality, companies can strengthen their competitive position and thrive in today's highly competitive markets.

The work carried out in this thesis contributes to enhancing performance within NATRA company in terms of productivity and product quality.

ملخص

من أجل زيادة إنتاجيتها، تسعى الشركات إلى تحسين عملياتها الداخلية وتحسين كفاءتها التشغيلية واستغلال مواردها بأقصى قدر ممكن. نية الوقت نفسه، تلعب جودة المنتج دورًا حاسمًا في تحقيق رضا العملاء والتميز في مواجهة المنافسة. يجب على الشركات الالتزام بالحفاظ على معايير جودة عالية عن طريق تنفيذ عمليات صارمة لمراقبة الجودة وضمان رضا العملاء. من خلال مزج زيادة الإنتاجية وجودة متفوقة، يمكن للشركات تعزيز موقعها التنافسي والازدهار في أسواق اليوم التي تشهد منافسة شديدة.

من حيث الإنتاجية وجودة NATRA يعد العمل المنجز في هذا الأطروحة مساهمة في تحسين الأداء داخل شركة المنتجات.

Contenu

Listes de tableaux	11
Liste des abréviations	12
Introduction générale.....	1
Chapitre 01:Généralités sur le Lean manufacturing et la qualité	3
1. Introduction	3
Section 01 : la Lean manufacturing	3
1. Présentation du Lean Management.....	3
2. Notion de la valeur ajoutée.....	3
3. Principe d'une démarche Lean	4
3.1 L'élimination des gaspillages	5
3.2 L'amélioration continue	6
3.3 La qualité optimale	7
3.4 Management visuel.....	7
3.5 Le juste à temps et la gestion des stocks.....	7
3.6 Le management des hommes.....	8
Section 2 : Généralités sur la qualité	8
1. Système de Management Qualité	8
2. ISO 9001	9
3. Définition de la qualité	9
4. Les concepts liés à la qualité	10
5. Les coûts de la qualité et de la non qualité	11
6. La qualité dans l'entreprise.....	12
7. Le contrôle de la qualité	13
Section 3 : Méthodes du Lean mangement.....	13
1. les outils d'analyse et de visualisation	13
1. La Value Stream Mapping	13
2. La gamme de fabrication.....	14
3. La méthode SADT (Structured and Analysis Design Technique).....	16
4. Le diagramme Pareto.....	18
5. Méthode des 05 M « Diagramme d'Ishikawa»	20
2. Les outils de gestion de la qualité	22
1. La Méthode AMDEC	22
2. La méthode SMED (Single Minute Exchange of Dies)	24
3. Les différentes méthodes d'amélioration	25
Conclusion.....	27

Chapitre 02 :Etude de l'existant et Diagnostic	56
Introduction	28
Section 01 : présentation de l'entreprise	28
1. Présentation de l'entreprise	28
2. La répartition géographique de NATRA INTERNATIONAL.....	28
3. Unités de production NATRA tube (Boudouaou).....	30
4. L'organigramme de l'unité NATRA TUBE.....	31
5. Le contrôle qualité	33
Section 02 : Contexte de l'étude	36
1. Analyse des lignes de production	36
2. Réalisation de la VSM.....	38
3. Problématique.....	41
Conclusion.....	41
Chapitre 03 :Analyse de l'état actuel.....	42
Introduction	42
1. Description du procédé de fabrication.....	42
1.1 La gamme de fabrication (Analyse détaillée de procédé de production)	42
1.2 Analyse de SADT (Structured Analysis and Design Technique).....	49
2. Analyse sur la perte de productivité	59
2.1. Analyse de la capacité de production réelle par rapport à la capacité théorique	59
2.2 Analyse de l'impact des problèmes de machines sur la productivité.....	61
2.3 Application de la méthode Pareto (ABC).....	63
3. Analyse des causes des différents types de rebuts	65
4. Diagramme Ishikawa.....	68
5. Identification des gaspillages sur la ligne	74
Conclusion.....	74
Chapitre 04 :Propositions pour amélioration	75
Introduction	75
1. Démarche de l'AMDEC	75
2.Procédure de contrôle qualité.....	89
3.Fiche de contrôle	92
4. La méthode SMED.....	95
Conclusion.....	100
Conclusion générale	101
Bibliographie.....	94

ANNEX 1 : Normes européennes des tolérances dimensionnelles pour les profils creux de construction soudée	106
ANNEXE 2 : Tableau d'AMDEC PROCESSUS	108

Listes de figures

Figure 1: Choix sur le type de valeur d'une activité.....	4
Figure 2: concept associé à la démarche du Lean	5
Figure 3 : représente les trois forme de gaspillages(5).....	6
Figure 4 : L'amélioration continue du SMQ	6
Figure 5 : les quatre principes du juste à temps	8
Figure 6 : cartographie du flux	14
Figure 7 : l'activité et la transformation des flux d'entrées en flux de sortie	16
Figure 8 : diagramme de Pareto(18).....	19
Figure 9 : diagramme Ishikawa(21)	21
Figure 10 : Types d'AMDEC	23
Figure 11: Organigramme de l'unité de Boudouaou en 2023.	31
Figure 12 : Fiche de contrôle qualité NATRA INTERNATIONAL SPA	34
Figure 13 : Défauts géométriques des tubes.....	34
Figure 14 : outils de mesures dimensionnelles.....	35
Figure 15 : Cartographie de la Chaîne de valeur VSM à l'état actuel.....	39
Figure 16 : diagramme de la production du tube.....	49
Figure 17 : Diagramme A-0 du SADT	50
Figure 18 : diagramme AI-1 du SADT	50
Figure 19 : Diagramme AII du SADT.....	51
Figure 20 : Diagramme AIII1 du SADT.....	51
Figure 21: Diagramme AII2 du SADT.....	52
Figure 22 : Diagramme AII3 du SADT.....	53
Figure 23 : Diagramme AII4 du SADT.....	53
Figure 24 : Diagramme AII5 du SADT.....	54
Figure 25 : Diagramme AII6 du SADT.....	54
Figure 26 : Diagramme AII7 du SADT.....	55
Figure 27 : Diagramme AII8 du SADT.....	56
Figure 28 : Diagramme AII9 du SADT.....	56
Figure 29 : Diagramme AII10 du SADT.....	57
Figure 31 : des pièce deffectue	59
Figure 32 : Diagramme l'écart entre l'objectif de production et la production réelle	60
Figure 33 : Pareto de temps d'arrêt de 2021	63
Figure 34 : Pareto de temps d'arrêt de 2022	64
Figure 35 : Soudure conforme et non-conforme	66
Figure 36 : La qualité de la surface extérieure des tubes	67
Figure 37 : La qualité de coupe	67
Figure 38 : La qualité de bottelage et de gerbage.....	67
Figure 39 : diagramme Ishikawa d'usure des galets	69
Figure 40 : diagramme Ishikawa d'endommagement des axes.....	70
Figure 41 : diagramme Ishikawa d'endommagement des roulements	71
Figure 42 : diagramme Ishikawa de rupture de disque de coupe	72
Figure 43 : diagramme Ishikawa de rupture de blocage de mors de tronçonneuse.....	73
Figure 44 : la matrice de criticité.....	76
Figure 45 : pourcentage de criticité des différents types de défauts dans l'AMDEC.....	78

Figure 46 : pourcentage de criticité des différents types de défauts dans l'AMDEC.....	88
Figure 47: Diagramme 5M du temps de changement élevé.....	96
Figure 48 : exemple des anomalies observées dans la zone de travail.....	100

Listes de tableaux

Tableau 1 : les méthodes d'amélioration (25).....	26
Tableau 2 : Analyse de l'année 2020	36
Tableau 3 : Analyse de l'année 2021	37
Tableau 4 : Analyse de l'année 2022	37
Tableau 5 : récapitulatif des années 2020 ,2021 ,2022	37
Tableau 6 : représente la gamme de fabrication.....	48
Tableau 7 : Les étapes de la production des tubes.	49
Tableau 8 : Problèmes dégagé suite à notre analyse	59
Tableau 9 : Analyse du coût de manque à gagner dû à l'écart de production	60
Tableau 10 : analyse de problème de 2021	62
Tableau 11 : analyse de problèmes de 2022.....	62
Tableau 12 : Récapitulatif de temps de non productivité.....	63
Tableau 13 : types de rebut	66
Tableau 14 : les gaspillages identifiés dans la ligne P120	74
Tableau 15 : Niveaux de fréquence et leurs définitions	75
Tableau 16 : Niveaux de gravité et leurs définitions.....	76
Tableau 17 : Niveaux de probabilité de non détection et leurs définitions	76
Tableau 18 : Niveaux de criticité et leurs définitions.....	77
Tableau 19 : Récapitulatif de tableaux AMDEC processus	78
Tableau 20 : AMDEC processus	84
Tableau 21 : Récapitulatif de tableaux AMDEC processus après les actions correctives	88
Tableau 22 : représente Les Opérations interne et leur durée	96
Tableau 23 : représente les opérations externes et leur durée	97
Tableau 24 : représente convertirait certaines opérations internes en opérations externes ..	97
Tableau 25 : Mode opératoire proposé sur la durée de changement de séries	98

Liste des abréviations

VA : Valeur ajoutée

NVA : Non-valeur ajoutée

SVA : Sans valeur ajoutée

SMQ : Système management qualité

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

COQ : Le Coût d'obtention de la qualité

CNQ : Le cout de la non-qualité

CNQ_e: Le cout de la non-qualité externe

CNQ_I: Le cout de la non-qualité interne

VSM: La Value Stream Mapping

SADT: Structured and Analysis Design Technique

SMED: Single Minute Exchange of Dies

AMDEC : Analyse des modes de défaillances et de leur criticité

MP : Matière Première

PF : Produit Fini

EE : Energie électrique

EP : Energie pneumatique

EH : Energie hydraulique

RH : Ressources humain

W : contrainte résiduelle

TEP : Temps entre processus

TC : Temps cycle

F : Indice de Fréquence

G : Indice de Gravité G

N : Indice de non détection



Introduction générale

Introduction générale

L'entreprise est une organisation économique et sociale qui vise à produire et à vendre des biens ou des services afin de réaliser des bénéfices. C'est une entité autonome qui rassemble des ressources humaines, financières, matérielles et technologiques pour atteindre ses objectifs.

L'entreprise est généralement créée dans le but de répondre à un besoin ou à une demande sur le marché.

Pour maintenir leur position dans un environnement concurrentiel, les entreprises doivent aujourd'hui se focaliser sur deux aspects clés : la productivité et la qualité des produits. En ce qui concerne la productivité, les entreprises cherchent à optimiser leurs processus internes, à améliorer leur efficacité opérationnelle et à maximiser l'utilisation de leurs ressources. Cela leur permet de produire de manière plus efficiente, de réduire leurs coûts et de répondre aux attentes du marché en termes de délais de livraison. Parallèlement, la qualité des produits joue un rôle essentiel dans la fidélisation des clients et la différenciation face à la concurrence. Elles doivent alors s'engager à maintenir des normes de qualité élevées en investissant dans la recherche et le développement, en mettant en place des processus rigoureux de contrôle qualité et en assurant la satisfaction des clients. En combinant une productivité améliorée et une qualité supérieure, les entreprises peuvent renforcer leur position concurrentielle et prospérer sur les marchés hautement compétitifs.

Ainsi, dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous allons nous concentrer sur l'amélioration de la productivité et de la qualité des produits au sein de l'entreprise NATRA INTERNATIONALE, qui se spécialise dans la fabrication de tubes soudés en acier.

Notre travail est organisé de la façon suivante, et est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre : est consacré à la définition des différents concepts nécessaires à notre étude, ainsi que les différentes méthodes de Lean manufacturing utilisées pour une mise en place de la qualité dans une entreprise et une amélioration de la productivité, que nous avons utilisé et qui nous ont permis de réaliser notre travail.

Le deuxième chapitre : Est consacré à la présentation de NATRA INTERNATIONNEL, Ensuite, nous présenterons une étude approfondie des lignes de profilage. Nous poursuivrons avec la réalisation d'une cartographie de la chaîne de valeur (Value Stream Mapping) pour analyser le flux de production et identifier les opportunités d'amélioration. Enfin, nous exposerons notre problématique générale.

Le troisième chapitre : Ce chapitre est dédié à une étude approfondie des anomalies présentes dans le processus de production. Nous utiliserons la méthode SADT et gamme de fabrication pour cette analyse. De plus, nous utiliserons la méthode ABC pour classer les problèmes en fonction de leur impact sur le temps, ainsi que des outils d'analyse, tels que le diagramme d'Ishikawa, pour comprendre les causes sous-jacentes des problèmes identifiés.

Le dernier chapitre : Ce chapitre se focalise sur l'étude visant à améliorer les anomalies identifiées dans notre cas spécifique. Nous décrirons la manière dont nous avons amélioré la qualité des tubes en mettant en place des actions correctives, des procédures et des fiches de contrôle. De plus, nous aborderons l'amélioration de la productivité de l'entreprise grâce à des actions correctives qui permettront une réduction des temps de changement série et de réglage de ligne. Nous concluons ce chapitre en réalisant une estimation qui démontrera les gains que notre travail modeste pourrait apporter à la société.

En fin, nous terminons avec une conclusion générale pour synthétiser les points importants de notre travail et contribution.

A decorative border in a blue line style, resembling a scroll. It has rounded corners and a vertical strip on the left side that also has rounded ends. The border frames the central text.

Chapitre 01

Généralités sur le Lean manufacturing et la qualité

1. Introduction

Le Lean Manufacturing, également connu sous le nom de Lean Production ou simplement Lean, est une approche de gestion de la production qui vise à maximiser la valeur ajoutée pour le client tout en minimisant les gaspillages, les coûts et les temps d'attente. Cette démarche de production est de plus en plus populaire dans les entreprises de fabrication et a été développée à partir des pratiques de production de Toyota, dans les années cinquante, le constructeur automobile japonais.

La qualité est également un élément clé du Lean Manufacturing. La méthode Lean met l'accent sur l'amélioration continue de la qualité des produits en éliminant les sources de gaspillage et en optimisant les processus de production. En fait, l'amélioration de la qualité est un élément central de la philosophie Lean, car elle contribue à réduire les coûts, à améliorer la satisfaction des clients et à renforcer la compétitivité de l'entreprise.

En somme, le Lean Manufacturing et la qualité sont étroitement liés, car ils partagent la même philosophie de maximisation de la valeur pour le client et d'amélioration continue. En adoptant les principes du Lean Manufacturing et en mettant l'accent sur l'amélioration de la qualité, les entreprises peuvent renforcer leur compétitivité, accroître leur rentabilité et répondre aux besoins changeants des clients.

Dans notre travail, on s'est intéressés à l'amélioration de la performance de la production de point de vue qualité de produit et de processus. Ce chapitre est consacré à définir des concepts généraux sur le Lean manufacturing, la qualité ainsi que les outils du Lean.

Section 01 : la Lean manufacturing

1. Présentation du Lean Management

L'idée centrale du Lean est la recherche de la création de valeur maximale (la satisfaction du client) tout en consommant le minimum de ressources. Une organisation Lean est capable d'identifier ce qui fait de la valeur aux yeux du client, concentre ses efforts à améliorer constamment ses processus afin de tendre vers la perfection : la création de valeur sans aucun gaspillage. Lean raisonne selon les processus transversaux et non pas selon les organisations fonctionnelles en silos, car le flux de valeur se crée au travers des différents départements et services, le long de la chaîne des différents fournisseurs et contributeurs, jusqu'au client consommateur (1).

2. Notion de la valeur ajoutée :

Les organisations qui s'efforcent d'éliminer le travail de Non-Valeur Ajouté (NVA) tout en augmentant-leurs travaux avec valeur ajoutée (VA) sont ceux qui auront le plus de succès. Il existe plusieurs façons d'y parvenir. L'un des moyens les plus efficaces est de d'abord évaluer les pratiques utilisées, afin d'identifier tout travail à NVA et ensuite de prendre des mesures nécessaires pour le réduire ou l'éliminer.

La valeur ajoutée est toute activité qui transforme ou façonne des matières premières ou des informations pour répondre aux exigences des clients.

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

Non-valeur ajoutée est une activité qui prend du temps, des ressources ou de l'espace, mais n'ajoute rien à la valeur du produit ou du service lui-même du point de vue du client.

Sans valeur ajoutée mais nécessaire est une activité qui n'ajoute pas de valeur au produit ou service, mais est nécessaire (par exemple, comptabilité, santé et sécurité, réglementations gouvernementales, etc.). Dans la méthodologie de gestion des processus métier, cela s'appelle la « valeur ajoutée commerciale » (2).

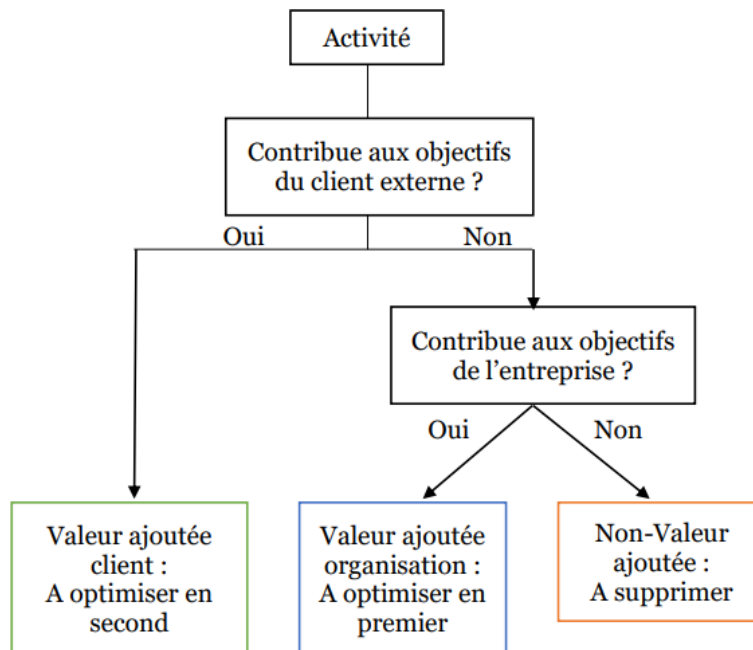


Figure 1: Choix sur le type de valeur d'une activité

Il faut donc pour cela identifier les besoins du client pour pouvoir se concentrer sur ce qui crée de la valeur pour lui, en analysant et optimisant les flux via la diminution voire l'élimination des gaspillages. Tirer les flux permettra de produire au plus juste, et la perfection passera par une amélioration continue pour répondre à ces besoins.

C'est donc avant tout une approche managériale centrée sur ses hommes, ressources clés pour l'entreprise, ayant pour but l'amélioration de la performance via la suppression des éléments non créateurs de valeurs aux yeux du client final.

3. Principe d'une démarche Lean

De nombreux auteurs et chercheurs se sont intéressés au Lean, et le nombre de principes varient du simple au triple (jusqu'à 14 selon J.Liker ou E.Deming). En 2010, dans sa revue de littérature réalisée selon 26 auteurs référents pour sa thèse de Doctorat de l'école Polytechnique de Savoie, B.Lyonnais a cependant pu identifier 6 principes communs :

1. L'élimination des gaspillages
2. Le Juste-à-temps
3. La qualité

4. L'amélioration continue
5. Le management visuel
6. Le management des hommes

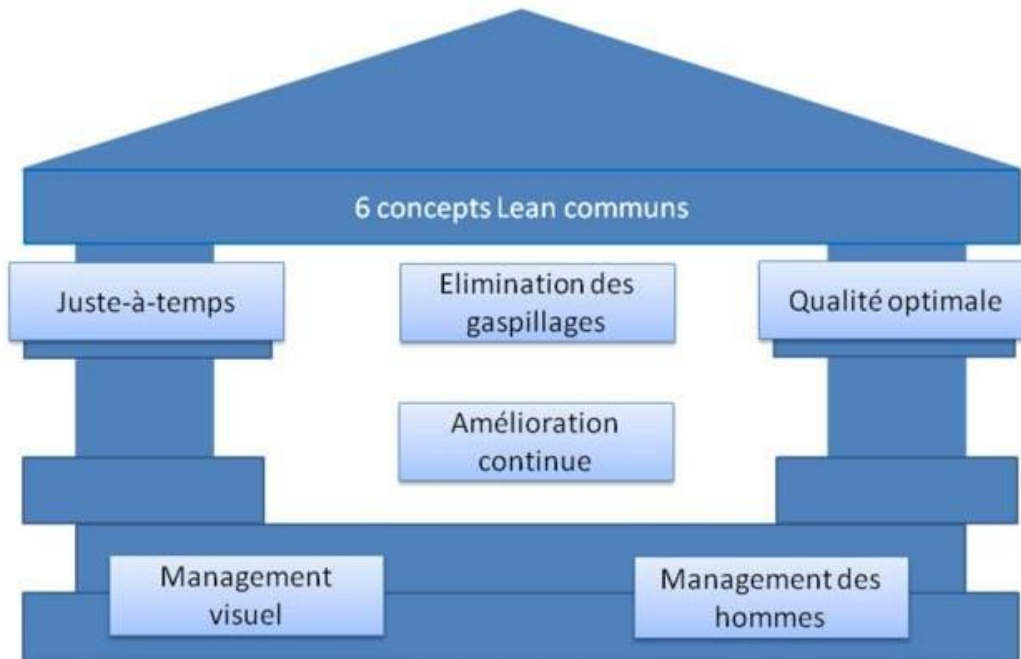


Figure 2: concept associé à la démarche du Lean

Ce sont donc ces 6 principes communs que je vais vous décrire dans les paragraphes suivants ainsi que les outils appliqués à ces principes (3).

3.1 L'élimination des gaspillages

Selon le 1er principe de définition de la valeur, il faut préciser que seul le client peut définir cette valeur. Aucun client, s'il le savait, n'accepterait de payer le surcoût des produits ou services qu'il achète pour compenser l'inefficience ou les gaspillages de son fournisseur. « Toute activité créatrice de valeur s'accompagne d'activités qui ajoutent des coûts, qui consomment des ressources, du temps, de l'énergie, etc. mais sans de valeur (C.Hohmann – Lean Management) Ce sont ces gaspillages, qui sont combattus dans toute démarche Lean. (3)

Il existe 3 formes de gaspillages :

MUDA : Terme japonais signifiant gaspillage. Il est possible de l'exploser en 7 types de gaspillage, soit : la surproduction, l'attente, les transports, les stocks, les mouvements, les défauts, la sur qualité (Liker, 2004) et il serait aussi possible d'ajouter la créativité non utilisée.

MURA : Terme japonais signifiant l'irrégularité des flux. L'irrégularité des flux étant souvent la cause de Muda afin de compenser pour la variation dans le processus (Liker, 2004).

MURI : Terme japonais signifiant les excès de production provenant d'un standard inapproprié (le simple excès étant un Muda). Ceci se traduit par une demande inappropriée et dépassant les limites naturelles de la ressource (Liker, 2004) (4).

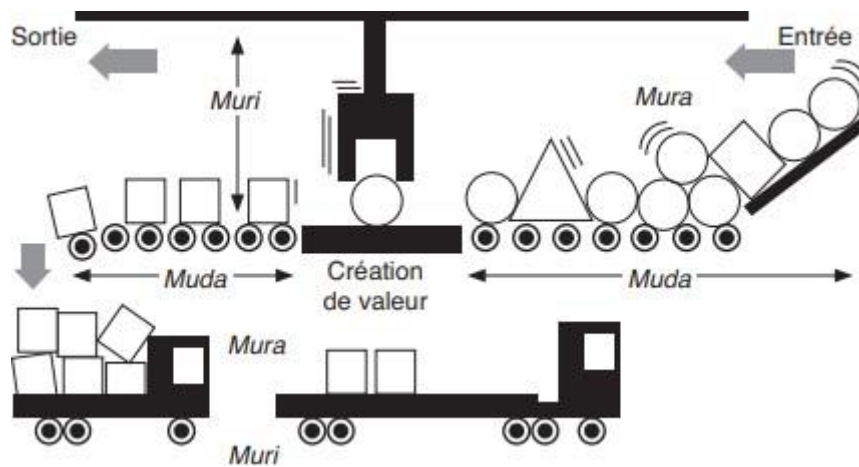


Figure 3 : représente les trois formes de gaspillages (5).

3.2 L'amélioration continue

La démarche Lean implique une recherche d'amélioration permanente et durable. La roue de Deming permet d'organiser ces améliorations Plan – Do – Check – Act (Deming) permet de définir, mettre en œuvre et maîtriser les actions correctives et les améliorations

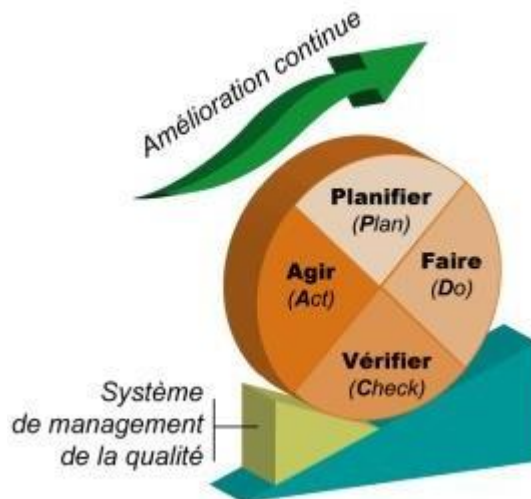


Figure 4 : L'amélioration continue du SMQ

Plan : Planifier, préparer, établir les objectifs et les processus nécessaires pour fournir des résultats correspondants aux exigences des clients, aux exigences légales et réglementaires applicables et aux politiques de l'organisation

Do : mettre en œuvre les processus

Check : Contrôler, surveiller et mesurer les processus et le produit par rapport aux politiques, objectifs et exigences du produit et rendre compte des résultats

Act : entreprendre les actions pour améliorer en permanence les performances des processus

« La mise en place de l'amélioration continue va impliquer :

- D'augmenter l'efficacité et l'efficience
- De contrer l'entropie des processus
- D'analyser les écarts
- De rechercher des causes
- De définir des actions correctives
- De définir des actions préventives
- De conduire des actions d'amélioration
- De suivre les impacts des actions d'améliorations

La cible détermine les efforts à accomplir ; c'est le moteur du progrès » (10 clés pour réussir sa certification ISO 9001 – Claude PINET)

Le terme japonais utilisé pour l'amélioration continue est le Kaizen (Kai=Amélioration personnelle + Zen = Continu) Il existe également des améliorations radicales de type Hoshin ou par percée. Améliorer continuellement son propre poste de travail & Résoudre ses problèmes La philosophie Lean, nous pousse à anticiper ou résoudre sans cesse nos problèmes (esprit Hoshin + Kaizen) (3).

3.3 La qualité optimale

La notion de qualité a connu plusieurs phases au fil des décennies suivant les différents contextes socio-économiques auxquels les entreprises ont été confrontées, passant d'actions curatives à une anticipation des problèmes de qualité afin de les éviter, soutenue par la création de standards et de normes (3).

3.4 Management visuel

L'utilisation des indicateurs visuels simples permet aux opérateurs de se référer au standard. De plus, leur installation au niveau des postes de travail favorise aussi le flux et le pull, sauf qu'il faut éviter les écrans d'ordinateurs s'ils arrivent à dévier la concentration des opérateurs. D'un autre côté, il faut ramener les rapports à une seule page, même pour les décisions financières les plus importantes (6).

3.5 Le juste à temps et la gestion des stocks

Le Juste-à-temps est une stratégie visant à limiter, voir proscrire, la production ou l'approvisionnement anticipé. C'est donc de produire la quantité désirée par le client, à la qualité souhaitée, au moment et à la vitesse voulus.

Les flux sont alors tirés par les besoins clients, la production est lissée (Heijunka), et les stocks, perçus comme indicateurs de dysfonctionnement (qualité, délais fournisseurs, processus...), sont diminués. « Le Juste-à-temps ambitionne principalement quatre résultats :

- Une diminution des stocks de toute nature, et plus particulièrement des stocks d'en cours (situés entre 2 postes de travail) à l'aide d'une planification des approvisionnements,
- Une réduction des coûts globaux résultant des réglages, des manutentions et des stocks,

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

- Une diminution du cycle de fabrication réduisant le délai de livraison d'une commande
- Une augmentation de la flexibilité conduisant la production à s'adapter aux variations de la demande » (B. Lyonnet – Lean Management) (3).

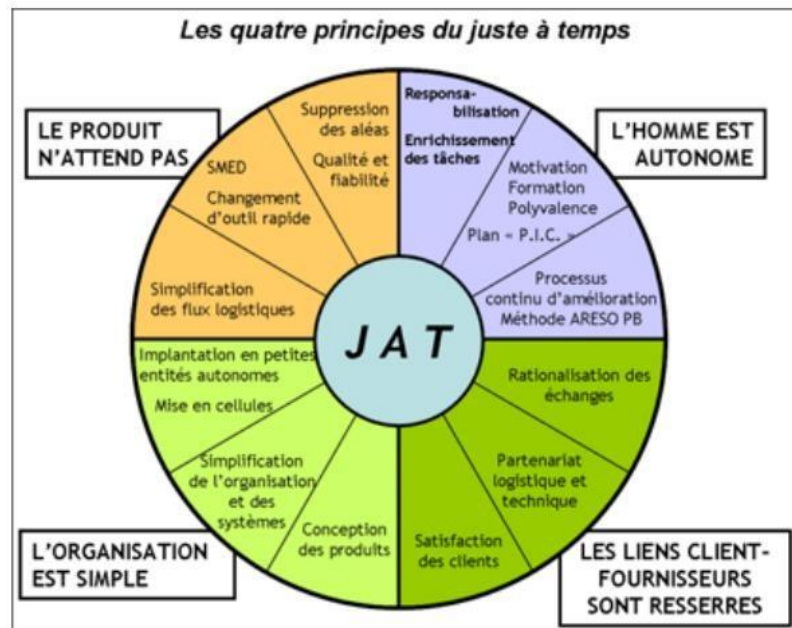


Figure 5 : les quatre principes du juste à temps

3.6 Le management des hommes

L'un des principes fondamentaux du Lean repose sur le management des hommes, ressources clés pour son organisation. En effet, Taichi Ohno replaçait l'humain au centre de l'entreprise, par des méthodes participatives « bottom-up », afin de bénéficier de la connaissance des gens du terrain, là où les choses se passent, et en leur donnant de l'autonomie.

Il faut ainsi présenter les différents types de management schématisés ci-dessous dans le modèle situationnel de Hersey&Blanchard (1988) complété par des données J.Liker (2004) (3).

Section 2 : Généralité sur la qualité

1. Système de Management Qualité

Un Système de management de la qualité (SMQ) est l'ensemble des activités par lesquelles l'organisme définit, met en œuvre et revoit sa politique et ses objectifs qualité conformément à sa stratégie. Le SMQ d'un organisme est constitué de processus corrélés et interactifs utilisant des ressources pour atteindre les résultats visés et fournir de la valeur pour le client. Il peut être vu également un outil de gestion des processus, de leurs interactions et des ressources nécessaires. Comprendre comment des résultats sont obtenus par ce système permet à un organisme d'optimiser le système et ses performances.

Le SMQ permet :

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

- A la direction d'un organisme, d'optimiser l'utilisation des ressources par la prise en compte des effets de leur décision à court terme et de manière durable,
- A un organisme de gérer le fonctionnement normal de ses activités et les imprévus pouvant survenir pendant la réalisation du produit et du service (7).

2. ISO 9001

L'ISO ou Organisation internationale de normalisation est une organisation qui permet aux entreprises d'être certifiées à travers un ensemble de normes. Cette certification s'applique aux domaines de la Qualité et/ou de l'Environnement et/ou de la sécurité (normes des séries 9000, 14000, 45000) et permet le renforcement de l'amélioration continue du processus organisationnel. Cette certification est soumise à un audit dirigé par des organismes de certification. De plus, il permet aux organisations de communiquer positivement avec les parties concernées (clients, fournisseurs, opérateurs, etc.) La norme ISO 9001 définit une série d'exigences concernant la mise en place d'un système de management de la qualité SMQ dans une organisation, quels que soient sa taille et son domaine d'activité. Elle fait partie de la série des normes ISO 9000. Elle a été créée en 1987 et révisée régulièrement. Sa première révision date de 1994, la suivante de 2000, qui a intégré la notion de processus, et la dernière de 2015. La version 2015 intègre la notion de maîtrise et d'analyse des risques comme dans le domaine de l'agroalimentaire (outils HACCP). La certification de conformité par rapport aux normes des systèmes de management ISO reste bel et bien une priorité (8).

3. Définition de la qualité

La qualité est une notion difficile à définir car son sens dépend du contexte dans lequel on la replace. Ainsi la définition de la qualité est fonction des exigences/attentes du client, de l'entreprise, de la normalisation, du produit, du service et de l'époque. La qualité est l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques (processus, produit/service, organisme) à satisfaire des exigences/besoins exprimés ou implicites des clients (ISO 9000). Dans la pratique la qualité se décline sous deux formes :

- **La qualité externe** : correspondant à la satisfaction des clients. Il s'agit de fournir un produit ou des services conformes aux attentes des clients afin de les fidéliser et ainsi améliorer sa part de marché. Les bénéficiaires de la qualité externe sont les clients d'une entreprise et ses partenaires extérieurs. Ce type de démarche passe ainsi par un nécessaire écoute des clients mais doit permettre également de prendre en compte des besoins implicites, non exprimés par les bénéficiaires

- **La qualité interne** :

Correspondant à l'amélioration du fonctionnement interne de l'entreprise. L'objet de la qualité interne est de mettre en œuvre des moyens permettant de décrire au mieux l'organisation, de repérer et de limiter les dysfonctionnements. Les bénéficiaires de la qualité interne sont la direction et les personnels de l'entreprise. La qualité interne passe généralement par une étape d'identification et de formalisation des processus internes réalisés grâce à une démarche participative (9).

La qualité peut être définie aussi selon plusieurs points de vue :

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

Au niveau du client : la qualité d'un produit (bien ou service) est son aptitude à satisfaire les besoins de ses utilisateurs. La qualité d'un produit s'analyse en divers éléments : les multiples caractéristiques techniques, l'esthétique, la sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité...), la sécurité, l'ergonomie, le respect des délais, la documentation de l'emploi et de maintenance, l'information sur les produits et l'entreprise...

Au niveau de la production : la qualité d'une production réside dans son aptitude à produire au moindre coût des produits satisfaisant les besoins de leurs utilisateurs. Le moindre coût peut être recherché pour les producteurs eux-mêmes, ou pour la société dans son ensemble (coût sociétal).

Au niveau de l'entreprise : la qualité consiste en la mise en œuvre d'une politique qui tend à la mobilisation permanente de tout son personnel pour améliorer :

- L'efficacité de son fonctionnement ;
- La qualité de ses produits et services ;
- La pertinence et la cohérence de ses objectifs.

Au niveau de la société : D'un point de vue général ou sociétal, la qualité d'une entreprise (qui est liée à la qualité de sa politique ou de son projet) ; tient essentiellement à sa capacité d'innover, de créer de la valeur ajoutée (sur le plan matériel, des valeurs...), et à la partager au mieux entre les parties prenantes (client, employés et actionnaires, la société et communauté sociale) en protégeant l'environnement physique (écologie). Cette dernière acceptation du terme reconnaît à la qualité une dimension éthique et morale (10).

4. Les concepts liés à la qualité :

La sur-qualité :

la démarche qualité conduit naturellement à faire le mieux pour le client, cependant la qualité a un coût et il s'agit de s'en tenir au « Juste Nécessaire », au-delà, la sur qualité dégradera le prix de revient, que celui-ci soit mesuré sur le coût du produit ou assumé par le service autour du produit. Aller au-delà de la surface située à l'intersection de la qualité souhaité par le client, la qualité livrée et la qualité perçue par le client, conduit à s'exposer à de la sur qualité et à des surcoûts, la sur qualité c'est l'incapacité de l'entreprise à fournir un produit ou un service selon les exigences ou le niveau voulu par les clients. Donc par définition la sur-qualité : « certains donneurs d'ordre visent parfois des performances très élevées pour les besoins de leurs produits ou exigent des contrôles complexes qui pourraient être car ils sont redondants avec ceux qu'ils réalisent dans leur usines ».

La non-qualité :

Le coût de la non-qualité (CNQ), c'est celui des dysfonctionnements internes et la non-satisfaction des clients (réclamations). C'est aussi une augmentation du prix de revient réel du produit et donc des bénéfices en moins. Pour calculer les coûts de non- qualité (CNQ), on classe la non-qualité en deux types : La non-qualité interne (celle qu'est détectée l'intérieure de l'entreprise, suite à des contrôles par exemple) La non-qualité externe (détectée par le client).

Les causes de la non-qualité interne :

- Les rebuts (perte de produits en fabrication due à une non-qualité, le produit est irrécupérable et doit être jeté).
- Les retouches : un produit ou un service doit être refait.

Les causes principales de la non-qualité externe :

- Les indemnités
- Le déplacement des commerciaux
- La perte du client
- Le coût des réclamations clients

La sous qualité

C'est l'incapacité de l'entreprise à fournir un produit ou un service selon les exigences ou le niveau voulu par les clients (11).

5. Les coûts de la qualité et de la non qualité

Le Coût d'obtention de la qualité

Selon la norme AFNOR NF X 50-126 « Guide d'évaluation des coûts résultant de la non-qualité », les coûts relatifs à la qualité sont définis à travers la notion de Coût d'obtention de la qualité (COQ) comme suivant :

$$\text{COQ} = \text{coûts des anomalies internes} + \text{coûts des anomalies externes} + \text{coûts de Détection} + \text{coûts de prévention.}$$

Remarque :

Le COQ évoque bien l'idée de dépenses que l'on n'aurait pas à faire si l'entreprise fonctionnait parfaitement, mais peut laisser penser aussi que l'on traite seulement des investissements pour obtenir la qualité. Ainsi, nous préférons utiliser l'expression coûts relatifs à la qualité pour bien traduire la distinction entre la non-qualité, d'une part, et les investissements dans la qualité, d'autre part.

Le cout de la non-qualité

Le Coût de la non-qualité (CNQ)

– Il correspond à tout ce qu'il en coûte de mal faire les choses, de ne pas bien les faire du premier coup. Il est la somme de coûts de non-qualité interne et externe.

$$\text{CNQ} = \text{CNQi} + \text{CNQe}$$

Les Coûts de non-qualité interne (CNQi)

Ils désignent toutes les dépenses résultant du fait que le produit n'est pas conforme aux spécifications. Ce sont des coûts constatés à l'intérieur de l'entreprise, avant que le produit se trouve chez le client.

Les Coûts de la non-qualité externe (CNQe)

Ce sont aussi toutes les dépenses résultant du fait que le produit n'est pas conforme aux spécifications. En revanche, ce sont des coûts détectés à l'extérieur de l'entreprise, chez le client.

En général, la non-qualité externe coûte plus cher que la non-qualité interne car plus tôt le produit non-conforme est détecté, moins il coûte à l'entreprise. En particulier, la réparation

d'un défaut en usine coûte en moyenne quatre fois moins cher que la réparation du même défaut en clientèle (12).

6. La qualité dans l'entreprise :

La qualité du produit et de processus :

La qualité du produit joue un rôle important dans la performance des entreprises, c'est à-dire au sens de M. Porter, elle est conditionnée par son coût, et sa disponibilité dans l'obtention de position avantageuse sur des marchés concurrentiels. Il existe huit dimensions qui caractérisent la qualité d'un produit durable c'est –à-dire sa capacité à satisfaire des exigences (spécifications, clients)

- La performance.
- Les accessoires.
- La fiabilité.
- La conformité.
- La durabilité.
- La maintenabilité.
- L'esthétique.
- La qualité perçue (13).

La planification de la qualité

La planification qualité permet de définir les objectifs stratégiques de la direction et les exigences de la qualité au niveau du produit (diminution des retours des clients, situation par rapport à la concurrence ...), et de préparer la mise en place du système de management de la qualité. Comme elle s'intéresse mutuellement à l'élaboration des plans qualité et l'amélioration continue de la qualité.

L'assurance qualité

Définition de l'assurance qualité : « l'assurance qualité a pour but de donner confiance, sur base d'une démonstration, en la conformité des produits et/ou services aux exigences définies ». L'assurance qualité est définie comme un investissement préventif consenti dans le but de limiter les risques d'aléas. Elle représente donc la probabilité d'obtenir des produits ayant le niveau de qualité réelle désiré lorsque les précautions sont accrues, et les risques limités, la confiance que l'on peut avoir dans un projet augmente. Elle s'appuie sur une organisation matérialisée par un manuel qui a pour objectif de prouver l'obtention de la qualité que l'on doit attendre. On désigne donc par assurance qualité, un moyen d'obtenir la confiance dans l'assurance de la qualité. C'est –à-dire la capacité de l'entreprise à satisfaire le niveau de qualité désire. L'objectif de l'assurance qualité est :

- Donner confiance.
- Vérifier de façon permanente l'efficacité du système mise en place.
- Apporter la preuve que les résultats sont conformes aux objectifs.

La maîtrise de la qualité

La maîtrise de la qualité est l'ensemble des techniques et activités à caractère opérationnel utilisées en vue de répondre aux exigences relatives à la qualité. Elle consiste à mettre en

œuvre les dispositions nécessaires pour assurer de la conformité du produit aux exigences de la qualité ; son but est de maîtriser les activités qui concourent à la création du produit et leurs résultats, et de maîtriser le processus de création (14).

7. Le contrôle de la qualité

Dans sa démarche qualité, une entreprise peut inclure le contrôle qualité.

Le contrôle qualité permet de savoir si les produits ou les services vendus par l'entreprise sont conformes :

- Aux exigences du marché,
- À la demande du client,
- Aux législations,
- Au cahier des charges de l'entreprise.

Le contrôle qualité analyse aussi les conditions de retouche ou de rejet d'un produit.

Le rôle du contrôleur qualité

Le contrôle qualité est effectué par un contrôleur qualité. Ce dernier peut contrôler :

- Les composants d'un produit ou la matière première dès la réception,
- La production en cours de réalisation,
- Les produits finis.

A la suite du contrôle qualité, le contrôleur qualité va rédiger un rapport sur le déroulement du contrôle et les mesures à prendre pour améliorer la production et réduire les cas de non-conformité.

Conforme ou non-conforme

Le contrôle qualité permet de déterminer si les produits fabriqués sont : conforme,

Non-conformes mais avec possibilité de retouche, Non-conformes et devant être détruits.

Le contrôle qualité et l'exportation

Le contrôle qualité n'est pas imposé pour l'exportation. Cependant, pour les produits venants de pays en voie de développement comme l'Inde ou la Chine et des pays du Maghreb, le contrôle qualité est un réel avantage.

Ces contrôles qualité donnent lieu à un certificat de contrôle qualité. Les acheteurs ont ainsi la garantie que les produits ne proviennent pas de la contrefaçon (12).

Section 3 : Méthodes du Lean management

Le Lean management s'appuie sur des méthodes et des outils qui constituent les principes fondamentaux pour la mise en place de l'approche. Nous présentons quelques méthodes.

1. les outils d'analyse et de visualisation

1. La Value Stream Mapping

La Value Stream Mapping (VSM) est un outil du Lean Manufacturing permettant de

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

visualiser et comprendre les différents flux de matières et d'informations dans le processus de production [Rother & Shook, 1998], (Figure8). Cet outil s'utilise le plus souvent dans une méthodologie en deux temps. Après une cartographie de l'état actuel du processus et d'identification des activités à valeur ajoutée et celles qui représentent du gaspillage, une cartographie d'un état futur « idéal à l'instant t » à atteindre (appelée le plus souvent Value Stream Design – VSD) est définie et permet la mise en place d'un plan d'action suivi des chantiers d'amélioration.

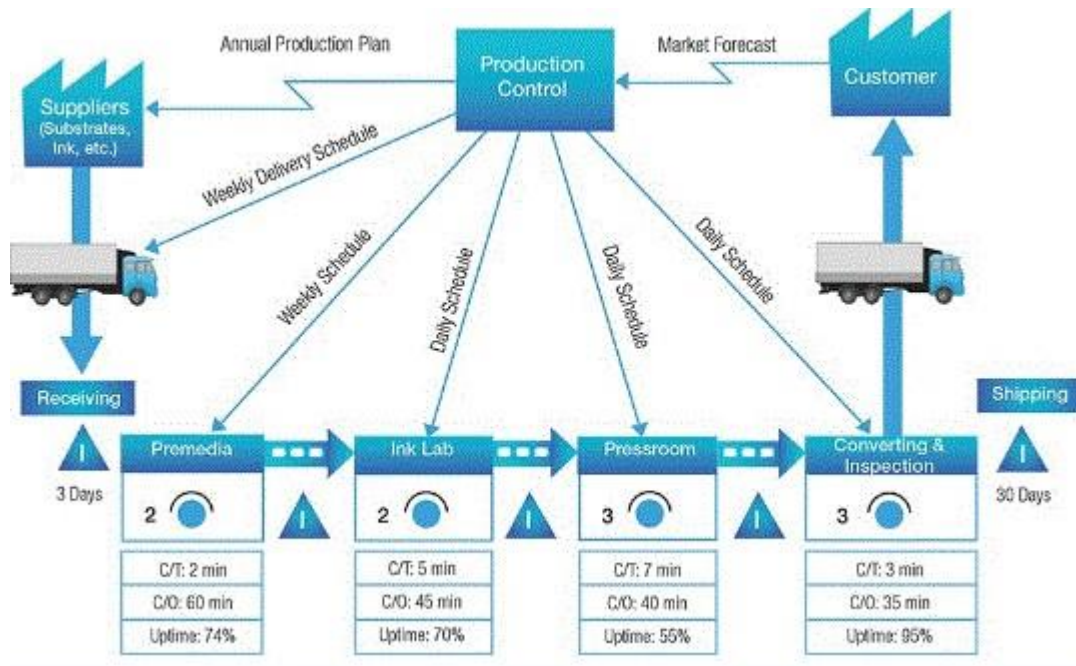


Figure 6 : cartographie du flux

Orientée processus, la VSM permet de présenter les flux de matières et d'informations générés entre les différents postes de travail ainsi que des informations pertinentes à propos de chaque poste (le lead time de l'opération, la cadence, capacité, les stocks...) et ce de la réception de la commande à la livraison du produit fini. Cette représentation utilise des symboles graphiques standards pour créer un langage commun entre les utilisateurs et faciliter la compréhension du processus.

Grace à la matérialisation de la majorité des flux du processus de production, la VSM schématise tous les processus sur une seule carte, où seules les activités d'exécution sont présentées sans s'intéresser aux interactions entre les activités (car les interactions entre les postes de travail en production sont rares) (15).

2. La gamme de fabrication

1. Définition de la gamme de fabrication

La gamme de fabrication est un document qui décrit, de façon détaillée, toute l'information technique nécessaire à la fabrication d'une pièce ou de l'ensemble des pièces d'un objet technique.

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

Lorsqu'une personne fabrique une pièce unique, elle peut élaborer un plan plus ou moins précis qui lui permettra d'obtenir l'objet final désiré. Toutefois, si elle tente par la suite de reproduire cet objet, les différents exemplaires risquent de comporter de légères différences.

Afin de produire un objet en série, c'est-à-dire produire un grand nombre d'objets identiques, il est important de suivre une recette décrivant chacune des étapes nécessaires à sa fabrication. Celle-ci s'appelle une gamme de fabrication.

La gamme de fabrication se présente sous forme de tableau. On trouve, en entête, les informations suivantes :

1. Le nom de l'objet ;
2. Le nom de la pièce à fabriquer ;
3. Le matériau à utiliser ;
4. Le temps d'exécution ;
5. Le dessin de l'objet complet avec des repères (numéros) pour chaque pièce ;
6. Le dessin de la pièce à fabriquer ;
7. Le repère (numéro) de la pièce à fabriquer en lien avec le dessin de l'objet complet ;
8. Le nombre de pièces identiques à fabriquer.

2. Objectif de gamme de fabrication

La gamme de fabrication est un document important dans le processus de production d'une entreprise. Elle décrit les étapes nécessaires pour produire un produit donné, de la réception des matières premières jusqu'à l'assemblage final. Voici quelques raisons pour lesquelles la gamme de fabrication est importante :

1. **Planification de la production** : La gamme de fabrication est utilisée pour planifier la production en détaillant les différentes étapes nécessaires à la fabrication du produit. Elle permet de déterminer la quantité de matières premières et les ressources nécessaires pour chaque étape du processus de production, ce qui peut aider à établir un calendrier de production réaliste.
2. **Gestion des stocks** : La gamme de fabrication permet de déterminer les matières premières et les composants nécessaires pour chaque étape de production, ce qui peut aider à établir des niveaux de stocks appropriés. Elle peut également aider à anticiper les besoins en matières premières et à éviter les ruptures de stock.
3. **Contrôle de la qualité** : La gamme de fabrication décrit les étapes nécessaires pour produire un produit de qualité. Elle peut inclure des contrôles qualité à chaque étape pour garantir que le produit final répond aux normes de qualité requises.
4. **Optimisation des coûts** : La gamme de fabrication peut aider à optimiser les coûts de production en identifiant les étapes qui peuvent être rationalisées ou éliminées pour réduire les coûts. Elle peut également aider à identifier les coûts cachés liés à la production et à trouver des moyens de les réduire.

5. Formation des employés : La gamme de fabrication peut être utilisée pour former les employés sur les étapes du processus de production. Elle peut être utilisée pour enseigner les meilleures pratiques et la procédure standard, ce qui peut aider à améliorer l'efficacité et la qualité de la production (16).

3. La méthode SADT (Structured and Analysis Design Technique)

La méthode Structured and Analysis Design Technique (SADT) est une méthode d'analyse et de conception de systèmes développée en 1977 par Douglas T. Ross [Demri, 2009]. Elle est introduite en Europe à partir de 1982 par Michel Galiner. C'est un langage pluridisciplinaire, qui cherche à favoriser la communication entre les utilisateurs et les concepteurs. Elle permet de réaliser la description d'un système technique de façon structurée et hiérarchisée en s'appuyant sur une représentation graphique qui met en évidence l'organisation fonctionnelle et structurelle du système allant du plus général au plus détaillé. Elle fait partie de la famille des méthodes d'analyse fonctionnelle descendante. Le modèle SADT d'un système porte sur ses actions (actigrammes), et sur les données qu'il doit traiter (datagrammes) dans une structure arborescente. Dans le cadre de l'analyse fonctionnelle où on privilégie les activités, ce sont les actigrammes (boîte représentant une activité et transformant des flux d'entrées en flux de sortie) qui sont utilisés (Figure 7).

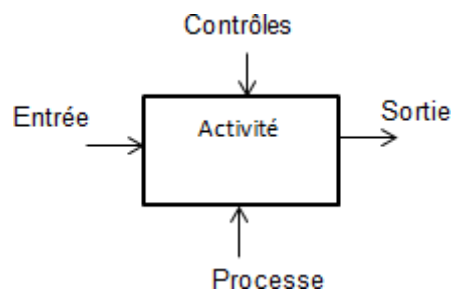


Figure 7 : l'activité et la transformation des flux d'entrées en flux de sortie

La méthode SADT permet de modéliser un système existant ou futur pour en comprendre le fonctionnement et envisager des solutions. Elle ne permet, cependant, pas de représenter l'aspect dynamique de systèmes tels que les systèmes mécatroniques. D'autres méthodes permettent de combler cette lacune.

1. Actigrammes et datagrammes

Le modèle d'analyse est constitué d'une suite cohérente de diagrammes (actigrammes). Le diagramme le plus haut représente la fonction globale assurée par le système et répond aux questions suivantes :

- Ça sert à quoi / pourquoi (fonction du système) ?
- Sur quoi agit le système (Matière d'œuvre) ?
- Quelle valeur est ajoutée par ce système ?
- Quelles sont les informations qui pilotent le fonctionnement du système (données de

contrôle) ?

Deux séries de diagrammes : actigrammes et datagrammes représentant des raffinements successifs.

Actigrammes

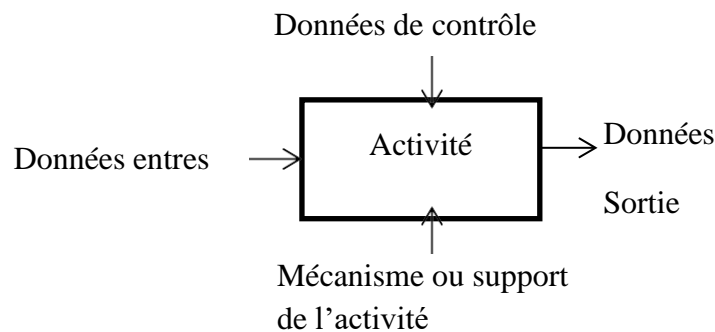
L'élément de base est une boîte représentant une activité avec les conventions suivantes :

- les données en entrées sont transformées en données de sortie par la fonction représentée par la boîte
- le contrôle agit sur la manière dont la transformation est faite
- le mécanisme indique ce qui supporte la fonction (individu, machine...)

Boîte = verbe d'action | flèches = nom

- Entrées : données transformées par l'activité en sortie
- Sorties : données créées par l'activité
- Contrôle :
 - Données dont la présence contraint l'activité
 - Données non modifiées par l'activité

Mécanismes : processeur qui effectue l'activité (personne, machine ...)



Règles sur les actigrammes :

- une boîte possède au moins une donnée de contrôle déclenchant l'activité et au moins une donnée de sortie
- une donnée apparaît comme contrôle et entrée on la place de préférence en contrôle
- un mécanisme peut être défini par un autre modèle

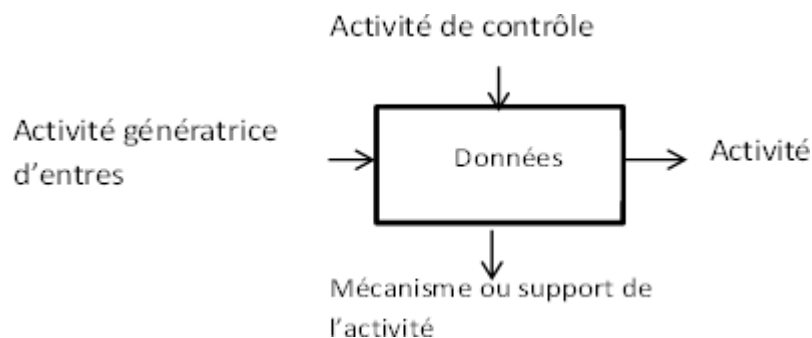
Datagramme

Même principe de décomposition hiérarchique sur plusieurs diagrammes, l'élément de base étant :

- activité (ventes, stockage, affichage, ...)
- activité d'entrée : modification sur les données
- activité de sortie : celle qui va les utiliser
- activité de contrôle influe sur la manière dont une donnée est utilisée ou créée
- le mécanisme exprime le dispositif de mémorisation de données

Boite = nom 1 flèches = verbe d'action

- Entrées : activités génératrices de données
- Sorties : activités utilisatrices de données
- Contrôles : activités dont le résultat influe la création ou l'utilisation des données
- Mécanismes : unités de stockage des données



2. Les données de contrôle

Les données de contrôle concernent les boites d'activités et peuvent être de 4 types possibles :

- W = Présence d'énergie ou de matière d'œuvre
- R = données de réglage (n'influent pas sur le cycle du système)
- C = données de configuration (influent sur le cycle du système)
- E = données d'exploitation (données qui permettent de piloter le fonctionnement du système) Une donnée de contrôle :
- N'est pas modifiée par l'activité mais elle la déclenche ou la contraint (17).

4. Le diagramme Pareto

Le diagramme de Pareto est également appelé règle des 80/20 est le résultat des recherches de l'économiste et sociologue italien Vilfredo Frédérico Damaso Pareto (1848-1923) surnommé

par ses étudiants « **Marquis de Pareto** » Pareto avait remarqué que 20% de la population italienne détenait 80% des richesses du pays.

La relation sous-jacente appelle principe de Pareto ou règle du 80/20 e par la suite étendue at. appliquée à plusieurs circonstances.

Elle est considérée comme étant une réflexion sur ce qu'une minorité de faits produit une majorité de résultats.

Le diagramme de Pareto est certainement la technique la plus sûre et la plus efficace pour sélectionner le problème le plus important.

Repose sur une constatation qui montre qu'en général 80% des effets sont dus à 20% des causes.

1. Qu'est-ce qu'un diagramme Pareto ?

Le diagramme de Pareto est un graphique à barres qui présente des données par ordre décroissant et fait ainsi ressortir le ou les éléments les plus importants qui expliquent un phénomène ou une situation.

C'est un graphique qui présente les causes dominantes d'un problème, permet de déterminer des priorités, d'orienter un plan d'action et de focaliser les efforts sur les sujets les plus importants.

La loi de Pareto se transforme en outil d'aide à la décision.

Exemple :

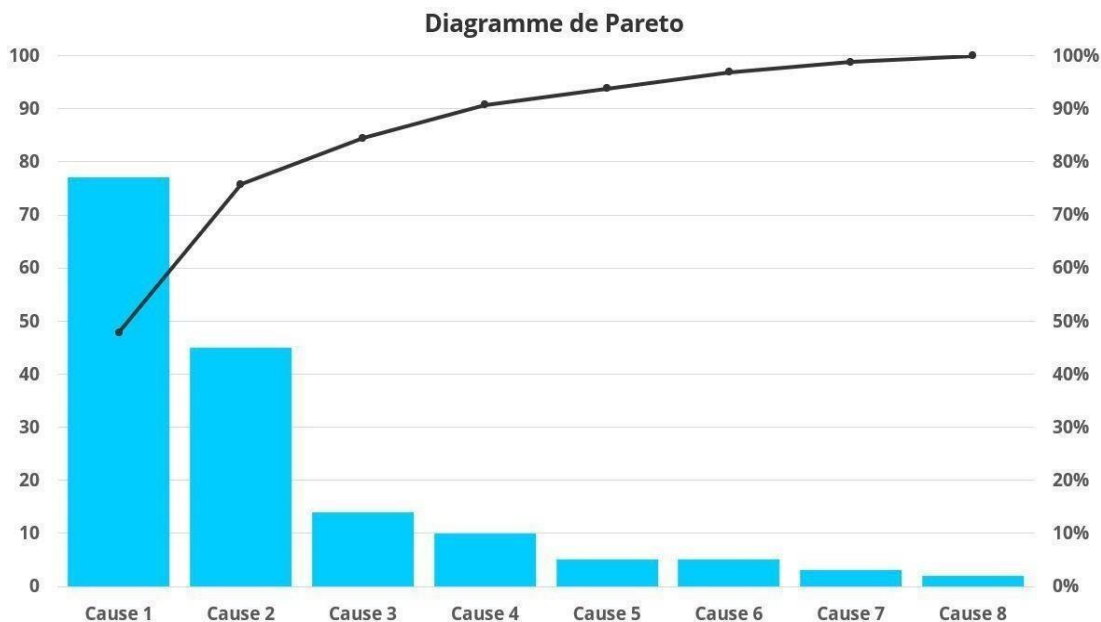


Figure 8 : diagramme de Pareto (18).

2. Comment construire un diagramme de Pareto ?

La construction d'un diagramme de Pareto nécessite d'utiliser le diagramme causes à effet pour identifier le problème et ses causes de dysfonctionnement. Pour ce faire, il faut ;

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

- Récolter les données (durée de l'observation, un jour, une semaine, un mois...).
- Quantifier le nombre d'apparition et le pourcentage des faits provoqués par chacune des causes.
- Réalisez deux diagrammes de Pareto en parallèle en fonction d'unités de mesure différentes sur la base de la fréquence et de leurs coûts, vous serez surpris de découvrir qu'un problème fréquent est rarement le plus coûteux. Le choix de votre action sera déterminant, ne perdez pas de vue que certains défauts, a priori peu chers, font des ravages chez les clients et altèrent leur confiance. En revanche, un gros litige sera vite oublié par le client (19).

5. Méthode des 05 M « Diagramme d'Ishikawa »

1. But de cette méthode

Cette méthode de travail en groupe est une méthode de créativité mettant en évidence l'ensemble des causes possibles d'un problème (d'un « effet ») et de dégager les plus probables. Elle donne une représentation claire et visible par tous les membres du groupe, grâce à un classement par familles et sous-familles, sous forme d'un diagramme dit « de causes à effet » appelé aussi « diagramme d'Ishikawa » du nom de son inventeur.

2. Déroulement de la méthode :

Elle comprend quatre phases.

- **Phase de définition du problème**

L'animateur expose aussi précisément que possible le problème (l'effet). Il s'assure que le sujet est bien défini, bien délimité et bien compris par tous. L'animateur écrit le problème d'une façon visible par tous. Il doit rester en évidence durant toute la séance.

- **Phase de production d'idées**

Le groupe détermine toutes les causes possibles au cours d'une séance de remue-méninges. L'animateur écrit toutes les causes proposées au tableau, en vrac, en soulignant les mots-clés permettant d'exprimer plus simplement chacune des causes. On ne les discute pas : l'animateur s'assure seulement que tout le monde les comprend clairement. L'animateur définit avec le groupe 4 à 6 familles de causes. Dans le domaine de production industriel, le classement suivant, que l'on nomme les

« 5 M », est souvent approprié :

Matières	Matériel	Méthodes	Main d'œuvre	Milieu
-----------------	-----------------	-----------------	---------------------	---------------

Mais il faut se garder de choisir systématiquement ce type de famille.

- **Phase de construction du diagramme**

Le groupe affecte chacune des causes à l'une des familles. Si, pour une famille, les causes sont nombreuses, il faut définir des sous-familles. L'animateur trace le diagramme sur un

grand tableau (effaçable de préférence, de façon à permettre des corrections. On peut aussi utiliser des « post-it ») en ne portant que les mots-clés. Les causes sont prises une par une dans l'ordre où elles ont été énoncées. C'est l'auteur d'une cause qui propose sur quelle branche la positionner. C'est à ce moment que l'on examine l'opportunité de déterminer des sous-familles. Souvent le positionnement par l'auteur d'une cause dans une famille plutôt qu'une autre, permet de préciser son idée. Il arrive qu'une cause doive être positionnée dans plusieurs familles. Si le nombre de familles est trop grand ou trop limité, ce type de diagramme n'est pas nécessairement adapté. Parfois un simple tableau peut suffire. En traçant le diagramme, d'autres idées doivent émerger. Elles sont ajoutées au fur et à mesure à la liste des causes, sans les porter directement sur le diagramme.

- **Phase d'exploitation**

Le groupe détermine les deux ou trois causes qui paraissent les plus probables. Il faut obtenir un consensus dans le groupe. Pour cela, plusieurs méthodes sont applicables selon la complexité du problème :

Le groupe se met d'accord tout naturellement sur les causes les plus probables.

Si cela n'est pas possible, on peut procéder par vote ; c'est la situation la plus fréquente. Le vote porte sur les causes et non sur les familles de causes. Il peut être organisé de la façon suivante : on donne un nombre fixe de gommettes à chacun des participants, charge à eux d'aller les répartir en fonction de leurs priorités sur les causes affichées. Ce travail doit être fait en même temps par tous les membres du groupe de façon à éviter que certains votent en fonction du vote des autres. Il est bon de limiter le nombre de gommettes mises par un membre sur une même cause, par exemple maximum deux gommettes. Le nombre de gommettes données à chacun dépend du nombre de participants ; on choisira un nombre tel que le total soit de l'ordre de 30 à 40. Il est souhaitable de faire une représentation du résultat sous forme d'un graphique de Pareto.

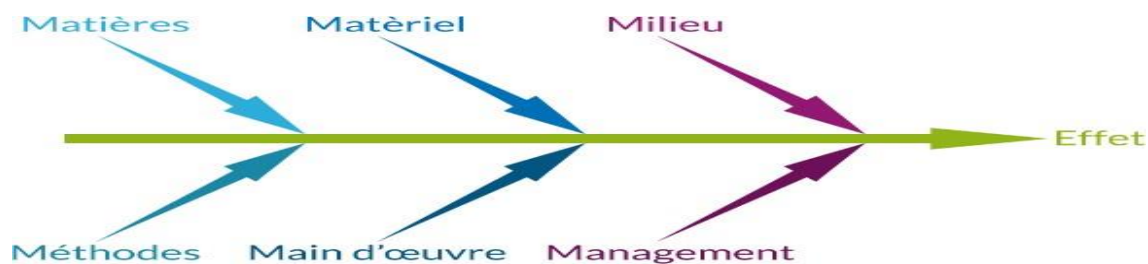


Figure 9 : diagramme Ishikawa (20).

En général, il est nécessaire de prévoir des investigations sur le terrain pour vérifier la validité des causes retenues avant de rechercher les solutions. Cela peut se faire en exploitant des données disponibles avec des outils statistiques tels que : corrélation, régression, multi régression, analyse factorielle etc., ou en faisant des expériences ; dans ce cas les techniques de « plan d'expériences » sont à privilégier.

Le Diagramme d'Ishikawa, au départ limité à 5M, été étendu à un diagramme des 8 M. L'objectif reste inchangé c'est-à-dire : permettre une visualisation des causes de problèmes qu'il convient de traiter prioritairement. Les trois nouvelles notions étant : le Management et les Moyens financiers et Mesures (21).

2. Les outils de gestion de la qualité

1. La Méthode AMDEC

1. Définition de l'AMDEC (Analyse des modes de défaillances et de leur criticité)

Il s'agit d'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. C'est un outil d'analyse qui permet de construire la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global. Historiquement, AMDEC est développée aux Etats-Unis, dans l'industrie aéronautique, au début des années soixante, elle a pris son essor en Europe au cours des années soixante-dix dans l'industrie automobile, chimique, nucléaire. La méthode AMDEC a ajouté l'estimation de la dimension critique des risques. Le principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de réalisation d'un système (22).

2. Objectif de l'AMDEC

Cette expression de « Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur Criticité » est très explicite. L'objectif est de rechercher systématiquement toutes les défaillances potentielles et de mettre en place des solutions adaptées à la criticité du problème. Il est intéressant de constater qu'elle répond point par point au texte de la norme (pour le produit).

ISO 9001 :2008 « Action préventive » :

« (...) Une procédure documentée doit être établie afin de définir les exigences pour :

- Déterminer les non-conformités potentielles et leurs causes ;
- Évaluer le besoin d'entreprendre des actions pour éviter l'apparition de non-conformités ;
- Déterminer et mettre en œuvre les actions nécessaires ;
- Enregistrer les résultats des actions mises en œuvre ;
- Évaluer l'efficacité des actions préventives mises en œuvre. ». L'ISO 9001 n'a pas imposé l'AMDEC dans un souci de laisser l'entreprise maître de ses méthodes. Mais il est à noter que l'ISO/TS 16949 qui est spécifique au domaine de l'automobile, impose l'emploi de l'AMDEC. L'AMDEC est une méthode préventive. Son principe de base est « bien faire du premier coup ». (21).

3. Types de l'AMDEC :

Il existe principalement trois types d'AMDEC qui sont :

- AMDEC Produit
- AMDEC Processus
- AMDEC Moyens de production

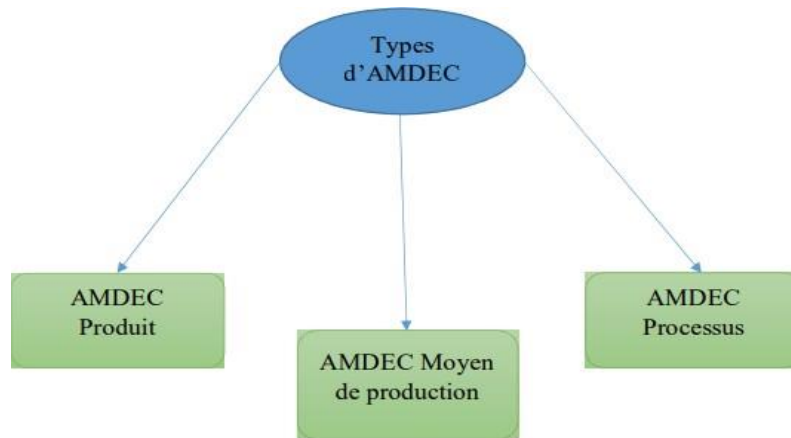


Figure 10 : Types d'AMDEC.

AMDEC Produit :

L'AMDEC Produit est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise. Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'action corrective sur la conception et préventions sur l'industrie.

L'AMDEC Processus :

Ce type d'AMDEC consiste à analyser les modes de défaillance liés au processus de fabrication. Les choix techniques sont déjà posés et c'est le moment de définir précisément le processus de la fabrication. Avant même le choix des machines, l'AMDEC processus a pour but d'évaluer les points critiques du procédé établi suite à cette analyse, des modifications pourront être apportées. C'est aussi l'occasion d'élaborer le plan de surveillance. En termes de méthode, l'AMDEC Processus étudie les conséquences que pourraient engendrer certaine défaillance pour l'utilisateur du produit et sur l'environnement de production les défaillances seront recherchées en regardant la description du procédé.

L'AMDEC Moyens :

L'AMDEC moyens est aussi appelée AMDEC moyens de production ou AMDEC Machine, elle concerne l'analyse des défaillances liés aux machines. Alors que l'AMDEC procédé a permis d'entrevoir les défauts relatifs au processus de fabrication, l'AMDEC machine permet une analyse une fois que les machines ont été choisies. Comme pour le produit, il est ici possible de mettre en place une AMDEC à différents stades de la conception de cette machine (23).

2. La méthode SMED (Single Minute Exchange of Dies)

Single Minute Exchange of Die (SMED) peut se traduire par « changement d'outil en moins de dix minutes ». Dans cette définition ; Single Minute signifie que le temps en minutes nécessaire au changement doit se compter avec un seul chiffre.

Le principe du changement rapide de fabrication a été conceptualisé par le japonais Shigeo Shingo au cours d'une étude d'amélioration de la productivité à l'usine Mazda à Hiroshima. Shigeo Shingo a procédé à une analyse sur les presses (goulot d'étranglement de la production) en mesurant les différentes opérations sur le terrain, et en identifiant les différents réglages réalisés au cours des changements de production, il a abouti une amélioration notable de la productivité.

Selon la norme Afnor NF X50-310, le SMED est « une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié ».

1. Les quatre étapes pour mettre en place une action SMED

Dans la pratique, la démarche SMED est une méthode simple, structurée, basée sur une réflexion de bon sens. L'amélioration de l'organisation occupe une place prépondérante, aux côtés des solutions techniques. L'application SMED relève d'une démarche volontariste et motivée où les améliorations doivent se planifier et se mesurer.

Le temps de montage d'un outil sur une machine correspond au temps nécessaire pour que la machine change de production (de la dernière pièce A bonne à la première pièce B bonne).

L'application du SMED se déroule en 4 étapes.

- **Etape 1 : Identifier**

Il s'agit de lister l'ensemble des tâches se déroulant au cours d'un changement de produit ou d'outil. Celui-ci comporte plusieurs types d'opérations, que l'on peut séparer en quatre phases :

Pour cela plusieurs méthodes peuvent être appliquées :

La préparation comprend le rassemblement de toutes les pièces outillages utiles sur les lieux du réglage ainsi que leur vérification.

Le changement d'outillage comprend le démontage après la fin du dernier lot et le montage pour le lot suivant des pièces et outillages.

Le réglage comprend toutes les mesures et calibrages auxquels on doit procéder : centrage, réglage des côtes, mesure de température, de pression, etc.

Les ajustements sont faits par approximations successives après l'usage de pièces d'essai. Plus la précision des mesures et réglages faits pendant la phase précédente est grande, plus faciles sont les ajustements.

- **Etape 2 : Extraire**

Cette étape consiste à distinguer les opérations pouvant s'effectuer pendant l'arrêt de la machine, appelées **tâches internes**, des **tâches appelées externes** parce qu'il n'est pas

nécessaire de les exécuter pendant que la machine est à l'arrêt. Parmi les réglages externes on peut citer par exemple : sortir l'outil de son lieu de stockage, chercher le matériel nécessaire pour fixer l'outil.

Ensuite, il s'agit de convertir en externe certaines opérations uniquement en préparant mieux le changement ou en organisant les flux autour des postes de travail. Cette étape n'implique aucun investissement.

Différentes techniques permettent de convertir des opérations internes afin de les réaliser en interne :

- Check-lists.
- Table de vérification
- Essai de fonction
- Transport des outillages

- **Etape 3 : Convertir un maximum de tâches internes**

Il s'agit, notamment, des réglages. Cette étape consiste à repérer tout d'abord la partie fonctionnelle de la machine, puis ses organes concernés par le changement. En effet, on peut les standardiser ou les dédoubler.

Quelques exemples de tâches internes externalisées :

- Les moules préchauffés par la machine sont préchauffés à l'avance par un autre moyen
- Les produits mélangés par la machine et nécessitant des essais, sont mélangés et ajustés au préalable, la machine est approvisionnée ensuite du mélange de produits prêt à l'emploi

- **Etape 4 : réduire les temps internes**

Cette étape a pour but de réduire le temps consacré aux opérations internes restantes. Pour cela on peut recourir à plusieurs moyens :

- ✓ **Simplifier les bridages et les fixations** en cherchant à minimiser les gestes liés aux opérations internes. Les moyens de fixation d'un seul coup ou d'un seul geste aidé par des butées, des gabarits, des cales ou des repères visuels permettent d'atteindre ces objectifs.
- ✓ **Utiliser les serrages fonctionnels** : Un serrage fonctionnel est un système de fixation maintenant des objets en place avec un minimum d'effort.
- ✓ **Guider au maximum l'opérateur** en fixant des valeurs de consigne. La standardisation de l'outillage en unifiant les types de vis, la taille des écrous sont également des moyens possibles.
- ✓ **Synchroniser les tâches** : Les opérations de réglage sur les machines nécessitent souvent de travailler à la fois à l'avant et à l'arrière de celle-ci. Dans ce cas, faire exécuter le changement en parallèle par deux ouvriers supprime les déplacements inutiles, et accélère le travail (24).

4. Les différentes méthodes d'amélioration

Chapitre01 : Généralités sur la Lean manufacturing et la qualité

Méthode d'amélioration	Amélioration des processus et de la qualité	Résolution de problèmes complexes	Réduction des défauts et des variations	Amélioration de la satisfaction des clients	Gestion de projet	Développement de produits	Optimisation des performances opérationnelles	Identification des causes profondes des problèmes	Analyse des défaillances	Prévention des récurrences	Amélioration de la qualité	Résolution de problèmes	Amélioration de la communication et de la collaboration	Prise de décision basée sur des données	Planification de projets	Mobilisation rapide de l'équipe pour des améliorations significatives	Élimination des gaspillages	Amélioration de la productivité	Engagement des employés	Optimisation des flux de travail	Organisation et amélioration de l'environnement de travail	Réduction du gaspillage
DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)	✓	✓	✓	✓								✓										
PDCA (Plan, Do, Check, Act)	✓	✓			✓		✓					✓		✓	✓							
5 Whys		✓						✓	✓	✓	✓	✓										
A3 Problem Solving	✓	✓										✓	✓	✓	✓							
Kaizen	✓											✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		
5S											✓						✓	✓			✓	✓
Six Sigma	✓	✓	✓	✓																		
Total Productive Maintenance (TPM)							✓												✓			
Theory of Constraints (TOC)																				✓		
8D (Eight Disciplines)		✓										✓										

Tableau 1 : les méthodes d'amélioration (25).

Conclusion

Le Lean Manufacturing est une approche de gestion de la production qui vise à éliminer les gaspillages et à maximiser la valeur du produit. La qualité est une composante essentielle du Lean Manufacturing, car elle est directement liée à la satisfaction du client et à la réduction des coûts de la non-qualité.

En effet, le Lean Manufacturing encourage l'amélioration continue de la qualité à tous les niveaux de l'organisation, en impliquant tous les employés dans le processus d'amélioration. Le système de gestion de la qualité est souvent intégré dans le système de production Lean pour s'assurer que les produits et services répondent aux attentes des clients.

En utilisant les principes du Lean Manufacturing, les entreprises peuvent atteindre des niveaux élevés de satisfaction des clients, de productivité, de rentabilité et de durabilité à long terme.



Chapitre 02

Etude de l'existant et Diagnostic

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de NATRA INTERNATIONAL, l'entreprise où nous avons effectué notre stage. Notre attention se concentre spécifiquement sur l'unité de production située à Boudouaou, connue sous le nom de NATRA TUBE. Nous commencerons par fournir une description détaillée de l'entreprise et de son unité de production. Ensuite, nous présenterons une étude approfondie des lignes de profilage. Nous poursuivrons avec la réalisation d'une cartographie de la chaîne de valeur (Value Stream Mapping) pour analyser le flux de production et identifier les opportunités d'amélioration. Enfin, nous exposerons notre problématique générale, c'est-à-dire le défi que nous cherchons à résoudre ou l'objectif que nous nous sommes fixés pour notre stage.

Section 01 : présentation de l'entreprise

1. Présentation de l'entreprise

NATRA INTERNATIONAL est une entreprise algérienne fondé en septembre 1994 par Meziane Ghani. NATRA INTERNATIONAL est un acteur majeur de production et distribution de Produits sidérurgiques auprès des grands utilisateurs sur le marché Algérien, en croissance continue, elle à réaliser en 2015 un chiffre d'affaires de 9.500.000.000 da avec un capital Social de 1.500.000.000 da et plus de 200 employés.

Spécialistes de la distribution de poutrelles, laminés marchands (fers ronds, fers carrés, fers plats), cornière, bobines (LAC, LAF, galvanisée, pré laqué), ronds à béton et fils qui représente 88% de chiffre d'affaires. La production de tubes Métallique (rond, carré, rectangulaire), la tôles (noire, striée, nervurée) et étais métalliques représente 12% de chiffre d'affaires.

Objectifs et mission

NATRA INTERNATIONAL a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité de c'est produit et diminuer le délai de livraison et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser Les objectifs visés par NATRA INTERNATIONAL peuvent se présenter comme suit :

- Augmenter la capacité de production
- Expansion dans le domaine sidérurgique
- Exportation au pays africaine dans le court terme
- Exportation au pays méditerranée dans le long terme

2. La répartition géographique de NATRA INTERNATIONAL

NATRA INTERNATIONAL compte trois unités de production chaque unité elle a un entrepôt pour stocker la matière première, produits finis et les produits vente en état.

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

Unités de production NATRA STAKAL (Khemis El Khechna)

Cette unité de production de matériel de chantier spécialisée dans l'étaieement qui représente 2% de chiffre d'affaires elle propose une large gamme d'étais de 0.9 à 5.5 mètres et la distribution de laminés marchands, rond a béton et fil.

Les produits actuellement présents dans l'entreprise sont :

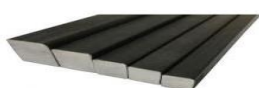
Production



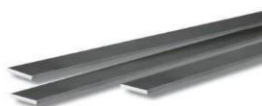
Étais métalliques

Distribution

Laminés marchands



Fers carrée



Fers plats



Fers rond

Fils



Fil machine



Fil galvanisé



Rond à béton

Unités de production NATRA TOLE (Khemis El Khechna)

Cette unité spécialisée dans la production des tôles qui représente 5% de chiffre d'affaires et la distribution des cornières et les poutrelles

Les produits actuellement présents dans l'entreprise sont :

Production



Tôles striée



Tôles noire



Tôles nervurée

Distribution

Les cornières



Cornières inégales



Cornières égale



Poutrelle UPN

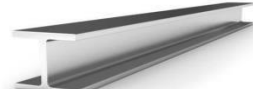
Les poutrelles



Poutrelle IPE



Poutrelle HEA



Poutrelle HEB

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

3. Unités de production NATRA tube (Boudouaou)

Notre stage se déroule au sein d'une cette unité qui spécialisée dans la fabrication de tubes métalliques, qui contribue à hauteur de 7% du chiffre d'affaires de l'entreprise. Cette unité produit environ 3200 tonnes de tubes par an et est également responsable de leur distribution.

Les produits actuellement présents dans l'entreprise sont :

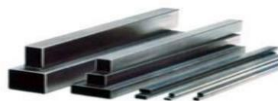
Production



Tube carré

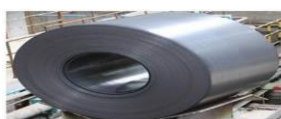


Tube rond



Tube rectangulaire

Distribution



Bobines LAC



Bobines LAF



Bobines galvanisé



Bobines pré laqué

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

4. L'organigramme de l'unité NATRA TUBE

L'organigramme ci-dessous représente les différentes compositions de l'unité NATRA TUBE (Le lieu de notre stage pratique)

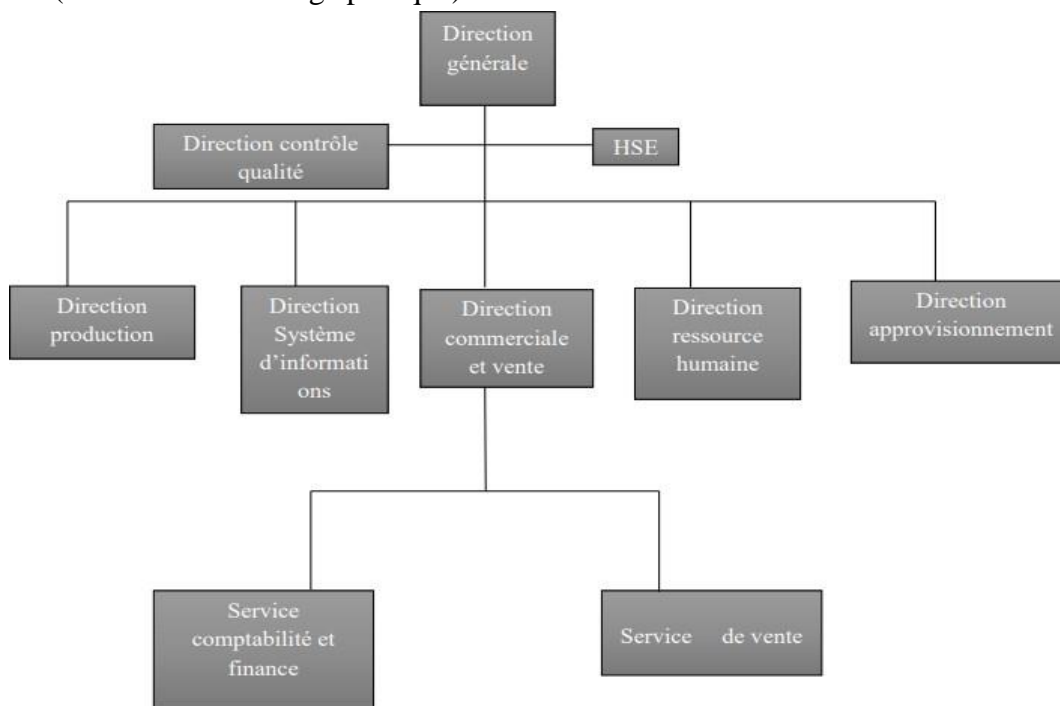


Figure 11: Organigramme de l'unité de Boudouaou en 2023.

1. La direction générale

Elle a pour mission de s'assurer que les règlements et procédures internes sont bien observées et d'une manière générale que tous les procès informatiques, managériaux, commerciaux sont bien diffusés et bien suivis dans l'organisation. Elle est dirigée par un gérant qui assure et applique les décisions prises dans les différentes assemblées générales des associés, c'est le premier responsable de l'unité, il doit veiller à l'amélioration de la production de l'unité. Elle a aussi comme mission la coordination des travaux entre les différents services.

2. Direction contrôle qualité

Elle a pour mission de s'assurer au quotidien de la parfaite conformité de ses produits, depuis l'entrée (contrôle des matières premières) jusqu'à la sortie (produit finis) et pendant toutes les phases de production et de stockage. Parallèlement aussi à des études de stabilité. Conscients que le développement de l'entreprise reste étroitement lié à une politique d'innovation et de créativité, satisfaire et d'anticiper les exigences de ses clients.

3. La direction hygiène sécurité et environnement

Elle met en place, maintient et améliore les différents systèmes de management et référentiels pour se conformer aux standards internationaux. Elle veille au respect des exigences

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

règlementaires environnements et sécurités, et garantit la sécurité du personnel et la pérennité des installations.

4. La direction ressource humaine

Elle Définit et propose à la direction générale les principes de gestion ressource humaine en support avec les objectifs du business. Elle assure également un support administratif de qualité à l'ensemble du personnel de NATRA TUBE, pilote les activités du social, assiste la direction générale ainsi que tous les managers sur tous les aspects de gestion ressources humaines, établit et maîtrise les procédures. Elle assure le recrutement, la gestion des carrières, identifie les besoins en mobilité, gestion de la performance et des rémunérations, et la formation du personnel. Enfin elle participe avec la direction générale à l'élaboration de la politique de communication afin de développer l'adhésion du personnel aux objectifs fixés par l'organisation.

5. La direction Système d'informations

Elle assure la mise en place des moyens, des technologies de l'information nécessaires pour supporter et améliorer l'activité, la stratégie et la performance de l'entreprise. Elle doit ainsi veiller à la cohérence des moyens informatiques et de communication mis à la disposition des utilisateurs, à leur mise à niveau, à leur maîtrise technique et à leur disponibilité et opérationnalité permanente et en toute sécurité. Elle définit également dans le cadre des plans pluriannuels les évolutions nécessaires en fonction des objectifs de l'entreprise et des nouvelles technologies.

6. La direction approvisionnement

Elle met en place les mécanismes permettant de satisfaire les besoins en matière première et services dans les meilleurs délais, avec la meilleure qualité et au moindre coût afin de permettre la réalisation des objectifs de production et de vente

7. La Direction production

Ella a une mission de développe les moyens de production pour l'entreprise, garantir la disponibilité des moyens techniques, veille au bon fonctionnement des appareils, étudie les commandes sur un plan technique, gérer tous les moyens et ressources techniques.

8. Direction commerciale et vente

Elle a en charge de commercialiser toutes les gammes de produits et le développement du fichier client de l'entreprise, au moyen d'actions de détection ou de promotion de projets à base de hautes technologies. En relation directe avec la clientèle, elle possède des qualités relationnelles pour susciter l'intérêt des prospects.

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

a) Service comptabilité et finance

Elle prend en charge la préparation et mise à jour des budgets, elle tient en compte la comptabilité et préparer les états comptables et financiers selon les normes. Elle pratique le contrôle de gestion et elle fait les rapports périodiques.

b) Service de vente

Elle a une mission d'informer la clientèle sur les produits, l'entreprise. Collecte les informations qui recouvrent les études de marché. Assurer la qualité des services vente et après-vente, Fidéliser les clients.

En tant que stagiaires au sein du département du contrôle qualité, où nous avons pu approfondir notre compréhension de cette étape essentielle du processus de fabrication. Le service de contrôle qualité joue un rôle crucial dans la garantie de la conformité et de la fiabilité de nos processus, y compris les tubes en acier.

L'équipe du contrôle qualité est responsable de l'inspection et de la vérification approfondie des tubes métalliques à différentes étapes de la production. Ils utilisent des méthodes et des outils spécialisés pour s'assurer que les tubes répondent aux normes et aux spécifications de qualité définies.

5. Le contrôle qualité

Le contrôle de la qualité de la production vise à :

- Vérifier la conformité d'application des procédures qualité de fabrication de produits industriels.
- Remplir les supports de traçabilité et de suivi des contrôles et des produits selon des normes qualité et commandes clients.

Donc le contrôle qualité consiste à déterminer si le produit contrôlé est conforme ou non à ses spécifications ou exigences préétablies.

5.1 Mission d'un contrôleur de qualité :

- Vérifier la conformité des moyens de contrôle et la validité des documents de fabrication et de suivi
- Réaliser le contrôle d'un produit selon une procédure et un fréquentiel de contrôle
- Interpréter les résultats de contrôle
- Alerter en cas de non-conformité constatée
- Assurer la traçabilité des opérations de contrôle
- Contribuer à l'amélioration du poste de travail

5.2 Fiche de qualité :

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

La fiche qualité est un document interne à l'entreprise, établie par le contrôleur de qualité d'une façon journalière afin de :

- Garder la traçabilité de la qualité production.
- Signaler les non-conformités constatées
- Mentionner les consignes d'amélioration de la qualité

Ligne de production	Designation Produit	Mesures	Aspect tube			Soudure		Coupe		Lubrification	Fardeaux		Quantité totale de production	Rebus
			Forme	Rectitude	Dimensions	Cordon	Raclage	Equerage	Bavure	PH	% Brix	Identification		
P1														
P120														
P200														
P280														
P360														

Figure 12 : Fiche de contrôle qualité NATRA INTERNATIONAL SPA

5.3 Contrôle visuel

Le contrôle visuel repose sur l'observation des différentes étapes de production ainsi que sur les critères de qualité du produit. Le rôle du contrôleur de qualité est de vérifier en premier lieu le montage et le réglage de la machine.

Ensuite, le contrôleur de qualité effectue un contrôle de l'aspect géométrique des tubes. Cela comprend la forme du profilé, les angles (équerrage), la concavité, la convexité, la rectitude et l'ovalisation dans le cas des tubes ronds. L'objectif est de s'assurer que les tubes sont conformes aux spécifications de qualité en termes de dimensions et de formes.

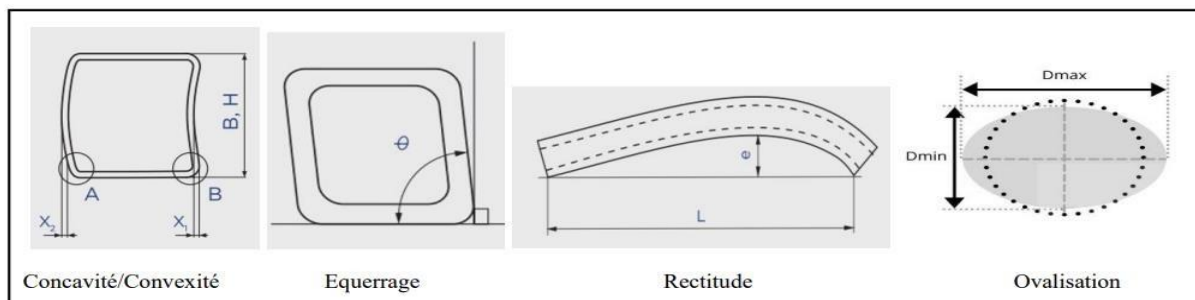


Figure 13 : Défauts géométriques des tubes

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

5.4 Contrôle dimensionnel

Les tolérances dimensionnelles des tubes à respecter sont spécifiées dans la norme NF EN 10219, qui est la norme européenne définissant les tolérances dimensionnelles pour les profils creux de construction soudés (ANNEXE 1).

Pour vérifier ces tolérances, le contrôleur de qualité chez NATRA INTERNATIONAL SPA utilise trois outils de mesure principaux : le pied à coulisse, le micromètre et le ruban à mesurer.

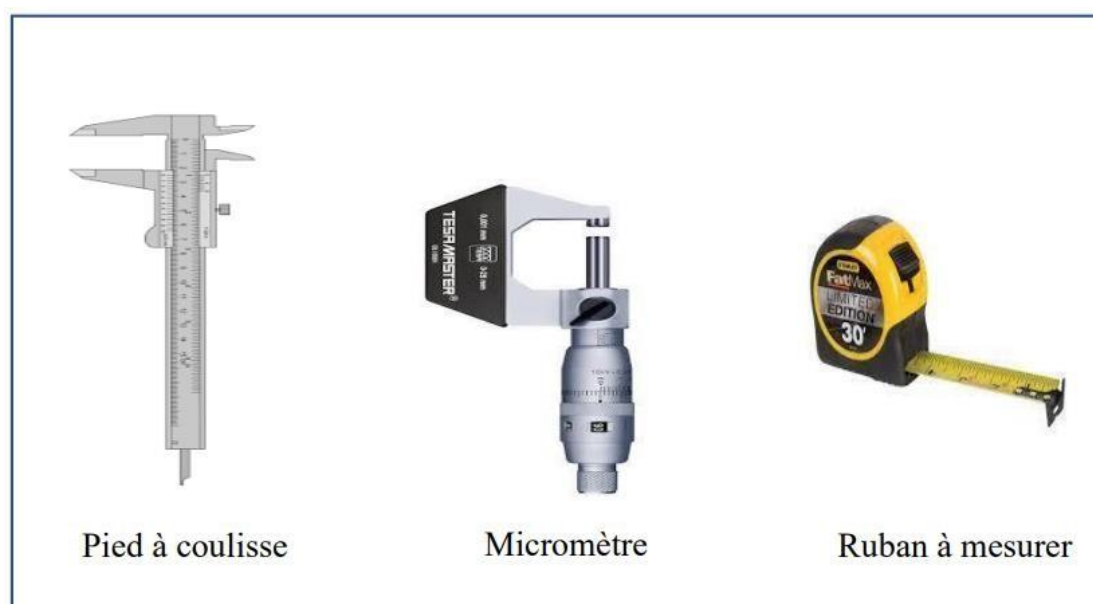


Figure 14 : outils de mesures dimensionnelles

- A. Le pied à coulisse est un instrument de mesure de longueurs permettant de mesurer les dimensions extérieures, il est utilisé pour mesurer les cotes extérieures des tubes carrés et rectangles aussi leurs diagonales ainsi les diamètres des tubes ronds.
- B. Le micromètre, il est utilisé pour mesurer les épaisseurs des tôles ainsi les tubes avec une précision allant jusqu'au 1/100 MM.
- C. Le ruban à mesurer est utilisé pour la vérification des longueurs des tubes dont les tolérances sont millimètres.

5.5 Contrôle de lubrification

Le lubrifiant c'est un liquide composé de l'eau et d'un soluble, ce dernier il est destiné pour la fabrication des tubes soudés. Il joue un rôle très important dans le processus de fabrication :

- Dissipation de la chaleur du tube, juste après l'étape de soudage où des températures très élevées sont atteintes.

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

- Réduction de la friction, éviter les frottements lors du contact entre le feuillard et les galets de formage de la machine.
- Réduction de l'usure des pièces de la machine.
- Donner les tubes une protection contre la corrosion.

Section 02 : Contexte de l'étude

Notre étude a été réalisée au niveau de l'unité de fabrication dispose de cinq lignes de production des tubes soudés en acier ; Les machines de fabrication sont d'origine d'ELMAKSAN. Ces cinq lignes sont respectivement P120, P200, P280 et P360, qui sont identiques en termes de processus de production, mais se différencient par les gammes des produits qu'elles fabriquent qui ne sont pas les mêmes.

Nous avons noté que les lignes P120 P200 P280 P360 ont la même technologie, mais seule la ligne P1. Notre étude inclue toutes les lignes, sauf la ligne P1 qui a été négligée à cause de sa technologie (ancienne machine)

Une première analyse sur les différentes lignes sur une étude d'efficience termes de rebuts (produits non conformes). La démarche poursuivie consiste d'abord à déterminer les taux du rebut les plus importants. Pour ce faire, nous avons extrait du registre de NATRA toutes les informations sur les rebuts enregistrés pendant 3 années. Les résultats sont alors rassemblés dans le tableau ci-après qui montre pour chaque ligne, la production réalisée, les rebuts ainsi que les taux de rebuts pour les années 2020, 2021 et 2022.

1. Analyse des lignes de production

- **Analyse de l'année 2020**

La ligne	Production totale (T)	Rebuts (T)	Taux de rebuts (%)
P120	2668.02	29.25	1.09
P200	4826.85	33.66	0.70
P280	7283.86	27.79	0.38
P360	4665.17	25.98	0.55

Tableau 2 : Analyse de l'année 2020

Source : Elaboré à partir des données de NATRA, 2020

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

- **Analyse de l'année 2021**

La ligne	Production totale (T)	Rebu (T)	Taux de rebus (%)
P120	2804,19	28,4	1,01
P200	3686,74	45,06	1,2
P280	3881,6	38,7	0,99
P360	2582,48	34,43	1,3

Tableau 3 : Analyse de l'année 2021

Source : Elaboré à partir des données de NATRA, 2021

- **Analyse de l'année 2022**

La ligne	Production totale (T)	Rebus (T)	Taux de rebus (%)
P120	2974.1	23.1	0.78
P200	4421.96	29.05	0.65
P280	5238.33	27.22	0.52
P360	4192.64	28.82	0.68

Tableau 4 : Analyse de l'année 2022

Source : Elaboré à partir des données de NATRA, 2022

Récapitulatif :

La ligne	Taux de rebus année 2020(%)	Taux de rebus année 2021(%)	Taux de rebus année 2022(%)	Taux de rebus de trois années (%)
P120	1.09	1,01	0.78	0,96
P200	0.70	1,2	0.65	0,85
P280	0.38	0,99	0.52	0,65
P360	0.55	1,3	0.68	0,84

Tableau 5 : récapitulatif des années 2020 ,2021 ,2022

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

- **Conclusion**

A l'issue de cette étude, et comme le montre le tableau Récapitulatif ci-dessus (tableau 5), là on constate que ligne P120 représente la ligne la plus critique en termes de taux de rebut, qui est à l'origine de 0,96% des taux du rebut Total.

Nous avons alors choisi la ligne P120 pour réaliser nos travaux sur l'amélioration de la productivité et de la qualité de produit de l'unité.

2. Réalisation de la VSM

Dans le but d'apporter une représentation visuelle simple de tout le processus de production et afin d'avoir une vision générale sur l'entreprise et d'identifier les sources de gaspillage au niveau de l'ensemble de la chaîne de valeur, l'utilisation de l'outil VSM s'est imposé.

Pour connaître la situation actuelle de l'unité, il faut donc élaborer une carte remaniée de la chaîne de valeur de notre processus de production de tube en acier soudé. Cette partie est consacrée à l'élaboration de de la carte VSM dans sa version courante.

Préalable au dessin de la VSM

- Commencer par une observation attentive, pas à pas des activités de l'usine
- Obtenir une information précise et à jour du circuit des matières premières et de l'information à cartographier.

Pour réaliser une demande client (24172 tubes), on passe par deux étapes principales, chacune d'elle deux équipes y qui travaillent 8 heure /jour, et un temps de manutention entre les deux étapes égales à 10 minutes.

1. **Le refendage** de bobine vers des bobineaux de largeur et épaisseur correspondant à la demande du client
 - Le temps de cycle de refendage d'une bobine est de 22.34 minutes, alors que le temps de changement de programme refendage est de 20 minutes.
2. **Profilage de tube** correspondant à la transformation des bobineaux en tubes rond, carré ou rectangulaire, dépendant aussi de la demande client.
 - Le temps de cycle de production d'un seul tube est 7.5 secondes avec une vitesse de production 48m/min un changement de programme de production de 8 heures.

Chapitre 02 : Etude de l'existant et Diagnostic

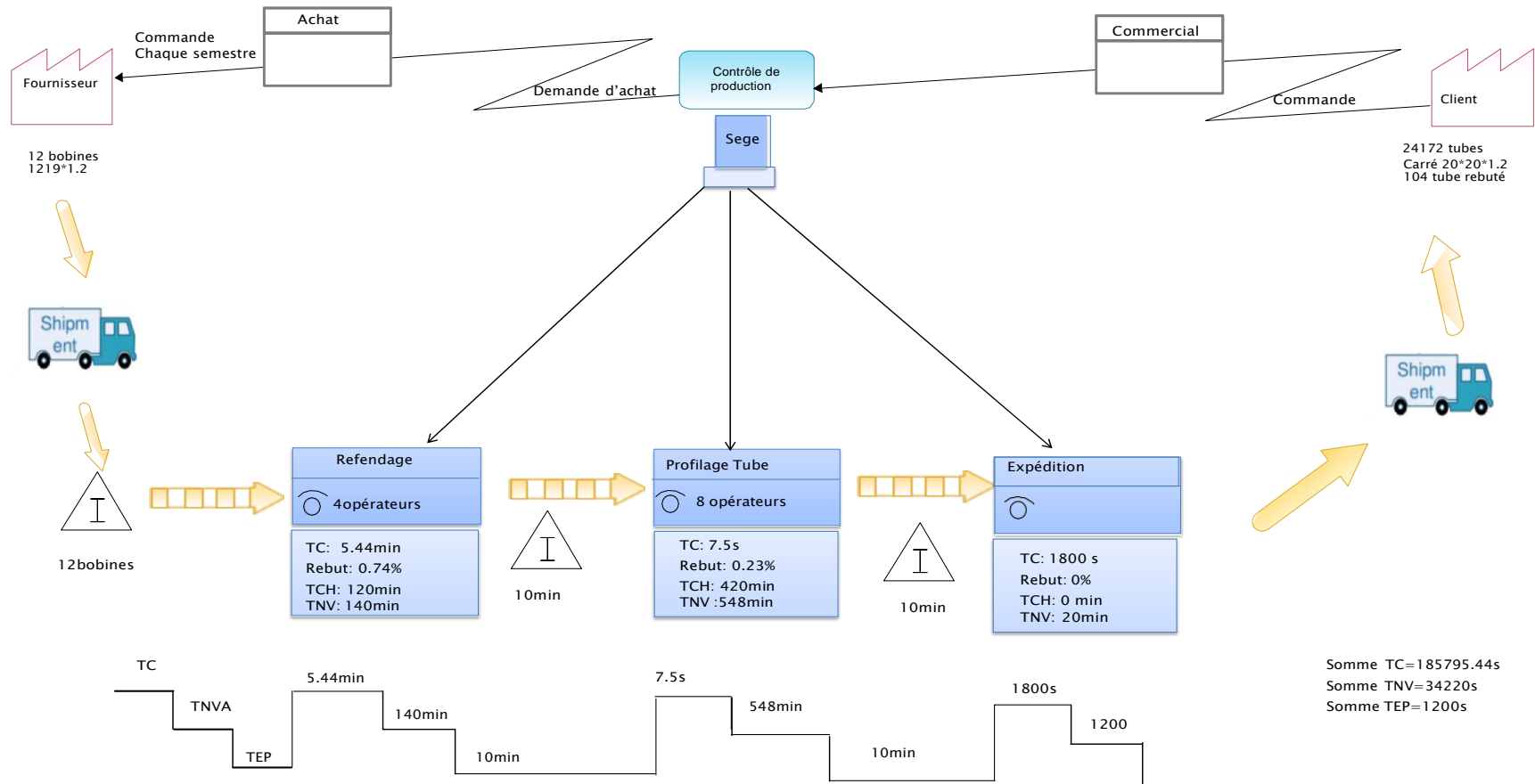


Figure 15 : Cartographie de la Chaîne de valeur VSM à l'état actuel

Chapitre 02 : Etude de l'existant & Diagnostic

2.1 Analyse de la VSM

Le calcul du lead-time a donné le résultat suivant :

- Lead Time = Somme TC + Somme TNVA + Somme TEP
- Lead Time = 185795,44s + 34220 + 1200
- Lead Time = 221215,44s = 3686,924min = 61.44 h

D'après l'analyse préalable de la Value Stream Map (VSM), il a été identifié que la partie profilage est l'étape qui ajoute le plus de temps de non-valeur par rapport aux autres étapes de production. Cela signifie que cette étape est **le goulot d'étranglement** ou la contrainte principale qui limite la performance globale du système et le flux de production.

Afin de comprendre plus en détail les problèmes associés à la partie profilage, nous avons choisi cette étape pour notre analyse approfondie. Cette analyse nous permettra de déterminer l'origine des problèmes spécifiques liés au profilage et de proposer des solutions pour améliorer son efficacité et réduire le temps de non-valeur.

Donc ; Pour répondre à la demande du client, il faut un temps de production prévu de 61,44 heures de la capacité de la ligne de production P120. Cependant, la commande a été produite en réalité à 96 heures, ce qui représente un écart de 34,56 heures. Cet écart indique un temps perdu et une capacité de production insuffisante, entraînant une perte potentielle de revenus estimée de 2514862,08 DA.

Donc à partir de notre analyse de la chaîne de valeur (Value Stream Mapping - VSM) du processus de production de tubes en acier soudé, nous avons identifié plusieurs problèmes ; notamment :

1. Temps perdu excessif : Les périodes où les produits, les matériaux restent inactifs en raison de retards, des dysfonctionnements de machine, le non-respect de procédure de contrôle. Ce temps perdu est un indicateur qui atteste que la capacité de production disponible est non atteinte.
2. Problèmes de qualité : Les défauts, les rebuts ou les erreurs qui se produisent à différentes étapes du processus de production.

D'après nos observations précédentes, nous souhaitons diviser la suite de notre analyse dans le chapitre 3 en deux parties. La première partie se concentrera sur l'étude de la ligne de production P120 afin de déterminer les causes liées à la productivité et la non-atteinte de la capacité de production. La deuxième partie se concentrera sur l'étude des causes qui affectent la qualité des produits et causent une augmentation du taux de défauts, toujours sur la même ligne P120.

Chapitre 02 : Etude de l'existant & Diagnostic

3. Problématique

Comme nous l'avons mentionné avant, nous avons dégagé deux problématiques majeures interdépendantes que rencontre l'unité :

Premièrement, nous faisons face à une perte de productivité causée par des dysfonctionnements fréquents des linges de fabrication. Une série de problèmes liés au fonctionnement du processus entraînent des arrêts de production non planifiés, des temps d'arrêt prolongés et une baisse globale de l'efficacité opérationnelle.

Ces perturbations impactent directement la capacité de production et ne permettent pas de répondre aux demandes des clients de manière rapide et efficace.

Deuxièmement, nous sommes confrontés à un niveau élevé de rebuts, ce qui entraîne des coûts significatifs en termes de matières premières gaspillées, de temps perdu et de coûts de réparation ou de remplacement. La présence de quantités élevées de rebuts indique des problèmes dans notre processus de production, tels que des erreurs de fabrication, des défauts de qualité ou des problèmes de contrôle.

Ces rebuts ont un impact négatif sur la rentabilité et la compétitivité sur le marché.

Conclusion

Après avoir présenté l'entreprise et réalisé une analyse approfondie de la productivité des lignes de profilage par rapport au taux de rebuts sur une période de trois ans, nous avons choisi la ligne P120 qui présente le taux le plus élevé de rebuts. Suite à cela, nous avons réalisé une Value Stream Mapping (VSM) et avons identifié que la partie la plus critique de notre processus de production est le profilage. À partir de cette observation, nous avons formulé notre problématique.



Chapitre 03

Analyse de l'état actuel

Introduction

Dans ce chapitre, notre principal objectif est d'étudier attentivement la situation actuelle, en analysant en détail les diverses anomalies présentes dans notre processus de production. Cette phase d'étude nous permettra d'examiner en profondeur les problèmes identifiés, afin de mieux comprendre leur impact sur la productivité, les coûts, les délais et la qualité des produits. Pour ce faire, nous suivrons plusieurs étapes clés.

Tout d'abord, nous réaliserons une gamme de fabrication et effectuerons une analyse à l'aide de la méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique). Cette approche nous permettra de visualiser et de comprendre clairement le fonctionnement du processus de production, ainsi que d'identifier les problèmes qui y sont associés.

Ensuite, nous procéderons à une analyse approfondie des différents problèmes soulevés lors de l'application de la méthode SADT. Pour faciliter cette étape, nous utiliserons la méthode ABC (Activity-Based Costing) pour classifier ces problèmes en fonction de leur impact sur les coûts, l'efficacité et la qualité.

Enfin, nous identifierons les causes sous-jacentes de ces problèmes en utilisant divers outils d'analyse. Cette étape nous permettra de déterminer les raisons exactes des pertes de productivité et des taux de rebuts élevés.

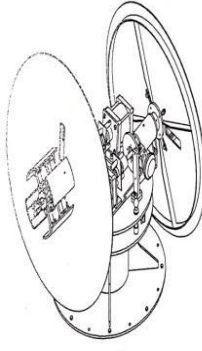
1. Description du procédé de fabrication

Dans le but de faire une analyse approfondie sur la ligne de fabrication P120, et dans le but de bien montrer l'enchaînement des activités de fabrication et leur interaction, ainsi que informations telles que les matériaux nécessaires, les outils et équipements requis et les temps d'exécution pour chaque étape du processus de fabrication, nous avons établi la gamme de fabrication pour toute la chaîne de production de tube en acier jusqu'à l'obtention de produit fini, Aussi en utilisant la méthode SADT, nous avons procédé à la modélisation fonctionnelle de la ligne afin de dégager les défauts qui peuvent surgir dans chaque étape.

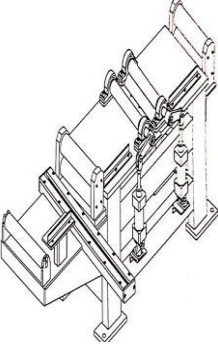
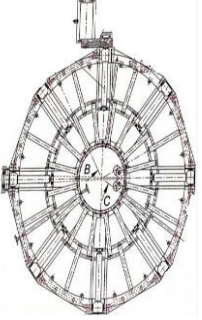
1.1 La gamme de fabrication (Analyse détaillée de procédé de production)

La gamme de fabrication du produit englobe 11 opérations essentielles qui constituent les activités cruciales du processus de production des tubes acier. Ces 11 opérations sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

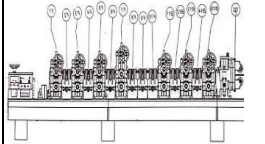
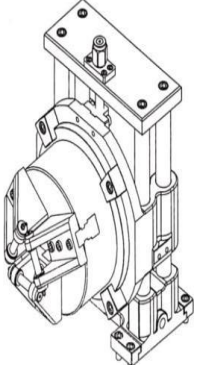
Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

Logo		Nom de pièce :		Capacité de la ligne :	
		Nom du linge : P120		Matière première : Bobine en acier	
Phase	Description	Temps de réalisation	Matériaux	Les outils	
1-Refendage	La bobine est déroulée et coupée en bandes de la largeur requise au programme de production. Après les bobineaux obtenus sont enroulés.	- 9,14min pour pousser la bobine sur la machine - 22,34 pour que la bobine soit refendue	- Une des bobines de 10 tonnes de types : -Bobines LAC, -Bobines LAF -Bobines galvanisées	Machine de refendage	
2-Déroulage	Les bandes en acier laminées sont déplacées pour les installées sur un dérouleur, et de là elles se déplacent vers un dispositif de stockage horizontal.	-2,23min pour pousser le bobineau 7,93min pour dérouler le bobineau	Les bobineaux de largeur précisés	Le dérouleur 	

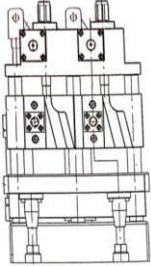
Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

3-Soudage Manuel	Les extrémités des bandes sont successivement soudées entre elles par la méthode de soudage manuelle à la baguette.	2min	Feuillard	Bloc de soudage 
4. Réservoir	Les bobines de feuillards sont déposées sur l'axe de l'accumulateur qui alimente un Réservoir horizontal qui emmagasine vers 3 bobines de feuillards et ce réservoir a comme but d'assurer la continuité du fonctionnement de la machine.	Au cours de production	Feuillard	

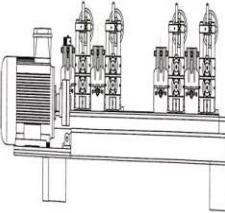
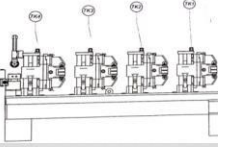
Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

<p>5-Formage</p>	<p>Des rouleaux de moulage spéciaux de différents calibres plient progressivement les bords du métal, donnant aux bandes d'acier une forme de tuyau. On peut deviser cette étape en 3 sous-étape : Craquage Formage en U Formage en O Le tube passe par 16 galets de fourmage pour prendre la forme finale.</p>	<p>3,86s</p>	<p>- Feuillard - lubrifiant</p>	
<p>6- Soudage par induction</p>	<p>Le soudage longitudinal est effectué par des courants à haute fréquence, cette méthode permet d'obtenir la meilleure qualité de joint soudé et d'accélérer le processus de soudage.</p>	<p>Instantanée</p>	<p>- Feuillard - lubrifiant</p>	<p>Post de Soudage par induction</p> 

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

7- Raclage	A l'aide d'un outil ARS (acier rapide supérieur) on élimine les bavures du cordon de soudure sans endommagement de la surface.	Instantanée	- Tube - lubrifiant	Outil de rraclage 
-------------------	--	-------------	------------------------	--

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

<p>8- refroidissement et Calibrage</p>	<p>Le tube étant chaud après le soudage, donc on passe au refroidissement, on utilise un liquide composé de l'eau et lubrifiant. Ensuite le tube passe par le poste de calibrage qui est constitué d'une série des galets afin de : Relaxer les contraintes résiduelles de l'opération de soudage, ainsi de donner le tube une section parfaitement circulaire et lui donner une augmentation de 1.5% dans le diamètre Pour cette opération le tube passe par 4 galets de calibrage.</p>	<p>7,03s</p>	<p>- Tube - lubrifiant</p>	
<p>9- Dimensionnement et dressage</p>	<p>Ce poste est constitué d'une série de galets qui a comme but de donner la forme finale aux tubes forme (TUBE CARRÉ, ROND ou RECTANGULAIRE) Pour cette opération le tube passe par 4 têtes turques.</p>	<p>1,92s</p>	<p>- Tube - lubrifiant</p>	
<p>10- Tronçonnage</p>	<p>Le tube passe au robot de tronçonnage programmable qui exécute des coupes transversales prédéfinis effectuées par une scie</p>	<p>10s</p>	<p>Tube soude</p>	<p>Chariot de tronçonnage</p>

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

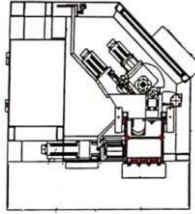
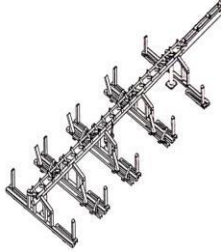
	circulaire en automatique selon la longueur désirée à l'aide des mors qui se ferment autour du tube lors du tronçonnage.			
11. Bottelage des tubes	Dans cette étape une ligne d'emballage qui regroupe les tubes parvenant du robot de tronçonnage sous forme de fardeaux pour quels soient transportés par la suite vers l'atelier de stockage à l'aide des ponts roulants.	8s	-Tube soudé	Table de regroupement des tubes 

Tableau 6 : représente la gamme de fabrication

Source : le tableau est fait par nous même

Après bien montrer l'enchaînement des activités des lignes de fabrications dans gamme de fabrication. On utilise la méthode SADT pour dégager et d'identifier les dysfonctionnements qui surgissent dans chaque phase.

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

1.2 Analyse de SADT (Structured Analysis and Design Technique)

Produit	Etape de réalisation	
Tube	AI-partie de refendage (préparation MP)	AI1- déroulage AI2- Refendage AI3- Enroulement
	AII- partie de profilage	AII1- déroulage AII2-soudage AII3- réservoir AII4- formage AII5- Soudage par induction AII6- Raclage AII7- Refroidissement AII8- Calibrage AII9-dimensionnement, et dressage AII10- tronçonnage AII11- Bottelage des tubes

Tableau 7 : Les étapes de la production des tubes.

Le tableau 7 illustre la décomposition fonctionnelle de la ligne de fabrication du tube soudé, en une représentation générale. La ligne se décompose de deux sous-étapes ou composants (AI, AII), avec le flux de données sur les actions réalisées à chaque composant. L'analyse de ces derniers nous permet la compréhension de la fabrication du tube soudé à partir de la matière première (MP) jusqu'à l'obtention du produit fini (PF).

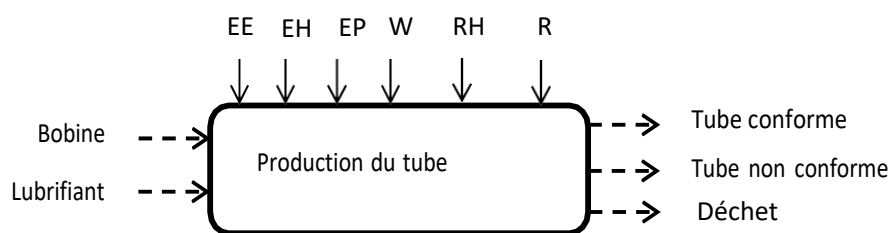


Figure 16 : diagramme de la production du tube

- EE : Energie électrique
- EP : Energie pneumatique
- EH : Energie hydraulique
- W : contrainte résiduelle
- RH : Ressources humain

1.2.1 Partie A : les étapes de préparation tube

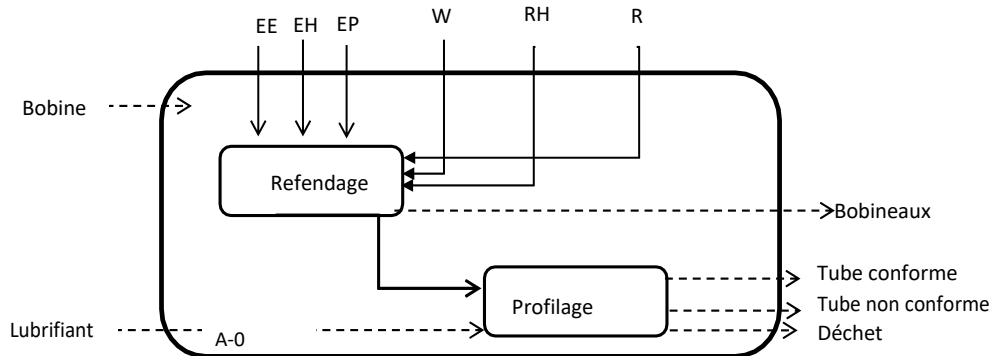


Figure 17 : Diagramme A-0 du SADT

Diagramme A-0 : C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant A-0 qui est les étapes de production du tube soudé. Il est lui-même décomposé de deux composants AI et AII. C'est le signal de préparation MP

1.2.1.1 Partie AI : partie de refondage (préparation matière première)

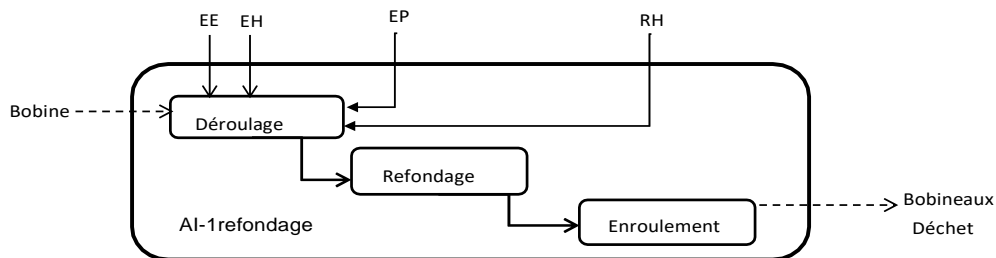


Figure 18 : diagramme AI-1 du SADT



Diagramme AI-1 : c'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AI-1 qui est le refondage de la bobine. Il est lui-même décomposé de trois composants.

1.2.1.2 Partie AII : partie de profilage

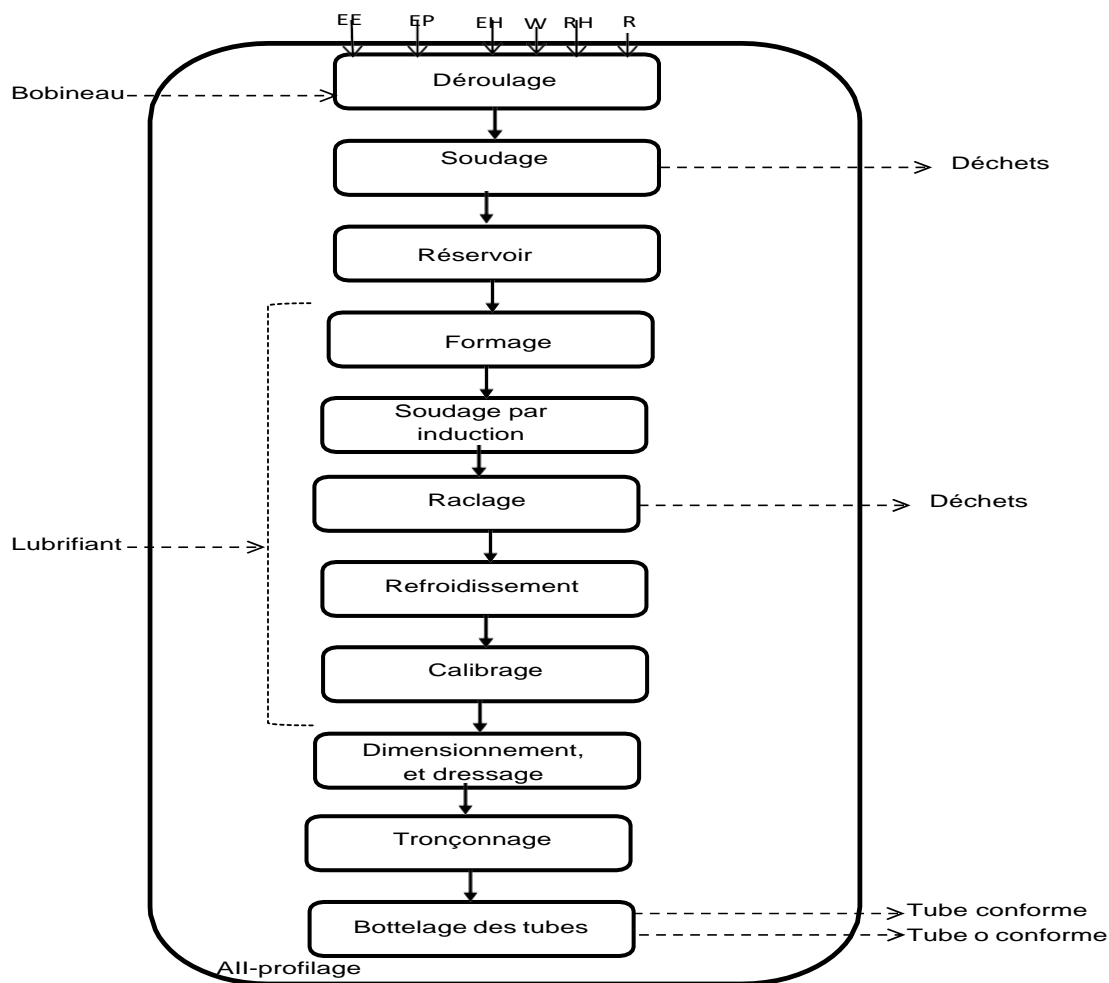


Figure 19 : Diagramme AII du SADT

Diagramme AII : C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII qui est les étapes de production du tube soudé. Il est lui-même décomposé de onze composants.

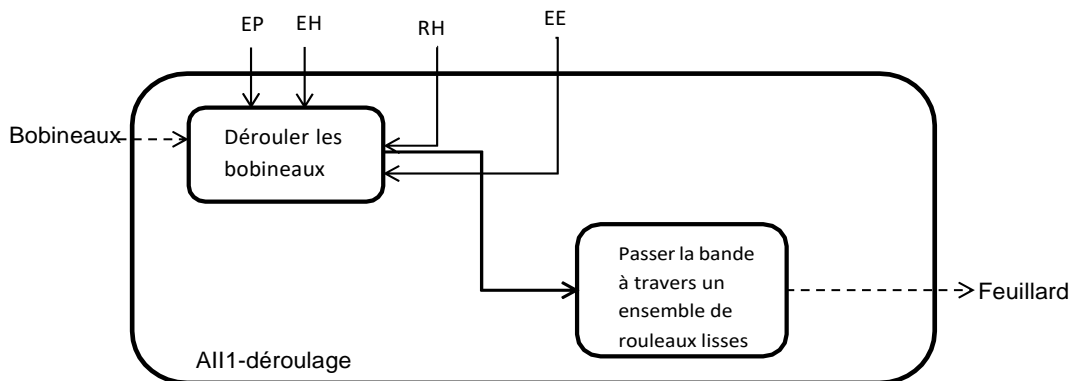


Figure 20 : Diagramme AIII1 du SADT



Diagramme AII1 : C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII qui est l'étape qui déroule la bobine à l'extrémité obtenue une bande.

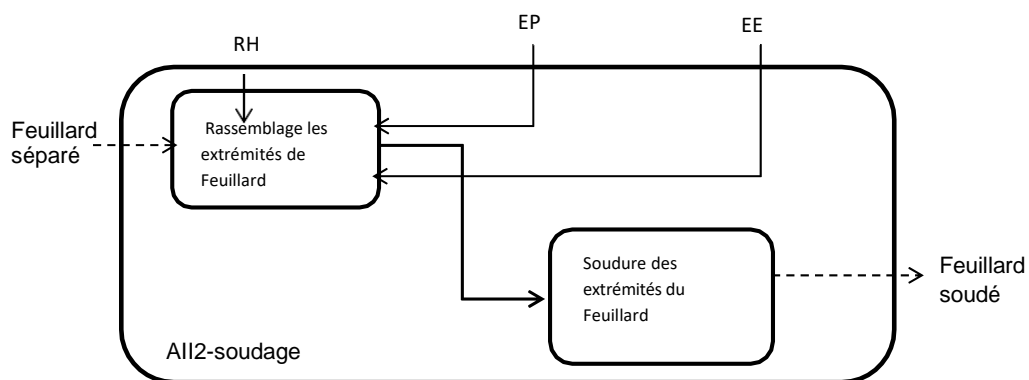


Figure 21: Diagramme AII2 du SADT



Diagramme AII2 : C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII2 qui est l'étape qui soude l'extrémité du feuillard obtenu une Feuillard Soudé.

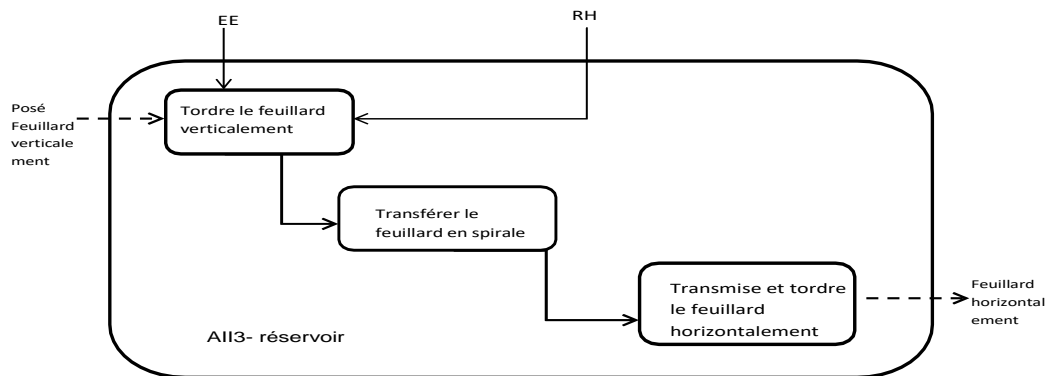


Figure 22 : Diagramme AII3 du SADT

Diagramme AII3 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII3 qui est l'étape de Transition et tordre le feuillard horizontalement.

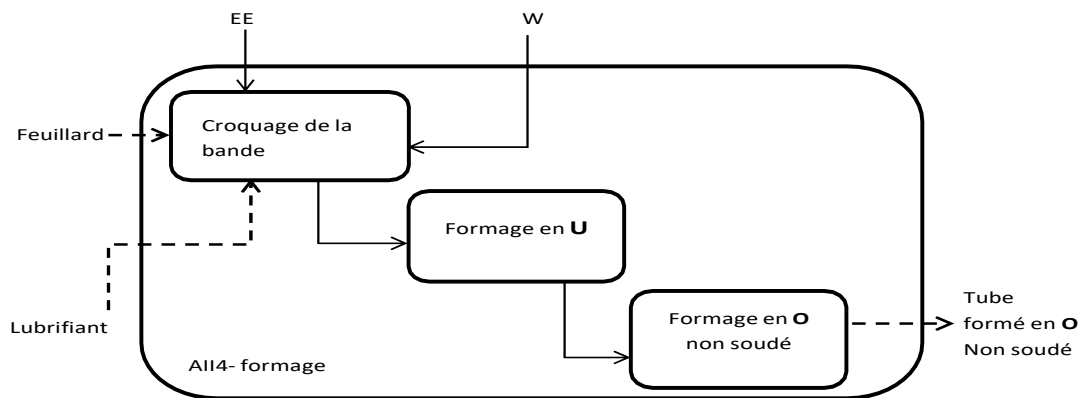


Figure 23 : Diagramme AII4 du SADT



Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

Diagramme AII4 : C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII4 qui est l'étape de forme le feuillard en tube non soudé.

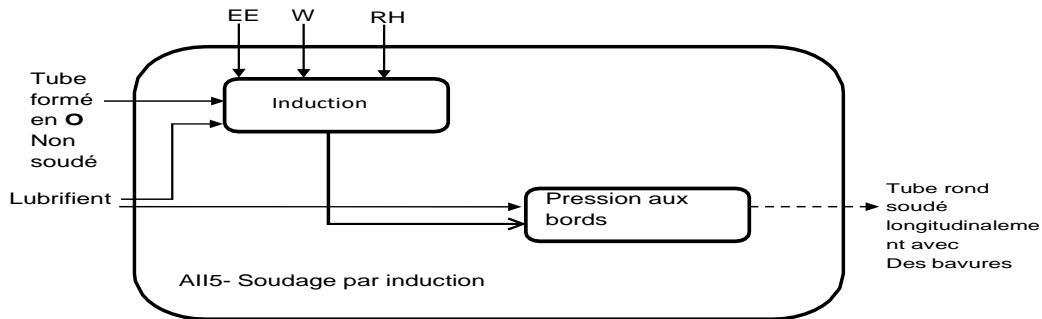


Figure 24 : Diagramme AII5 du SADT

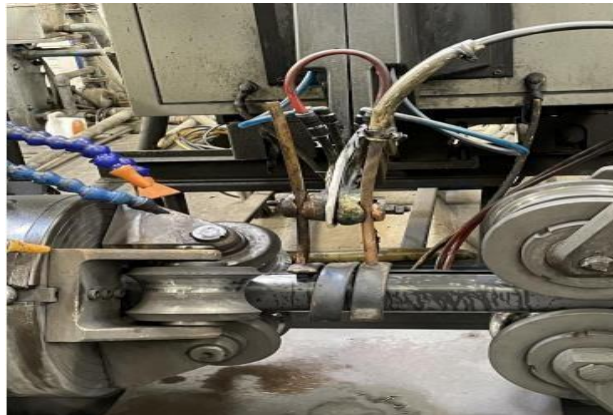


Diagramme AII5 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII5 qui est le Soudage par induction.

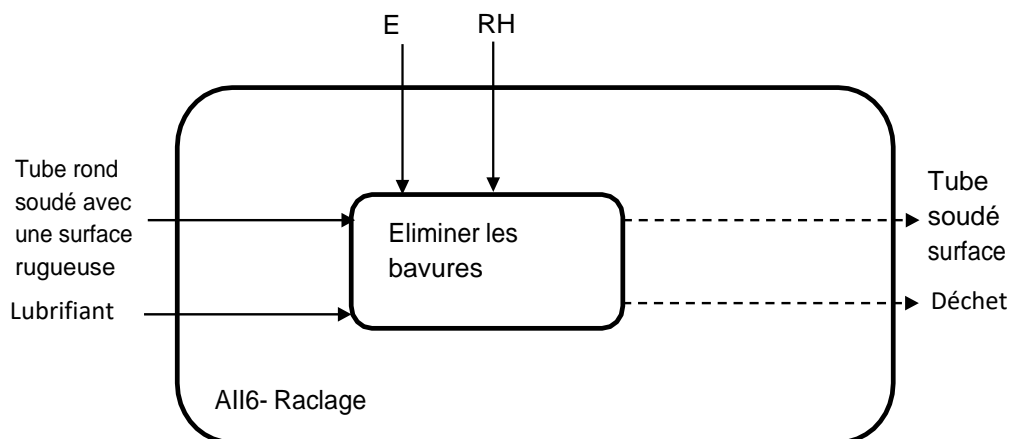


Figure 25 : Diagramme AII6 du SADT

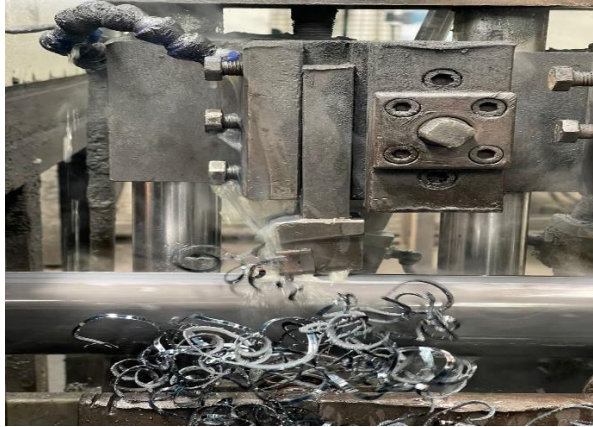


Diagramme AII6 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII6 qui est le raclage.

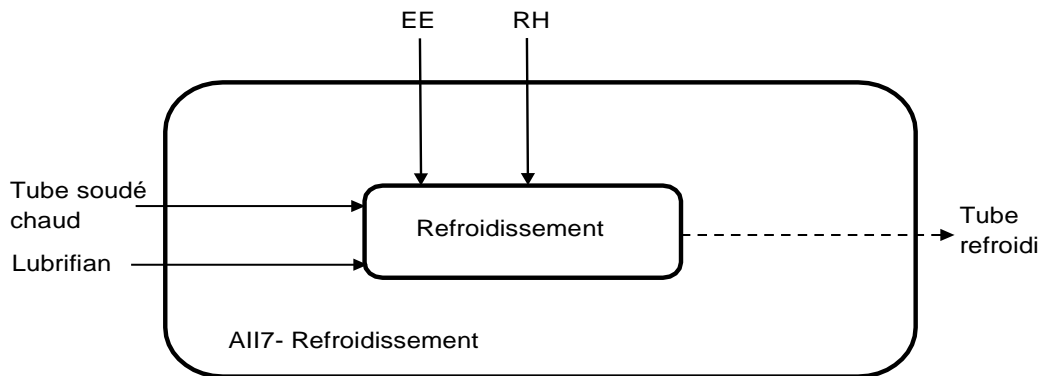


Figure 26 : Diagramme AII7 du SADT



Diagramme AII7 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII7 qui est le refroidissement.

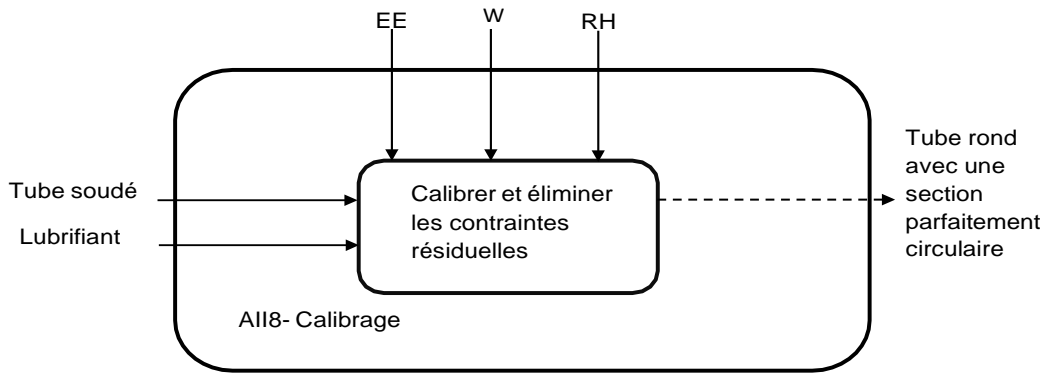


Figure 27 : Diagramme AII8 du SADT



Diagramme AII8 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII8 qui est le calibrage.

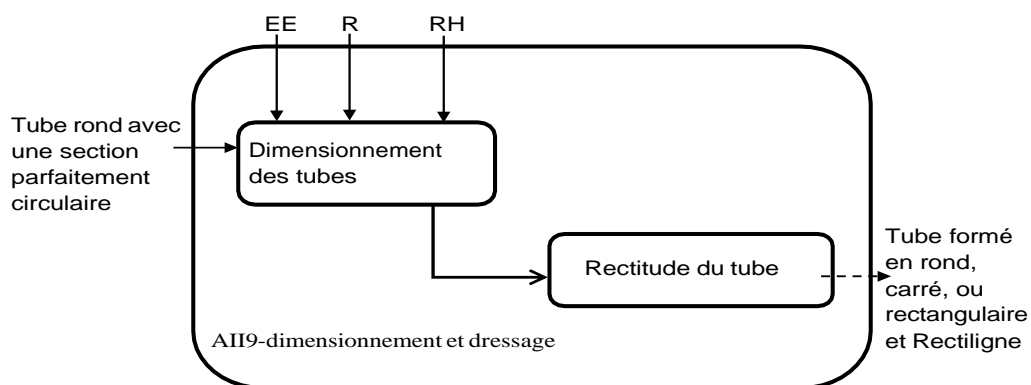


Figure 28 : Diagramme AII9 du SADT

Diagramme AII9 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assurées par le composant AII9 qui est le dimensionnement et dressage. Il est lui-même décomposé de deux composants.

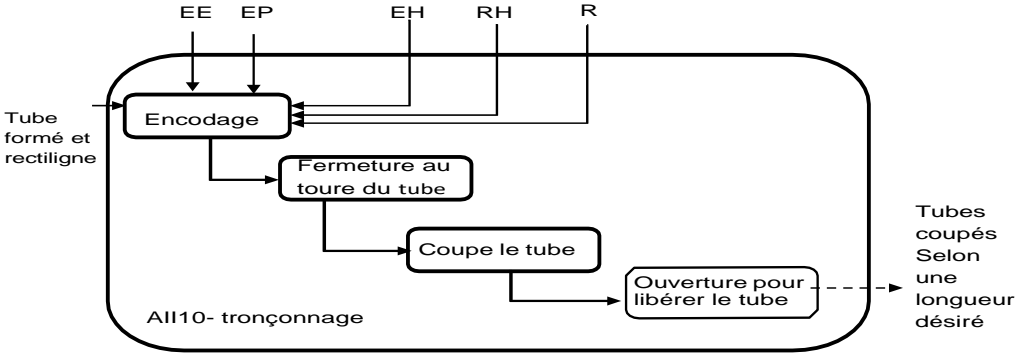


Figure 29 : Diagramme AII10 du SADT



Diagramme AII10 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assuré par le composant AII9 qui est le dimensionnement et dressage.

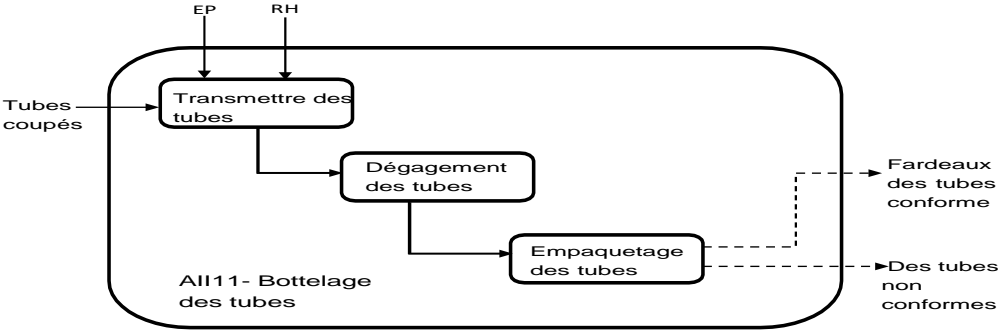


Figure 30 : Diagramme AII11 du SADT



Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

Diagramme AII11 :

C'est la représentation de l'ensemble des fonctions assuré par le composant AII9 qui est le dimensionnement et dressage.

1.2.2 Analyse sur l'état actuel

La modélisation fonctionnelle de la ligne de fabrications par la méthode SADT, en plus de la gamme de fabrication réalisée, nous ont permis de comprendre le processus de fabrication des tubes au niveau de l'atelier. D'après nos observations réalisées, nous avons pu dégager les problèmes qui surviennent dans chaque étape du processus. Ces problèmes sont donnés dans le tableau suivant :

Etape de processus		Problème	
Refendage		-les arrêts non programmée (électrique, pneumatique et hydraulique)	AP
		-usure prématuré des couteaux	UPC
Profilage	Réservoir	- usure des rouleurs	UR
		- endommagement des roulements	ERR
		-Panne cordon accumulateur	PCA
	Formage	- l'usure prématurée des gales	LGF
		- l'endommagement des axes	EAF
		- l'endommagement des roulements	ERF
		- l'endommagement des vis /écrous de réglage (supports des galets et têtes)	RGF
	Soudage par induction	-Problème d'induction	PI
		- éloignement de l'angle de coupe	ONC
		-l'usure prématurée de gales	LGS
		-l'endommagement des axes	EAS
		- l'endommagement des roulements	ERS
		- L'endommagement des vis écrous de réglage Supports des galets et têtes de soudeur	RGS
	Raclage	-l'endommagement de vis /écrous de réglage	RGR
	Refroidissement	-Bourrage au niveau du canal de refroidissement	BR
	Calibrage	- L'usure prématurée des gales	LGC
		- L'endommagement des axes	EAC
		- L'endommagement des roulements	ERC
		-L'endommagement des vise/ écrous de Réglage (supports des galets et têtes)	RGC
	Dimensionnement et dressage	-L'usure prématurée des gales	LGD
		- L'endommagement des axes	EAD
		- L'endommagement des roulements	ERD
		- L'endommagement des vis écrous de Réglage Supports des galets Dimensionnement	RGD
	Tronçonnage	<ul style="list-style-type: none"> -Scie abimé - Scie cassée - Blocage des mors - Panne au moteur 	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; font-size: 2em;">}</div> Arrêt de tronçonnage

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

Bottelage des tubes	-Mouvais bottelage	MB
	-Mauvais gerbage	MG
	-Blocage table d'arrangement	BTA

Tableau 8 : Problèmes dégagés suite à notre analyse.

Nous signalons que tous ces problèmes sont à l'origine de défauts de fabrication enregistrés et qui se matérialisent par des tubes non conformes (rebut) que la société revend en tant que produit de second choix (de moindre qualité) à un prix 50% moins cher que le prix de vente initial d'un produit de qualité. D'un autre côté ces problèmes provoquent aussi des arrêts et ralentissent ainsi la productivité en raison de la sous-utilisation de la capacité de production.



Figure 31 : des pièces défectives

2. Analyse sur la perte de productivité

2.1. Analyse de la capacité de production réelle par rapport à la capacité théorique

Pour mieux comprendre l'écart de production, nous avons examiné les données de production des mois de janvier et février 2023. Nous avons comparé la quantité réellement produite avec la capacité de production pendant cette période. Cette analyse nous permettra d'identifier la différence entre ce qui a été effectivement produit et la capacité de production prévue pour ces mois spécifiques.

Le graphique ci-dessous présente l'écart moyen par semaine entre l'objectif de production et la production réelle du tube en acier soudé. (Figure 22 et 23).

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

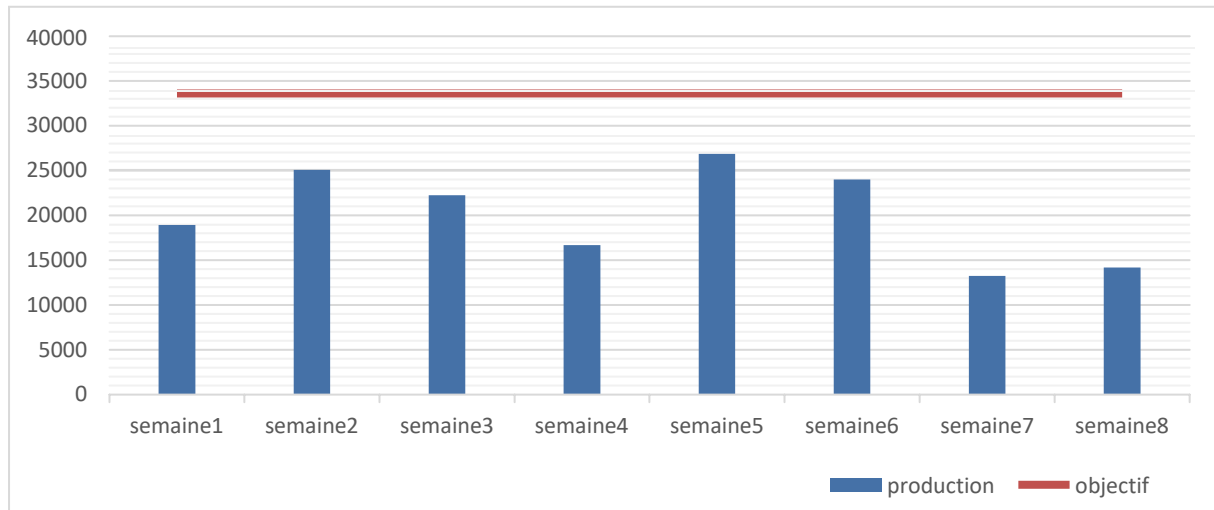


Figure 32 : Diagramme l'écart entre l'objectif de production et la production réelle

La ligne P120 a une capacité de production de 48m/min qui est l'équivalent de 38400 tubes par semaine

Les semaines	La production /tube	La capacité / tube	L'écart en tube	Le manque à gagné en DA
Semaine1	18937	38400	19463	2940080,78
Semaine2	25086	38400	13314	2011212,84
Semaine3	22266	38400	16134	2437202,04
Semaine4	16694	38400	21706	3278908,36
Semaine5	26870	38400	11530	1741721,8
Semaine6	24006	38400	14394	2174357,64
Semaine7	13263	38400	25137	3797195,22
Semaine8	14179	38400	24221	3658824,26

Tableau 9 : Analyse du coût de manque à gagner dû à l'écart de production

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

D'après cette analyse, nous avons conclu qu'il y a un écart moyen de 18 237 tubes non produits par semaines par rapport à la capacité disponible, ce qui équivaut à une perte de 38 heures équivaut à un manque à gagner de 2754881,22DA de production par semaine. De plus, nous avons constaté que la ligne n'a pas atteint son objectif de production.

L'origine de l'écart de 8 heures et 15 minutes minimum est principalement due au temps prolongé de changement de série, qui se répète d'une à deux fois par semaine en fonction du programme de production. Cela est dû au fait que la ligne P120 est utilisée pour produire trois types de tubes différents (carrés, rectangulaires et ronds) avec des épaisseurs variables. Dans le but d'améliorer ce long temps de changement, nous allons entreprendre une étude approfondie afin d'identifier les causes et les opportunités d'amélioration qui sera présentée dans le chapitre 4.

2.2 Analyse de l'impact des problèmes de machines sur la productivité.

Durant nos visites à l'usine de fabrication de tubes en acier soudé, et suite aux réponses fournies par l'ingénieure qualité de la société, ainsi qu'à notre étude sur l'historique de production des années 2021 et 2020 tirés à partir des registres disponibles, nous avons identifié les principaux problèmes mentionnés précédemment dans le chapitre précédent de l'analyse SADT. Afin d'évaluer leur impact sur la productivité de la production, nous avons pour chaque problème, relevé leur fréquence pendant l'année, le temps perdu, et le manque à gagner, synthétisé dans les tableaux ci-dessous.

• Analyse les problèmes du 2021

Problème de 2021				
Problème de machine	Fréquence	Temps	Temps totale	Manque à gagner DA/KG
LGS	2	30min	60	387853,44
LGC	1	30min	30	193926,72
LGD	10	30min	300	1939267,2
EAF	13	90min	1170	7563142,08
EAS	2	15min	30	193926,72
EAC	2	90min	180	1163560,32
ERF	7	15min	105	678743,52
ERS	9	90min	810	5236021,44
ERC	1	30min	30	193926,72
ERD	5	20min	100	646422,4
RGD	64	15 min	960	6205655,04
RGS	119	15min	1785	11538639,84
RGF	76	15min	1140	7369215,36

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

RGC	19	15min	285	1842303,84
BR	39	60min	2340	15126284,16
ERB	4	15min	60	387853,44
AT	92	165min	2334	10084189,44
BTA	29	30min	870	5623874,88
PI	18	60min	1080	6981361,92
PCA	10	120min	1200	7757068,8

Tableau 10 : analyse de problème de 2021

- **Analyse les problèmes du 2022**

Problème de 2022				
Problème de machine	Fréquence	Temps /min	Temps totale/min	Manque à gagner DA/KG
LGS	4	30min	120	775706,88
LGC	4	30min	120	775706,88
LGD	55	30min	1650	10665969,6
EAF	47	90min	4230	27343667,56
EAS	1	15min	15	96963,36
EAC	4	90min	360	2327120,64
ERF	2	90min	1800	11635603,2
ERS	12	15min	180	1163460,32
ERC	2	90min	1800	11635603,2
ERD	13	30min	390	2521047,36
RGD	76	20min	1520	9825620,48
RGS	140	15 min	1200	13574870,4
RGF	37	15min	555	3577644,32
RGC	22	15min	330	2133193,92
BR	25	60min	1500	9696336
ERB	15	15min	225	1454450,4
AT	169	165min	3513	3102827,52
BT	30	30min	900	5817801,6
PI	16	60min	960	6205655,04
PCA	7	120min	840	5429948,16

Tableau 11 : analyse de problèmes de 2022

D'après ces données, nous ne constatons que la ligne P120 présente des pertes significatives de productivité, comme indiqué dans le tableau ci-dessous pour les années étudiées.

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

Année	Temps de non productivité	Manque à gagner en DA
2021	248heurs	79380670,7
2022	370heurs	128595737

Tableau 12 : Récapitulatif de temps de non productivité

Parmi les 11 problèmes, et afin de les différencier et de voir lesquels ont un impact plus négatif sur la production, il y a lieu de les classer pour identifier les problèmes les plus prenants en termes de temps et de coûts, en appliquant la méthode ABC.

2.3 Application de la méthode Pareto (ABC)

Suite au diagnostic réalisé précédemment, et afin de bien classer les problèmes de la société, on applique la méthode ABC en utilisant un critère de temps. Ce classement va nous permettre de classer et d'identifier les 80% des problèmes provoquant un manque de productivité.

Analyse Pareto des problèmes de 2021

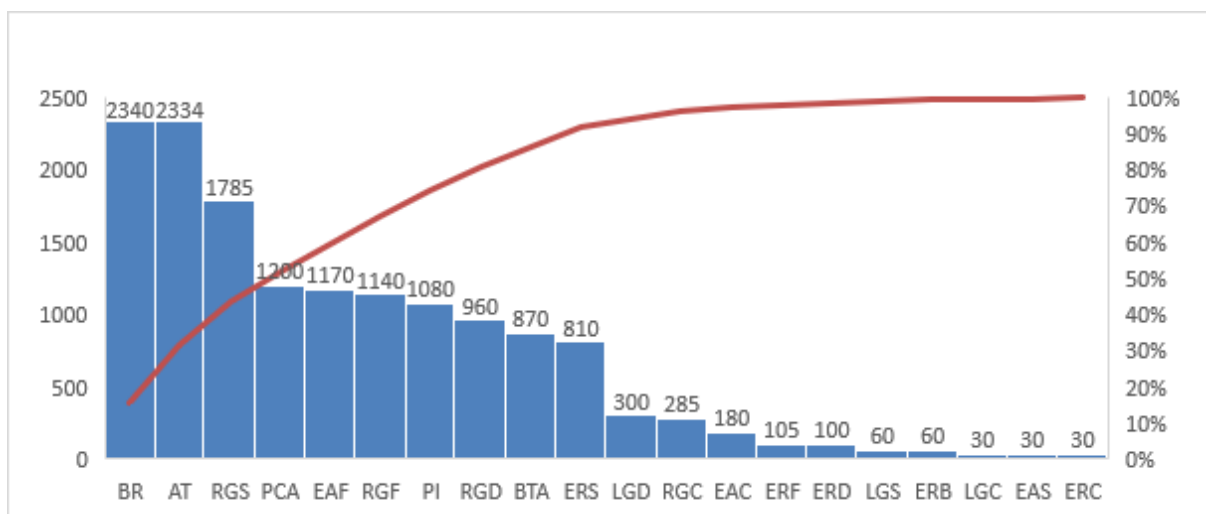


Figure 33 : Pareto de temps d'arrêt de 2021

Après avoir analysé le diagramme de Pareto pour l'année 2021, nous avons identifié les problèmes responsables de 80% des arrêts de production (en termes de temps) au sein de l'entreprise. Ces problèmes comprennent :

1. Bourrage au niveau du canal de refroidissement (BR)
2. Arrêt de tronçonnage (AT)
3. Endommagement des vis écrous de réglage des supports des galets et des têtes de soudage
4. Panne du cordon accumulateur (RGS)
5. Endommagement des axes de la formeuse (EAF)

Analyse Pareto des problèmes de 2022

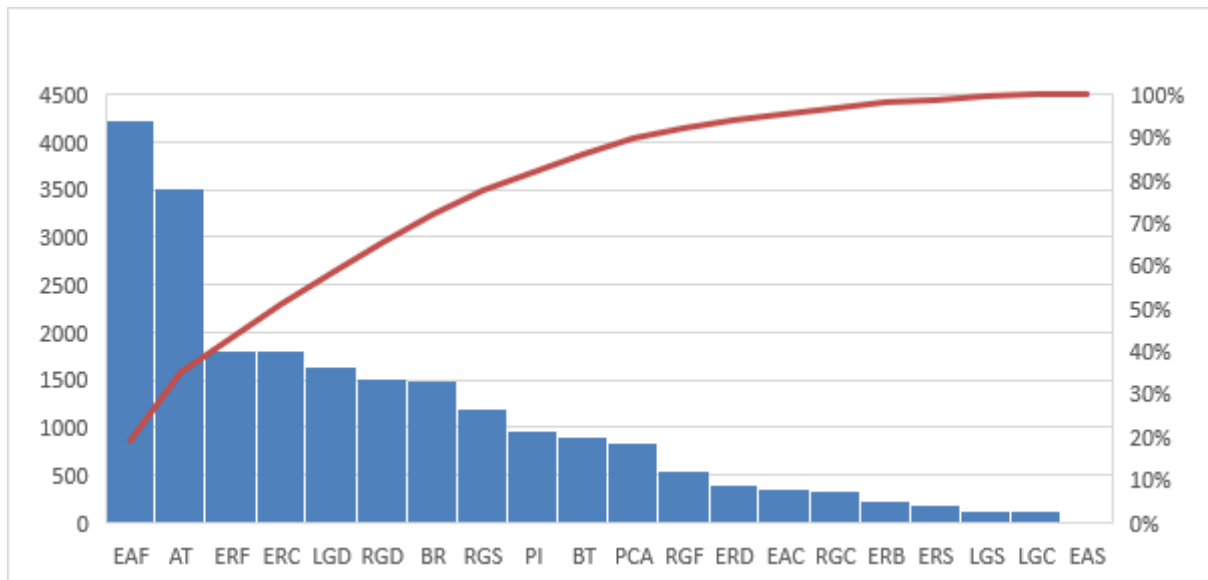


Figure 34 : Pareto de temps d'arrêt de 2022

Après avoir analysé le diagramme de Pareto, nous avons identifié les problèmes responsables de 80% des arrêts de production (en termes de temps) au sein de l'entreprise. Ces problèmes comprennent :

1. L'endommagement des axes de la formeuse (EF)
2. Arrêt de tronçonnage (AT)
3. L'endommagement des roulements de la formeuse (ERF)
4. L'endommagement des roulements de la calibreuse (ERC)
5. Usure prématurée des galets de dimensionnement (LGD)

Des analyses des diagrammes de Pareto des deux années, nous pouvons arrêter les causes responsables de 80% des pertes de ligne de production P120.

Ces causes comprennent :

1. L'endommagement des axes de la formeuse (EF)
2. Arrêt de tronçonnage (AT)
3. L'usure prématurée des galets de dimensionnement (LGD)
4. L'endommagement des roulements de la formeuse (ERF)
5. L'endommagement des roulements de la calibreuse (ERC)
6. Bourrage au niveau du canal de refroidissement (BR)
7. L'endommagement des vis écrous de réglage, supports des galets et têtes de soudage (RGS)

On conclut que problèmes doivent être traités de manière prioritaire afin de réduire les temps d'arrêt et d'améliorer la productivité globale de l'entreprise.

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

3. Analyse des causes des différents types de rebuts

Après avoir analysé la ligne de production P120 chez NATRA TUBE, nous avons constaté qu'elle génère en moyenne 27 tonnes de rebuts par an. Lorsque nous prenons en compte les quatre lignes de production, le total des rebuts s'élève à 123,82 tonnes par an. Cette estimation inclut les rebuts de toutes les lignes, et pas seulement de la ligne P120. Ces rebuts représentent une perte financière estimée à 9 3521244.6 DA pour les quatre lignes par an. Il est donc crucial de mettre en place des mesures pour réduire ces rebuts. Pour ce faire, nous avons réalisé une analyse approfondie des causes de ces rebuts basée sur l'analyse SADT, aussi des pourcentages de rebut sont estimés selon les connaissances de l'ingénieur qualité en raison du manque d'informations précises.

Type de rebuts (déclassé)	Les causes de rebuts(déclassé)	Pourcentage de rebut estimé par l'ingénieur de qualité
Tube déformé géométriquement	<ul style="list-style-type: none"> -La qualité du refendage (largeur de feuillard instable) -Le mauvais réglage -l'usure des galets -axes défectueuses -roulements défectueuse -l'endommagement des têtes - l'endommagement des supports galets -les problèmes de tronçonnage - lubrifiant contaminé -le non-respect de procédure de contrôle qualité -Communication inefficace entre les équipes -Absence de procédure de contrôle qualité a suivi 	20% de déclassé annuel
Tube non aligné de défaut de rectitude (De cas des tubes carrés et rectangulaires non récupérables)	<ul style="list-style-type: none"> -le mauvais réglage : au niveau calibreuse, dimensionnement - l'usure des galets -axes défectueuses -roulements défectueuse - l'endommagement des têtes - l'endommagement des supports galets - lubrifiant contaminé -le non-respect de procédure de contrôle qualité 	30% de déclassé annuel

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

<p>Tube de soudure non conforme :</p> <ul style="list-style-type: none"> -tube non soudé -soudure discontinue -une faible soudure 	<ul style="list-style-type: none"> -La qualité du refendage (largeur de feuillard instable, la qualité de coupe au cours de refendage) -le mauvais réglage : au niveau de soudure et de calibreuse - le mauvais montage de système d'induction (impudeur +inducteur) - l'usure des galets (Formeuse +soudure) -les axes (formeuse soudure) Défectueuse - l'endommagement des têtes formeuse - l'endommagement des supports galets Soudure -le mauvais paramétrage de soudure -les arrêts non programmé - lubrifiant contaminé -Communication inefficace entre les équipes -Absence de procédure de contrôle qualité a suivi 	<p>48% de déclassé annuel</p>
<p>Rebut due au mauvais stockage</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvais bottelage -Mauvais gerbage -Absence de procédure de contrôle qualité a suivi 	<p>2%</p>

Tableau 13 : types de rebut

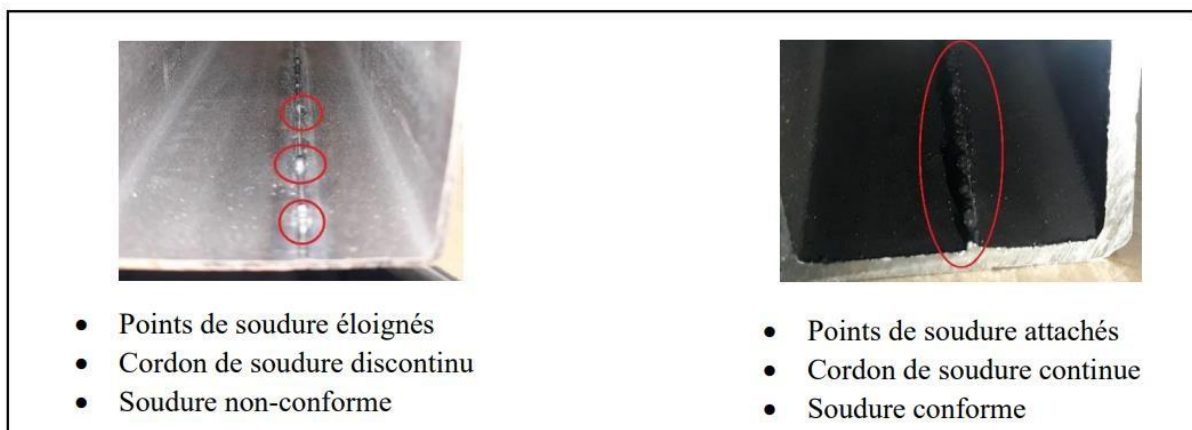


Figure 35 : Soudure conforme et non-conforme

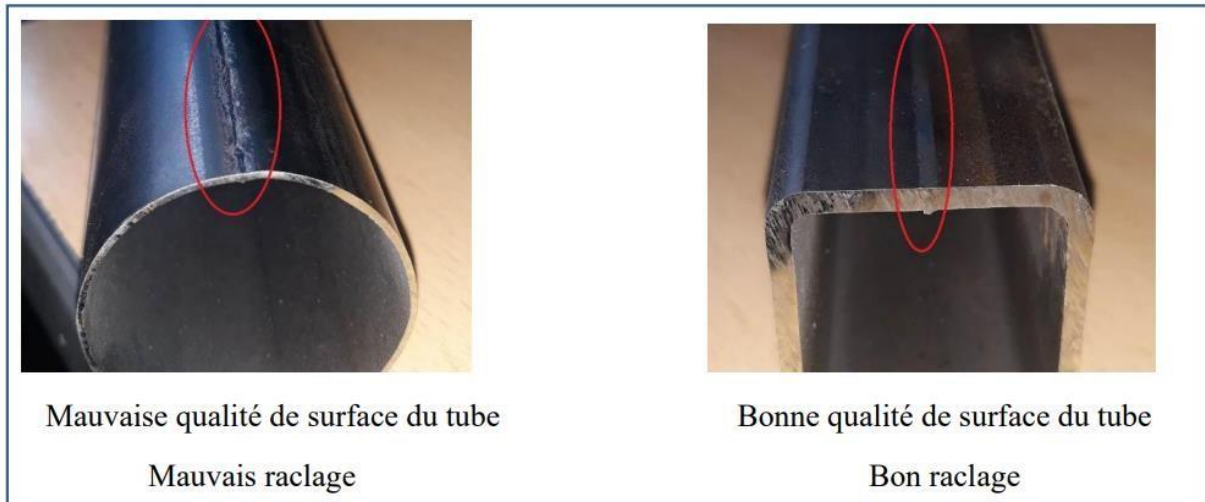


Figure 36 : La qualité de la surface extérieure des tubes

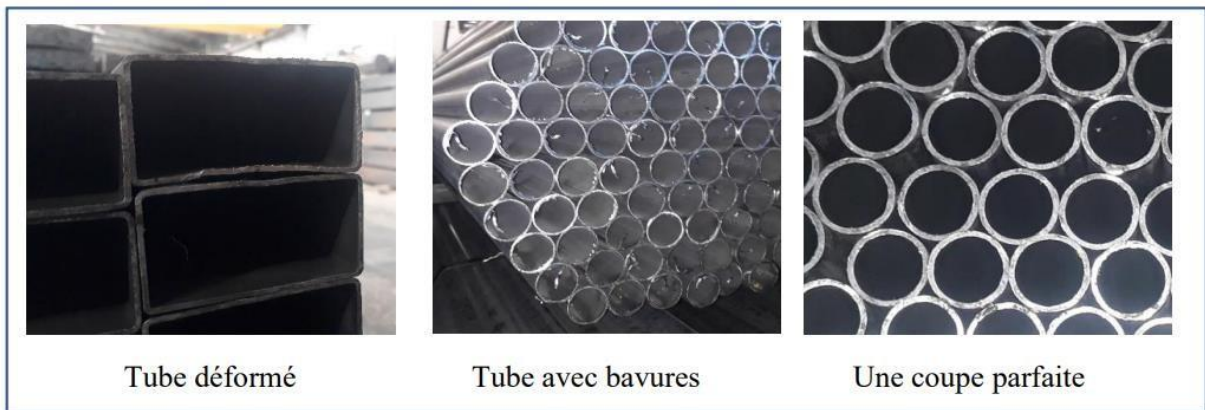


Figure 37 : La qualité de coupe

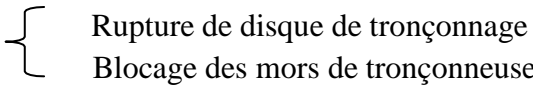


Figure 38 : La qualité de bottelage et de gerbage

Donc, L'analyse des problèmes liés aux différents types de rebuts de tubes en acier soudé revêt une importance capitale pour améliorer la qualité et l'efficacité du processus de production. En identifiant les causes spécifiques des rebuts tels que les problèmes de soudure, les défauts dimensionnels et les déformations géométriques, nous pouvons cibler des axes d'amélioration essentiels que nous avons mentionné dans la partie dédiée à l'amélioration, en utilisant la méthode AMDEC.

4. Diagramme Ishikawa

L'analyse des différents types de rebuts produits par la ligne de production nous a permis de comprendre les causes de ces rebuts. En parallèle, nous avons également examiné les problèmes survenus en 2021 et 2022 qui ont entraîné des arrêts et des ralentissements de la production. À la suite de cette analyse, nous avons conclu qu'il existe un lien entre ces deux aspects, car les problèmes qui affectent la qualité des tubes ont également un impact sur la productivité de la ligne. Les principaux problèmes identifiés sont les suivants :

- Usure prématurée des galets de la formeuse, de la soudure et du dimensionnement.
- Dommages aux axes de la formeuse, de la soudure et du dimensionnement.
- Dommages aux roulements de la formeuse, de la soudure et du dimensionnement.
- Problème de tronçonnage 

Ces problèmes contribuent à la production de rebuts et ont un effet négatif sur la qualité des tubes ainsi que sur la productivité globale de la ligne de production.

Afin de bien cerner les causes des problèmes de ligne de production de profilage, il est nécessaire de réaliser un diagramme d'Ishikawa. Ce dernier nous a permis d'identifier les causes génératrices de ce problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent cet effet

Dans notre cas on applique le principe de 7M (Matière, Machine, Méthodes, Main d'œuvre, Management, Milieu, Moyen financier) pour trouver les causes des problèmes trouvés.

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

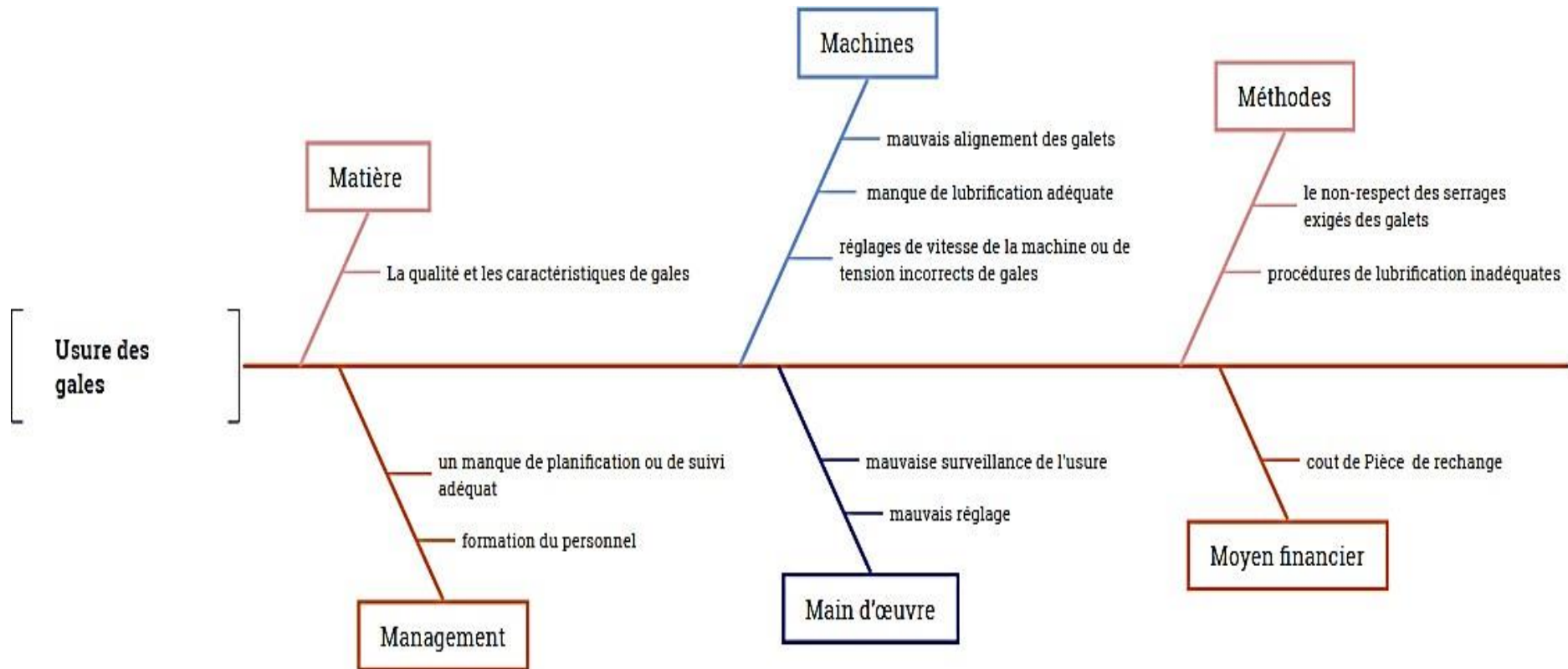


Figure 39 : diagramme Ishikawa d'usure des galets

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

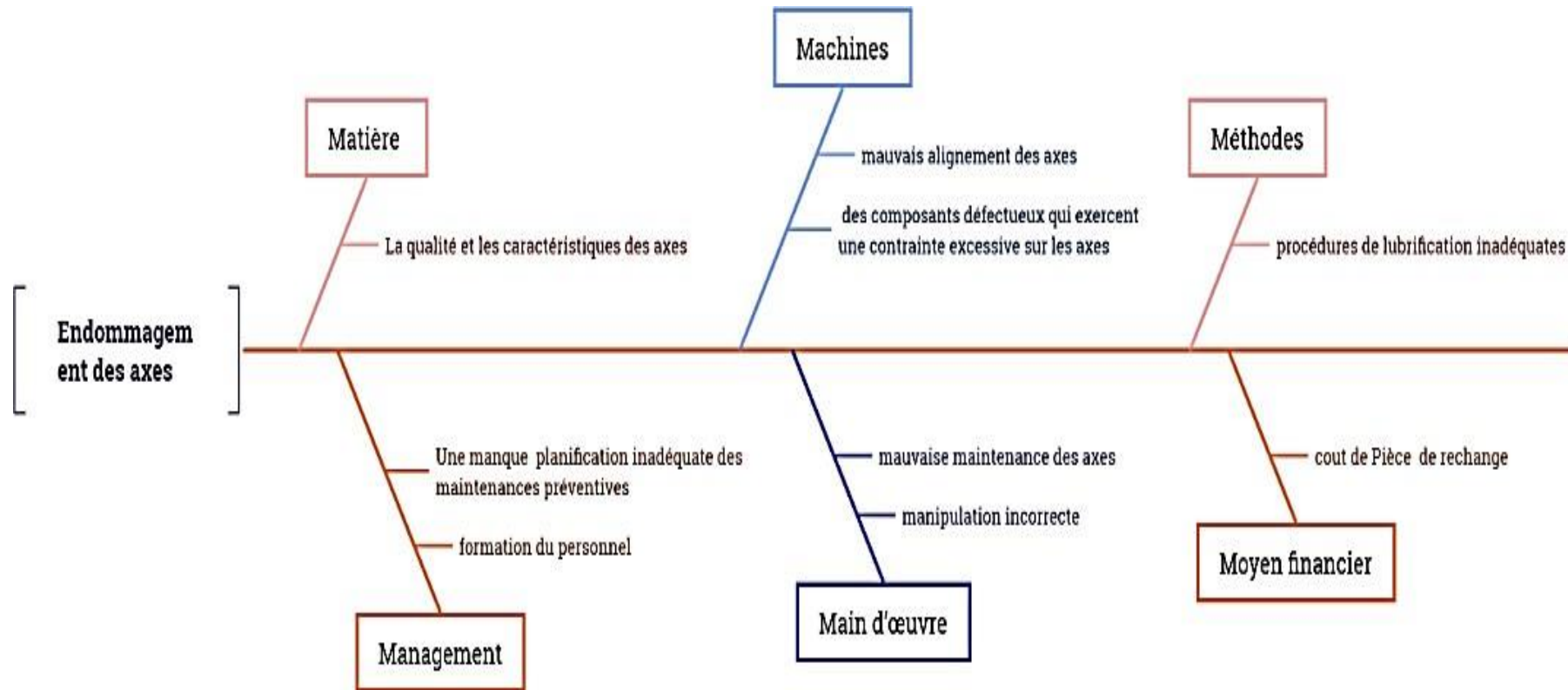


Figure 40 : diagramme Ishikawa d'endommagement des axes

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

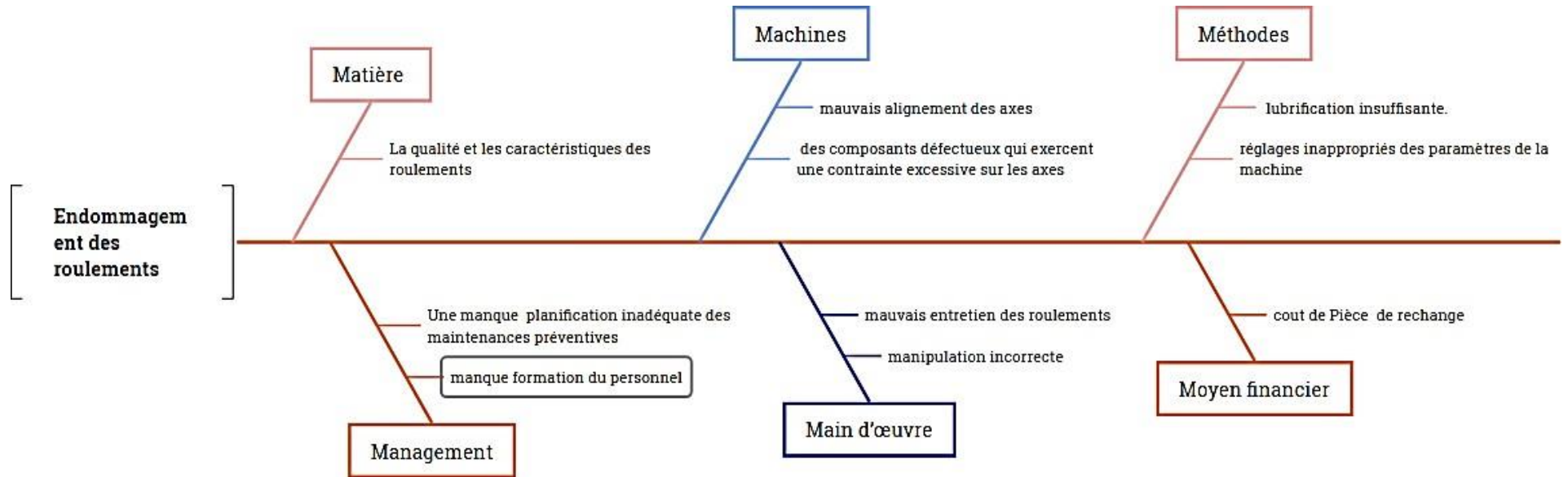


Figure 41 : diagramme Ishikawa d'endommagement des roulements

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

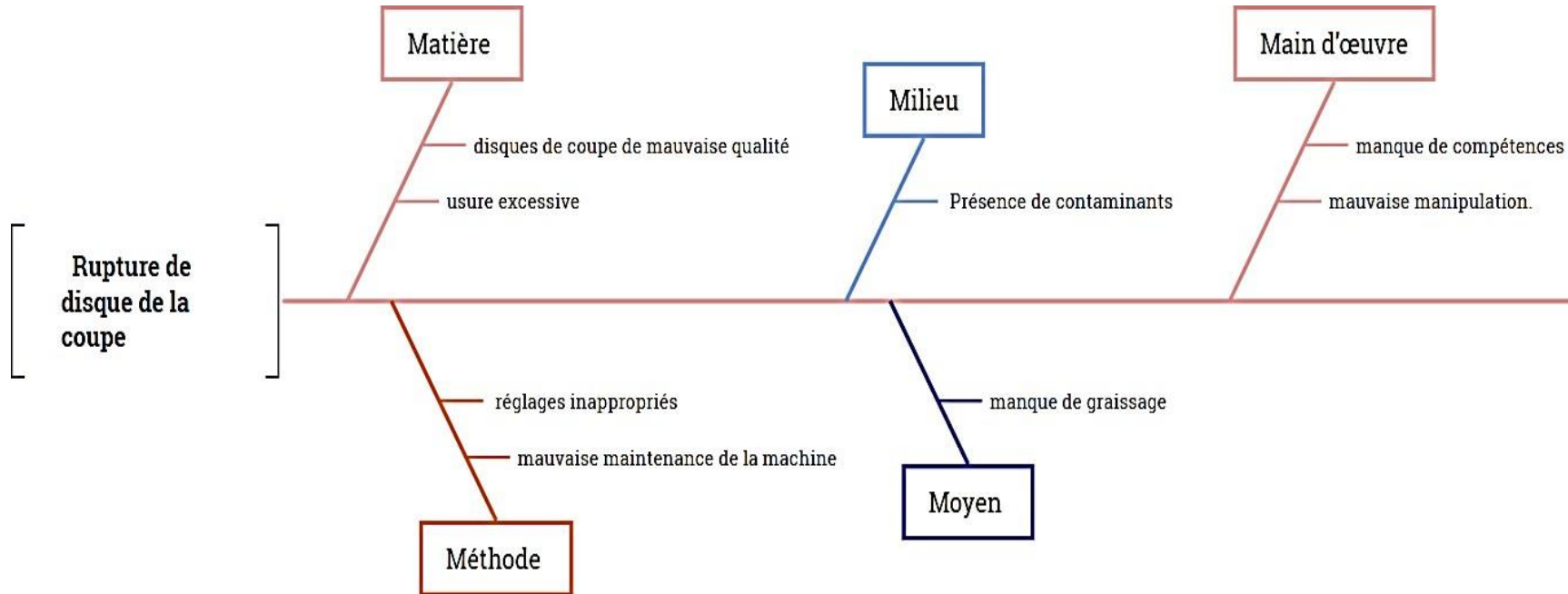


Figure 42 : diagramme Ishikawa de rupture de disque de coupe

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

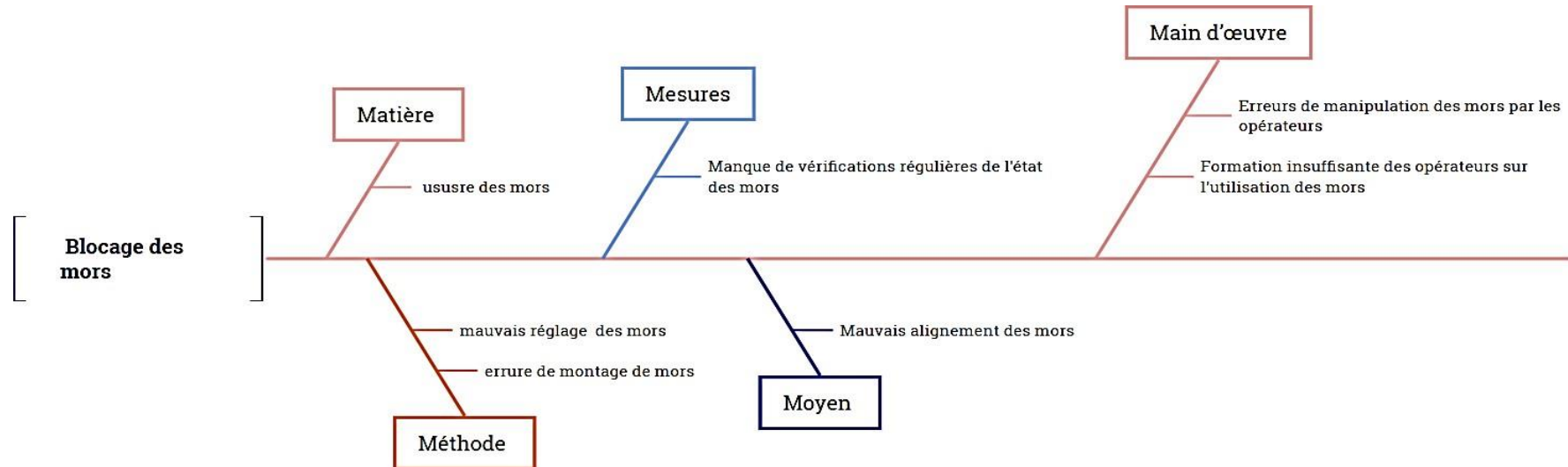


Figure 43 : diagramme Ishikawa de rupture de blocage de mors de tronçonneuse

Chapitre03 : Analyse de l'état actuelle

5. Identification des gaspillages sur la ligne

D'après notre analyse précédente, nous avons conclu que la ligne P120 de notre processus de production de tubes en acier soudé engendre plusieurs formes de gaspillage qui ont un impact négatif sur l'efficacité et la productivité. Les gaspillages identifiés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Type de gaspillage	Le gaspillage détecté
Non-qualité/ rebuts	Taux de rebuts élevé et coûts de non-qualité importants
Temps de changement de séries élevé	Déplacements pour chercher l'outillage par opérateur et long temps de démontage et montage
Ecart entre la production réel et l'objectif	No atteindre de capacité de production
Des dysfonctionnements dans la machine de profilage	Problèmes de fonctionnement de la machine de profilage

Tableau 14 : les gaspillages identifiés dans la ligne P120

Ces gaspillages représentent des opportunités d'amélioration significatives dans notre processus de production. En identifiant ces gaspillages, nous sommes en mesure de mettre en place des actions correctives pour réduire les rebuts, optimiser le temps de changement de séries, atteindre nos objectifs de production et résoudre les dysfonctionnements de la machine de profilage. Cela contribuera à améliorer l'efficacité globale et à réduire les pertes au sein de l'usine de production.

Conclusion

En conclusion, l'étude de l'existant sur l'état actuel du processus de production de tubes en acier soudé nous a permis de scruter attentivement les différentes anomalies que nous avons identifiées. Cette étude approfondie a permis une compréhension détaillée des problèmes existants, de les classer et de trouver les causes qui induisent une perte de productivité et de qualité. Des orientations sont alors définies avec des objectifs clairs visant à améliorer l'efficacité, de réduire les coûts, et de respecter les délais et améliorer la qualité globale de nos produits.



Chapitre 04

Propositions pour amélioration

Introduction

Dans chaque société, il existe souvent des problèmes de non-conformité des produits qui ralentissent la productivité. Un objectif commun est de minimiser ces problèmes en mettant en place des actions correctives et des améliorations. Notre objectif à travers ce mémoire est de répondre à cette problématique. Une démarche que veut entreprendre l'unité de production, en nous demandant de proposer des améliorations.

Pour commencer, nous avons utilisé la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) pour identifier les points faibles du processus de production et du non qualité du produit. Ensuite, nous avons mis en œuvre la méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) pour minimiser le temps de changement de série, et réduire ainsi les temps d'arrêt lors des changements de production. Nous avons également élaboré une procédure détaillée et une fiche de contrôle pour garantir que les étapes de production soient suivies avec précision.

1. Démarche de l'AMDEC

Pour l'élaboration de l'AMDEC, nous avons eu des séances de réunions avec l'ingénieur de la qualité, le responsable de production ainsi que l'équipe technique chargée de la maintenance, afin de définir les niveaux de criticité, et pour travailler sur les Indices de Fréquence, Gravité et non-détection. La décision qui s'est dégagée est de travailler sur 4 niveaux de criticité, en définissant les propriétés de chaque indice.

1.1 Évaluation de la criticité

Indice de Fréquence F :

La Fréquence représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultant d'une cause donnée.

Niveau de fréquence	Indice	Définition
Fréquence très faible	1	1 défaillance au max par trimestre
Fréquence faible	2	1 défaillance au max par mois
Fréquence moyenne	3	1 défaillance par semaine
Fréquence forte	4	1 défaillance par jour

Tableau 15 : Niveaux de fréquence et leurs définitions

Indice de Gravité G :

La Gravité représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance. Chaque critère comporte 4 niveaux de gravité notés de 1 à 4.

Chapitre04 : propositions d'amélioration

Niveau de Gravité	Indice	Définition
Gravité très faible	1	Aucun impact sur la qualité de produit. Juste un retard de production
Gravité faible	2	Impact négligeable sur la qualité et un retard de production
Gravité moyenne	3	Rebut et retard de production
Gravité forte	4	Rebut et arrêt de production

Tableau 16 : Niveaux de gravité et leurs définitions

Indice de non détection

Le non détection représenté la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne.

Niveau de non détection	Indice	Définition
Détection évidente Détection visuelle	1	Visite par opérateur
Détection après action de technicien	2	Par chef de ligne
Détection difficile	3	Par l'ingénieur de qualité
Détection impossible	4	Indécelable

Tableau 17 : Niveaux de probabilité de non détection et leurs définitions

La matrice de criticité

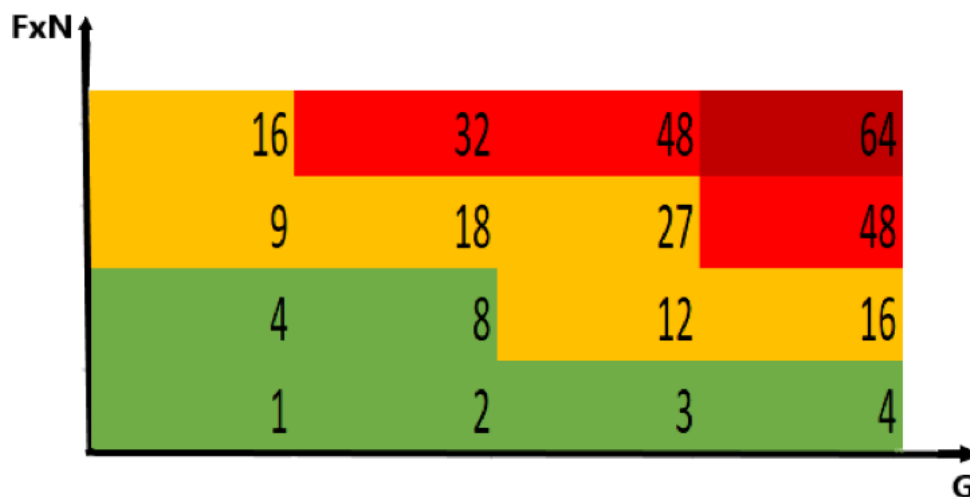


Figure 44 : la matrice de criticité

Chapitre04 : propositions d'amélioration

Cotation de criticité

Niveau de criticité	Définition
$1 \leq C < 8$ criticité négligeable	Aucune modification Maintenance corrective
$8 \leq C < 32$ criticité moyenne	Amélioration Maintenance préventive systématique
$32 \leq C < 48$ criticité élevée	Surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
$48 \leq C < 64$ criticité interdite	Remise en cause complète de l'équipement

Tableau 18 : Niveaux de criticité et leurs définitions

Après l'élaboration de la démarche AMDEC, une analyse d'évaluation des risques était effectuée pour toutes les défaillances précédemment identifiées. L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la Criticité, à partir les indices de Gravité, de Fréquence et de non-Détection. La criticité permet de noter l'importance du risque engendré par chaque cause de défaillance ; l'indice de Criticité est calculé pour chaque cause de défaillance, en effectuant le produit de trois indices F, G, D

$$C = F \times G \times D$$

Le tableau 19 est un récapitulatif de tous les résultats des criticités des différentes cause de défaillance de la démarche AMDEC processus. Les détails sont donnés le tableau qui le suit.

Opération Processus	Liste de défaut potentielle	Nombre de causes	Criticité
Réception De la bobine	Bobine Détériorée	3	18
	Commende non conforme à la demande	3	18
	Problème de traçabilité de bobine	1	18
Stockage de la bobine	Corrosion de la bobine	1	6
	Déformation au bord de la bobine	2	18
Transmission de bobine vers la fabrication	Endommagement Physique	1	6
	Décalage de l'alignement	1	6
Refendage	Feuillarde hors dimensions	3	18
	Dommages aux bords du feuillard	2	18
	Affaissement	4	9
Soudage manuelle	Soudeur incomplet ou discontinue	2	36
Réservoir	Usure des rouleaux	3	18
	Endommagement des roulements	3	24
Formage	Endommagement des axes	5	36
	Endommagement des roulements	4	36
	Usure prématurée des galets	2	27
	L'endommagement des vis /écrous de réglage (supports des galets et têtes)	5	27

Chapitre04 : propositions d'amélioration

Soudage par induction	Mauvais montage d'un système d'induction (impudeur +inducteur)	2	12
	Largeur de feuillard instable	2	18
	L'usure des galets	6	27
	Endommagement des axes	4	36
Dimensionnement	L'usure prématurée des gales	5	27
	L'endommagement des axes	3	36
	L'endommagement des roulements	4	36
	L'endommagement des supports galets	2	27
Tronçonnage	rupture de disque de la coupe	4	32
	Blocage des mors de tronçonnage	3	32
Contrôle produit fini	Tube déformé géométriquement	7	36
	Tube non aligné	6	36
	Tube de soudure non conforme	7	36
Bottelage des tubes	Mouvais bottelage	1	9
	Mauvais gerbage	3	9
Stockage finale	Corrosion de tube	2	2

Tableau 19 : Récapitulatif de tableaux AMDEC processus

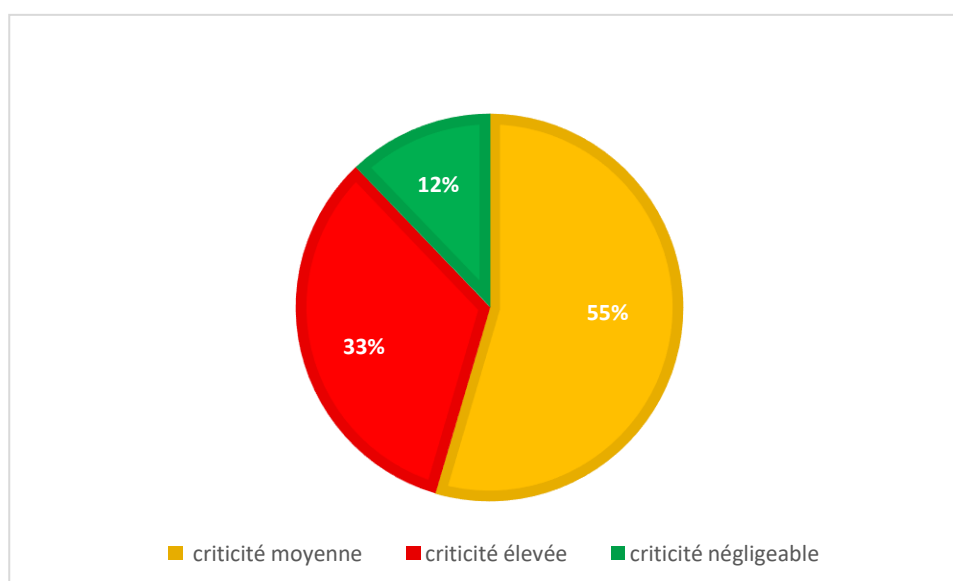


Figure 45 : pourcentage de criticité des différents types de défauts dans l'AMDEC

Chapitre04 : propositions d'amélioration

Lors de notre analyse et comme présenté dans la figure 45, nous avons identifié des niveaux de criticité moyens, représentant 54,54% de l'ensemble des problèmes dans notre processus. Nous avons également constaté que la criticité élevée représente 33,33% des problèmes identifiés, tandis que la criticité négligeable ne représente que 12,12%.

En accordant une attention particulière à ces problèmes critiques, nous pourrions cibler nos efforts d'amélioration là où ils seront les plus bénéfiques. En revanche, les problèmes de criticité négligeable représentent une proportion plus faible.

Dans le cadre de notre projet, nous avons appliqué la méthode AMDEC pour prendre des décisions adéquates et mettre en œuvre des mesures préventives visant à réduire les risques de défaillance et améliorer la productivité de notre processus. Nos résultats ont permis de mettre en évidence les éléments les plus critiques de cette analyse. Tandis que le détail de complet de l'AMDEC processus se présenter dans l'Annexe 2.

Chapitre04 : proposition d'améliorations

Logo Entreprise :	ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE LEURS EFFETS ET LEUR CRITICITE AMDEC	Date :	Page :
	Processus : fabrication de tube en acier soudé Atelier : Boudouaou Poste : P120	AMDEC Processus	

Opération Processus	PRODUIT		PROCESSUS	PPREVU / EXISTANT				ACTIONS	RESULTATS				
	Défauts potentiels	Effets défauts	Causes défauts	Plan surveillance	Notes			C	Mesures correctives	Notes			C'
					F	N	G			F	N	G	
Soudage manuelle	Soudeur incomplet ou discontinue	-faiblesse structurelle dans le feuillard -Risque de déchirement ou de déformation -augmentation le temps d'arrêt -bourrage	Mauvaise technique de soudage Problèmes liés au feuillard	Dimensionnelle	3	3	4	36	- Formation aux techniques de soudage Préparation adéquate des bords -Contrôles de qualité	1	3	4	12
Formage	Endommagement des axes	-Tube déformé géométriquement -Réduction des performances de la machine -Augmentation le temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme	- Usure fréquente - Mauvaise graissage	Visuelle	3	3	4	36	-Réparation des axes -Amélioration de la qualité de l'axe -Inspection de l'axe - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage du roulement -améliore la méthode d'application du graissage	2	3	3	18

Chapitre04 : proposition d'améliorations

			- Défaut de maintenance						-Entretien Réguliers					
			- Dégradation de qualité de lubrifiant						-Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification					
			Manque de suivi régulier						-Établir un plan de suivi - Formation à l'utilisation de l'équipement					
Endommagement roulement	- Tube déformé géométriquement -augmentation le temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines	-Mauvais Montage	Usure fréquente	Visuelle					- Formation à l'utilisation de l'équipement					
		- Mauvaise graissage	- Dégradation de qualité de lubrifiant			3	3	4	36	-Réparation des roulements -Amélioration de la qualité de roulement -Inspection de roulement				
										- Utilisation du graissage approprié -Nettoyage du roulement - améliore la Méthode d'application graissage	2	3	3	18
										Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification				
Endommagement roulement	- Tube déformé géométriquement -augmentation le	-Mauvais Montage		Visuelle	3	3	4	36	- Formation à l'utilisation de l'équipement	2	3	3	18	

Chapitre04 : proposition d'améliorations

		<ul style="list-style-type: none"> temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines 	<ul style="list-style-type: none"> -Usure fréquente - Mauvaise graissage - Dégradation de qualité de lubrifiant 				36	<ul style="list-style-type: none"> -Réparation des roulements -Amélioration de la qualité de roulement -Inspection de roulement - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage du roulement - améliore la Méthode d'application graissage -Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification 				18	
Soudage par induction	Endommagement des axes	<ul style="list-style-type: none"> -Tube déformé géométriquement -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Augmentation le temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme 	<ul style="list-style-type: none"> - Usure fréquente -Mauvaise graissage -défaut de maintenance - Dégradation de qualité de lubrifiant 	-Visuelle	3	3	4	36	<ul style="list-style-type: none"> -Réparation des axes -Amélioration de la qualité de l'axe -Inspection de l'axe - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage de l'axe Améliore la Méthode d'application du graissage -Entretien Réguliers -Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de Lubrification 	2	3	3	18
Dimensionnement	L'endommagement des axes	<ul style="list-style-type: none"> Tube non aligné -Tube déformé géométriquement 	-Utilisation prolongée	e Visuelle	3	3	4	36	Planifiez un remplacement périodique des galets	2	2	3	18

Chapitre04 : proposition d'améliorations

		-Réduction des performances de la machine -Augmentation le temps d'arrêt	Usure fréquente						-Réparation des axes -Amélioration de la qualité de l'axe -Inspection de l'axe - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage de l'axe				
			-Mauvaise graissage						-améliore la Méthode d'application du graissage				
			-défaut de maintenance						-Entretien Réguliers				
			- Dégradation de qualité de lubrifiant						-Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de Lubrification				
	L'endommagement des roulements	Tube déformé géométriquement -augmentation le temps d'arrêt -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Tube non aligné	- Mauvais montage - Dégradation de qualité de lubrifiant -Usure fréquent	-Vistelle	3	3	4	36	-formation à l'utilisation d'équipement -Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification -Réparation des roulements -Amélioration de la qualité de roulement -Inspection de roulement	2	3	3	18
			- Mauvaise graissage						- Utilisation du graissage approprié -Nettoyage du roulement - améliore la Méthode d'application graissage				
Contrôle produit fini	Tube déformé géométriquement	-perte financière pour l'entreprise - Diminution de la productivité	-Le mauvais réglage -l'usure des galets -endommagement de l'axe	Vistelle	4	3	3	36	Nous avons cité déjà les actions correctives bien détaillées pour chaque couse dans les parties de formage et soudage par induction et	2	2	2	18

Chapitre04 : proposition d'améliorations

		<ul style="list-style-type: none"> - Impact sur la satisfaction des clients - Réputation de l'entreprise - Coûts de réparation et de réclamation 	<ul style="list-style-type: none"> - endommagement de roulements -l'usure des têtes -l'usure des supports galets -les problèmes de tronçonnage 				36	Dimensionnement				18	
	-Tube non aligné	<ul style="list-style-type: none"> -perte financière pour l'entreprise - Diminution de la productivité - Impact sur la satisfaction des clients - Réputation de l'entreprise - Coûts de réparation et de réclamation 	<ul style="list-style-type: none"> - le mauvais réglage : au niveau calibreuse, dimensionnement - l'usure des galets - endommagement de l'axe - endommagement des roulements -l'usure des têtes -l'usure des supports galets -Le feuillard instable 	Visuelle	4	3	3	36	Nous avons cité déjà les actions correctives bien détaillées pour chaque couse dans les parties de formage et soudage par induction et Dimensionnement	2	2	2	18
	-Tube de soudure non conforme	<ul style="list-style-type: none"> -perte financière pour l'entreprise - Diminution de la productivité - Impact sur la satisfaction des clients - Réputation de l'entreprise - Coûts de réparation et de réclamation 	<ul style="list-style-type: none"> -le mauvais réglage : au niveau de soudure et de calibreuse - problème d'induction - l'usure des galets (Formeuse +soudure) -les axes (formeuse soudure) Endommagé -l'usure des têtes formeuse -l'usure des supports galets Soudure -le mauvais paramétrage de soudure 	Visuelle	4	4	3	36	Nous avons cité déjà les actions correctives bien détaillées pour chaque couse dans les parties de formage et soudage par induction et Dimensionnement	2	2	2	18

Tableau 20 : AMDEC processus

Chapitre04 : proposition d'améliorations

D'après les résultats obtenus sur le tableau AMDEC, la valeur la plus élevée de la criticité est 36. C'est une criticité élevée et une amélioration s'impose en procédant à des surveillances particulières, à travers une Maintenance préventive conditionnelle et managerielle.

Analyse des actions correctives du tableau AMDEC

En se basant sur la classification des défaillances suivant les valeurs des criticités et les différents niveaux atteints par les critères de cotation, on a proposé des actions correctives générales (elles ne sont pas spécifiques pour un organe donné) et qui sont les suivantes :

1. Renouvellement des pièces de rechange :

Des défauts ayant des criticités critique, résultants des coûts directs et des temps d'arrêts.

Exemple : l'endommagement des axes à criticité critique ($C=36$), nécessite d'être changé systématiquement.

Si le changement des axes n'est pas possible, à cause du prix d'achat des axes trop élevé, nous proposons un changement de l'un de ses composants représentant une cause essentielle de la grave défaillance de l'axe. Ce changement doit être fait périodiquement.

2. Contrôle et vérification des pièces de rechange :

Cette action est soit pour les pièces qui possèdent des composants externes, qui induisent à la défaillance et qui sont faciles à contrôler par l'opérateur. Le contrôle doit être fait périodiquement à une fréquence dépassant, si possible, le nombre d'apparition de la défaillance.

3. Agir sur la qualité de lubrifiant/nettoyage :

La présence de particules d'acier (débris) mélangées au lubrifiant, qui se produit après le raclage, agit comme un agent abrasif, entraînant une usure accrue des composants de la machine et réduisant leur durée de vie. De plus, ces limailles d'acier se déposent sur les surfaces, obstruent les canaux de lubrification et perturbent le bon fonctionnement des mécanismes.

Afin de prévenir ces problèmes, il est crucial de mettre en place des mesures de contrôle efficaces. Il est recommandé d'utiliser des dispositifs de filtration intégrés à la machine de profilage pour éliminer les limailles d'acier du lubrifiant. De plus, il est nécessaire d'effectuer des purges régulières du lubrifiant afin d'éliminer les contaminants accumulés. Il est également important de procéder à un nettoyage fréquent des équipements et des outils pour éliminer les dépôts de limaille d'acier.

4. Actions managériales :

- Former les opérateurs de la machine de profilage de tube en leur fournissant une formation adéquate sur les bonnes pratiques de fonctionnement, les procédures de maintenance, les mesures de sécurité et les réglages nécessaires.
- Améliorer la communication et le partage des bonnes pratiques par le mis en place de fiche de contrôle spécifique pour la ligne P120 que nous avons réalisé nous-même, qui constitue une documentation précise et structurée. Cela permet aux opérateurs de consigner les

Chapitre04 : proposition d'améliorations

informations de manière organisée, facilitant ainsi les études ultérieures et favorisant une communication plus efficace avec les responsables. Cette fiche est présentée à la page (93) ci-dessous.

- Respecter le plan de montage du constructeur.
- Mettre en place des procédures de contrôle qualité : Afin de remédier à l'absence de procédure de contrôle qualité chez NATRA, nous avons mis en place avec l'aide de l'ingénieure de qualité une procédure de contrôle qualité pour assurer un contrôle régulier de l'état des processus de production, et la qualité des tubes soudés. Cette procédure est présentée ci-dessous en page (90)

5. Les actions techniques :

Les gabarits représentent une solution technique pour le serrage des pièces dans les opérations de profilage de tubes en acier soudés, tels que les galets et les têtes. Ils sont conçus spécifiquement pour fournir un support et un alignement précis des pièces à serrer. Voici comment ils peuvent être utilisés

- Conception et fabrication : Concevez un gabarit adapté aux spécifications des pièces à serrer les têtes de dimensionnement, Le gabarit doit être conçu de manière à fournir un support et un alignement précis pour les pièces à serrer.
- Utilisation : Placez les pièces dans le gabarit pour assurer leur alignement précis et un soutien adéquat lors du serrage. Cela permet d'obtenir une précision de serrage cohérente.
- Vérification : Après le serrage, vérifiez la précision des dimensions des pièces à l'aide d'instruments de mesure appropriés. Assurez-vous qu'elles sont conformes aux spécifications requises.

Les gabarits garantissent un serrage précis et cohérent, ce qui contribue à la qualité des opérations de dimensionnement.

Le tableau 21 est un récapitulatif de tous les résultats des criticités des différentes cause de défaillance de la démarche AMDEC processus après les actions corrective. Les détails sont donnés le tableau qui le suit.

Chapitre04 : proposition d'améliorations

Opération Processus	Liste de défaut potentielle	Criticité	Criticité Nouveau	Pourcentage de diminution de risque
Réception De la bobine	Bobine Détériorée	18	9	50%
	Commande non conforme à la demande	18	9	50%
	Problème de traçabilité de bobine	18	9	50%
Stockage de la bobine	Corrosion de la bobine	6	3	50%
	Déformation au bord de la bobine	18	6	66.7%
Transmission de bobine vers la fabrication	Endommagement Physique	6	4	33,3%
	Décalage de l'alignement	6	4	33,3%
Refendage	Feuillarde hors dimensions	18	6	66.7%
	Dommages aux bords du feuillard	18	6	66.7%
	Affaissement	9	6	33,3%
Soudage manuelle	Soudeur incomplet ou discontinue	36	12	66,7%
Réservoir	Usure des rouleaux	18	9	50%
	Endommagement des roulements	24	9	62,5%
Formage	Endommagement des axes	36	18	50%
	Endommagement des roulements	36	18	50%
	Usure prématurée des galets	27	18	33,3%
	L'endommagement des vis /écrous de réglage (supports des galets et têtes)	27	18	33,3%
Soudage par induction	Mauvais montage d'un système d'induction (impudeur +inducteur)	12	6	50%
	Largeur de feuillard instable	18	12	33,3%
	L'usure des galets	27	18	33,3%
	Endommagement des axes	36	18	50%
Dimensionnement	L'usure prématurée des gales	27	18	66.6%
	L'endommagement des axes	36	18	50%
	L'endommagement des roulements	36	18	50%
	L'endommagement des supports galets	27	18	33,3%
Tronçonnage	pture de disque de la coupe	32	18	43,7%
	Blocage des mors de tronçonnage	32	18	43,7%
Contrôle produit fini	Tube déformé géométriquement	36	12	66.7%
	Tube non aligné	36	12	66.7%

Chapitre04 : proposition d'améliorations

	Tube de soudure non conforme	36	12	66.7%
Bottelage des tubes	Mouvais bottelage	9	1	88,9%
	Mauvais gerbage	9	1	88,9%
Stockage finale	Corrosion de tube	2	1	50%
		Moyenne		56%

Tableau 21 : Récapitulatif de tableaux AMDEC processus après les actions correctives

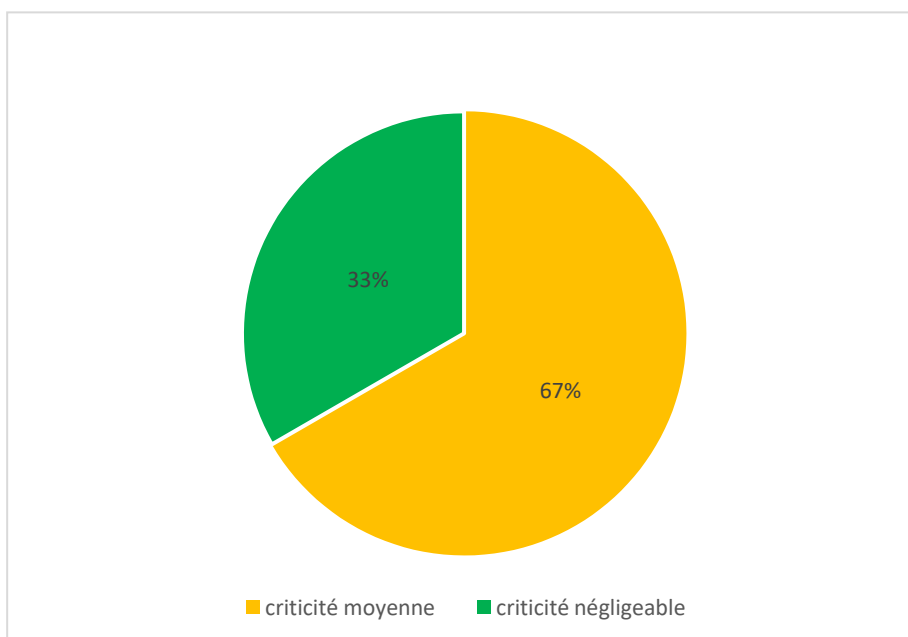


Figure 46 : pourcentage de criticité des différents types de défauts dans l'AMDEC

Comme présenté dans la figure 46, après l'application des mesures correctives, le pourcentage de problèmes les plus critiques a diminué de 33% et ont été complètement éliminés, atteignant un taux de 0%. En revanche, le pourcentage des problèmes de criticité moyenne a augmenté à 12% et les problèmes de criticité négligeable a augmenté de 21% .

En mettant en œuvre des actions correctives sur l'ensemble du processus, depuis la commande de la matière première, jusqu'au stockage du produit fini. Comme indiqué sur le Tableau, nous avons pu réduire les risques de 56 %. Cette diminution se traduit systématiquement par bénéfices tangibles, et renforce l'engagement de l'entreprise envers l'amélioration continue et la recherche de l'excellence opérationnelle.

3. Procédure de contrôle qualité

La procédure de contrôle qualité que nous proposons se présente comme suit :

Logo	Procédure de contrôle de fabrication d'un tube en acier soudé	Rédigé :
------	--	----------

1.1 Objectif

Le but de cette procédure est de définir les étapes et les contrôles à effectuer lors de la fabrication des tubes en acier soudés afin d'assurer la conformité aux exigences spécifiées et d'obtenir des produits de qualité.

1.2 Définition :

Le **contrôle qualité** est une procédure mise en place par les entreprises qui vise à s'assurer la conformité d'un produit.

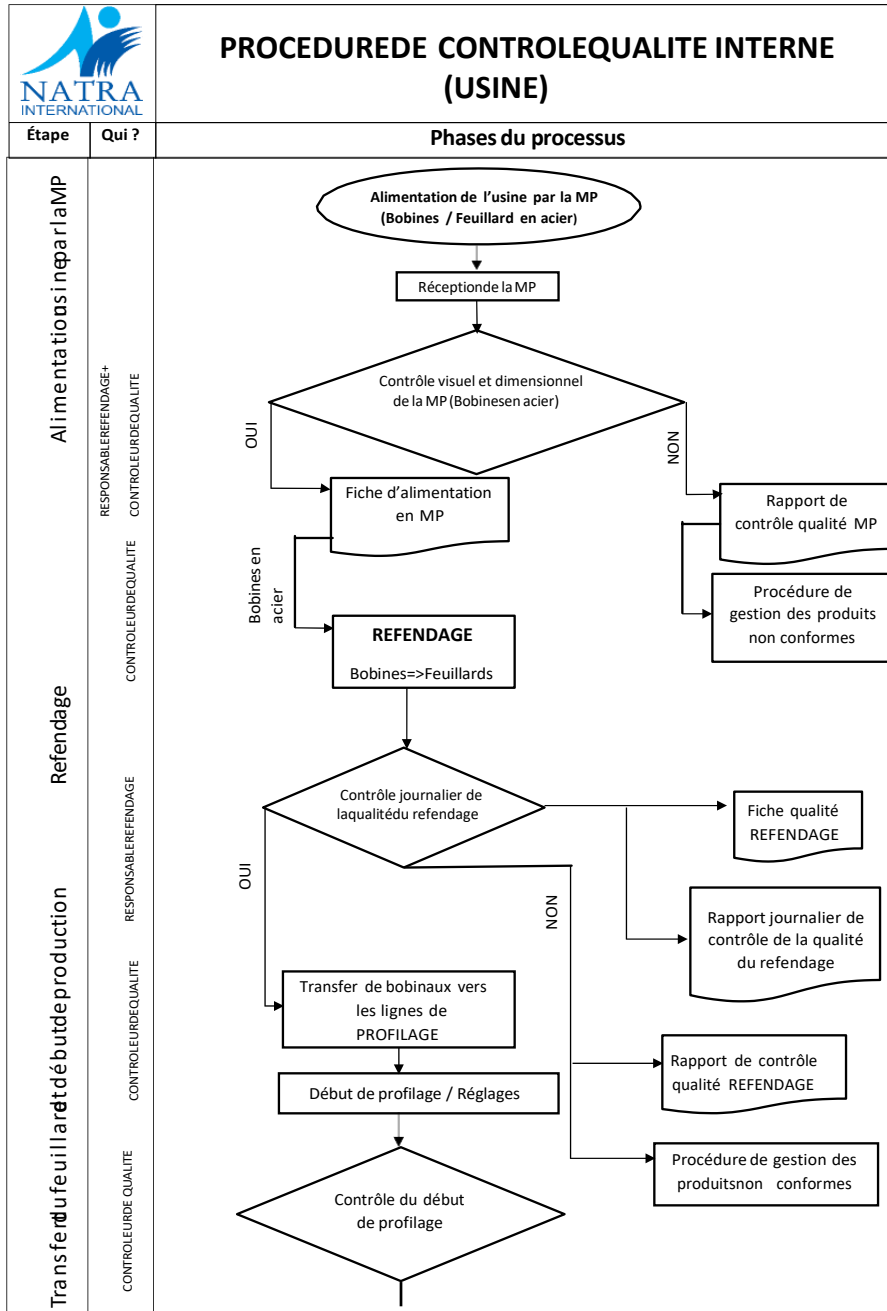
Il est exécuté par un contrôleur qualité avec l'aide des autres acteurs de la production.

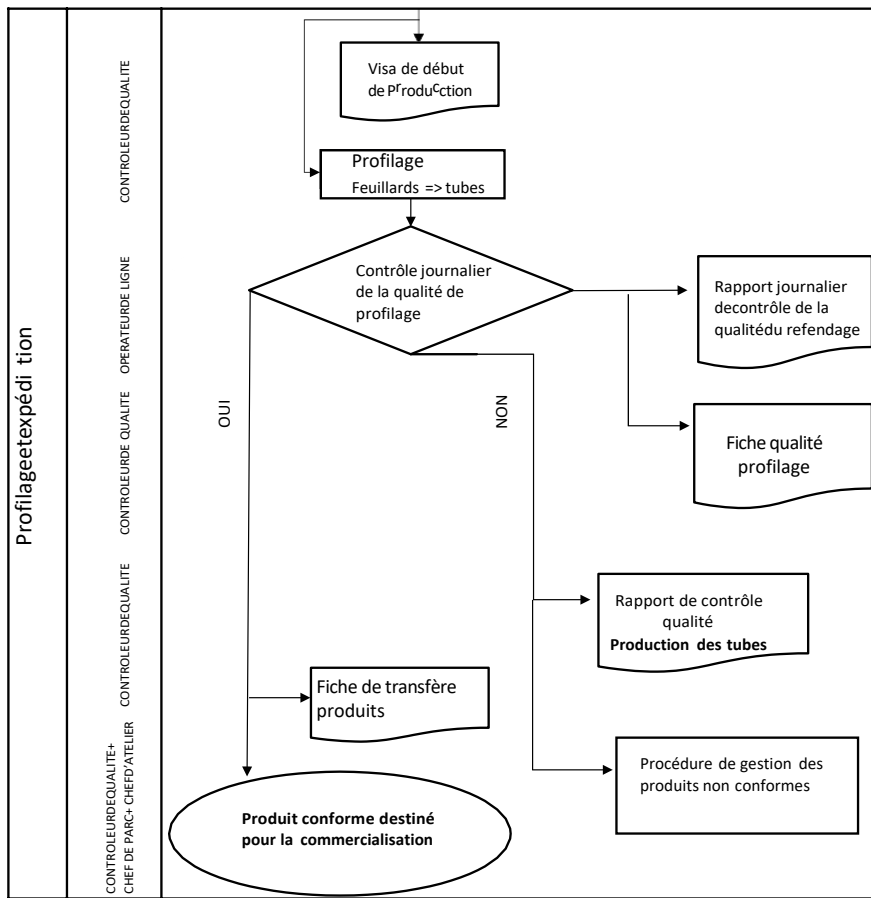
Cette démarche volontaire permet à l'entreprise de répondre à des problématiques de qualité des produits dans un marché toujours plus exigeant.

1.3 Rôles et responsabilités

- Le responsable de la production est chargé d'assurer la mise en œuvre et le suivi de la procédure de contrôle qualité de fabrication de tubes soudés en acier. Il a la responsabilité de veiller à ce que la procédure soit correctement appliquée tout au long du processus de fabrication.
- La procédure de contrôle qualité de fabrication de tubes soudés en acier s'applique aux opérateurs chargés de superviser les machines utilisées dans ce processus. Ces opérateurs sont responsables de garantir que les machines fonctionnent correctement et produisent des tubes soudés en acier conformes aux normes de qualité requises.

Le logigramme de la procédure est donné ci-dessous.





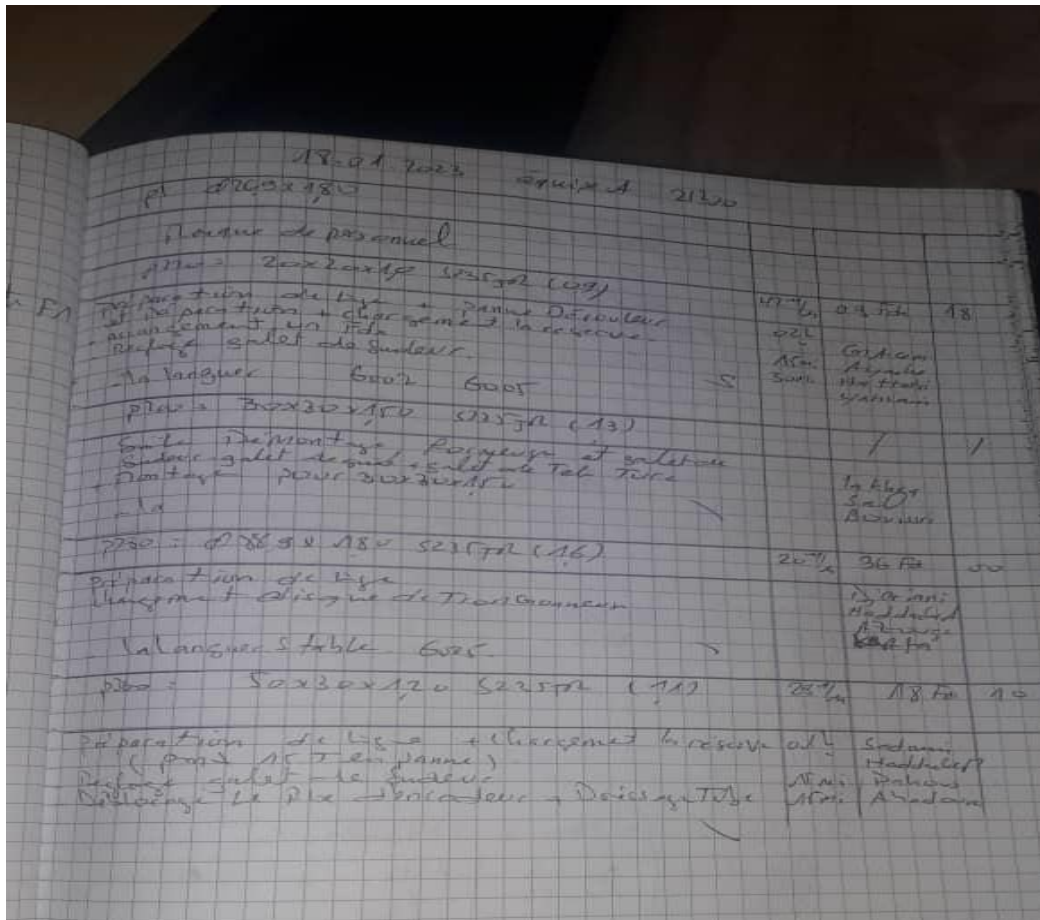
2/2

Source : faites par nous même


Chapitre04 : proposition d'améliorations

4. Fiche de contrôle

La photo ci-dessous représente le registre des rapports journaliers qui est rempli manuellement par les opérateurs à la fin de la journée. Nous proposons une fiche de contrôle donnée ci-dessous qui facilite ce processus et renforce la circulation de l'information entre les opérateurs et le directeur de production. Cette fiche de contrôle permettra également de mieux comprendre l'origine exacte des problèmes et de connaître précisément le moment où ils se produisent. En outre, elle servira de base comme données pour effectuer des statistiques futures. C'est un inconvénient au niveau d'entreprise, qui est résolue en mettant en place cette nouvelle procédure.



Chapitre04 : proposition d'améliorations

	Date :		Groupe : A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>			
	Responsable :					
	La ligne de production :			Type de produit :		
Élément de contrôle	Critère de contrôle	Fréquence	Heur	Exécution		Actions à prendre en cas de non-conformité
				Oui	No	
Vérifications préliminaires	Préparation de la machine					
	Niveau de lubrifiant					
	Niveau d'huile					
	Matière première					
Maintenance préventive	Respect des calendriers de maintenance					
	Nettoyage et graissage					
Réglage	Déroulage					
	Soudage					
	Réservoir					
	Formage					
	Soudage par induction					
	Raclage					

Chapitre04 : proposition d'améliorations

	Refroidissement et Calibrage					
	Dimensionnement et dressage					
	Tronçonnage					
	Bottelage des tubes					

Remarque :

Nombre de produit conforme	Nombre de produit non conforme

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Signature de responsable

Source : faites par nous même

4. La méthode SMED

Le passage d'une gamme de produit à une autre, temps d'arrêt non productifs liés aux changements d'outils. Ces temps de changement d'outils peuvent être une source majeure de pertes de productivité, d'inefficacité et de coûts supplémentaires. Pour minimiser les temps d'arrêts dans des environnements de production on a utilisé la méthode SMED. Pour commencer, il est nécessaire de décrire les étapes du changement de série.

4.1 Etapes de changement de série

Les différentes étapes du changement sont présentées dans le tableau suivant :

Etape	Sous étape
Phase de préparation	1. Préparation d'outillages : - Préparer la boîte à outils : les opérateurs doivent préparer les outils nécessaires pour démonter la machine - Préparer les pièces de rechanges : Ce sont les pièces qu'on doit changer dans chaque changement de série en fonction du type de tubes à fabriquer.
	2. Préparation des galets : Dans cette étape, le responsable prépare les galets de la nouvelle série.
Changement	1. Démontage : -Des galets de formage –roulements -Des galets de soudages-roulements -Des galets de dimensionnement
	2. Nettoyage : -Nettoyage interne et externe de la machine
	3. Entretien : Vérifier les différents composants de la machine tube comme : -Fin de course. - Lame de scie. -Lubrifiant.
	3. Montage : - Les galets. - Les roulements. - Les bagues d'ajustements
	4. Programmer la machine : Vitesse/ dimensions (longueur, diamètre, épaisseur ...)
Organisation/ Contrôle	1. Contrôle : - Des galets. - Des roulements. - bagues d'ajustements
	2. Organisation : - Nettoyage des galets démontés. - Classification des galets dans leur place appropriée.

Tableau : Etapes de changement de série

Origine du temps d'arrêt

Afin de bien cerner les causes du long temps de changement de série qui dure au minimum 8 heures et 15 minutes, il est nécessaire de réaliser un diagramme d'Ishikawa. Ce dernier nous a permis d'identifier les causes génératrices de ce problème.

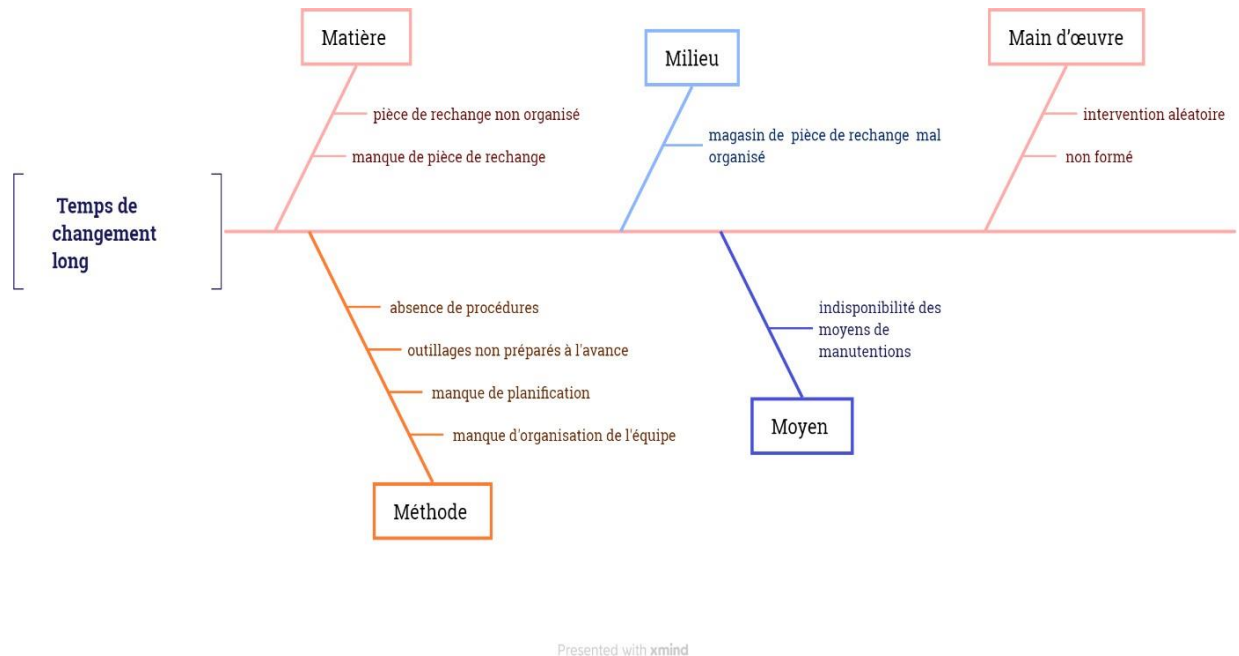


Figure 47: Diagramme 5M du temps de changement élevé

4.2 Application la méthode SMED

4.2.1 Identification les opérations interne et externe et leur durée

Nous proposons de caractériser les opérations en deux types : interne et externe

Opération externe = opérations de réglage au cours de la production

Opération interne = opérations de réglage à l'arrêt de la production

4.2.1.1 Les Opérations interne

Opérations interne		Durée
1	Nettoyage interne qui force l'arrêt de la machine	1h
2	Démonter les galets de la machine	1h30min
3	Démontage des roulements et des bagues d'ajustements	30min
4	Nettoyage les roulements et bagues d'ajustements	30min
5	Montage des roulements et bagues d'ajustements et des nouveaux galets	1h30min
6	Vérification et réglages sur d'autres parties et pièces de la machine	30min
7	Phase d'essai	30min

Tableau 22 : représente Les Opérations interne et leur durée

Chapitre04 : proposition d'améliorations

4.2.1.2 Les Opérations externe

Opérations externes		Durée
1	Préparer le matériel nécessaire pour effectuer le changement	1h30min
2	Le nettoyage externe de la machine	15min
3	Le nettoyage des pièces et des galets enlevés	30min
4	Préparation et mise en place de la nouvelle Matière première (bobine et feuillard) à travailler après le changement des galets	30min
5	Mise en place des feuillards qui correspond au nouveau type de tube dans le réservoir	30min

Tableau 23 : représente les opérations externes et leur durée

4.2.2 Conversion de certaines opérations internes en opérations externes

Opération interne	Action à mettre en place	Responsable action
Démontage des roulements et des bagues d'ajustements	Démontage des roulements et des bagues d'ajustements après montage des nouveaux galets	Des Opérateurs
Nettoyage les roulements et bagues d'ajustements	Nettoyage les roulements et bagues d'ajustements après montage des nouveaux galets	Des Opérateurs
Montage des roulements et bagues d'ajustements et des nouveaux galets	Faire le montage roulements et bagues d'ajustements et des galets de nouveau programme durent la production précédent	Des Opérateurs

Tableau 24 : représente convertiraient certaines opérations internes en opérations externes

Chapitre04 : proposition d'améliorations

2.2.3 Mode opératoire proposé et l'impact de SMED sur la durée de changement de galets pour la machine tube

Les phases	Les étapes	La durée avant	La durée prévue	Observation
Préparation	Préparation des outils	1h30min	1h30min	Il est recommandé à l'équipe d'établir cette phase avant la phase de changement, c'est pour cela on ne va pas considérer ce temps comme un temps de changement.
Changement	Démontage des galets Et des roulements Et des bagues d'ajustement	2h	2h	Cette réduction prévue de temps est due à : -Faire le montage roulements et bagues d'ajustements et des galets de nouveau programme durant la production précédent - Démontage des roulements et des bagues d'ajustements après montage des nouveaux galets - Nettoyage les roulements et bagues d'ajustements après montage des nouveaux galets
	Nettoyage de la machine	1h15min	1h15min	
	Nettoyage des pièces	1h	0h	
	Montage des galets Et des roulements Et des bagues d'ajustement	1h30	0h	
	Programmation de la machine	30min	30min	
Organisation/Contrôle	Contrôle des composants	30min	30min	Il est recommandé à l'équipe d'établir cette phase avant et après la phase de changement
Totale		8h15min	5h45min	On à diminuer le temps par 2 heures et 30min

Tableau 25 : Mode opératoire proposé sur la durée de changement de séries

Conclusion

Chapitre04 : proposition d'améliorations

En appliquant la méthode SMED, une réduction de 30,3% (équivalant à 2 heures et 30 minutes) du temps de chaque changement de série peut être observée. Cette réduction de temps permettrait de produire 1 200 tubes supplémentaires d'une valeur de 181 272 DA durant la période de chaque changement. En d'autres termes, si on suppose que l'entreprise fait cinq changements de série par mois au minimum, l'entreprise pourrait alors réaliser un bénéfice de 906 360 DA. Sur une période d'une année, cela se traduirait par un bénéfice total de 10 876 320 DA. En mettant en pratique ce résultat sur les cinq lignes de production de l'usine, l'entreprise réalisera un bénéfice annuel de 54 381 600 DA. En résumé, l'application de la méthode SMED permet une réduction significative du temps de changement de série, ce qui se traduit par une augmentation de la production et des bénéfices potentiels pour l'entreprise.

D'un autre côté, nous jugeons important de signaler que l'armoire qui contient les pièces de rechange pose un problème de rangement, car l'opérateur consacre beaucoup de temps à la recherche des pièces de rechange nécessaires. Ce gaspillage de temps est à considérer aussi, mais malheureusement, en raison de la contrainte de temps, nous n'avons pas pu inclure cette perte de temps dans notre travail de projet de fin d'études. Toutefois, nous recommandons vivement à l'entreprise d'adopter la méthode 5S afin d'améliorer encore plus l'efficacité du processus de changement de série.

En effet, en appliquant les principes des 5S, c'est-à-dire trier, ranger, nettoyer, standardiser et maintenir l'ordre, l'entreprise peut obtenir des avantages considérables. Par exemple, en organiser de manière méthodique le rangement dans l'armoire des pièces en éliminant les éléments inutiles, et le temps nécessaire pour localiser les outils ou les pièces lors du changement de série peut être considérablement réduit. Cette optimisation de temps dans les rangements des pièces permettra d'obtenir une réduction supplémentaire du temps de changement, en plus de la réduction initiale de 30,3%. En adoptant la méthode des 5S, l'entreprise maximisera les gains en termes de temps et d'efficacité lors des changements de série.





Figure 48 : exemple des anomalies observées dans la zone de travail

Conclusion

À la lumière de ces actions, l'unité pourrait faire des améliorations significatives dans la réduction des non-conformités des produits et de la productivité. En utilisant la méthode AMDEC, nous avons identifié les zones de faiblesse et mis en place des actions correctives ciblées. La méthode SMED nous a permis de réduire considérablement les temps d'arrêt liés aux changements de série, optimisant ainsi l'efficacité opérationnelle du processus de production. En établissant une procédure détaillée et une fiche de contrôle, nous avons veillé à ce que les étapes de production soient suivies de manière précise, réduisant ainsi les erreurs et les défauts. Grâce à ces efforts, les objectifs de qualité, de productivité et de satisfaction client pourraient être atteints et garantiront la survie et la prospérité de l'entreprise.



Conclusion générale

Conclusion générale

L'entreprise est une entité économique et sociale qui vise à réaliser des bénéfices en produisant et vendant des biens ou des services. Pour maintenir leur position concurrentielle, les entreprises doivent se concentrer sur l'amélioration de leur productivité et de la qualité de leurs produits. Cela implique l'optimisation des processus internes, l'efficacité opérationnelle, l'utilisation efficace des ressources, ainsi que l'investissement dans la recherche et le développement, les contrôles qualité rigoureux et la satisfaction des clients.

Nos travaux dans le cadre de ce mémoire de fin d'études, sont axés sur l'amélioration de la productivité et de la qualité des produits au sein de l'entreprise NATRA INTERNATIONALE, qui est spécialisée dans la fabrication de tubes soudés en acier. Nous avons divisé notre travail en quatre chapitres.

Le premier chapitre se concentre sur la définition des concepts essentiels à notre étude, ainsi que sur les différentes méthodes utilisées dans le Lean manufacturing

Le deuxième chapitre présente NATRA INTERNATIONNEL et met en évidence l'unité de production de NATRA TUBE à Boudouaou. Nous avons ensuite effectué une étude détaillée des lignes de profilage et réalisé une cartographie de la chaîne de valeur (VSM) pour analyser le flux de production et identifier des opportunités d'amélioration. Enfin, nous avons exposé notre problématique générale qui a permis d'orienter nos actions futures pour optimiser la performance de l'entreprise. Ces éléments constitueront la base des chapitres suivants, où nous avons mis en place des actions concrètes pour atteindre nos objectifs.

Le troisième chapitre, est dédié à une étude approfondie des anomalies présentes dans le processus de production. Nous avons utilisé la méthode SADT et gamme de fabrication pour cette analyse. Nous avons étudié les problèmes ayant un impact sur la productivité et la qualité pour les années 2021 (respectivement 2022), où nous avons constaté une perte de productivité estimée à 248 heures (respectivement 370 heures), équivaut à un manque à gagner de 79 380 670,7 DA (respectivement 128 595 737 DA). Ensuite, nous avons utilisé l'analyse Pareto pour déterminer les principales causes de ces problèmes, et nous avons classifié les types de rebut, tels que les tubes déformés géométriquement, les tubes non alignés, les tubes de soudure non conformes et les rebus dus au mauvais stockage. Nous avons constaté une quantité de rebus estimée à environ 27 tonnes équivaut à des coûts de non qualité estimée à 2 039 310 DA par an pour la ligne P120. Nous avons également réalisé un diagramme d'Ishikawa pour identifier les sources de ces problèmes et procédé à l'identification des gaspillages sur la ligne de production.

Enfin dans le dernier chapitre, nous avons apporté notre contribution en proposant des améliorations concernant à la fois, la productivité et la qualité du produit. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode AMDEC pour proposer des actions correctives qui ont permis de réduire les risques de 56%. Ensuite, nous avons appliqué la méthode SMED qui a permis d'apporter une réduction du temps de changement de série de 30,3% (soit 2 heures et 30 minutes), et qui permettrait de réaliser des économies de 10 876 320 DA par an uniquement pour la ligne P120 qui a fait objet de notre étude.

Conclusion générale

En nous avons proposé une procédure détaillée et une fiche de contrôle, qui permettent d'assurer le suivies avec précision des étapes de production, et de réduire ainsi erreurs et les défauts.

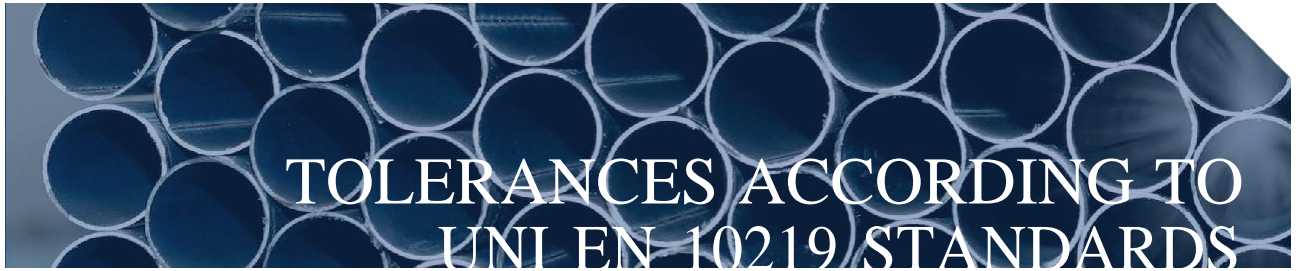
Bibliographie

1. **Aimane, AZZOUZI Amine SAHRAOUI.** «*Amélioration de la productivité de l'atelier Presse par déploiement d'une démarche; Logistique,* . Ayyad, Université Cadi : PFE, Génie Industriel , 2015.
2. **R. Charron, H. Wiggin, F. Voehl, Harrington et H. James,.** *The Lean Management Systems Handbook,*. 2014.
3. **BAURAND, Emilie.** *Une démarche Lean peut-elle être un levier d'amélioration du processus et de la performance achats Focus sur le processus;*. université Pierre –Mendés; France : PFE, 2015.
4. **Nicolas BEAULIEU-PARÉ.** *UNE MÉTHODOLOGIE POUR L'IMPLANTATION ET LE MAINTIEN DU LEAN DANS LES ENTREPRISES MANUFACTURIÈRES QUÉBÉCOISES,* . ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE UNIVERSITÉ DU QUÉBEC, : PFE ,, 2011.
5. **hmann, Source Christian Ho.** *Management, Lean.* EYROLLES : s.n., 2010.
6. **Bezzaze, Lamiaa.** «*Analyse de l'impact du Lean Management sur la performance des organisations : une méta-analyse*». l'Université du Québec : PFE2, 2015.
7. **Beiso, M.-L.** «*Iso 9001 2015 : vers un nouveau système de management de la qualité,* » . Available: <https://8m-management.com>. [En ligne] 2015.
8. **LAGHOUATI.** «*Cartographie des Processus iso 9001 version 2015 et application d'un SMQ : Exemple Entreprise de services,*». 2021.
9. <http://fsnv.univ-bouira.dz/wp-content/uploads/2021/01/Master1-AACQ-Gestion-de-la-qualit%C3%A9-Chapitre2-qualit%C3%A9-et-syst%C3%A8me-de-management-de-la-qualit%C3%A9.pdf>. [En ligne]
10. **RIM, SOUM.** *MANAGEMENT QUALITE* . boumerdès, Université m'hamed bougara - faculté de technologie : s.n., 2020.
11. **FORMAN, 7 Bernard.** « *De manuel qualité au manuel de management* ». AFNOR : s.n., 2001.
12. **Canard, Frédéric.** *Management de la qualité.* Paris : Gulino lextenso édition, 2009.
13. **AMAZIGH, OUGOUR SOFIANE et MERIDJA.** « *L'impact du système de management de la qualité sur l'image de marque cas : Tchén-Lait/ Candia*», . l'Université de Béjaïa : PFE , 2014/2015.
14. **Amina, KERBOUA Lila et ZERRARI.** *L'évaluation du système de management qualité Cas E. P. B.* Bejaia : PFE , 2016-2017.

15. **Gamoussi, Mlle Sarah El et Vincent, M. Cheutet.** *lean proposition d'une méthodologie d'amélioration du processus de développement de produits basée sur une approche.* paris : these de doctorat, 2016.
16. <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/la-gamme-de-fabrication-s1452>. [En ligne]
17. <http://projet.eu.org/pedago/sin/term/3-SADT.pdf>. [En ligne]
18. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.leanenligne.com%2Fblog%2Fdiagramme-de-pareto&psig=A0vVaw0hKBq3TgQqzmaphnq_zbvd&ust=1684963678277000&source=images&cd=vfe&ved=0CBMQjhxFwoTCLDus_6wjP8CFQAAAAAdAAAAABAE. [En ligne]
19. **Saverino, Férrand.** *Diminuer la non-qualité* . s.l. : Afnor, 2010.
20. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.marketing-etudiant.fr%2Fishikawa.html&psig=A0vVaw0MBMKKmn0N3O4iaZrjM2P1&ust=1684964617657000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwj8py9tIz_AhVDpicCHekuD78Qr4kDegUIARC4Ag. [En ligne]
21. **Ernoul, Roger.** *Le Grand livre de la qualite* . s.l. : Afnor , 2010.
22. **Achraf, DAMOUNE Mehdi MELAYLOU Mohammed.** *Méthodes d'amélioration de la productivité de la machine defabrication des tubes d'acier.* Université Sidi Mohammed Ben Abdellah : PFE, 2017.
23. **LADJALI, Nazar.** *Etude AMDEC et mise en place d'un planning de maintenance.* Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : PFE, 2022.
24. **NAKHLA, Michel.** *l'essentiel du management industriel* . Dunod Paris : s.n., 2009.
25. **YOUCEF, SMAILI.** *management de la maintenance* . Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES 2006.

Annexe

ANNEX 1 : Normes européennes des tolérances dimensionnelles pour les profils creux de construction soudée



CHARACTERISTIC	HOLLOW PROFILES WITH ROUND SECTION	HOLLOW PROFILES WITH SQUARE / RECTANGULAR SECTION	
		Length of sides mm	Tolerance
Outside dimensions (D, B e H)	± 1% with a minimum of = 0.5 mm and a maximum of ± 10 mm	H, B <100 100 < H, B <200 H, B >200	= 1% with a minimum of ± 0.5 mm = 0.8% = 0.6%
Thickness (T)	For D < 406.4 mm T ≤ 5 mm: ± 10% T > 5 mm: ± 0.50 mm for D > 406.4 mm ± 10% with a maximum of ± 2 mm	T < 5 mm: ± 10% T > 5 mm: ± 0,50 mm	
Circularity tolerance (ovalization) (0)	2% for hollow profiles that have a ratio between diameter and thickness not greater than 100'		
Concavity/Convexity (Fig. 1)	=	X1 and X2 = 0.8% max with a minimum of 0.5 mm on the length of the side	
Perpendicularity of the faces (Fig. 2)	=	0 = 90° ± 1°	
Profile of outside corner rounding (Fig. 3)	=	See Table 2 below	
Torsion or twisting (Fig. 4)	=	V = 2 mm plus 0.5 mm for each meter of length	
Straightness (Fig. 5)	e = 0.20% of the total length	e = 0.15% of the total length	
Mass (M)	± 6% on each individual profile		

- 1) When the ratio between diameter and thickness is greater than 100 the circularity tolerance must be agreed upon.
- 2) The tolerance for convexity and concavity is independent of the tolerance on the outside dimensions.

PROFILE OF OUTSIDE CORNER ROUNDING (TABLE 2)

Thickness T mm (fig. 3)	Profile of outside corner rounding C ₁ , o C ₂ , o R mm
T < 6	from 1,6 T to 2,4 T
6 < T < 10	from 2,0 T to 3,0 T
10 < T	from 2,4 T to 3,6 T

1) It is not necessary that the sides (faces) are tangential to the corner rounding

LENGTH TOLERANCES ¹⁾

Type of length	Range of length mm	Tolerance
Current production length	from 4.000 to 16.000, with a range of 2,000 for each item of the order	10% of the profiles supplied can be below the minimum in regard to the range ordered, but not below 75% of the minimum of range itself
Approximate length	> 4.000	+ 50 mm
Precise length	< 6.000 > 6.000 < 10.000 > 10.000	+ 5/- 0 mm + 5/- 0 mm + 5/- 0 mm + 1 mm/m

FIG. 1
DEGREE OF

CONCAVITY/CONVEXITY

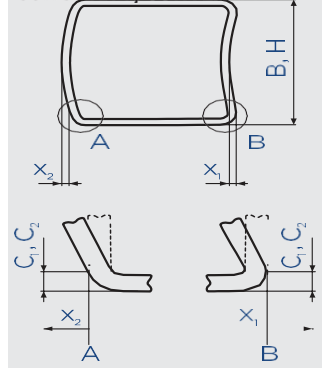


FIG. 2
DEGREE OF

PERPENDICULARITY

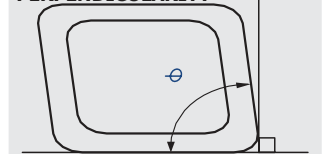
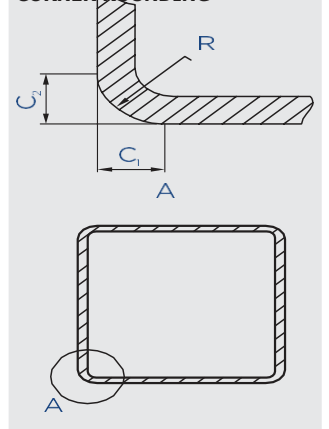
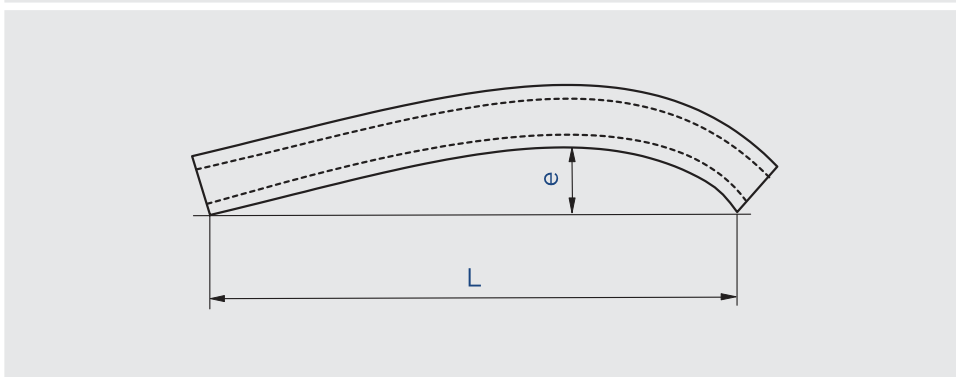
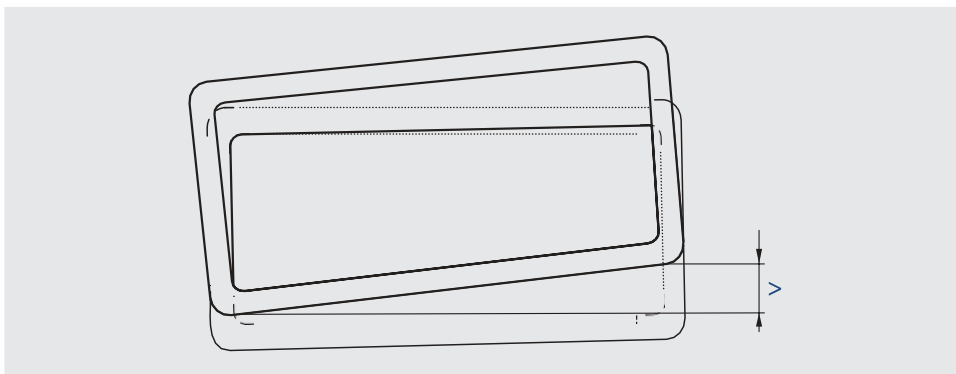


FIG. 3
MEASUREMENT OF OUTSIDE

CORNER ROUNDING





1) The customer must indicate in the inquiry and order the type of length required and the range of length or length required.

ANNEXE 2 : Tableau d'AMDEC PROCESSUS

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE LEURS EFFETS ET LEUR CRITICITE AMDEC	
Processus : fabrication de tube en acier soudé Atelier : Boudouaou Poste : P120	AMDEC Processus

Opération Processus	Défauts potentiels	Effets défauts	Causes défauts	Plan surveillance	Notes				Mesures correctives	Notes'			
					F	N	G	C		F'	N'	G'	C'
Réception De la bobine	Bobine Détériorée	-Pert de temps -Dégradation de qualité du tube	Dommage pendent le transport	Visuelle	2	3	3	18	-Amélioration des conditions de transport -Réclamation et assurance	1	3	3	9
			Stockage prolongé						-Surveillance régulière - planification et coordination				
Mauvaise manipulation Leur du déchargement	- Formation aux bonnes pratiques de sécurité leur le déchargement de MP -Revue des procédures déchargement												
	Commende non conforme à	- arrêt de planification de programme de production	-Problème de documentation	E					-standardisation de la documentation -suivi et audit régulier				

	la demande		-Défaillance de processus d'approvisionnement	Visuelle dimensionnelle	2	3	3	18	Révision des procédures	1	3	3	9
			-non-respect la commande par le Fournisseur							-Communication claire de l'exigence avec fournisseur			
	Pert de traçabilité de bobine	Retarde de la production	-Erreur d'identification -perte de traçabilité	Visuelle	2	3	3	18	- Mettez en place un système de codage et d'étiquetage clair et précis pour chaque matière première -Misa jour des procédures et de documentation - formation du personnel sur l'importance de l'identification précise des MP et de la traçabilité	1	3	3	9
Stockage de la bobine	Corrosion de la bobine	-Difficulté de soudage -Dégradation la qualité du matériau	- Exposition à l'humidité	Visuelle	2	1	3	6	Améliore les conditions de stockage	1	1	3	3
	Déformation au bord de la bobine	-difficulté dans le déroulement -difficulté dans le soudage	-Empilement inapproprié	Visuelle	2	3	3	18	- Formez le personnel sur les techniques d'empilage appropriées pour les bobines -inspection régulière - Utilisation de supports ou de plateformes de stockage approprié	1	3	2	6

Transmission bobine à la fabrication	Endommagement Physique	- Problèmes d'enroulement et de déroulement - Réduction de la résistance mécanique	-Erreurs humaines (Mauvais chargement et déchargement)	Visuelle	3	1	2	6	- Formez et sensibilisez les personnels aux procédures de chargement et de déchargement appropriées pour les bobines. - Vérification du système de transmission	2	1	2	4
	Décalage de l'alignement	-Défauts de qualité -Diminution de la productivité	-L'utilisation d'équipements de manutention inappropriés	Visuelle	3	1	2	6	-Vérification des supports de la bobine -Calibrage du système de transmission	2	1	2	4
Refendage	Feuille hors dimensions	-ralentir la production -affecter la qualité de produit finale -Usure prématurée des composants de la machine	- usure des disques de coupe	Dimensionnelle	3	2	3	18	- Remplacement régulier des lames de coupe -améliore la qualité de scie	2	1	3	6
			-Problèmes de réglage des machines						- Formation et expertise du personnel Pour régler les machines de façon précise et savoir comment effectuer les ajustements nécessaires.				
			- Des erreurs de mesure lors de la vérification						-Formation et sensibilisation à la qualité de Feuille				
	Dommages aux bords du feuillard	- dégradation de qualité du produit - diminution de performance de la machine de profilage	-Manipulation incorrecte	Visuelle	3	2	3	18	- Formation et sensibilisation à la qualité - Mettez en place des procédures régulières de contrôle de la qualité	2	1	3	6

		-Usure prématurée des composants de la machine	-Matériel de mauvaise qualité						- Amélioration des équipements - inspections régulières de la machine				
	Affaissement	-Dommages du feuillard -Difficulté à le mettre sur le dérouleur	-faible enroulement	Visuelle	3	1	3	9	- Vérifier la vitesse d'enroulement -Inspecter les guides et les rouleaux	2	1	3	6
			-Mauvais alignement de la bobine						-Vérifier les supports d'alignement - Utiliser des outils d'alignement DEFECTOSCOPE - Vérifier les rouleaux d'entraînement	2	1	3	6
			-Manipulation inadéquate						Assurez-vous que votre personnel est formé aux bonnes pratiques de manipulation des bobines	2	1	3	6
Soudage manuel	Soudeur incomplet ou discontinu	-faiblesse structurelle dans le feuillard -Risque de déchirement ou de déformation -augmentation le temps d'arrêt -bourrage	Mauvaise technique de soudage	Visuelle dimensionnelle	3	3	4	36	- Formation aux techniques et paramètres de soudage appropriés, ainsi qu'au contrôle après soudage	1	3	4	12
			Problèmes liés au feuillard						Préparation adéquate des bords -Contrôles de qualité				
Réservoir	-usure des rouleurs	-endommager du feuillard - réduction de la durée de vie de rouleurs et une augmentation des coûts de maintenance - peut entraîner des retards, des erreurs dans le processus.	-Utilisation intensive	Visuelle	2	3	3	18	- Contrôle et surveillance réguliers - Remplacement périodique	1	3	3	9
			-Mauvaise graissage						- Amélioration du graissage Utilisation de revêtements résistants à l'usure				
			- Charge excessive						- Formation à l'utilisation de la machine sur les bonnes pratiques de chargement et les limitations de charge du réservoir				

	Endommagement des roulements	<ul style="list-style-type: none"> -arrêt de la production -réduction précision et d'efficacité -augmentation la Consommation d'énergie - usure supplémentaire des autres composants - temps d'arrêt non planifiés 	<ul style="list-style-type: none"> -graissage inadéquate 	Visuelle	2	3	4	24	<ul style="list-style-type: none"> -Nettoyage du roulement - améliore la Méthode d'application graissage - formation à l'utilisation de la machine -Appliquer la quantité appropriée de graisse 	1	3	3	9
			<ul style="list-style-type: none"> - Charges excessives 						<ul style="list-style-type: none"> - Formation à l'utilisation de la machine -Réduire la charge 				
			<ul style="list-style-type: none"> - Installation incorrecte 						<ul style="list-style-type: none"> - Fournissez une formation sur les procédures d'installation appropriées 				
Formage	Endommagement des axes	<ul style="list-style-type: none"> -Tube déformé géométriquement -Réduction des performances de la machine -Augmentation le temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme 	<ul style="list-style-type: none"> - Usure fréquente 	Visuelle	3	3	4	36	<ul style="list-style-type: none"> -Réparation des axes -Amélioration de la qualité de l'axe -Inspection de l'axe 	2	3	3	18
			<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise graissage 						<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage du roulement -améliore la méthode d'application du graissage 				
			<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de maintenance 						<ul style="list-style-type: none"> -Entretien Réguliers 				
			<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation de qualité de lubrifiant 						<ul style="list-style-type: none"> -Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification 				
			<ul style="list-style-type: none"> Manque de suivi régulier 					<ul style="list-style-type: none"> -Établir un plan de suivi - Formation à l'utilisation de l'équipement 					

Endommagement roulement	<ul style="list-style-type: none"> - Tube déformé géométriquement -augmentation le temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines 	-Mauvais Montage	-visuelle	3	3	4	36	- Fournissez une formation sur les procédures d'installation appropriées	2	3	3	18		
		-Usure fréquente						-Réparation des roulements					-Amélioration de la qualité de roulement	-Inspection de roulement
		- Mauvaise graissage						- Utilisation du graissage approprié					-Nettoyage du roulement	- améliore la Méthode d'application graissage
		- Dégradation de qualité de lubrifiant						Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination.					- Utilisation de dispositifs de filtration	- des contrôles et des nettoyages du système de lubrification
L'usure prématurée des gales	<ul style="list-style-type: none"> -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Augmentation des temps d'arrêt - Diminution de la qualité du produit - Tube de soudure non conforme 	-Graissage inadéquate	Visuelle	3	3	3	27	- Utilisation du graissage approprié	2	3	3	18		
		- Dégradation de qualité de lubrifiant						- Nettoyage des gales					- améliore la Méthode d'application graissage	-Formation du personnel
								Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination.						
								- Utilisation de dispositifs de filtration						
								- des contrôles et des nettoyages du système de lubrification						

			- Méthodes de montage incorrectes						- Fournissez une formation sur les procédures d'installation appropriées -Utilisez les outils appropriés pour le montage				
			-gales de mauvaise qualité						- Vérification des spécifications et des certifications - Contrôle qualité accru - Collaboration avec d'autres fournisseurs				
			Utilisation prolongée						Planifiez un remplacement périodique des galets				
L'endommagement des vis /écrous de réglage (supports des galets et têtes)	-Tube déformé géométriquement -Réduction des performances de la machine -Augmentation le temps d'arrêt -Tube de soudure non conforme	- L'utilisation de vis ou écrous de réglage de mauvaise qualité	Visuelle						- Vérification des spécifications et des certifications - Contrôle qualité accru - Collaboration avec d'autres fournisseurs				
		Dégradation de qualité de lubrifiant	-visuelle	3	3	3	27		Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification	3	2	3	18

			-forces excessives appliquées lors du réglage	Visuelle					- réduisez les forces excessives appliquées lors du réglage en formant -Mettez en place des procédures de contrôle de la qualité pour vérifier les forces appliquées lors du réglage.				
Soudage par induction	- mauvais montage d'un système d'induction (impudeur +inducteur)	Tube de soudure non conforme -Réduction des performances de la machine -Augmentation le temps d'arrêt	Alignement incorrect	Visuelle et dimensionnelle	2	2	3	12	-Vérification de l'alignement -Vérifiez que les fixations de l'inducteur sont correctement serrées et en bon état -Utilisation de guides ou de gabarits	1	2	3	6
			- Mauvais réglages de l'équipement						-Documentation des réglages -Mettez en place des procédures de contrôle de la qualité pour vérifier régulièrement les réglages de l'équipement				
Soudage par induction	- largeur de feuillard instable	Tube de soudure non conforme	-Une tension insuffisante ou excessive appliquée au feuillard	-Visuelle	3	2	3	18	- utilisant des outils de tension adéquats - formation et sensibilisation de la qualité	2	2	3	12
			-Défauts du feuillard						- Vérifiez la qualité du feuillard utilisé et assurez-vous qu'il répond aux normes et spécifications appropriées				

	L'usure des galets	<ul style="list-style-type: none"> -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Augmentation des temps d'arrêt - Diminution de la qualité du produit - Tube de soudure non conforme 	Graissage inadéquate	Visuelle	3	3	3	27	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du graissage approprié - Nettoyage des gales - améliore la Méthode d'application graissage -Formation du personnel -Appliquer la Quantité appropriée de graisse 	2	3	3	18
			- Méthodes de montage incorrectes	-visuelle	3	3	3	27	<ul style="list-style-type: none"> - Fournissez une formation sur la procédure de montage appropriées -Utilisez les outils appropriés pour le montage 	2	3	3	18
			-gales de mauvaise qualité						<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des spécifications et des certifications Contrôle qualité accru - Collaboration avec d'autres fournisseurs 				
			-Utilisation prolongée						Planifiez un remplacement périodique des galets				
			- Dégradation de qualité de lubrifiant						<ul style="list-style-type: none"> -Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification 				

	Endommagement des axes	<ul style="list-style-type: none"> -Tube déformé géométriquement -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Augmentation le temps d'arrêt - Tube de soudure non conforme 	- Usure fréquente	- Visuelle	3	3	4	36	<ul style="list-style-type: none"> -Réparation des axes -Amélioration de la qualité de l'axe -Inspection de l'axe - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage de l'axe 	2	3	3	18	
			-Mauvaise graissage						Améliore la Méthode d'application du graissage					
			-défaut de maintenance						-Entretien Réguliers					
			- Dégradation de qualité de lubrifiant	- visuelle	3	3	4	36	Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de Lubrification 	2	3	3	18	

Dimensionnement	L'usure prématurée des gales	Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Augmentation des temps d'arrêt - Tube déformé géométriquement -Tube non aligné	-Contamination	Visuelle	3	3	3	27	-Nettoyage approfondi - Formation à l'utilisation d'équipement	2	3	3	18
		- Dégradation de qualité de lubrifiant	Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification										
		- Méthodes de montage incorrectes	- Fournissez une formation sur les procédures de montage appropriées -Utilisez les outils appropriés pour le montage										

		-gales de mauvaise qualité		3	3	3	27	- Vérification des spécifications et des certifications - Contrôle qualité accru - Collaboration avec d'autres fournisseurs	2	3	3	18
		-Utilisation prolongée						Planifiez un remplacement périodique des galets				
L'endommagement des axes	-Tube non aligné -Tube déformé géométriquement -Réduction des performances de la	Usure fréquente	Visuelle					-Réparation des axes -Amélioration de la qualité de l'axe -Inspection de l'axe - Utilisation du graissage approprié -Nettoyage de l'axe				

		machine -Augmentation le temps d'arrêt	-Mauvaise graissage		3	3	4	36	-améliore la Méthode d'application du graissage	2	3	3	18
			-défaut de maintenance						-Entretien Réguliers				
			- Dégradation de qualité de lubrifiant						-Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de Lubrification				

L'endommagement des roulements	<ul style="list-style-type: none"> -Tube déformé géométriquement -augmentation le temps d'arrêt -Réduction de l'efficacité l'alignement et la précision dans les machines -Tube non aligné 	-Mauvais montage	Visuelle	3	3	4	36	- Fournissez une formation sur les procédures montage appropriées	2	3	3	18
		- Dégradation de qualité de lubrifiant						Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification				
		-Usure fréquente						-Réparation des roulements -Amélioration de la qualité de roulement -Inspection de roulement				
		- Mauvaise graissage						- Utilisation du graissage approprié -Nettoyage du roulement - améliore la Méthode d'application graissage				
L'endommagement des supports galets	<ul style="list-style-type: none"> -Usure prématurée des galets -Tube déformé géométriquement -augmentation le temps d'arrêt -Tube non aligné 	-Utilisation excessive	Visuelle	4	3	3	27	- remplacer périodiquement de gales - réévaluer les paramètres d'utilisation tels que la pression de dimensionnement, la vitesse de rotation	2	3	3	18

			- Dégradation de qualité de lubrifiant						Assurer une filtration et une propreté adéquates du lubrifiant pour prévenir la contamination. - Utilisation de dispositifs de filtration - des contrôles et des nettoyages du système de lubrification				
			-Mauvaise manipulation						-formation à l'utilisation d'équipement - Assurez-vous que les supports sont soulevés, transportés et stockés correctement pour éviter les chocs ou les chutes				
Tronçonnage	pture de disque de la coupe	-Coûts de remplacement -arrêt de production - rebuts (Défauts de coupe)	1-réglages inappropriés 2- disques de coupe de mauvaise qualité 3- un manque de compétences ou une mauvaise manipulation 4- absence de contrôle des paramètres de coupe	Visuelle	4	2	4	32	1- Vérification et ajustement des paramètres de coupe 2- Utilisation de disques de coupe de haute qualité 3- Formation et supervision des opérateurs 4- Mettez en place des systèmes de surveillance et de contrôle de la production	2	3	3	18

	Blocage de mors de tronçonneur	-Déformation des tubes -Arrêt de la machine	Usure des mors	Visuelle	4	2	4	32	Mettez en place un programme de maintenance préventive pour les mors de tronçonnage	2	3	3	18
			Mauvais réglage des mors		Fournissez une formation sur les procédures montage appropriées								
			Problèmes de lubrification		Améliorer la qualité de lubrifiant approprié pour réduire les frictions et les adhérences entre les mors et les tubes								

Contrôle produit fini	Tube déformé géométriquement	--perte financière pour l'entreprise - Diminution de la productivité - Impact sur la satisfaction des clients - Réputation de l'entreprise - Coûts de réparation et de réclamation	-Le mauvais réglage -l'usure des galets -endommagement de l'axe - endommagement de roulements -l'usure des têtes -l'usure des supports galets -les problèmes de tronçonnage	Dimensionnelle	4	3	3	36	Nous avons cité déjà les actions correctives bien détaillées pour chaque couse dans les parties de formage et soudage par induction et Dimensionnement	2	3	2	12
	-Tube non aligné	Perte financière pour l'entreprise - Diminution de la productivité - Impact sur la satisfaction des clients - Réputation de l'entreprise - Coûts de réparation et de réclamation	Le mauvais réglage -l'usure des galets -endommagement de l'axe - endommagement de roulements -l'usure des têtes -l'usure des supports galets -les problèmes de tronçonnage	Dimensionnelle	4	3	3	36	Nous avons cité déjà les actions correctives bien détaillées pour chaque couse dans les parties de formage et soudage par induction et Dimensionnement	2	3	2	12

	-Tube de soudure non conforme	<ul style="list-style-type: none"> Perte financière pour l'entreprise - Diminution de la productivité - Impact sur la satisfaction des clients - Réputation de l'entreprise - Coûts de réparation et de réclamation 	<ul style="list-style-type: none"> -le mauvais réglage : au niveau de soudure et de calibreuse - problème d'induction - l'usure des galets (Formeuse +soudure) -les axes (formeuse soudure) Endommagé -l'usure des têtes formeuse -l'usure des supports galets Soudure -le mauvais paramétrage de soudure 	Dimensionnelle	4	3	3	36	Nous avons cité déjà les actions correctives bien détaillées pour chaque cose dans les parties de formage et soudage par induction et Dimensionnement	2	3	2	12
Bottelage des tubes	Mouvais bottelage	- dégradation de qualité du produit finale Ralentissement de la production	-Réglages inappropriés de la machine de bottelage		3	1	3	9	-Réglage approprié de la machine de bottelage	1	1	1	1

	-Mauvais gerbage	-Perte de productivité -Défauts de qualité -Augmentation des rebuts -Risques de sécurité -Coûts supplémentaires	-Erreur de positionnement destubes -Défauts de forme ou de dimension des tubes Problèmes liés aux équipements de gerbage -Manutention inadéquate	Visuelle	3	1	3	9	- Maintenance préventive régulière -Améliorer les procédures de gerbage -Assurer un positionnement précis -Contrôler la qualité des tubes -Entretien et calibrer les équipements de gerbage - Organiser une formation pour les opérateurs afin de leur apprendre les bonnes pratiques de manipulation et de gerbage des tubes	1	1	1	1
Stockage finale	Corrosion de tube	Impacte sur la satisfaction du client	-Condition de stockage -la qualité de lubrifiant utilise	Visuelle	2	1	1	2	-Planifiez de changement périodique de lubrifiant -Améliorez la qualité de lubrifiant -améliorez les conditions de stockage	1	1	1	1