

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'état

Spécialité : Conception Mécanique et Innovation

Titre

**Amélioration de la performance et de la
disponibilité des machines automatiques
de la zone de coupe P1-Yazaki Meknès**

Présentée par :

BOUZLAFA Sanae

Encadré par :

**ABOUCHITA Jalil, Professeur au département Génie Mécanique, FST-Fès
El HABCHI Badr, Encadrant industriel, à YAZAKI MOROCCO MEKNES**

Effectué à : Yazaki Morocco Meknes (YMM)

Soutenu le : 20/ 07/22

Le jury :

- Pr. ABOUCHITA Jalil, FST-Fès
- Pr. MOUTAOUAKKIL Imane, FST-Fès
- Pr. BIYAALI Ahmed, FST-Fès

Année Universitaire : 2021-2022

DEDICACE

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A ma chère mère, source d'amour et d'affection,

A celle qui m'a donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et de ses dévouements.

A mon chère père, source d'espoir et de motivation

A l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

A celle qui s'est changé la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions.

A ma sœur et mes frères, source de joie et de bonheur

A ceux qui m'ont toujours encouragé et soutenue dans les moments difficiles.

A tous les membres de ma famille,

A tous nos chers professeurs,

A tous mes collègues et amis,

BOUZLAF A SANAE

REMERCIEMENT

Avant d'entamer ce rapport, nos remerciements vont d'abord au créateur de l'univers qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien cette année d'étude.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les enseignants de la FSTF qui ont contribué à ma formation et particulièrement aux enseignants du département génie mécanique qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions.

*J'adresse mes vifs remerciements à mon encadrant pédagogique monsieur **ABOUCHITA Jalil**, Professeur du département génie mécanique à la Faculté des sciences et techniques de Fès, à qui je suis vraiment redevable pour son soutien inconditionnel, sa disponibilité, et pour toutes les remarques et les précieux conseils prodigués qui contribué à alimenter ma réflexion et pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de ce PFE.*

*Très grands sont les sentiments de gratitude et de considération que j'exprime à l'égard de mon encadrant de stage, monsieur **EL HABCHI Badr**, leader quality engineering pour ses orientations, son aide permanent tout au long de la période de stage. Je le remercie pour son approche respectueuse, pour ses valeurs humaines qui ont toujours été la source de mon aisance au travail. Je lui suis complètement reconnaissante.*

*Je tiens à exprimer ma profonde estime et ma gratitude aux membres du jury, Madame **MOUTAOUAKKIL Imane** et Monsieur **BIYAALI Ahmed** pour avoir accepté d'évaluer mon projet de fin d'études.*

*Un grand merci au équipe du département technique et plus spécialement à monsieur **SENTISSI Yasser**, monsieur **FOUARI Mouhcine**, monsieur **EL BACHARI Abdelali**, monsieur **BELAIZI Mustapha** et monsieur **ELAZZOUZI ABDELAZIZ** pour les informations très utiles qu'ils m'ont fournies, pour avoir eu la patience de répondre à mes innombrables questions et pour leur serviabilité et leur inestimable aide.*

J'aimerais exprimer ma gratitude à tous les techniciens de la zone de coupe et les techniciens de la maintenance préventive des outils de sertissage, trop nombreux pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de mon sujet. Chacun de ces échanges m'a aidé à faire avancer mon analyse.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à la concrétisation de ce travail.

Merci

RESUME

Dans le cadre de l'amélioration continue des processus de production, les entreprises de câblage automobile lancent constamment des projets d'amélioration afin d'augmenter leur taux de productivité, de réduire les temps d'arrêt, d'exploiter la pleine capacité de leurs machines et de minimiser les coûts de production afin de survivre dans le marché hautement concurrentiel d'aujourd'hui. C'est dans cette optique que Yazaki Meknès nous a proposé ce sujet qui a pour finalités l'amélioration de la performance et de la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe, en travaillant sur la vitesse et les micro-arrêts pour augmenter la performance et sur le MDT et le SETUP time pour améliorer la disponibilité, par conséquent, pour atteindre nos objectifs, nous avons opté pour l'approche DMAIC qui permet de mener un projet d'amélioration conforme aux attentes.

En effet, les machines automatiques de la zone de coupe sont de grandes machines, elles sont composées de plusieurs unités telles que : unité de dressage, unité d'entraînement du câble, unité de pivotement, unité de coupe, unité de commande, etc. D'autre part, ces machines effectuent plusieurs opérations telles que : la coupe, le dénudage, l'insertion de bouchons, le torsadage et le sertissage des fils électriques. La complexité et la variété des opérations effectuées par ces machines font que l'amélioration de leurs performances et de leur disponibilité nécessite des études et des analyses très approfondies et précises pour déterminer les causes potentielles qui affectent ces deux composants du TRS. Par conséquent, nous avons choisi un historique des problèmes causant la baisse de performance et de disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe d'une durée de 6 mois (du 09/2021 au 03/2022) suffisamment significatif et représentatif de l'état actuel des machines de la zone P1 pour déterminer les problèmes et les machines les plus critiques en termes de disponibilité et de performance en utilisant un ensemble de méthode d'analyse à savoir : Diagramme de Pareto, diagramme Ishikawa et l'analyse AMDEC afin de définir et de déterminer les causes profondes conduisant à la diminution de la performance et de la disponibilité de la zone de coupe.

Après avoir déterminé ces causes racines ainsi que les machines les plus critiques où nous allons appliquer les solutions envisagées, nous avons élaboré des améliorations et nous avons proposé des solutions pour résoudre le maximum de ces problèmes afin d'atteindre les objectifs fixés.

Mots clés : *Performance, Disponibilité, Machines, MDT, SETUP, DMAIC, Pareto, Ishikawa, AMDEC.*

ABSTRACT

As part of the continuous improvement of production processes, automotive wiring companies are constantly launching improvement projects to increase their productivity rate, reduce downtime, exploit the full capacity of their machines and minimize production costs in order to survive in today's highly competitive market. It is in this perspective that Yazaki Meknes proposed us this subject which has for finalities the improvement of the performance and the availability of the automatic machines of the cutting area, by working on the speed and the micro stops to increase the performance and on the MDT and the SETUP time to improve the availability, consequently, to reach our objectives, we opted for the DMAIC approach which allows to carry out an improvement project in conformity with the expectations.

Indeed, the automatic machines of the cutting area are large machines, they are composed of several units such as: straightening unit, cable drive unit, pivoting unit, cutting unit, control unit, etc. On the other hand, these machines perform several operations such as: cutting, stripping, seal insertion, twisting and crimping of electrical wires. The complexity and variety of operations performed by these machines mean that improving their performance and availability requires very thorough and accurate studies and analyses to determine the potential causes that affect these two components of the OEE. Therefore, we have chosen a history of problems causing the decrease in performance and availability of the automatic machines of the cutting area of a duration of 6 months (from 09/2021 to 03/2022) sufficiently significant and representative of the current state of the machines of the P1 area to determine the problems and the most critical machines in terms of availability and performance using a set of analysis method namely: Pareto diagram, Ishikawa diagram and FMECA analysis in order to define and determine the root causes leading to the decrease in performance and availability of the cutting area.

After determining these root causes as well as the most critical machines where we will apply the envisaged solutions, we have elaborated improvements and we have proposed solutions to solve the maximum of these problems in order to reach the fixed objectives.

Key words: *Performance, Availability, Machines, MDT, SETUP, DMAIC, Pareto, Ishikawa, FMECA.*

ملخص

في إطار التطوير المستمر لعمليات الإنتاج ، تقوم شركات أسلاك السيارات بانجاز مشاريع تحسين من أجل زيادة معدل إنتاجيتها وتقليص وقت التوقف عن الانتاج والاستفادة القصوى من آلاتها وتقليل تكاليف الإنتاج من أجل التأقلم مع سوق اليوم شديد التنافسية.

لهذه الاعتبارات ، يهدف هذا الموضوع ، الى تحسين أداء الآلات الأوتوماتيكية في منطقة القطع ، من خلال العمل على السرعة والتوقفات الدقيقة لزيادة الأداء وعلى مؤشر وقت التوقف المتوسط (MDT) ووقت تغيير السلسلة (SETUP) للاستفادة من الوقت الكامل لعمل الآلات ، وبالتالي لتحقيق أهدافنا ، اعتمدنا منهج DMAIC الذي يجعل من الممكن تنفيذ مشروع تحسين بما يتماشى مع التوقعات .

في الواقع ، الآلات الأوتوماتيكية في منطقة القطع هي آلات كبيرة ، فهي تتكون من عدة وحدات مثل: وحدة الاستقامة ، وحدة محرك الاسلاك الكهربائية ، وحدة الدوران ، وحدة القطع ، وحدة التحكم ، إلخ. من ناحية أخرى ، تقوم هذه الآلات بعدة عمليات مثل: القطع ، والفصل ، وإدخال المقابس ، ولف الاسلاك الكهربائية وكبسها. إن تعقيد وتنوع العمليات التي تقوم بها هذه الآلات يعني أن تحسين أدائها وتوافرها يتطلب دراسات وتحليلات متعمقة ودقيقة للغاية لتحديد الأسباب المحتملة التي تؤثر على هذين المكونين من معدل العائد التركيبي (TRS) ، لذلك قمنا بتحليل المشكلات التي تسببت في انخفاض الأداء وتوافر الآلات الأوتوماتيكية في منطقة القطع لمدة 6 أشهر (من 2021/09 إلى 2022/03) ذات أهمية كافية وتمثل الحالة الحالية للآلات في منطقة P1 لتحديد أهم المشاكل والآلات من حيث التوافر والأداء باستخدام مجموعة من طرق التحليل ، وهي: مخطط Pareto ومخطط Ishikawa وتحليل AMDEC من أجل تحديد الأسباب الجذرية التي تؤدي إلى انخفاض أداء منطقة القطع والتوافر.

بعد تحديد هذه الأسباب الجذرية بالإضافة إلى الآلات الأكثر أهمية حيث سنقوم بتطبيق الحلول المتوخاة ، قمنا بتطوير تحسينات واقتراحنا حلولاً لحل أقصى هذه المشكلات من أجل تحقيق الأهداف المحددة.

الكلمات المفتاحية : الأداء ، التوافر ، الآلات ، MDT, SETUP, DMAIC, Pareto, Ishikawa, AMDEC.

LISTE DES ABREVIATIONS

Acronymes	Description
YMM	Yazaki Morocco Meknes
IT	Informatique et Technologie
NYS	New Yazaki System
SAP	System Analysis Program
DMAIC	Define, Measure, analyze, Improve, Control
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités
FMECA	Failure Mode Effects and Criticality Analysis
CC	Crimp Center
PS	Power Strip
MDT	Mean Down Time
CAO	Cutting Area Optimization
TRS	Taux de Rendement Synthétique
OEE	Overall Equipment Effectiveness
MTBF	Mean Time Between Failures
PDR	Pièces De Rechange
FP	Fonction Principale
FC	Fonction Contrainte

LISTE DES FIGURES

Figure 1: YAZAKI DANS LE MONDE (VOIR REF. [2]).	4
Figure 2: YAZAKI MEKNES.	6
Figure 3: ORGANIGRAMME DE YAZAKI MEKNES.	6
Figure 4: LE CABLAGE AUTOMOBILE.	9
Figure 5: TYPE DE CABLAGE.	10
Figure 6: FIL CONDUCTEUR.	10
Figure 7: LES COMPOSANTES DU TERMINAL.	10
Figure 8: LES CONNECTEURS.	11
Figure 9: LES FUSIBLES.	11
Figure 10: CLIPS OU AGRAFS.	11
Figure 11: PROCESSUS DE LA PRODUCTION DU CABLAGE AU SEIN DE YMM.	12
Figure 12: LE MAGASIN.	13
Figure 13: EMBALLAGE ET EXPEDITION.	13
Figure 14: LA MACHINE MECAL QUI EFFECTUE LE SERTISSAGE MANUEL.	14
Figure 15: LA ZONE D'ASSEMBLAGE.	15
Figure 16: LES TABLEAUX MOBILES D'INSERTION.	15
Figure 17: L'ENRUBANNAGE.	16
Figure 18: TEST VISUEL.	16
Figure 19: LE TEST ELECTRIQUE.	16
Figure 20: CLIP CHECKER.	17
Figure 21: LE TEST D'ETANCHEITE.	17
Figure 22: LE TEMPS OU LA METHODE SMED DOIT ETRE APPLIQUEE.	22
Figure 23: LA ZONE DE COUPE.	25
Figure 24: LE DIAGRAMME SIPOC DE LA ZONE DE COUPE.	26
Figure 25: L'INFLUENCE DES MICRO-ARRETS SUR LA PERFORMANCE DES MACHINES.	27
Figure 26: LE DIAGRAMME GANTT.	28
Figure 27: LE DIAGRAMME BETE A CORNES DES MACHINES AUTOMATIQUES DE LA ZONE DE COUPE	29
Figure 28: LE DIAGRAMME PIEUVRE DES MACHINES AUTOMATIQUES DE LA ZONE DE COUPE.	30
Figure 29: LES COMPOSANTES DU TRS.	38
Figure 30: L'INFLUENCE DES TAUX INTERMEDIAIRES SUR LE TRS (VOIR REF. [4]).	39
Figure 31: COMPARAISON ENTRE LES 3 MODES DE SAISIE.	40
Figure 32: L'EVOLUTION DU TRS ET DE SES TAUX INTERMEDIAIRES.	41
Figure 33: DIAGRAMME PARETO DES ARRETS DES MACHINES.	43
Figure 34: LE COULISSEAU DE L'APPLICATEUR (RAM). Figure 35: LE CORPS DE L'APPLICATEUR (FRAME).	44
Figure 36: LA BASE DE L'APPLICATEUR.	44
Figure 37: L'OUTIL DE SERTISSAGE (APPLICATEUR).	44
Figure 38: LES TYPES D'APPLICATEURS UTILISES DANS LA ZONE DE COUPE DE YMM.	45
Figure 39: LE DIAGRAMME BETE A CORNES DES APPLICATEURS.	45
Figure 40: LE DIAGRAMME PIEUVRE DES APPLICATEURS.	46
Figure 41: DIAGRAMME DE PARETO DU TEMPS D'ARRÊT DES MACHINES DÛ AUX APPLICATEURS.	47
Figure 42: LE PROBLEME DU BAVURE.	47
Figure 43: PROBLEME D'INCLINAISON (HORIZONTAL) DU TERMINAL.	48
Figure 44: L'AVANCEMENT DU TERMINAL.	48
Figure 45: LE PROBLEME DE L'ATO-ACHI-BOUCHON.	48
Figure 46: LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA DU PROBLEME DES APPLICATEURS.	49



Figure 47: LE DIAGRAMME PARETO DE LA CRITICITE DES PIECES DES APPLICATEURS.	52
Figure 48: ANALYSE DES PROBLEMES MACHINE PAR LE DIAGRAMME PARETO.	52
Figure 49: LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA DES PROBLEMES MACHINE.	53
Figure 50: LE DIAGRAMME BETE A CORNES DU JOINT D'ETANCHEITE DU FIL ELECTRIQUE.	54
Figure 51: LE DIAGRAMME PIEUVRE DU JOINT D'ETANCHEITE DU FIL ELECTRIQUE.	54
Figure 52: ANALYSE DES PROBLEMES DU BOUCHON EN UTILISANT LE DIAGRAMME DE PARETO.	55
Figure 53: DETERMINATION DES CAUSES DES PROBLEMES DU BOUCHON EN UTILISANT LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA.	56
Figure 54: ANALYSE DES MACHINES LES PLUS CRITIQUES EN TERME DU TEMPS DE CHANGEMENT DE SERIE.	57
Figure 55: ANALYSE DES MICRO-ARRETS PAR LE DIAGRAMME DE PARETO.	62
Figure 56: DIAGRAMME PARETO DE LA CRITICITE DES COMPOSANTES DES MACHINES.	66
Figure 57: LES MACHINES LES PLUS CRITIQUES EN TERME DE DISPONIBILITE.	67
Figure 58: LES MACHINES LES PLUS CRITIQUES EN TERME DE PERFORMANCE.	68
Figure 59: LE MONTAGE DU FIL ELECTRIQUE DANS L'UNITE DE REDRESSAGE ET D'ENTRAINEMENT .	71
Figure 60: LA CONCEPTION DU SYSTEME SETUP-BOBINE SOUS LE LOGICIEL CATIA V5.	72
Figure 61: LA CONCEPTION DU SYSTEME SETUP WIRE SOUS CATIA V5.	73
Figure 62: LE SYSTEME DE GUIDAGE EN TRANSLATION DU SYSTEME SETUP-WIRE.	73
Figure 63: MIROIR AVEC BRAS PIVOTANT.	74
Figure 64: LA CONCEPTION D'UN SYSTEME DE POULIES SOUS CATIA V5.	75
Figure 65: LE GUIDE PLATE A DE L'APPLICATEUR.	75
FIGURE 68: LA CONCEPTION DU GUIDE PLATE A PROPOSEE SOUS CATIA V5.	76
Figure 66: LA CONCEPTION DE LA PARTIE INFERIEURE DE LA BASE SOUS CATIA V5.	76
Figure 67: LA CONCEPTION DE GUIDE PLATE A ACTUELLE SOUS CATIA V5.	76
Figure 69: LA SOLUTION PROPOSEE POUR DEMINUER LE TEMPS DES INTERVENTIONS DES APPLICATEURS.	76
Figure 70: LES CAUSES RACINES DES PROBLEMES DES APPLICATEURS.	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: FICHE SIGNALÉTIQUE DE YMM.	6
Tableau 2: LES PROJETS ACTUELS DE YAZAKI MOROCCO MEKNES.	8
Tableau 3: L'ECHEANCIER DU PROJET.	28
Tableau 4 : LES FONCTIONS DE SERVICES DES MACHINES AUTOMATIQUE DE P1.	30
Tableau 5: LA DESCRIPTION DES MACHINES AUTOMATIQUES DE COUPE.	31
Tableau 6: LES FONCTIONS DE SERVICE DES OUTILS DE SERTISSAGE.	46
Tableau 7: LA GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE.	49
Tableau 8: LA GRILLE DE COTATION DE L'OCCURRENCE.	50
Tableau 9: LA GRILLE DE COTATION DE LA DETECTION.	50
Tableau 10: L'ANALYSE AMDEC DES OUTILS DE SERTISSAGE.	51
Tableau 11: LES FONCTIONS DE SERVICE DU BOUCHON.	54
Tableau 12: LE TEMPS DE CHANGEMENT DE SÉRIE DE LA MACHINE 28 - 433.	58
Tableau 13: LE TEMPS DE CHANGEMENT DE SÉRIE DE LA MACHINE 50 - 560.	59
Tableau 14: LE TEMPS DE CHANGEMENT DE SÉRIE DE LA MACHINE 46 - 355.	60
Tableau 15: L'ANALYSE AMDEC DES MACHINES AUTOMATIQUES DE LA ZONE DE COUPE P1.	65
Tableau 16: LES GAINS DE TEMPS DE L'IMPLEMENTATION DU SYSTÈME SETUP-BOBINE.	78
Tableau 17: LES GAINS DU TEMPS DE L'UTILISATION D'UN MIROIR PENDANT LE SCAN.	79

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I :	3
<i>Présentation de l'organisme d'accueil et la démarche du projet</i>	3
I. Présentation de l'organisme d'accueil :	4
1. Présentation de Yazaki monde :	4
2. Présentation de Yazaki Morocco Meknès :	5
2.4. Organigramme de Yazaki Meknès :	6
II. Processus et zones de production du câblage :	9
1. Câblage automobile :	9
2. Processus de la production du câblage au sein de YMM :	12
3. Les zones de production :	14
III. Démarche du projet :	17
❖ D - Define, Définir :	18
❖ M - Measure, Mesurer :	18
❖ A – Analyze, Analyser :	18
❖ I – Improve, Améliorer :	18
❖ C – Control ou Maitriser :	19
IV. Les méthodes et outils utilisés :	19
1. La méthode SIPOC :	19
2. Le diagramme bête à cornes :	19
3. Le diagramme Pieuvre :	20
4. La méthode Pareto :	20
5. Le diagramme d'ISHIKAWA :	20
6. La méthode AMDEC :	21
7. Le SMED :	22
Chapitre II :	24
<i>Application de la démarche DMAIC : Définir le processus à analyser</i>	24

I.	Présentation du projet :	25
1.	Contexte général du projet :	25
2.	Définition du périmètre du projet :	25
3.	La problématique :	26
4.	Les auteurs du projet :	27
5.	L'échéancier du projet :	28
6.	Les contraintes du projet :	29
II.	Etude des machines automatiques de la zone de coupe :	29
1.	Analyse fonctionnelle :	29
2.	Description du fonctionnement des machines de coupe :	31
Conclusion :		35
Chapitre III :		36
<i>Application de la méthode DMAIC : Mesurer et analyser l'état actuel de la zone de coupe</i>		36
I.	Généralités sur le TRS :	37
1.	Un indicateur :	37
2.	Le TRS :	37
II.	Etude de l'état actuel :	41
1.	Identification et analyse des causes de diminution de la disponibilité :	42
2.	Identification et analyse des causes de diminution de la performance :	61
3.	Détermination des machines critiques en terme de disponibilité :	66
4.	Détermination des machines critiques en terme de performance :	67
Conclusion :		68
Chapitre IV :		70
<i>Application de la méthode DMAIC : Mise en place et évaluation des améliorations</i>		70
I.	Génération des actions amélioratrices :	71
1.	Optimisation du temps de changement de série :	71
2.	La réduction des problèmes de l'unité de redressage des fils électriques :	74
3.	Amélioration du fonctionnement des applicateurs :	75
II.	Evaluation de l'efficacité des actions amélioratrices :	77
1.	Estimation des gains du système SETUP-bobine :	77
2.	Estimation des gains avec l'utilisation d'un miroir pendant le scan :	79



CONCLUSION GENERALE	80
BIBLIOGRAPHIE	81
WEBOGRAPHIE	81
ANNEXES	82



INTRODUCTION GENERALE

L'industrie automobile marocaine a connu une croissance remarquable ces dernières années, confirmée par l'augmentation des investissements directs étrangers et les performances réalisées en termes d'exportations, notamment pour la construction et le câblage automobile, ce qui entraîne une concurrence féroce sur le marché, qui oblige les entreprises travaillant dans ce domaine à fournir des produits de qualité irréprochable au bon moment et à améliorer leurs processus afin de survivre, de rester compétitives et de conserver leur place sur le marché. Les entreprises de câblage automobile ont relevé ce défi en améliorant constamment leur productivité et en réduisant leurs coûts de production.

Yazaki Meknès, dans laquelle j'ai eu l'occasion de réaliser mon projet de fin d'études, est une filiale du groupe Yazaki corporation, leader mondial dans le domaine du câblage automobile. C'est également l'une des entreprises qui a fortement contribué à accroître l'expertise dans ce domaine au Maroc. Cette entreprise vise constamment à lancer des projets d'amélioration ou fait partie de notre projet de fin d'études intitulé : Amélioration de la performance et de la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe P1, qui vise à améliorer les processus de cette zone en augmentant la vitesse de ces machines et en réduisant les micro-arrêts pour améliorer leur performance et en réduisant les arrêts non planifiés et le temps de changement de série pour améliorer leur disponibilité.

Ce rapport est structuré comme suit en optant pour l'approche DMAIC, qui permet de mener un projet d'amélioration conforme aux attentes :

- ❖ Le premier chapitre, porte sur la présentation de l'organisme d'accueil ainsi que la démarche et les méthodes et outils utilisés dans ce projet.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à la première étape de la démarche DMAIC qui consiste à définir le processus à analyser, la problématique du projet, les auteurs du projet, les contraintes du projet et les objectifs à atteindre ainsi que l'état de l'art des machines automatiques de la zone de coupe.
- ❖ Le troisième chapitre a été consacré à l'étude de l'état actuel des machines de coupe ainsi qu'à l'analyse des problèmes qui existent et qui ont un impact sur les performances et la disponibilité des machines automatiques dans la zone de coupe en travaillant sur des données historiques.



❖ Le quatrième chapitre porte sur la mise en œuvre des solutions susceptibles d'améliorer la situation actuelle de la zone de coupe, ainsi que des gains de temps que ces améliorations permettent de réaliser.

Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil et la **démarche du projet**

Ce chapitre a été consacré à la présentation de l'organisme d'accueil, de son organigramme, des différents départements, des activités et du processus de production de câblage automobile ainsi que les outils et les méthodes utilisées pour mener à bien le projet.

I. Présentation de l'organisme d'accueil :

1. Présentation de Yazaki monde :

1.1. Profil :

YAZAKI est un équipementier automobile japonais et l'un des principaux concepteurs et fabricants de systèmes de câblage automobile au monde. Il a été fondé en 1941 par le père SADAMI YAZAKI. La gamme de produits de l'entreprise comprend des câbles électriques, des compteurs et instruments automobiles, des équipements pour le gaz, des systèmes de climatisation et des systèmes d'énergie solaire. En tant que fournisseur de premier rang, Yazaki vend principalement aux constructeurs automobiles et, dans une moindre mesure, aux entreprises d'énergie électrique, de gaz et de construction générale. Yazaki fait partie des 100 premières entreprises détentrices de brevets aux États-Unis. Elle emploie plus de 239 753 personnes dans 140 sites de fabrication répartis dans 45 pays (au 20 juin 2021) (Voir la figure 1). YAZAKI continue de dominer le marché avec des produits offrant une excellente fiabilité et des performances qui satisfont constamment les principaux constructeurs automobiles tels que Ford, Jaguar, Land Rover, Mercedes, Honda, Volvo, Toyota, Nissan, Isuzu, Seat, Renault, Fiat, Mazda et autres (Voir réf. [1]).

Le slogan de YAZAKI: “All for one, one for all”.



FIGURE 1: YAZAKI DANS LE MONDE (VOIR REF. [2]).

1.2. Historique :

L'histoire du succès de YAZAKI remonte à 1929, lorsque Sadami YAZAKI a commencé à vendre des faisceaux de câbles pour les automobiles, le groupe Yazaki employait en 2011 plus de 192 000 personnes dans le monde, dont environ 90 % (171 000) hors du Japon. Après la Seconde Guerre mondiale, Yazaki s'est concentré sur la production de faisceaux de câbles automobiles et a connu une croissance rapide. La croissance à l'étranger a fortement augmenté entre 1974 et les années 1990.

Cette augmentation s'explique à la fois par des raisons externes et internes. La principale raison externe était la tendance générale des entreprises automobiles japonaises à délocaliser leur production à l'étranger pour éviter les sanctions commerciales de l'époque. Ce changement de stratégie s'est accompagné d'un changement de direction au sein de Yazaki, lorsque le jeune héritier Yasuhiko Yazaki a succédé au fondateur Sadami Yazaki en 1974, à seulement 33 ans. Entre 1974 et 1990, les ventes à l'étranger ont été multipliées par 30 environ (de 4 milliards de yens en 1974 à 116 milliards de yens), tandis que le nombre d'employés à l'étranger a été multiplié par dix (de 2 922 à 33 703).

2. Présentation de Yazaki Morocco Meknès :

2.1. Présentation de Yazaki Morocco :

Après Tanger en 2000 et Kenitra en 2011, Yazaki le fabricant japonais de faisceaux électriques automobiles a inauguré le 15 mars 2016, une nouvelle unité de production à Meknès. La cérémonie d'inauguration de la nouvelle unité Yazaki Maroc s'est déroulée en présence de M. Hafid Elalamy le ministre de l'industrie, Horst Rudolph, le président et CEO Yazaki Europe mais aussi Mohand Laenser, le président du conseil de la région Meknès-Fès. Cette unité a mobilisé un investissement estimé à 17,7 millions d'euros soit un peu plus de 192 millions de dirhams (**Voir réf. [3]**).

Le groupe japonais a choisi de s'installer dans la région de Meknès-Fès pour plusieurs raisons. "Yazaki a choisi la capitale ismaélienne pour son histoire prestigieuse, son emplacement stratégique et pour les établissements d'enseignement supérieur de la région, comme l'université Al Akhawayn, l'université Moulay Ismail et l'ENSAM (École nationale supérieure d'arts et métiers)", explique Redouane Karabach, le directeur général de Yazaki Maroc. De plus, "le bassin d'emploi de Fès Meknès est bien dimensionné en termes de disponibilité de la main d'œuvre" ajoute-t-il.

2.2. Situation géographique :

YAZAKI Meknès Morocco YMM est située dans la zone industrielle Agropolis à Douar Al Khoult, Route de Sidi Kacem, Meknès à 230 km à l'est de Casablanca. Cette unité est située sur une surface de 56 000 m² dont 30 000 construits (**Voir réf. [3]**).



Figure 2: YAZAKI MEKNES.

2.3. Fiche technique de YMM :

TABEAU 1: FICHE SIGNALÉTIQUE DE YMM.

Raison sociale	Yazaki Morocco Meknès SA
Forme juridique	Société anonyme
Date de création	15 Mars 2016
Activité	Câblage automobile
Siège social	ILOT UL2 Zone Agropolis BP S72 CD 50000, Meknès
Capital social	50 000 000 DH
Registre commercial	N° 20521
Identification fiscale	N° 04906347
N° d'affiliation à la CNSS	6555702
Tel	+212(0)535514817
Effectif	3000 personnes
Banques	BMCE - BMCI – SG
Site	www.yazaki-group.com/

2.4. Organigramme de Yazaki Meknès :

L'organigramme de Yazaki Morocco Meknès (voir la figure 3) se présente sous la forme suivante :

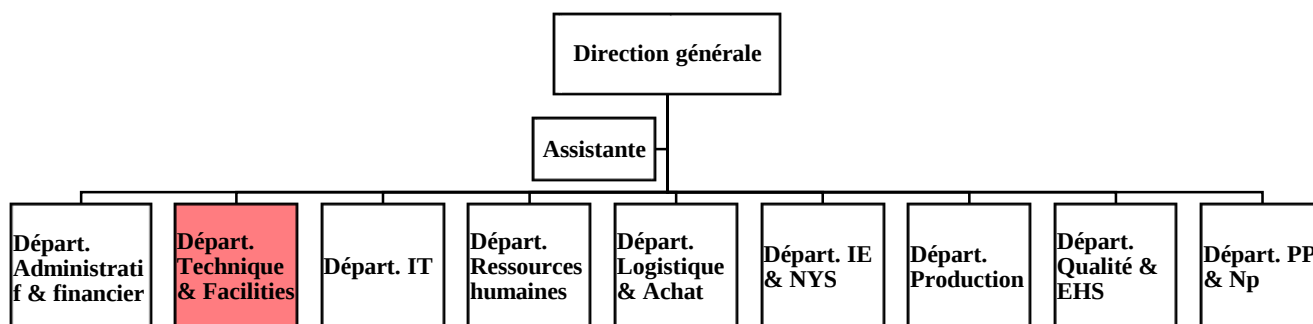


FIGURE 3: ORGANIGRAMME DE YAZAKI MEKNES.

2.5. Description des différents services :

- ❖ **Département technique/Processus** : L'équipe technique établit les plans de maintenance des machines et équipements existants dans l'usine et assure la maintenance corrective des équipements en cas de panne. L'équipe d'ingénierie des processus est responsable de la commande et la définition des moyens de production.
- ❖ **Département IT** : Ce département s'occupe du système informatique de l'entreprise.
- ❖ **Département des ressources humaines** : La mission du département des ressources humaines est de fournir à l'entreprise les ressources humaines nécessaires et compétentes en assurant la sélection, le recrutement, la formation et la gestion individuelle et collective de l'ensemble du personnel.
- ❖ **Département logistique** : Son rôle est d'optimiser la mise en œuvre et le lancement des programmes de fabrication tout en assurant une gestion optimale des stocks et une livraison à temps aux clients.
- ❖ **Département NYS & industriel Engineering** : sa mission est d'adapter les processus de fabrication selon les règles définies par les départements Ingénierie et Qualité (plans de surveillance, plans de contrôle, etc.) du groupe.
- ❖ **Département Production** : sa mission principale est de réaliser les programmes de production tout en assurant une bonne qualité des produits en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.
- ❖ **Département qualité** : La mission de ce département est de garantir la bonne qualité des produits conformément aux normes et de contraintes réglementaires afin de répondre aux exigences de ses clients.
- ❖ **Département financier** : assure les fonctions financières et comptables de l'entreprise, élabore et met en œuvre les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui influencent la santé financière de l'entreprise tout en assurant la préservation du patrimoine financier de l'entreprise.

En fait, j'ai effectué mon stage de fin d'étude au sein du département technique/process.

2.6. Les projets actuels de Yazaki Morocco Meknes :

- L'activité principale du site YMM est le câblage pour automobile et la totalité de sa production de câbles électriques est destinée aux équipements des 5 familles de RENAULT.

Le tableau 2 suivant regroupe l'ensemble de ces familles :

TABLEAU 2: LES PROJETS ACTUELS DE YAZAKI MOROCCO MEKNES.

Image de la famille	La famille	Durée de vie
	Mégane (XFB)	7.5 Y
	Scenic (XFA)	7.3 Y
	ZOE X10 Néo	4 Y
	Kadjar	7 Y
	Espace (JFC)	6.5 Y

- Yazaki Meknès a récemment installé une deuxième unité de production de câblage.

II. Processus et zones de production du câblage :

1. Câblage automobile :

1.1. Généralités :

Le câblage automobile est l'ensemble des fils électriques, des connecteurs, des terminaux et des accessoires de protection (**voir la figure 4**). Sa fonction est d'établir la connexion électrique entre les différents points de la voiture. Il alimente en électricité tous les équipements qui ont besoin de cette énergie pour fonctionner dans une voiture, comme l'airbag, l'éclairage, la climatisation, etc., mais aussi pour transmettre des informations aux calculateurs, de plus en plus nombreux avec l'intégration massive de l'électronique dans la voiture.



FIGURE 4: LE CABLAGE AUTOMOBILE.

1.2. Types de câblages :

Un câblage est divisé en plusieurs parties qui sont connectées les unes aux autres. Cette division est très utile pour faciliter certaines tâches du client, comme l'installation dans la voiture et la réparation en cas de défaillance du fonctionnement électrique de la voiture. Il existe plusieurs familles de câblages connectés (**voir la figure 5**) :

- Câblage moteur.
- Câblage avant.
- Câblage arrière.
- Câblage sous caisse.
- Câblage habitacle.
- Câblage 4 portes.
- Câblage pavillon.
- Câblage principal.
- Câblage planche de bord.

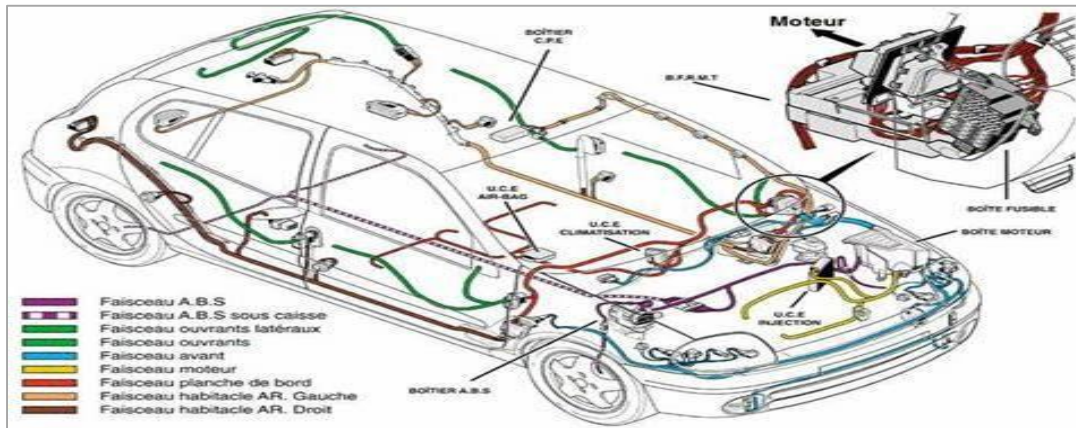


FIGURE 5: TYPE DE CÂBLAGE.

1.3. Les composantes d'un faisceau électrique :

Le faisceau électrique est composé de plusieurs éléments à savoir :

- **Fil conducteur :** Permet de conduire le courant électrique (voir la figure 6).

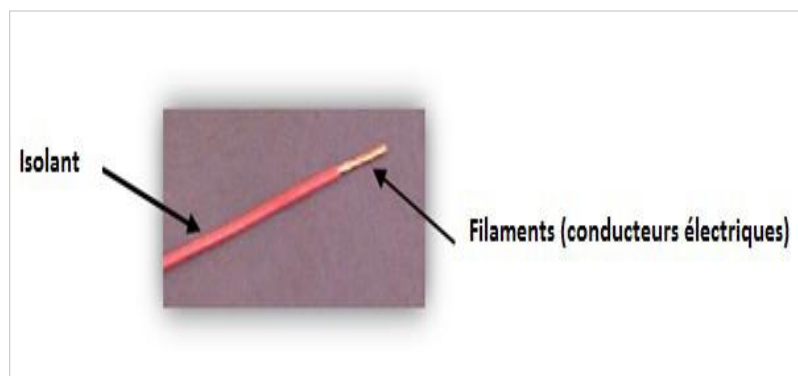


FIGURE 6: FIL CONDUCTEUR.

- **Terminal :** Permet d'assurer la connectivité entre deux câbles. L'un comme source d'énergie et l'autre comme consommateur d'énergie (voir la figure 7).



FIGURE 7: LES COMPOSANTES DU TERMINAL.

- **Connecteurs** : Ce sont des pièces où les terminaux seront insérés (voir la figure 8). Ils permettent d'établir un circuit électrique débranchable, d'établir un accouplement mécanique séparable et d'isoler électriquement les parties conductrices.



FIGURE 8: LES CONNECTEURS.

- **Fusible** : Un composant qui permet de protéger le câble et de ses composants contre la surcharge du courant qui pourrait l'endommager (voir la figure 9).



FIGURE 9: LES FUSIBLES.

- **Accessoires** : Ce sont des composants qui servent à la protection et à l'isolement du câble.
- **Clips ou agrafes** : Ce sont des éléments qui permettent de fixer le câble à la carrosserie de l'automobile (voir figure 10). Sans les clips le montage serait impossible, le câble restera détaché provoquant des bruits et exposé aux détériorations à cause des frottements.



FIGURE 10: CLIPS OU AGRAFS.

2. Processus de la production du câblage au sein de YMM :

Après une visite guidée de l'entreprise, nous avons constaté que le processus de production du câblage automobile se compose de 3 étapes principales à savoir :

- ✚ Réception de la matière première.
- ✚ Production.
- ✚ Emballage et expédition.

La société YAZAKI produit des faisceaux électriques pour automobiles à partir de câbles électriques, des terminaux, de connecteurs et d'autres accessoires. Ces composants proviennent de divers fournisseurs (nationaux et étrangers). Avant le début de la production, le planificateur de YAZAKI définit les matières premières nécessaires en fonction des exigences du client. Une fois ces matières premières définies, le fournisseur contacte la centrale d'achat du groupe (qui négocie les prix et les conditions de paiement) pour passer la commande, en spécifiant les matières premières, les quantités et les conditions de livraison. Le service d'importation est chargé d'assurer la livraison dans les délais, en faisant appel à un transporteur international qualifié, SCHENKER, pour assurer le transport et le transit.

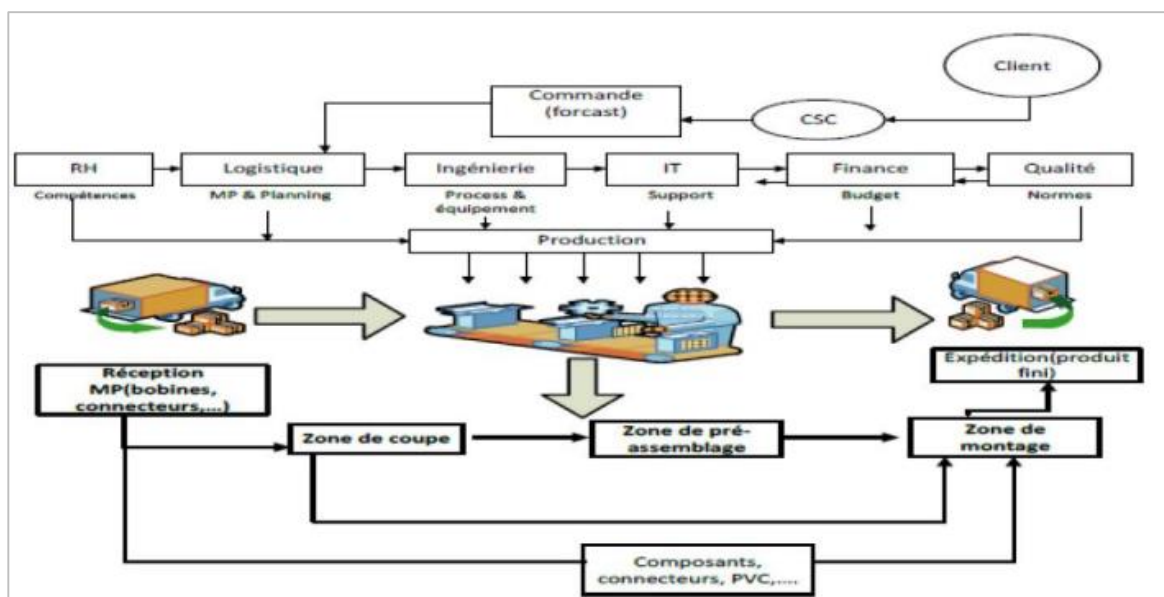


FIGURE 11: PROCESSUS DE LA PRODUCTION DU CABLAGE AU SEIN DE YMM.

2.1. Réception de la matière première :

Les matières premières en provenance du fournisseur passent par un contrôle de réception avant d'être stockées dans le magasin. Le stock de matières premières est géré et enregistré par le système SAP, qui prépare le stock pour les prochaines 24 heures de production sur la base de la bonne livraison apportée par le transporteur.



FIGURE 12: LE MAGASIN.

2.2. La production :

La production du câble est réalisée à travers 3 zones principales :

- La zone de coupe (P1).
- La zone de pré-assemblage(P2).
- La zone d'assemblage(P3).

2.3. Emballage et expédition :

Une fois les articles d'une commande sont finis, les agents d'expédition les chargent dans des palettes pour les exporter aux clients de YAZAKI et s'assure de leur arrivée. En effet, le service export se charge de la gestion des transports (transport routier, maritime ou aérien) et la réservation à l'avance des camions dans les dates d'expédition prévues. Les sorties des produits finis sont traitées et enregistrées sur système SAP.

L'emballage du produit fini et le remplissage du kanban d'expédition sont effectués ici (**voir la figure 13**).



FIGURE 13: EMBALLAGE ET EXPEDITION.

3. Les zones de production :

La fabrication du faisceau électrique au sein de YMM se passe à travers 3 zones :

3.1. La zone de coupe P1 :

La coupe, appelée aussi zone P1, est la première étape du processus de production du câblage. Elle consiste à couper, dénuder, sertir et insérer des bouchons dans les fils. Ces opérations sont réalisées par la même machine automatisée qui peut produire des milliers de fils en quelques heures. La machine est alimentée par une bobine de fil (cuivre avec isolation) et un rouleau de connexions.

Cette machine est entièrement automatisée et contrôlée par un logiciel doté d'une interface graphique attrayante. Les paramètres et les longueurs de sertissage sont saisis dans le logiciel et peuvent être modifiés à tout moment.

- **Dénudage** : c'est l'opération permettant d'enlever l'isolant à l'extrémité du fil afin de dégager les filaments conducteurs.
- **Sertissage automatique** : processus qui permet la jonction d'un terminal à un ou plusieurs fils conducteurs.
- **Insertion des bouchons** : les bouchons (Seals) sont des dispositifs permettant d'assurer l'étanchéité lors de l'insertion dans le connecteur.

3.2. La zone de pré-assemblage P2 :

Une fois les fils coupés, certains d'entre eux passent par la phase de pré-assemblage.

Dans cette phase, plusieurs opérations sont effectuées :

- ✓ **Sertissage manuel** : Dans certains cas, il n'est pas possible de sertir automatiquement les terminaux aux extrémités des fils. D'où la nécessité d'effectuer cette opération avec des presses manuelles (**voir la figure 14**).



FIGURE 14: LA MACHINE MECAL QUI EFFECTUE LE SERTISSAGE MANUEL.

- ✓ **Jonction par ultrason** : Les joints ou épissures sont des soudures par ultrasons unissant un ou plusieurs fils entre eux.

- ✓ **Torsadage (Twist) :** Le processus consistant à torsader deux fils pour les protéger des champs magnétiques.
- ✓ **Soudure de masse :** La soudure de masse consiste à souder les extrémités de plusieurs fils à un seul terminal. Cette opération est souvent réalisée pour la production des cosses reliées à la masse.

3.3. La zone d'assemblage P3 :

Le montage est la phase finale d'assemblage de tous les composants pour obtenir le câble final. Les lignes d'assemblage se caractérisent généralement par l'utilisation d'un convoyeur ou d'une chaîne de tables mécanisées ou des deux, selon le nombre de circuits que contient le câble et sa complexité (**voir la figure 15**). Les câbles passent généralement par trois étapes principales au cours de l'assemblage : l'insertion, l'enrubannage et l'inspection. Chacune de ces étapes comporte des opérations qui varient en fonction de la nature du câble.

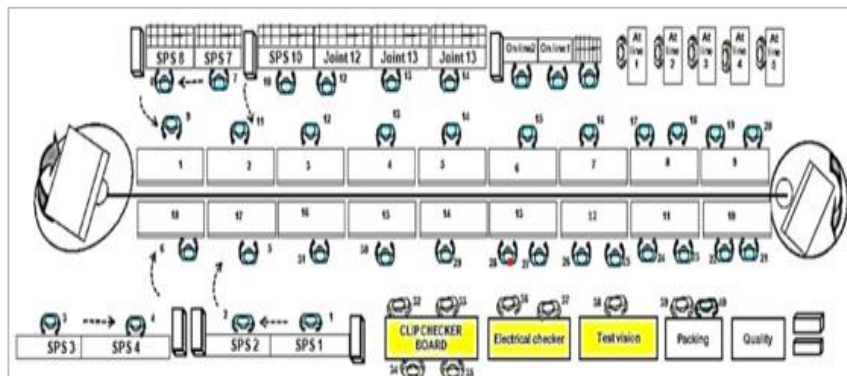


FIGURE 15: LA ZONE D'ASSEMBLAGE.

- ✓ **L'insertion :** Cette étape consiste à insérer manuellement les terminaux des circuits dans les connecteurs correspondants (**voir figure 16**). Des supports, sous forme de fiches contenant le processus d'assemblage propre au poste, sont mis à la disposition des opérateurs.



FIGURE 16: LES TABLEAUX MOBILES D'INSERTION.

- ✓ **L'enrubannage :** Opération qui permet de recouvrir les fils une fois insérés, par des rubans et des protecteurs (**voir la figure 17**).



FIGURE 17: L'ENRUBANNAGE.

✓ **L'inspection et les tests** : Les tests standards réalisés sur les câblages sont :

Les tests visuels :

- **Test visuel 1(test d'inspection visuelle)** : utilisé pour observer les non-conformités, en vérifiant la longueur des branches, la présence de l'enrubannage, les accessoires et le respect de l'architecture finale requise.
- **Test visuel 2(test vision)** : utilisé si le faisceau comporte une boîte à fusibles. Elle consiste à vérifier que cette dernière est correctement assemblée (**voir figure 18**).



FIGURE 18: TEST VISUEL.

Le test électrique : Tous les connecteurs sont encliquetés dans les contreparties et la présence et la continuité électrique des différents composants sont testées (**voir la figure 19**). Si le faisceau est conforme, une étiquette est imprimée et collée sur le faisceau.



FIGURE 19: LE TEST ELECTRIQUE.

Le “clip checker” : Ce dispositif permet de tester que chaque clip est présent dans son emplacement dédié (voir figure 20). Le vérificateur de clips est principalement utilisé pour les câbles comportant un grand nombre de fils et de grandes dimensions.



FIGURE 20: CLIP CHECKER.

Le test d’étanchéité : Son rôle est de vérifier que le Grommet (dispositif permet d’assurer l’étanchéité entre deux parties d’un même faisceau) accomplit sa fonction (voir la figure 21).



FIGURE 21: LE TEST D'ETANCHEITE.

III. Démarche du projet :

Quel que soit le type de projet que l'on doit gérer, il est essentiel d'être méthodique, sous peine de perdre rapidement la maîtrise des événements. Un manque de méthode est généralement synonyme d'échec. Un projet implique des moyens financiers, des personnes et du matériel, il n'y a pas de place pour l'improvisation.

La démarche de projet définit un ensemble d'étapes qui vont structurer le projet. Cette structuration va permettre à tous les membres de l'équipe de savoir dans quelle direction aller et d'avoir une démarche cohérente tout au long du projet. Cela nous permettra de définir des objectifs précis, les actions à mener et les ressources à utiliser pour les atteindre.

Dans ce projet, nous avons opté pour la démarche DMAIC qui est utilisée dans le cadre de l'amélioration continue.

La méthode DMAIC est un séquenceur de projet en 5 phases permettant d'améliorer la performance d'un processus. Elle est adaptée aux situations dans lesquelles le problème et les solutions ne sont pas

connus. Elle repose sur des observations terrain permettant l'élaboration d'un diagnostic factuel notamment via le recours aux statistiques.

La méthode DMAIC définit de manière claire et précise les cinq étapes permettant de conduire un projet d'amélioration conforme aux attentes. Chacune des lettres composant l'acronyme D.M.A.I.C. est l'initiale de la fonction significative de l'étape correspondante.

❖ **D - Define, Définir :**

La 1^{ère} étape de la méthode DMAIC consiste à déterminer ou définir chaque problème ainsi que les objectifs. L'identification des moyens nécessaires tel que les membres de l'équipe, l'échéancier du projet ainsi que les risques liés au projet.

❖ **M - Measure, Mesurer :**

Une fois les données représentatives collectées, la prochaine étape se focalisera sur la mesure de la performance et la sélection des indicateurs qui seront analysées et les outils qui seront utilisés pour collecter les données. Une fois cette phase terminée, les mesures en situation réelle peuvent commencer. Les données recueillies sont ensuite traitées et préparées pour être analysées à l'étape suivante. Il est important à ce stade de s'appuyer sur des variables et des données fiables, qui fourniront ensuite des informations pertinentes. C'est également à ce niveau que les causes possibles du problème à résoudre sont éliminées afin d'en obtenir le moins possible.

❖ **A – Analyze, Analyser :**

Au cours de cette étape, tous les outils statistiques vont être mis en place pour traiter les données collectées lors de l'étape précédente. Il s'agit d'un traitement purement mathématique des données, dont le but est d'identifier clairement la ou les causes du problème à résoudre. L'écart entre la situation réelle et les objectifs fixés est analysé afin d'identifier la cause initiale du problème, qui doit être reproductible, afin d'identifier la solution.

❖ **I – Improve, Améliorer :**

Sur la base des résultats de l'analyse effectuée dans les phases précédentes, l'entreprise établit différentes solutions visant à réduire la variabilité et donc à maîtriser le processus. Les solutions doivent être classées par ordre de priorité pour leur mise en œuvre. L'entreprise peut alors déterminer quelles solutions sont les plus importantes en termes d'urgence et d'efficacité. Après une validation technique et économique, chaque solution devra être testée à l'aide de différents outils afin de prouver leur efficacité.

❖ C – Control ou Maitriser :

Cette dernière étape de la méthode DMAIC va permettre de mettre en place le pilotage de la solution retenue en fonction d'indicateurs pertinents. L'objectif est de s'assurer que les actions mises en œuvre sont durables sans qu'une dégradation des performances ne soit observée. L'objectif de la procédure de contrôle mise en œuvre dans la méthode DMAIC est de corriger les améliorations apportées si les résultats ne sont pas probants. A ce stade, ce sont les équipes opérationnelles qui prennent en charge le contrôle et le suivi du processus ou du projet.

IV. Les méthodes et outils utilisés :

1. La méthode SIPOC :

L'acronyme SIPOC vient des mots anglais : suppliers, inputs, process, outputs and customers (FIPEC en français pour les fournisseurs, les entrées, les processus, les sorties et les clients).

La méthode SIPOC est un moyen pratique et intuitif d'obtenir une vue d'ensemble claire des principales étapes du processus et d'autres points importants du processus, tels que sa portée, ses points de départ et d'arrivée et ses activités.

S ==> Suppliers : Identification des fournisseurs internes et externes, délivrant des éléments en entrée.

I ==> Inputs : Liste des entrées (information, matières...) alimentant le processus et transformées par les activités à venir.

P ==> Process : Description des activités, étapes, tâches et opérations principales (sans entrer dans le détail) qui transforment les entrées en sorties.

O ==> Outputs : Liste des sorties (résultats, production, documentation...) à destination des clients.

C ==> Customer : Identification des clients internes et externes, intermédiaires et finaux.

2. Le diagramme bête à cornes :

Le diagramme bête à cornes permet d'exprimer le besoin d'objet étudié afin d'identifier son destinataire principal, sa matière première et d'exprimer sa fonction principale.

Ce diagramme doit répondre à trois questions :

- « **A qui rend-il service ?** » : Il s'agit de l'utilisateur cible du produit.
- « **Sur quoi agit-il ?** » : C'est la matière que mon produit va transformer ou sur laquelle mon produit va agir.
- « **Quel est le but ?** » : C'est la fonction principale de mon produit, son intérêt.

3. Le diagramme Pieuvre :

Le diagramme pieuvre ou graphe d'interaction est un diagramme qui représente la relation entre un produit/service et son environnement.

Le diagramme pieuvre permet de représenter les fonctions de service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec l'environnement externe.

4. La méthode Pareto :

La méthode de Pareto est un principe qui stipule que 80% des richesses sont produites par seulement 20% de la population. Défini par l'économiste et sociologue italien du début du 20ème siècle Vilfredo Pareto.

La méthode Pareto va donc consister à identifier les tâches et les actions les plus importantes à réaliser, et à concentrer tous nos efforts sur celles-ci afin d'inverser une tendance naturelle au gaspillage des ressources et du temps. Elle nous aidera à aller à l'essentiel, à ne pas nous perdre dans les détails.

5. Le diagramme d'ISHIKAWA :

Le diagramme d'Ishikawa, aussi appelé diagramme de causes et effets ou encore diagramme en arêtes de poisson, est un outil de résolution de problème d'entreprise. Conçu par Kaoru Ishikawa, ce diagramme prend la forme d'un arbre avec plusieurs branches (ou d'une arête de poisson). On y retrouve l'effet, le problème que rencontre l'entreprise, à la tête et les causes sont modélisées par des branches.

La force du diagramme d'Ishikawa est d'être un outil très visuel, une représentation graphique facilite grandement la communication autour du problème. Ceci offre aussi au dirigeant une vision globale, à la fois synthétique et précise, de l'effet néfaste identifié.

Les causes d'un problème peuvent être regroupées en cinq catégories, les 5 M :

- ❖ **Méthode** : Processus de production du produit ou service. La recherche et développement.
- ❖ **Matière** : Les matériaux utilisés pour la production du bien.
- ❖ **Milieu** : Le contexte concurrentiel, l'état du marché.
- ❖ **Matériel** : Les machines, le parc informatique et les logiciels. L'ensemble des équipements qui servent à apporter de la valeur ajoutée au matériau de base.
- ❖ **Main-d'œuvre** : Les collaborateurs et l'ensemble des interventions humaines.

6. La méthode AMDEC :

AMDEC signifie Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités. C'est l'équivalent français de la méthode d'origine FMECA : Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis. Il s'agit d'une méthode d'analyse qualitative et quantitative permettant de mettre en avant les défaillances potentielles d'un produit, procédé ou processus en apportant des actions correctives ou préventives.

❖ **Le mode de défaillance** : c'est la manière dont le système peut s'arrêter de fonctionner, s'écarter des spécifications prévues initialement, fonctionner anormalement, etc. Il s'exprime en terme physique.

Exemple : fuite, court-circuit, déformation, etc.

- La recherche de défaillance consiste à se poser les questions suivantes :
- Qu'est-ce qui ne fonctionne pas ?
- Qu'est-ce qui a arrêté de fonctionner ?
- Est que quelque chose s'est dégradé dans le fonctionnement du système ?
- Le fonctionnement est-il intempestif ?

❖ **La cause de la défaillance** : c'est l'anomalie pouvant conduire à la défaillance.

❖ **L'effet de la défaillance** : ce sont les conséquences subies par l'utilisateur.

❖ **La criticité** : c'est un moyen de déterminer l'acceptabilité de la situation par la combinaison de plusieurs facteurs. En fonction de son activité ou du chef de projet, la méthode de cotation peut différer. On peut calculer la criticité d'un composant à l'aide de la formule suivante :

$$C = G * D * O$$

Avec :

G : Gravité du risque.

D : Probabilité de non détection du risque.

O : probabilité d'occurrence du risque.

Il existe plusieurs types d'AMDEC :

AMDEC Produit (Plan de validation) :

Elle consiste à s'assurer que la solution technologique réponde bien aux exigences du client dont l'objectif l'obtention de zéro défaut.

AMDEC Processus (Plan de surveillance) :

Elle est basée sur l'assurance que le processus de production permettra de fabriquer en série un produit conforme aux besoins du client dont l'objectif l'obtention de zéro non conforme.

AMDEC Moyen (Plan de maintenance) :

Elle consiste à assurer la disponibilité et la sécurité d'un moyen de production en améliorant la conception, l'exploitation ou la maintenance de celui-ci dans le cadre de l'obtention de zéro panne.

Dans notre projet, on va utiliser AMDEC Moyen afin d'augmenter la productibilité et de garantir la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe.

7. Le SMED :

La norme AFNOR NF X 50-310, traitant des concepts fondamentaux de la gestion de la production, nous indique que SMED est « une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié ».

SMED (Single Minute Exchange of Die = Echange d'outil en moins de 10 minutes.

SMED est une méthode japonaise qui vise à réduire le temps de changement d'outils ou de réglages de la machine entre deux séries (**Voir la figure 22**). Elle est basée sur 4 phases :

- Filmer le temps de changement entre deux séries.
- Identifier les opérations internes (réalisées lorsque la machine est arrêtée) et les opérations externes (réalisées lorsque la machine est en marche).
- Convertir les opérations internes en opérations externes.
- Réduire la durée des opérations internes qui ne peuvent être converties en opérations externes.

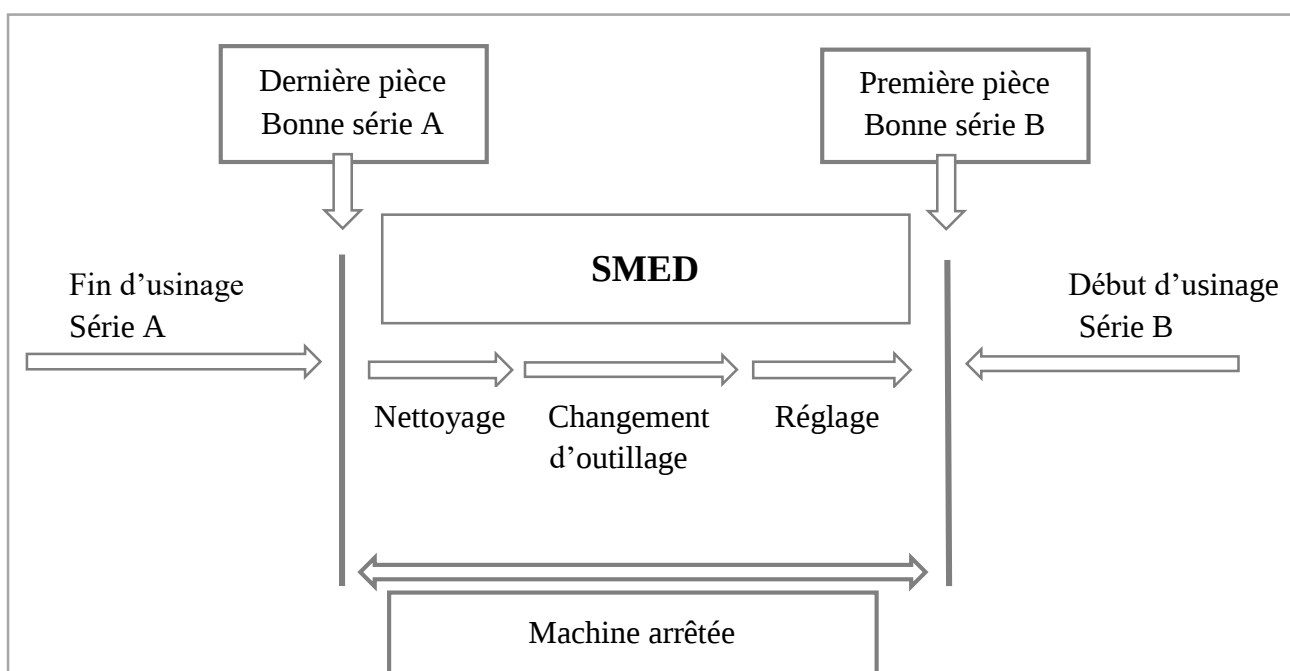


FIGURE 22: LE TEMPS OU LA METHODE SMED DOIT ETRE APPLIQUEE.



Conclusion :

Après avoir défini l'organisme d'accueil, le processus de la fabrication du câblage automobile, ainsi que la démarche suivie dans ce projet et les méthodes et outils que nous utiliserons dans la démarche DMAIC, nous passerons au deuxième chapitre concernant la première étape de cette démarche afin de bien présenter notre projet.

Chapitre II :

Application de la démarche DMAIC :

Définir le processus à analyser

Avant d'apporter la moindre modification sur le système actuel, il est judicieux de faire un état d'art sur l'état actuel du système, en décrivant les éléments pertinents qui composent son environnement.

Ce chapitre a été consacré à la présentation du projet, des auteurs du projet ainsi que de la problématique et des objectifs à atteindre.

I. Présentation du projet :

1. Contexte général du projet :

De plus en plus, le secteur automobile ne cesse de se développer avec la technologie, ce qui pousse les entreprises de câblage automobile à toujours donner de meilleurs produits avec une qualité irréprochable et à améliorer leurs processus afin de survivre dans le marché hautement concurrentiel. C'est dans ce cadre que Yazaki Meknès vise constamment à lancer des projets d'amélioration continue pour améliorer sa productivité, augmenter la qualité de ses produits, et réduire les coûts de production. C'est dans cette optique que notre projet de fin d'étude intitulé : « Amélioration de la performance et de la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe P1 de Yazaki Meknès » qui a pour objectifs :

- L'augmentation de la vitesse des machines.
- La réduction des micro-arrêts.
- La réduction du MDT.
- La réduction du temps de SETUP.

2. Définition du périmètre du projet :

Notre projet se déroule dans la zone de coupe, également appelée zone P1, où se déroule la première étape du processus de production du câblage, qui consiste à couper les fils à la longueur souhaitée à l'aide de machines de coupe automatiques et à effectuer le dénudage, l'insertion des bouchons et le sertissage (**voir la figure 23 suivante**).



FIGURE 23: LA ZONE DE COUPE.

Afin de mieux comprendre le périmètre du projet, nous avons réalisé le diagramme SIPOC compte tenu de sa vision synthétique qui permet de bien cerner la zone de travail (**voir la figure 24 suivante**).

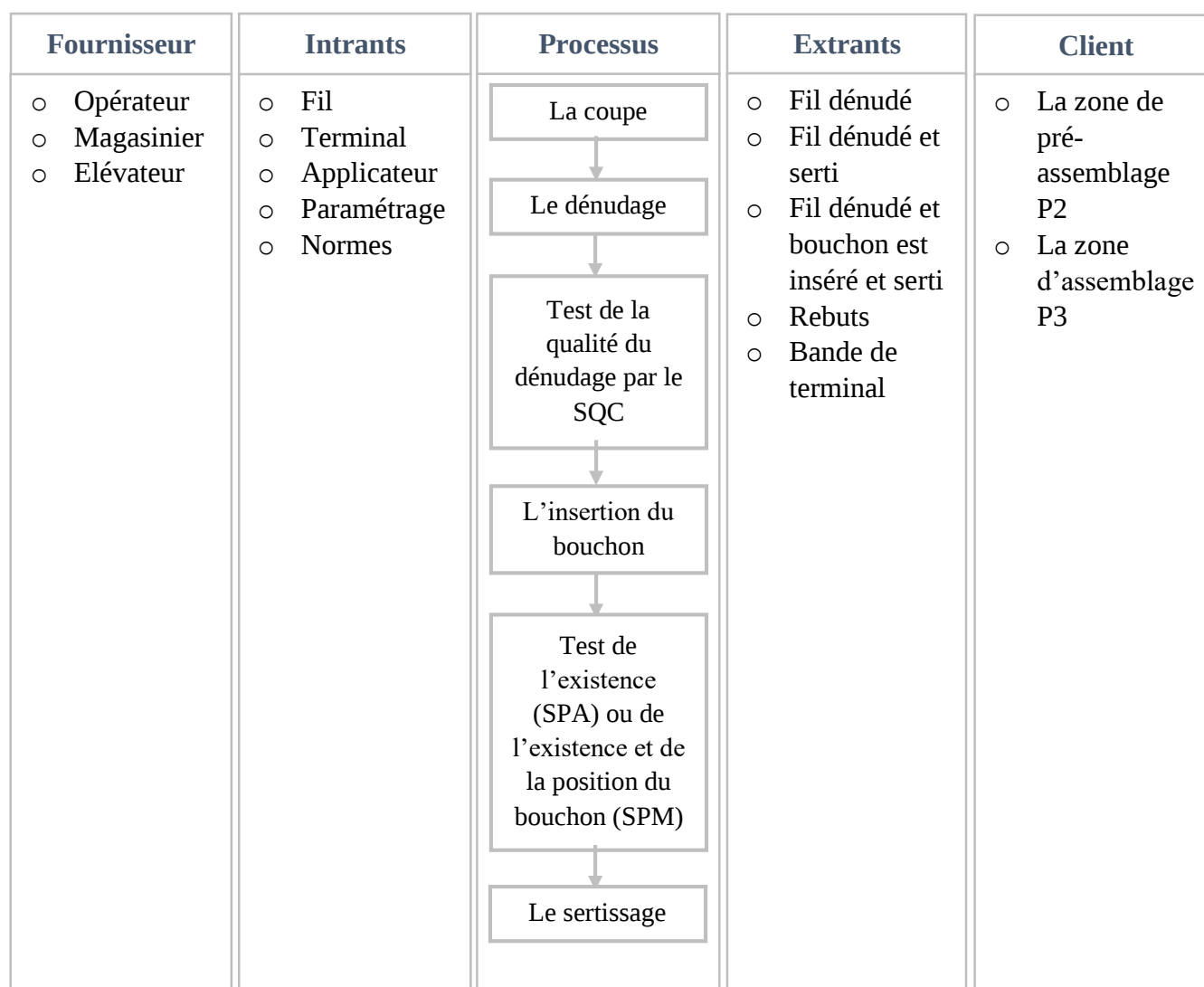


FIGURE 24: LE DIAGRAMME SIPOC DE LA ZONE DE COUPE.

3. La problématique :

Les entreprises sont toujours à la recherche d'améliorations pour augmenter leur productivité, réduire les temps d'arrêt, exploiter la pleine capacité de leurs machines, etc. En bref, les entreprises cherchent à améliorer la performance et la disponibilité de leurs machines afin de réaliser des économies considérables en termes de temps et d'argent.

La performance de la machine dépend d'un ensemble de contraintes, telles que la vitesse, les micro-arrêts, la cadence... etc. Une petite variation de ces contraintes entraîne une diminution de la performance de la machine. En effet, l'apparition de micro-arrêts dans la machine provoque à chaque fois une rupture dans la croissance de la courbe de performance (**voir la figure 24**). D'autre part, le démarrage de la machine à une vitesse inférieure à sa vitesse maximale entraîne de grandes pertes de performances et donc des pertes de productivité.

La disponibilité des machines automatiques dépende également de plusieurs contraintes telles que le MDT, le SETUP time...etc. En effet, les arrêts répétitifs d'une machine génèrent des impacts très importants sur la disponibilité, et par conséquent peuvent conduire au non-respect des délais fixés par le client, à l'arrêt de la production, à des pertes de temps...etc. D'autre part, le temps que l'opérateur passe à préparer la machine est plus ou moins important et varie d'un opérateur à l'autre, ce qui influence la disponibilité de la machine.

Notre objectif est d'améliorer les performances et la disponibilité des machines automatiques dans la zone de coupe de YMM en travaillant sur la vitesse et les micros-arêts pour augmenter la performance et sur le MDT et le SETUP time pour améliorer la disponibilité.

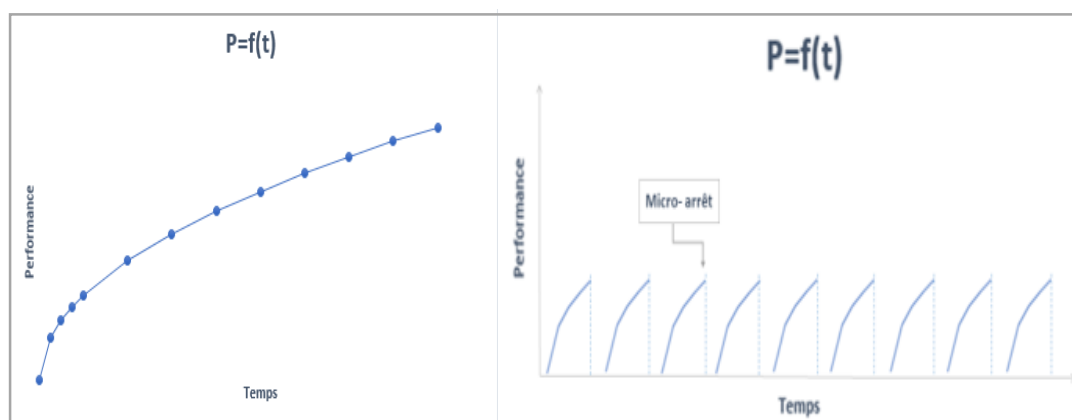


FIGURE 25: L'INFLUENCE DES MICRO-ARRETS SUR LA PERFORMANCE DES MACHINES.

4. Les auteurs du projet :

Maître d'ouvrage : Yazaki Morocco Meknès.

Maître d'œuvre :

- **Sanae Bouzlafa :** étudiante en 5^{ème} année cycle d'ingénieur d'état en CMI à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, département génie mécanique.

Encadrant pédagogique :

- **Monsieur ABOUCHITA Jalil :** Professeur au département Génie Mécanique à la faculté des sciences et techniques de Fès.

Encadrant industriel :

- **Monsieur EL HABCHI Badr :** Chef de l'ingénierie de la qualité des projets au département technique de Yazaki Meknès.

5. L'échéancier du projet :

Pour bien s'organiser et réaliser le projet en une durée de quatre mois, nous l'avons décomposé en sous-tâches qui doivent être accomplies dans une durée planifiée comme suit :

TABLEAU 3: L'ECHEANCIER DU PROJET.

Nom de la tâche	Début	Fin
<u>Pré-étude :</u> ➤ Familiarisation avec l'entreprise. ➤ Etude de l'état actuel de la zone de coupe. ➤ La compréhension du fonctionnement des machines.	15 – 03 – 22	25– 04 – 22
<u>Analyse :</u> ➤ Détection des problèmes les plus critiques de performance et de disponibilité de la zone P1. ➤ Détermination des machines les plus critiques à travers des diagrammes de Pareto en se basant sur le calcul des indicateurs de performance et de disponibilité. ➤ Détermination des causes racines à travers le diagramme ISHIKAWA. ➤ Application de la méthode AMDEC.	26 – 04 – 22	07 – 06 – 22
<u>Réalisation de la présentation PPT :</u>	08 – 06 – 22	14 – 06 – 22
<u>Amélioration et évaluation des gains :</u> ➤ Définition des plans d'action et des améliorations.	15 – 06 – 22	30– 06 – 22

Le diagramme de GANTT suivant représente l'ordonnancement des tâches de notre projet :

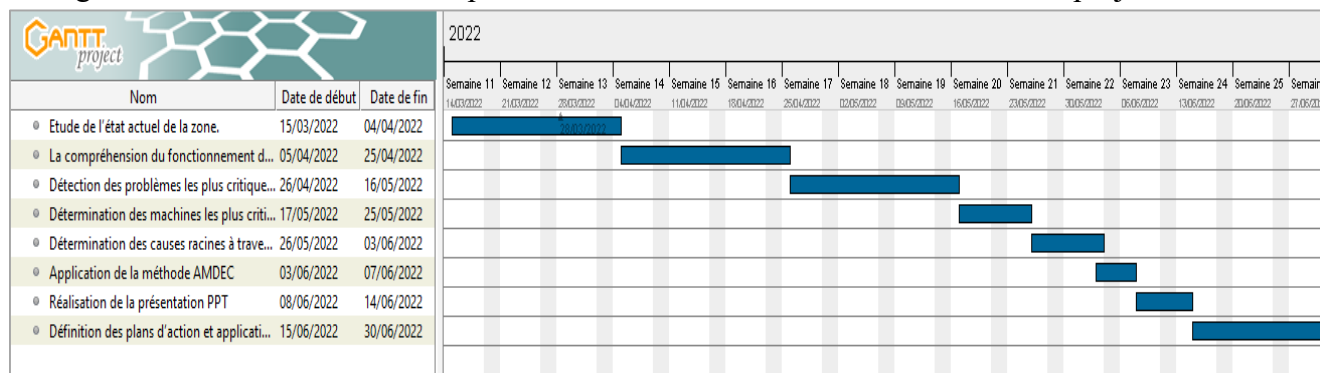


FIGURE 26: LE DIAGRAMME GANTT.

6. Les contraintes du projet :

Contraintes temporelles :

- La durée du stage est de 4 mois seulement.
- Les livrables doivent être remis dans des délais précis.

Contraintes d'information :

- Difficultés à obtenir des données suffisantes sur les machines de coupe.

Contraintes de réalisation :

- Acquérir de nouvelles compétences d'analyse et de traitement de problèmes complexes.
- Application des méthodes et outils d'analyse sur des projets réels.
- Coïncidence de la période de stage avec la période d'audit externe et d'inventaire.
- Coïncidence de la période de stage avec la visite du vice-président.

II. Etude des machines automatiques de la zone de coupe :

1. Analyse fonctionnelle :

1.1. Identification du besoin :

Le schéma suivant représente le diagramme bête à cornes des machines automatiques de la zone de coupe :

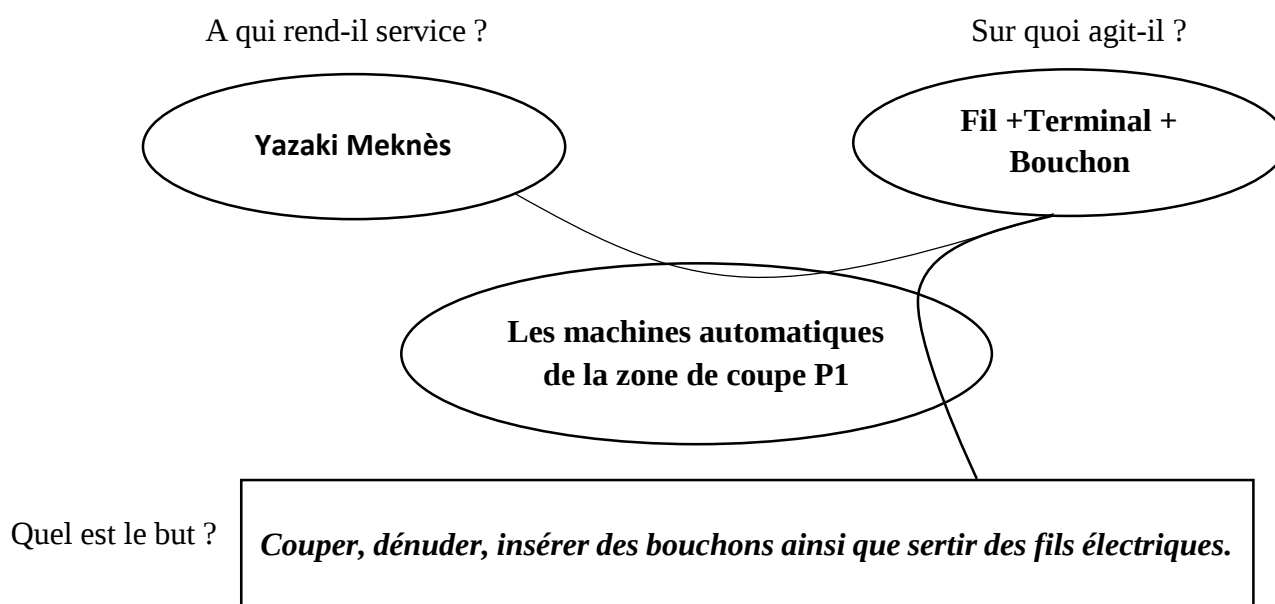


FIGURE 27: LE DIAGRAMME BETE A CORNES DES MACHINES AUTOMATIQUES DE LA ZONE DE COUPE.

1.2. Identification des fonctions de service :

Pour identifier les fonctions de services des machines automatiques de la zone de coupe P1, nous avons réalisé le diagramme pieuvre suivant :

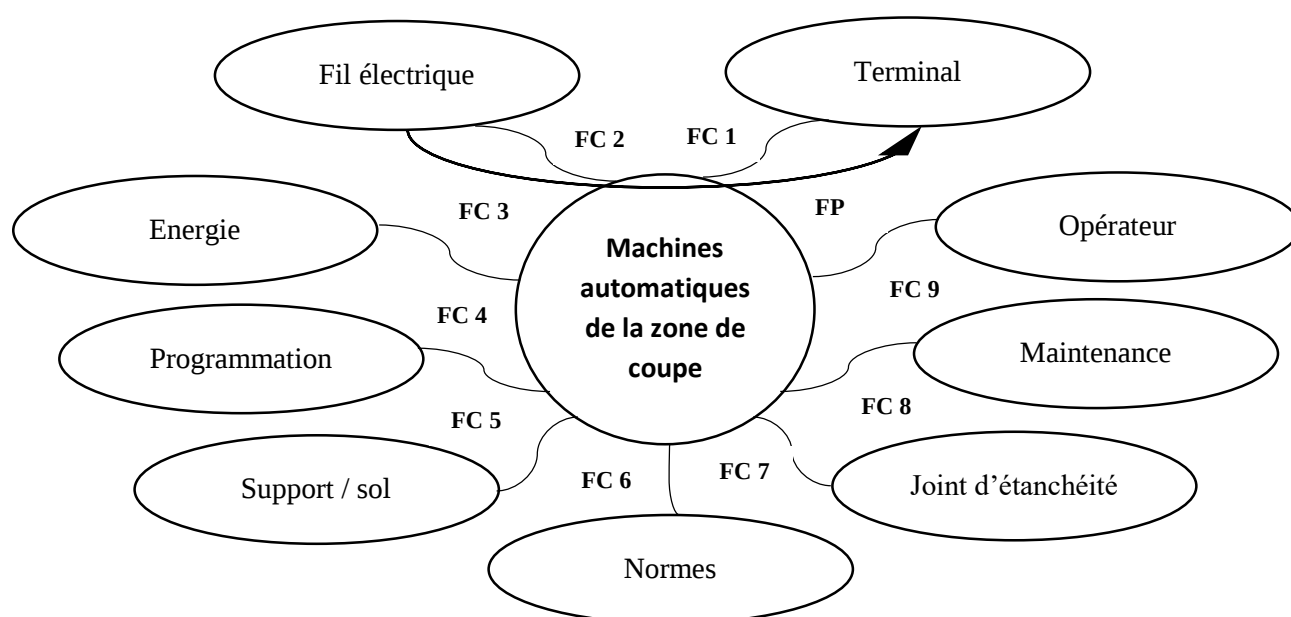


FIGURE 28: LE DIAGRAMME PIEUVRE DES MACHINES AUTOMATIQUES DE LA ZONE DE COUPE.

La fonction principale et les fonctions de contrainte du diagramme Pieuvre des machines automatiques de la zone de coupe sont exprimées dans le tableau suivant :

TABEAU 4 : LES FONCTIONS DE SERVICES DES MACHINES AUTOMATIQUE DE P1.

FP	Permettre de couper, dénuder et sertir le terminal avec le fil électrique
FC1	Être adapté aux conditions d'utilisations
FC2	Être dédié au type spécifique de machines
FC3	S'adapter à la source d'énergie disponible
FC4	Avoir une programmation simple
FC5	Être stable au cours de son utilisation
FC6	Être conforme aux normes
FC7	Être adapté aux applications du type spécifique de machines
FC8	Être facile à réparer
FC9	Être confortable à utiliser

2. Description du fonctionnement des machines de coupe :

2.1. Les types de machines de la zone de coupe de YMM :

La zone de coupe P1 est constituée de plusieurs types de machines à savoir :

TABLEAU 5: LA DESCRIPTION DES MACHINES AUTOMATIQUES DE COUPE.

KOMAX	355 (27 machines de même type)	La Komax Alpha 355 est conçue pour le sertissage et le chargement des terminaux et des bouchons sur une ou deux faces. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 mm².	
	433 (6 machines de même type)	La Komax Alpha 433 est conçue pour le sertissage automatique et l'insertion des bouchons en 2 cotés. Les sections que cette machine peut démarrer : - La section 3, 4, 5 mm².	
	560 (1 machine)	L'Alpha 560 est une machine de traitement de fils puissante et entièrement automatique pour le chargement d'une ou deux faces avec des terminaux et des bouchons de grande taille. Deux stations traitent chacune des sections de conducteurs allant jusqu'à 16 mm².	
	477 (6 machines de même type)	La machine de double sertissage entièrement automatique Alpha 477. Elle permet de traiter deux fils différents simultanément pour produire votre choix de double sertissage ou de fils simples. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 mm² double	

		- La section 0,5 mm² double - La section 0,35 mm² avec 0,5 mm² - La section 0,75 mm² avec 0,5 mm²	
	433 H (1 machine)	La machine entièrement automatique de traitement du fil Alpha H est basée sur une technologie robuste et éprouvée. Coupe de torons tirés, dénudage complet, dénudage partiel, traitement de câbles coaxiaux et triaxiaux, sertissage, traitement séquentiel, sertissage double, Insertion de joint. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 6, 7, 8, 10 mm²	
	688 (5 machines de même type)	Est une torsadeuse automatique de câbles électriques et elle permet aussi de réaliser l'opération de sertissage. Elle caractérise par 2 options de plus qui fait la différence avec 488 S qui sont : • SHORT WIRE • TAPING : mais cette option n'est pas utilisée dans les machines 688 de Yazaki Meknès. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 et 0,5 mm²	
	488 S (2 machines de même type)	Est une torsadeuse automatique de câbles électriques et elle permet aussi de réaliser l'opération de sertissage. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 mm²	

Schleuniguer	CC 36 (9 machines de même type)	Les machines de sertissage entièrement automatiques de Schleuniger permettent de couper, dénuder, sertir, sceller. De plus, elles constituent la solution idéale pour le traitement des fils à grande vitesse. Avec une gamme complète de stations de traitement et d'accessoires en option, ces machines maximisent la productivité pour une large gamme d'applications. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 et la section 0,5 mm²	
	PS (2 machine)	Est une machine de sertissage automatiques de fils électriques. La gamme des sections réalisées par cette machine : - A partir de la section 6 jusqu'à la section 50	
YC	AC 91 (7 machines de même type)	Est une sertisseuse automatique de YC, elle permet de réaliser la coupe, le dénudage, l'insertion des bouchons ainsi que le sertissage des fils électriques. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 ; 0,5 ; 0,75 mm²	
	AC 96 (8 machines de même type)	Est une machine de sertissage automatique très développée et elle permet de réaliser aussi l'insertion des bouchons dans les fils électriques. La gamme des sections réalisées par cette machine : - La section 0,35 et 0,4 mm².	

2.2. Le fonctionnement de la machine Komax Alpha 488 S :

Afin de comprendre le fonctionnement des machines automatiques de la zone de coupe, nous avons choisi la machine Komax Alpha 488 S comme exemple dans notre étude, sachant que le fonctionnement de toutes les machines de la zone P1 est quasiment le même.

La machine Komax Alpha 488 S est composée de plusieurs unités, chacune ayant une fonction spécifique.

2.2.1. Unité de dressage :

Pour un usinage correct, l'unité de dressage dresse et tend le câble à usiner à l'aide d'un ensemble de poulies. Et pour ne pas usiner des câbles défectueux, les nœuds se trouvant dans le câble sont détectés au moyen d'un disque perforé.

2.2.2. Chariot d'extraction de câble :

Le chariot d'extraction de câble prend en charge les deux extrémités traitées des câbles sur le côté 1 et les tire dans la machine.

2.2.3. Unité de mesure de longueur :

Le dispositif de mesure de longueur est monté sur les deux lignes de câble.

2.2.4. Module d'extraction pivotant face 1 :

L'unité de pivotement coté 1 pivote le câble et le positionne sur les modules de processus du côté 1 de la machine.

2.2.5. Tête de coupe avec porte-couteau :

L'unité de coupe et dénudage coupe le câble et le dénude à l'aide d'une unité de pivotement.

2.2.6. Module d'extraction pivotant face 2 :

L'unité de pivotement côté 2 pivote le câble et le positionne sur les stations d'usinage du côté 2 de la machine.

2.2.7. Module de transfert et module de maintien :

L'unité de transfert et de maintien transfère le câble de l'unité de pivotement côté 2 à la position de torsadage et maintient les câbles pendant l'opération de torsadage.

2.2.8. Pont de transfert :

Le pont de transfert reprend les câbles du chariot d'extraction de câble et les transfère à l'unité de torsadage.

2.2.9. Module de torsadage :

L'unité de torsadage exécute les mouvements rotatifs et longitudinaux pour le torsadage. Un coulisseau de protection empêche un endommagement des butoirs pendant le torsadage.

2.2.10. Stations d'usinages :

Ce sont les unités où s'effectuent les opérations d'insertion des bouchons et de sertissage dans les fils électriques.

Conclusion :

Après avoir bien compris notre projet, son périmètre ainsi que sa problématique et ses objectifs à atteindre qui consistent à améliorer les performances et la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe P1 sur lesquelles nous avons déjà réalisé un état de l'art, nous allons mesurer et analyser dans le chapitre suivant les problèmes et les causes racines qui affectent les performances et la disponibilité de ces machines afin de les éradiquer.

Chapitre III :

Application de la méthode DMAIC : **Mesurer et analyser l'état actuel de la** **zone de coupe**

Ce chapitre a été consacré à l'étude de l'état actuel des machines de coupe ainsi qu'à l'analyse des problèmes qui existent et qui ont un impact sur les performances et la disponibilité des machines automatiques dans la zone de coupe en travaillant sur des données historiques.

I. Généralités sur le TRS :

1. Un indicateur :

1.1. Définition :

Un indicateur est un outil qui délivre une information quantifiée pertinente à destination des décideurs pour mesurer et évaluer les résultats d'une ou plusieurs actions. Il permet également de suivre l'évolution de la performance et analyser une situation présente. Il est utilisé à différents niveaux de l'entreprise. Il prend place dans des tableaux de bord.

1.2. Caractéristiques :

Un indicateur efficace doit répondre à plusieurs critères :

- **Robuste, fiable, précis et donc spécifique** : l'interprétation doit être stable et cohérente dans le temps.
- **Sensible** : il doit refléter effectivement les variations de ce qu'il est censé synthétiser ou mesurer.
- **Compréhensible, simple et utilisable** : par tous les acteurs (protocole simple et applicable dans le temps, d'heure en heure ou d'année en année par exemple).
- **Pertinent** : par rapport à l'objectif concerné (par exemple pour mettre en évidence les liens entre les différents composants du système ou de l'écosystème).
- **D'un coût acceptable** : par rapport au service qu'il rend.
- **Utile** : le fait de le considérer doit ajouter de l'information à la prise de décision.

2. Le TRS :

Afin d'avoir une connaissance précise de la situation et de mettre en place des actions d'amélioration, il est nécessaire de procéder avec un outil mathématique qui permet de quantifier les pertes et de visualiser leur impact sur la performance et la disponibilité des machines de coupe.

La Total Productive Maintenance (TPM) propose un indicateur intégrant toutes les composantes de l'efficacité de la machine : c'est le TRS (OEE en anglais). C'est l'un des indicateurs les plus suivis dans le monde de l'entreprise. En un seul chiffre, il offre la possibilité d'avoir une vision synthétique et sévère de la performance. Il permet d'avoir une vision éclairée des réalisations de l'usine de production.

Le Taux de Rendement Synthétique (TRS) s'inscrit donc dans une perspective d'amélioration des performances de l'outil de production. Il s'agit d'une approche qui vise la perte de production sous toutes ses formes : pannes, défauts d'équipement, ralentissements, changements de série, non-qualité, pénurie de matériaux, etc.

2.1. Constitution :

Le taux de rendement synthétique comprend trois éléments :

- La disponibilité de l'équipement.
- La performance de l'équipement.
- La qualité fournie.

Chacun de ces éléments peut être représenté par un taux spécifique : taux de disponibilité, taux de performance et taux de qualité.

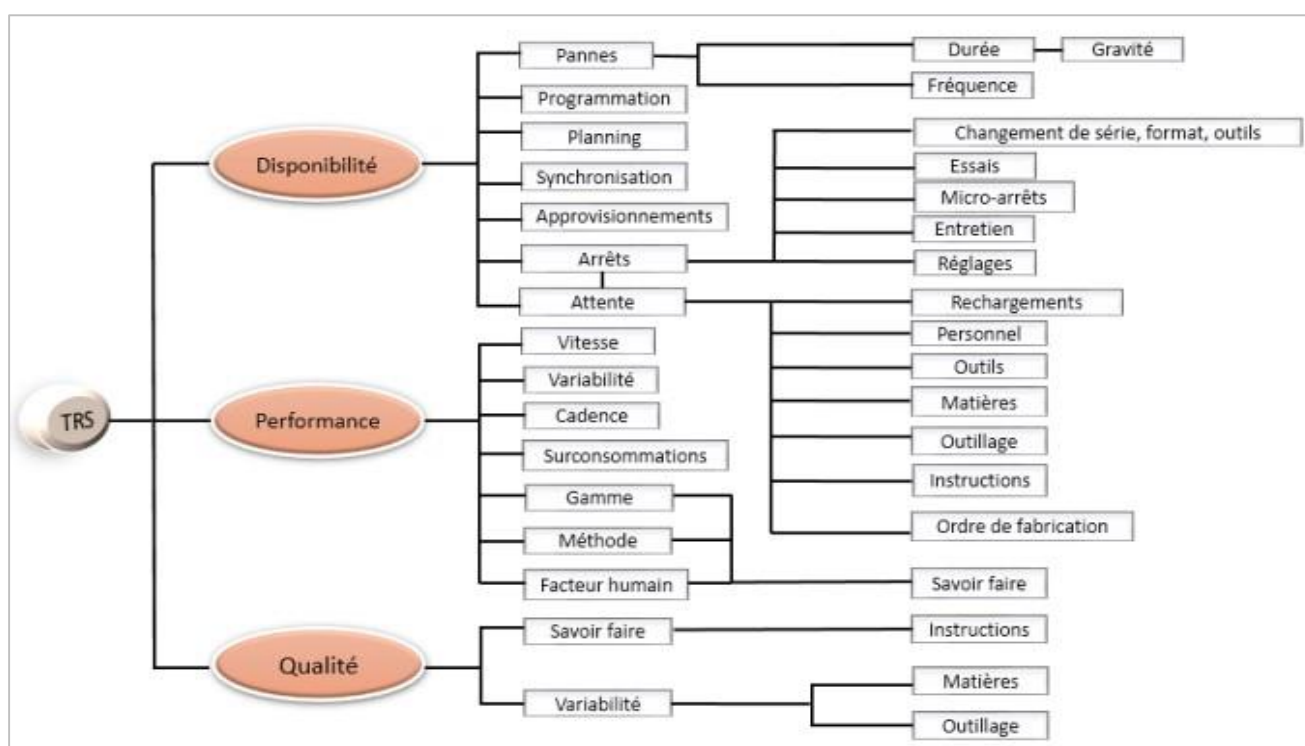


FIGURE 29: LES COMPOSANTES DU TRS.

Le TRS, composé de différents éléments, offre une vision simple et synthétique. Tous ces éléments sont condensés en un seul chiffre exprimé en pourcentage, permettant le pilotage et la prise de décision. C'est un excellent indicateur pour le management. C'est un indicateur sévère dans la mesure où la multiplication des fractions entre elles donne un résultat qui ne peut être supérieur à la plus petite des fractions.

D'un point de vue opérationnel, cela signifie qu'une baisse de l'un de ces taux intermédiaires a un impact significatif sur le taux de rendement synthétique.

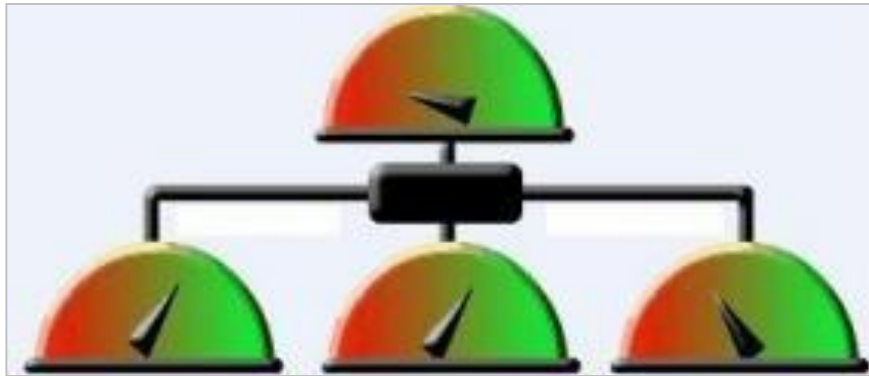


FIGURE 30: L'INFLUENCE DES TAUX INTERMEDIAIRES SUR LE TRS (VOIR REF. [4]).

A l'inverse, il est possible de partir du TRS et de le décomposer en ses composantes. En réalité, la vision synthétique de cet indicateur ne permet pas d'identifier la composante qui limite le plus sa valeur. Le décomposer en taux intermédiaires peut être une bonne option pour faciliter la compréhension, réaliser des analyses ou définir le levier d'optimisation le plus pertinent.

2.2. Les modes de saisie :

Plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour enregistrer les temps d'arrêt de production sur un poste de travail : saisie manuelle, saisie semi-automatique et saisie automatique.

○ La saisie manuelle :

La saisie manuelle est la méthode la plus simple et la plus rapide à mettre en œuvre. On demande aux opérateurs de remplir des feuilles de données.

Soit ces fiches sont utilisées pour enregistrer toutes les données : Production, temps, défauts... soit elles sont spécifiques aux temps d'arrêt dans la perspective d'une étude ciblée d'amélioration du TRS.

Si cette méthode est rapide et peu coûteuse en termes d'investissement, elle s'avère fastidieuse pour les opérateurs, coûteuse en temps (relevé + traitement) et l'exhaustivité et la fiabilité des relevés sont difficiles à garantir.

○ La saisie semi-automatique :

La saisie semi-automatique consiste en une aide à la saisie des causes qui peut être effectuée par la lecture de codes à barres, de boutons préprogrammés, d'un clavier spécifique, etc.

Un niveau plus avancé de saisie semi-automatique est l'acquisition automatique de la durée de l'arrêt, l'opérateur ne saisissant que la cause de l'arrêt et l'interdiction de redémarrer tant que la raison de l'arrêt n'a pas été saisie.

Cette méthode est plus fiable et plus confortable pour l'opérateur que la saisie manuelle. Cependant, sa mise en œuvre nécessite un investissement en matériel et la rigueur des opérateurs.

○ La saisie automatique :

La lecture automatique est basée sur un système "Mouchard" directement disponible sur la machine ou rapporté. Le système de relevé dialogue avec le ou les calculateurs de la machine ou relève l'état de différents capteurs judicieusement placés.

Lourde en termes d'investissement, cette méthode ne peut être envisagée que sur des machines très automatisées où la saisie des données est aisée et où la mesure du TRS est permanente sur une longue période.

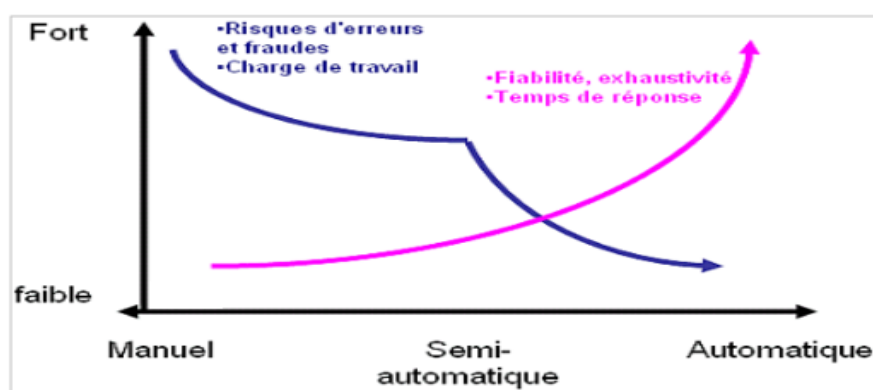


FIGURE 31: COMPARAISON ENTRE LES 3 MODES DE SAISIE.

- *Yazaki Meknès utilise le mode de saisie automatique pour enregistrer les données nécessaires au calcul du TRS de la zone de coupe.*

2.3. La mesure du TRS :

Le TRS est calculé à partir des différents temps qui ponctuent la production (production, arrêts, ...). Ces événements sont liés et identifiés sur la base de temps d'état pendant le fonctionnement des moyens de production.

$$\text{TRS} = \frac{T_u}{T_r} = \frac{\text{Nombre de pièces conformes produites}}{\text{Nombre de pièces théoriquement réalisables pendant le temps requis}} \quad (\text{Voir réf. [5]})$$

$$\text{TRS} = \begin{cases} T_p = \frac{T_n}{T_f} = \frac{\text{Nombre total de pièces effectivement produites}}{\text{Nombre de pièces qui auraient dû être produites pendant le temps de production}} \\ T_d = \frac{T_f}{T_r} = \frac{MTBF}{MTBF + MTA} = \frac{\text{Nombre de pièces qui auraient dû être produites pendant le temps de production}}{\text{Nombre de pièces théoriquement réalisables pendant le temps requis}} \\ T_q = \frac{T_u}{T_n} = \frac{\text{Nombre de pièces conformes produites}}{\text{Nombre total de pièces effectivement produites}} \end{cases}$$

Avec :

T_p : Taux de performance.

T_d : Taux de disponibilité.

T_q : Taux de qualité.

T_n : Temps net pendant lequel le moyen fabrique des produits en respectant le temps de cycle de référence.

T_f : Temps de fonctionnement qui correspond au temps pendant lequel le moyen de production a réellement produit.

T_u : Temps utile pendant lequel le moyen fabrique des produits dans le respect des critères qualité.

T_r : Temps requis ou temps de référence pendant lequel le moyen est engagé pour produire.

$$MTBF = \frac{\sum \text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de périodes de bon fonctionnement (entre 2 arrêts)}}$$

I. Etude de l'état actuel :

La figure suivante montre l'évolution du taux de rendement synthétique ainsi que du taux de disponibilité, du taux de performance et du taux de qualité des machines automatiques de la zone de coupe en Mars 2022.

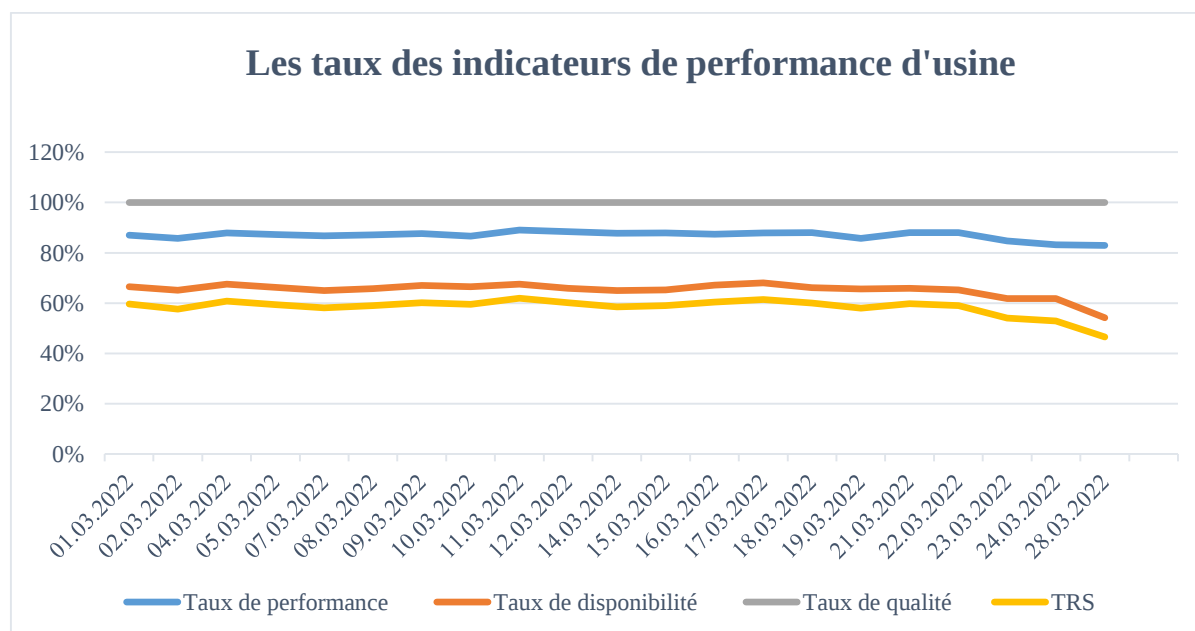


FIGURE 32: L'EVOLUTION DU TRS ET DE SES TAUX INTERMEDIAIRES.

Le TRS n'est pas stable, il varie d'une façon hebdomadaire autour d'une valeur 58% alors il faut encore l'améliorer.

Le taux de disponibilité est d'environ 65%, le taux de performance est de près de 87% et le taux de qualité est presque stable autour de la valeur 100%, donc il semble clair que nous allons prendre le levier de décision sur la disponibilité et la performance des machines de coupe pour améliorer le TRS de la zone P1.

La reconnaissance et le classement des causes de pertes sont une étape essentielle dans un voyage vers un OEE (TRS) de classe mondiale.

1. Identification et analyse des causes de diminution de la disponibilité :

1.1. Le temps d'arrêts des machines :

Afin d'améliorer la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe P1, nous nous sommes basés et avons agi sur 2 indicateurs : Le MDT et le temps de changement de série (SETUP time).

1.1.1. Le MDT :

En gestion organisationnelle, le temps d'arrêt moyen (MDT) est le temps moyen pendant lequel un système n'est pas opérationnel. Cela inclut tous les temps d'arrêt associés aux réparations, à la maintenance corrective et préventive, aux temps d'arrêt auto-imposés et à tout retard logistique ou administratif.

On note que le temps d'arrêt se différencie de la panne. Le mot "arrêt" se veut moins restrictif puisque son analyse englobe à la fois la maintenance autant que la gestion de production (conception et planification des ressources matérielles, financières, ou humaines).

On distingue plusieurs types d'arrêts :

Arrêts planifiés :

Temps pendant lequel l'équipement est prévu pour la production mais ne fonctionne pas en raison d'un événement planifié. Il peut s'agir, par exemple, de changements, d'ajustements d'outils, de nettoyage, de maintenance planifiée, d'inspection de la qualité, de pauses, de réunions, etc.

Arrêts non planifiés :

Le temps où l'équipement est prévu pour la production mais ne fonctionne pas en raison d'un événement non planifié. Il peut s'agir, par exemple, d'une panne d'équipement, d'une maintenance non planifiée, d'un manque d'opérateurs ou de matériel, d'un manque d'alimentation par un équipement en amont ou d'un blocage par un équipement en aval.

Dans ce projet, nous traiterons et réduirons les temps d'arrêt non planifiés.

1.1.2. Identification et analyse des causes de diminution de la disponibilité due à des arrêts non planifiés :

La première étape de l'analyse consiste à définir l'historique des arrêts machines sur lequel nous devons nous appuyer pour identifier les causes réelles de la baisse de disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe.

L'historique des arrêts des machines de coupe choisie est d'une durée de 6 mois (Du mois 09/ 2021 vers 03/2022) qui est une durée significative et suffisamment représentative de l'état réel des machines. Le graphique ci-dessous représente l'analyse de Pareto des causes d'arrêt des machines en fonction de la durée de l'arrêt.

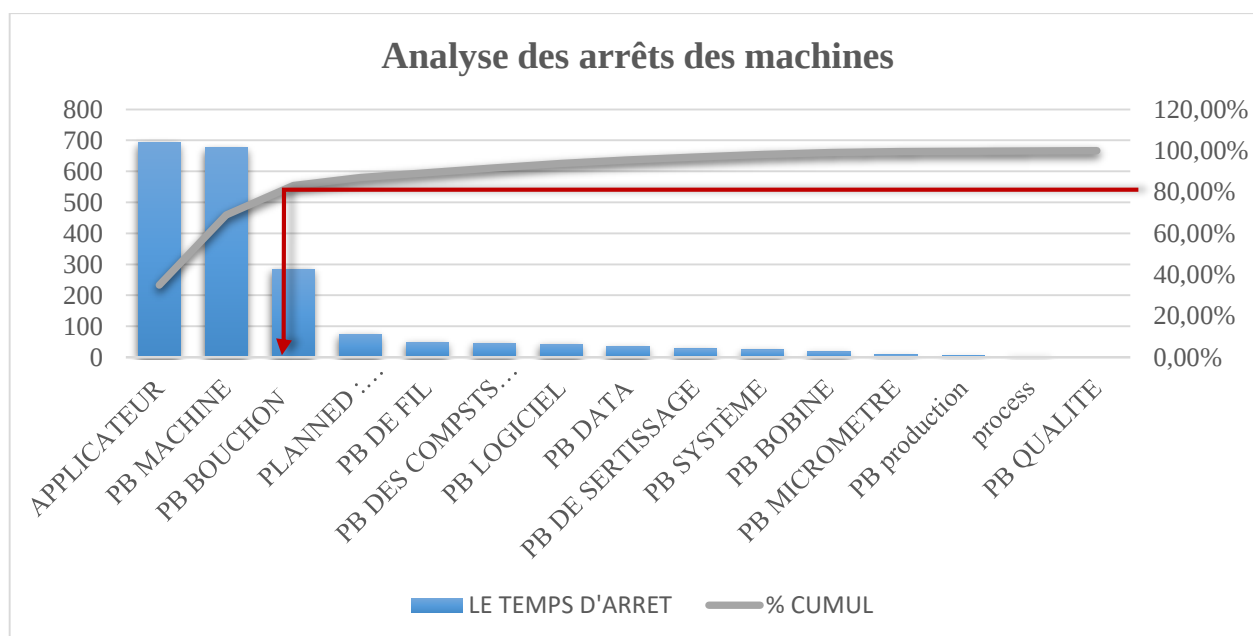


FIGURE 33: DIAGRAMME PARETO DES ARRETS DES MACHINES.

Ce diagramme montre que la classe A est constituée de 3 causes à traiter qui représentent 80% du total des temps d'arrêt.

- ❖ Problème des applicateurs.
- ❖ Problème machine.
- ❖ Problème du bouchon.

a. Problème des applicateurs :

o Définition d'un applicateur :

L'applicateur est un outil de sertissage, il est composé de 3 éléments principaux tel que : le coulisseau, le corps et la base.

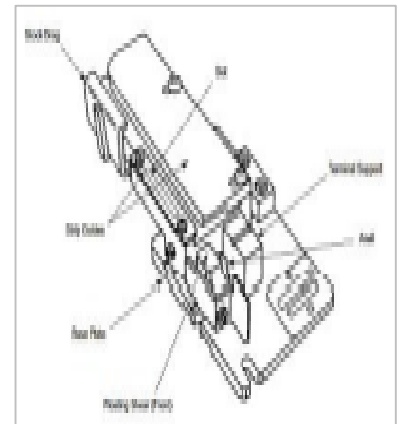
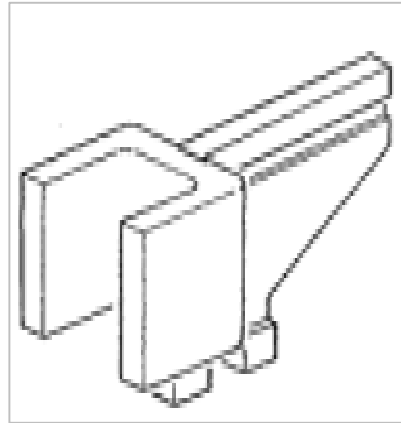
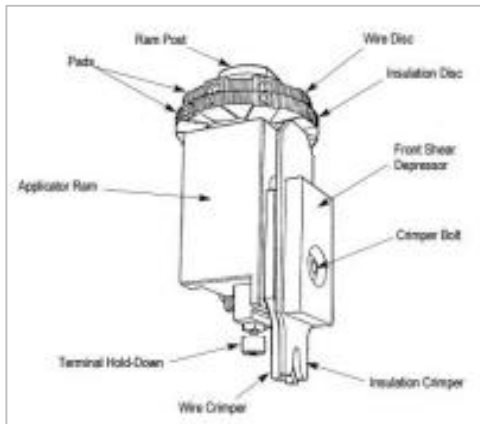


FIGURE 34: LE COULISSEAU DE L'APPLICATEUR (RAM). FIGURE 35: LE CORPS DE L'APPLICATEUR (FRAME). FIGURE 36: LA BASE DE L'APPLICATEUR.

Le mouvement de translation alternatif du coulisseau par rapport à la base et au corps permet de sertir le terminal avec le fil électrique. Chaque applicateur est muni d'une étiquette qui contient le code d'inventaire qui caractérise de façon unique chaque applicateur, la machine dans laquelle il sera utilisé, le code du terminal utilisé et la section du fil.

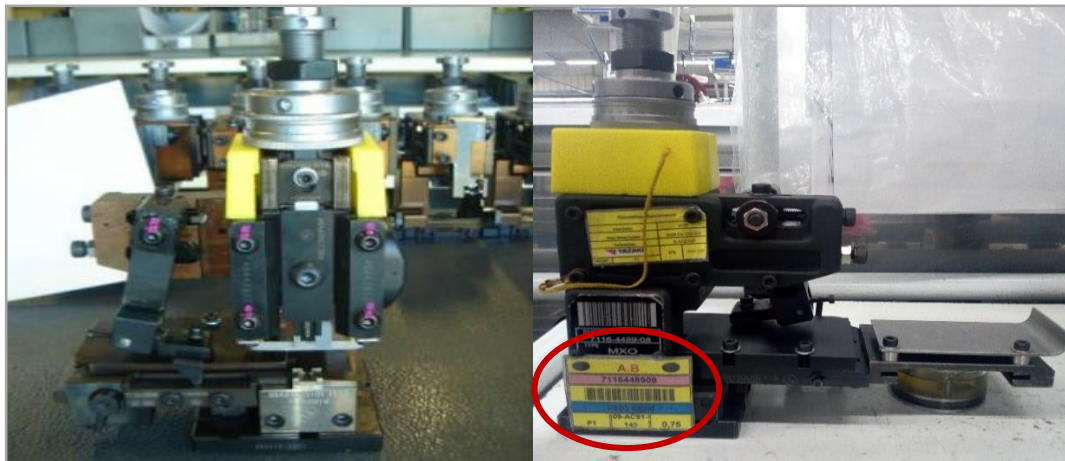


FIGURE 37: L'OUTIL DE SERTISSAGE (APPLICATEUR).

Il existe presque 1500 applicateurs utilisés dans la zone de coupe de YMM, ces applicateurs sont divisés en 6 types différentes :

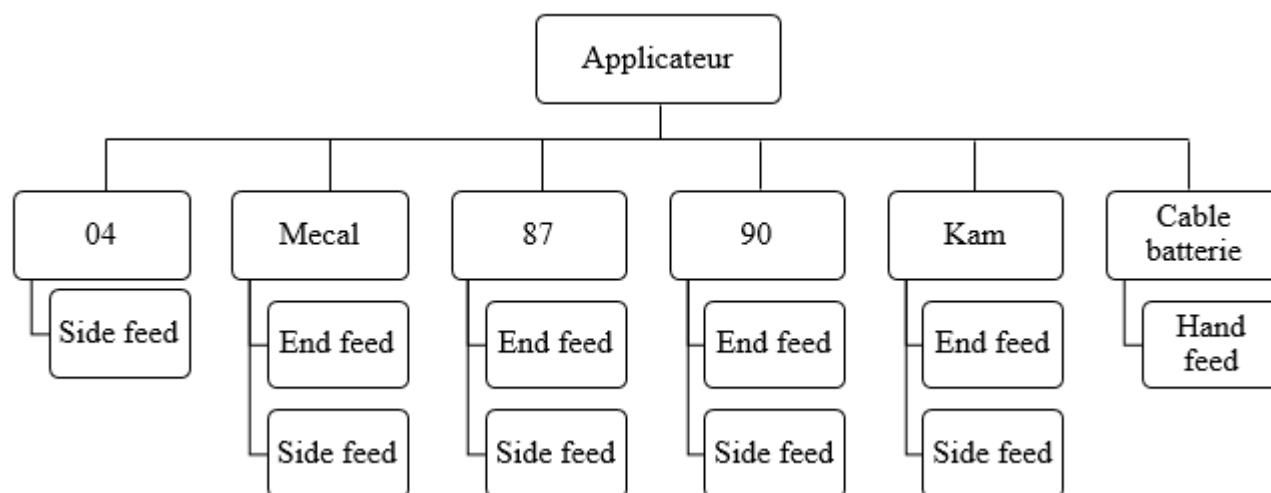


FIGURE 38: LES TYPES D'APPLICATEURS UTILISES DANS LA ZONE DE COUPE DE YMM.

Chaque type est concerné par un type de machine spécifique et lié à des sections de fil données et à un type de terminal donné.

◦ *Analyse fonctionnelle d'applicateur :*

Les schémas suivants montrent les diagrammes du bête à cornes et du Pieuvre des outils de sertissage :

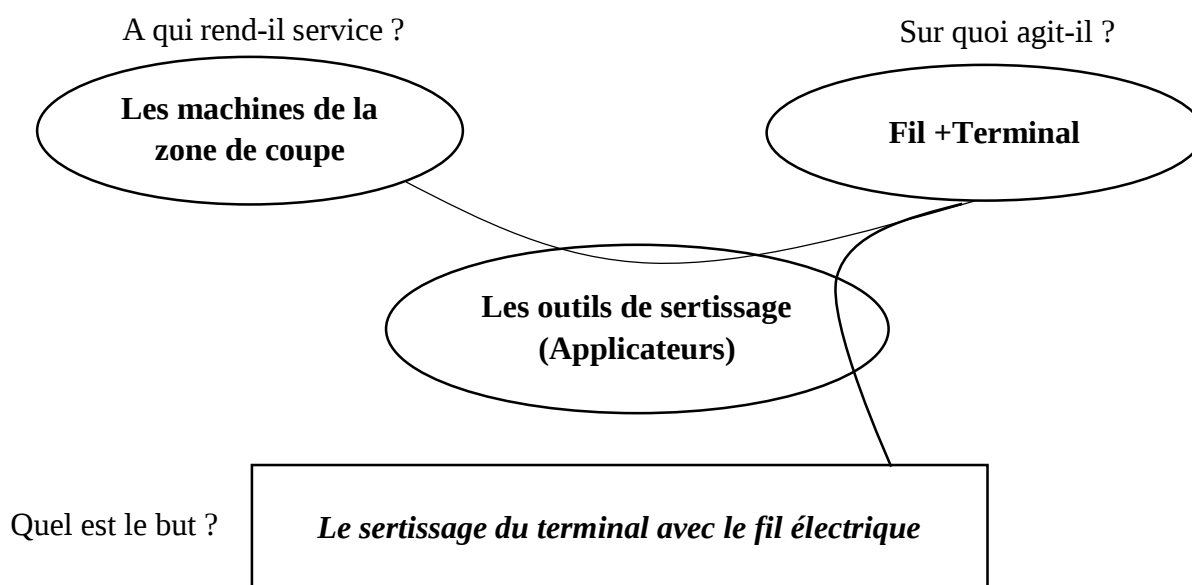


FIGURE 39: LE DIAGRAMME BÊTE À CORNES DES APPLICATEURS.

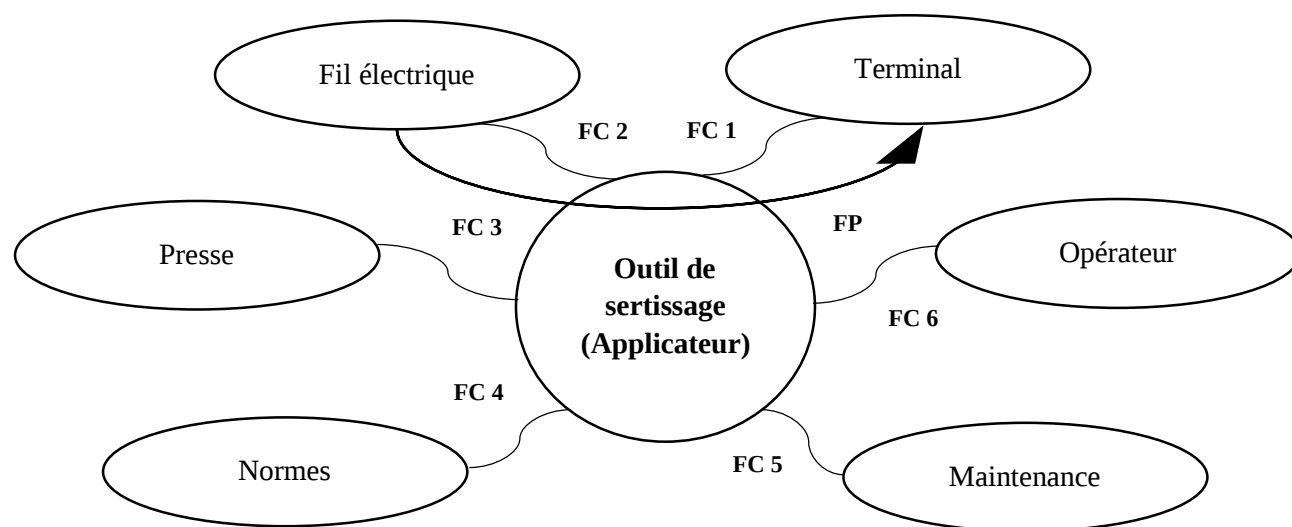


FIGURE 40: LE DIAGRAMME PIEUVRE DES APPLICATEURS.

Le tableau suivant représente la fonction principale et les fonctions de contrainte des applicateurs :

TABEAU 6: LES FONCTIONS DE SERVICE DES OUTILS DE SERTISSAGE.

FP	Sertir le terminal avec le fil électrique
FC 1	Être adapté au type d'applicateur utilisé
FC 2	Être adapter aux conditions d'utilisations
FC 3	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique
FC 4	Être conforme aux normes
FC 5	Être facile à réparer pour garantir sa disponibilité
FC 6	Être confortable à utiliser

○ *Analyse des problèmes des applicateurs :*

Pour déterminer les applicateurs qui sont critiques en terme de disponibilité, un diagramme de Pareto est réalisé pour nous permettre de concentrer nos efforts sur ces applicateurs.

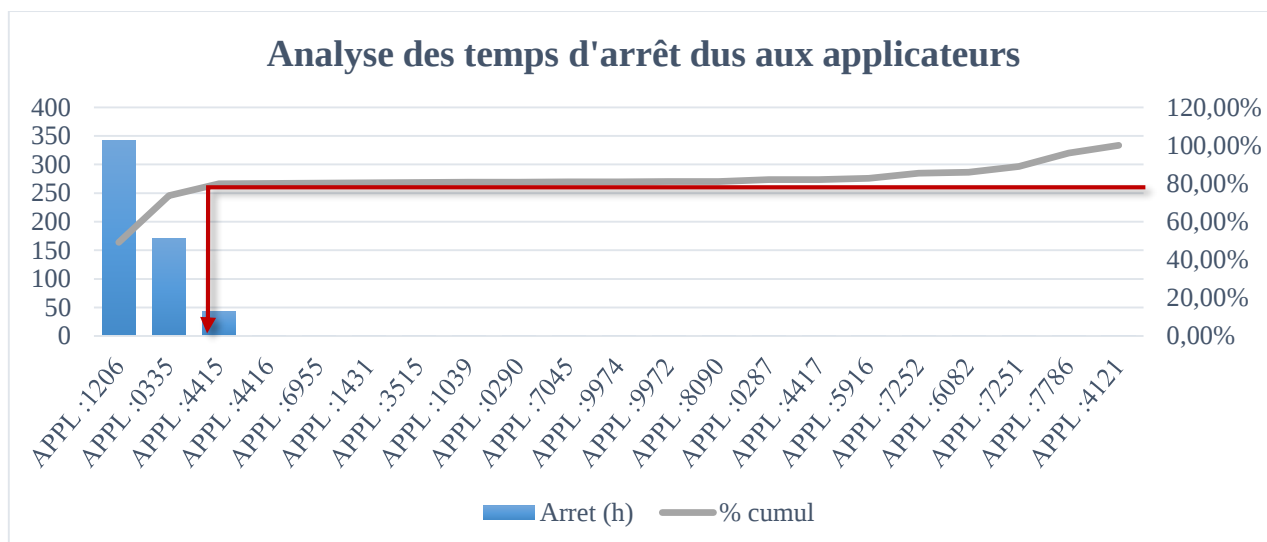


FIGURE 41: DIAGRAMME DE PARETO DU TEMPS D'ARRÊT DES MACHINES DÛ AUX APPLICATEURS.

Alors, les causes à traiter sont :

- ❖ Problèmes des applicateurs de référence : 1206.
- ❖ Problèmes des applicateurs de référence : 0335.
- ❖ Problèmes des applicateurs de référence : 4415.

Ces applicateurs sont de type 04 qui ont des problèmes communs, parmi lesquels :

- **Bavure** : Le groupement de la matière au niveau de l'un ou les deux côtés de la partie inférieure de la maïchi ou l'ato-achi (fréquemment au niveau de la maïchi).

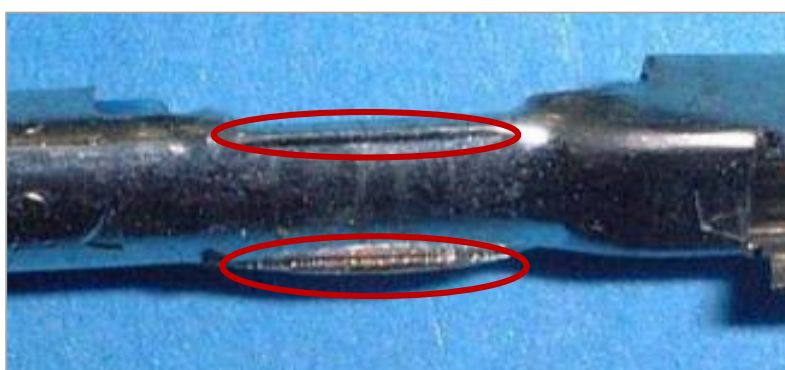


FIGURE 42: LE PROBLEME DU BAVURE.

- **Inclinaison** : Le terminal est incliné par rapport au fil électrique.



FIGURE 43: PROBLEME D'INCLINAISON (HORIZONTAL) DU TERMINAL.

- **Ato-achi sous le fil** : Les extrémités de l'ato-achi pénètrent la partie isolante.
- **Problème d'avancement** : Un décalage du pas d'avancement du terminal.

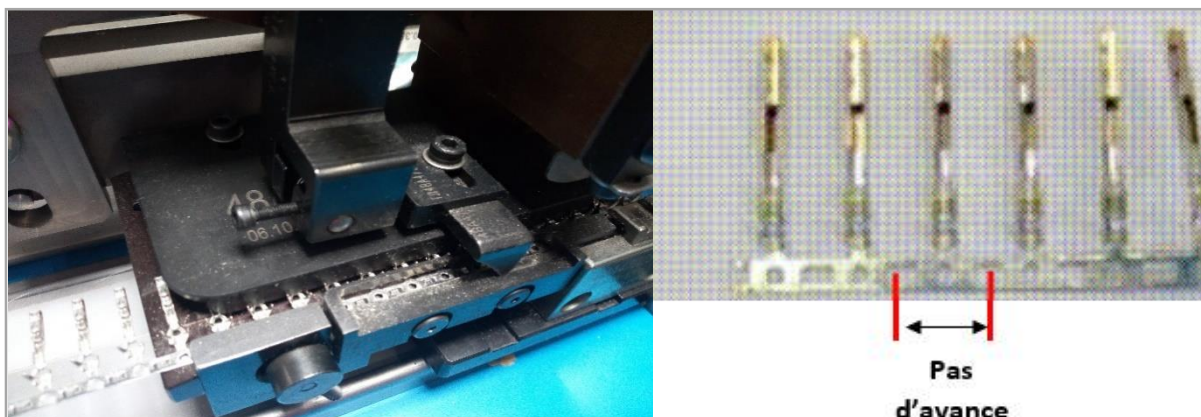


FIGURE 44: L'AVANCEMENT DU TERMINAL.

- **Ato-achi bouchon** : Les extrémités de l'ato-achi déchire le joint d'étanchéité (le bouchon).



FIGURE 45: LE PROBLEME DE L'ATO-ACHI-BOUCHON.

- **Torsadage du terminal** : Le terminal tourne par rapport à sa position normale.

Pour chercher les causes racines de ces problèmes, nous avons procédé au diagramme d'ISHIKAWA :

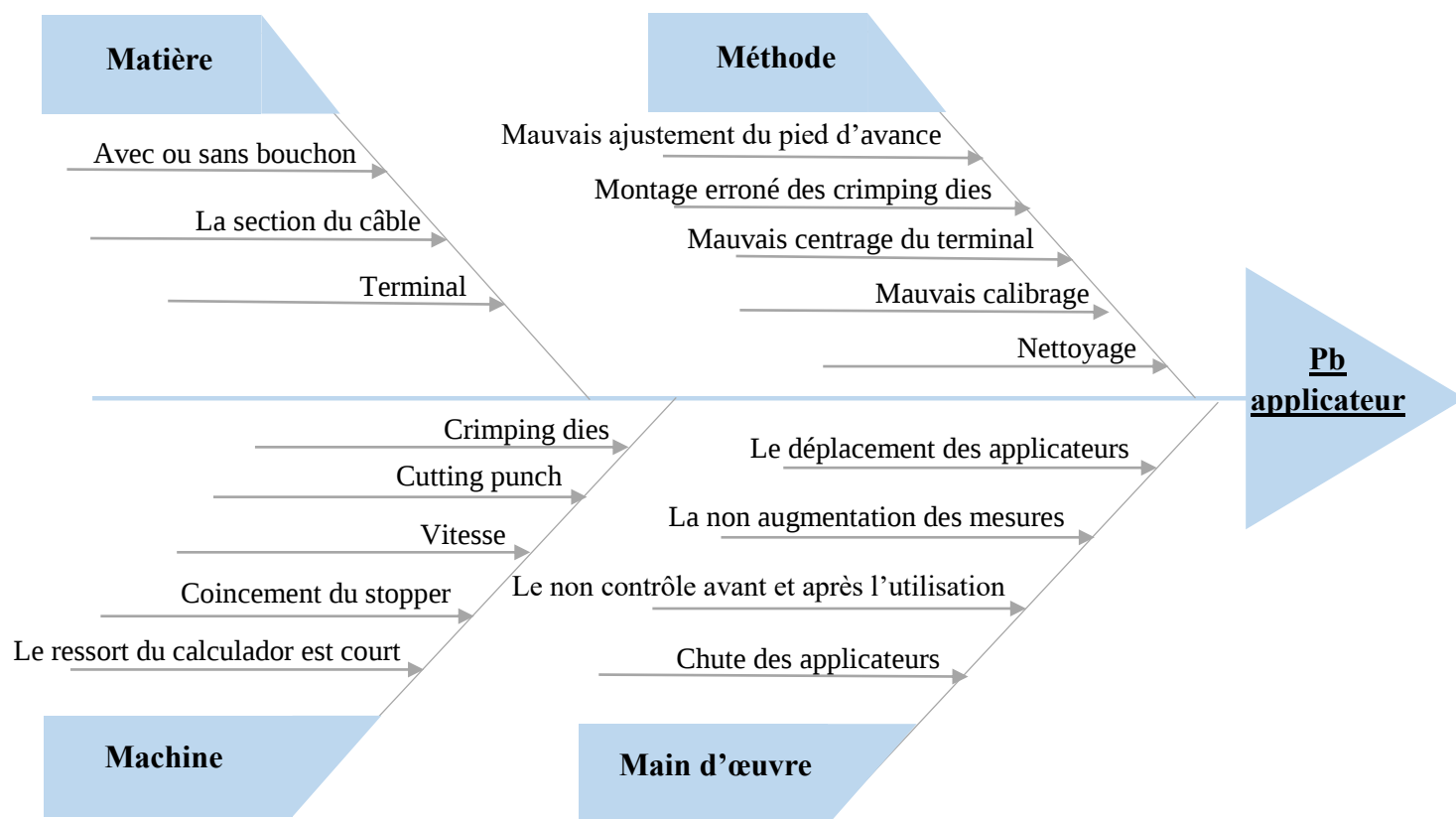


FIGURE 46: LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA DU PROBLEME DES APPLICATEURS.

Afin d'analyser et de hiérarchiser les causes des problèmes des applicateurs, nous avons utilisé la méthode AMDEC.

Les tableaux ci-dessous représentent les grilles de cotation que nous avons réalisées avec les membres de l'équipe en se basant sur l'expérience propre, celle des opérateurs et des techniciens de prévention des applicateurs (historique des pannes) pour évaluer les niveaux de gravité, de détection et d'occurrence :

➤ Gravité :

La gravité (sévérité) est une évaluation de l'importance de l'effet de la défaillance potentielle sur le client.

TABEAU 7: LA GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE.

Valeur	Critère
1	Défaillance mineur ne provoquant qu'un arrêt de production faible (< 10 min)
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état provoquant une arrêt de production de 10 min à 20 min
3	Défaillance majeure nécessitant un changement de matériel défectueux provoquant une arrêt de production de 20 min à 1 heure (pièces en stocks)
4	Défaillance critique nécessitant une grande intervention et provoquant un arrêt de production > 2 heures

➤ Occurrence :

L'occurrence est une évaluation de l'apparition d'une défaillance particulière à l'utilisation.

TABLEAU 8: LA GRILLE DE COTATION DE L'OCCURRENCE.

Valeur	Critère	Taux possible
1	Basse	Moins de 10 défaillances par an
2	Modérée, occasionnelle	Moins de 20 défaillance par 3 mois
3	Haute, nombreuses défaillance	Moins de 15 défaillance par semaine
4	Très haute	Plus de 7 défaillances par jour

➤ Détection :

La détection est une évaluation de la probabilité que les contrôles détecteront la cause d'une défaillance ou la défaillance elle-même.

TABLEAU 9: LA GRILLE DE COTATION DE LA DETECTION.

Valeur	Critère
1	Evident
2	Possible
3	Improbable
4	Impossible

Le tableau AMDEC suivant vise à identifier toutes les défaillances possibles en déterminant les modes de défaillance des différentes pièces, et en identifiant les effets liés à chaque mode ainsi que leurs causes.



TABLEAU 10: L'ANALYSE AMDEC DES OUTILS DE SERTISSAGE.

Système : <i>Applicateurs (Outils de sertissage)</i>						Date : Du 04 juin au 05 juin 2022				
Groupe : ➤ Les techniciens de la maintenance préventive ➤ Les techniciens de la zone de coupe P1 ➤ Sanae Bouzlafa : Ingénieure stagiaire dans le département techniques et processus										
Composante	Fonction	Mode de défaillance	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Détection	O	D	G	C	Actions correctives
Insulation crimper	Usinage de la forme de l'ato-achi au niveau de l'isolant	Usure	-Chute des mesures -Existence d'un terminal déjà bloqué au niveau du Supporting stopper -La force du sertissage	-La forme de l'ato-achi est erronée -Décalage de l'ato-achi -Ato-achi rayé -Bavure au niveau de l'ato-achi -Ato-achi sous le fil -Ato-achi bouchon	Visuelle	4	3	3	36	Changement de la pièce
Wire crimper	Usinage de la maïchi	Usure	-Chute de mesure -La force de sertissage -Montage du wire crimper d'une façon inversée	- Bavure au niveau de la maïchi	Visuelle	4	3	3	36	Changement de la pièce
Anvil	Maintien en position du terminal	Usure	-Décentrage du terminal -Chute des mesures	- Bavure	Visuelle	4	4	3	48	Changement de la pièce
Cutting punch	Mettre en position le fil durant le sertissage	Usure	- Outer shearblade avancée ou retardée - Anvil holder avancée ou retardée	- Torsadage du terminal	Visuelle	2	2	1	4	Changement de la pièce
Supporting stopper	Maintien en position de la partie supérieure du terminal durant le sertissage		-Mauvais calibrage	- Inclinaison - Torsadage du terminal	Visuelle	3	1	2	6	Calibrage
Feeding cam	Guidage du mouvement du pied d'avance	Usure	-Décentrage du terminal	-Problème d'avancement du terminal	Visuelle	1	2	1	3	Changement de la pièce
Feeding claw	Assurance de l'avancement du terminal	Endommagement	-Mauvais ajustement	Blocage de la bande du terminal	Visuelle	1	1	2	2	Changement de la pièce
Shearblade	La coupe de la bande du terminal	Usure	-Montage inversé du shearblade	-Inclinaison -Torsadage du terminal	Visuelle	1	2	1	2	Changement de la pièce

Après avoir réalisé l'étude AMDEC des outils de sertissage et déterminé la criticité de chaque composant, nous allons procéder au diagramme de Pareto afin de déterminer les composants qui représentent 20% des pièces responsables de 80% des problèmes des applicateurs.

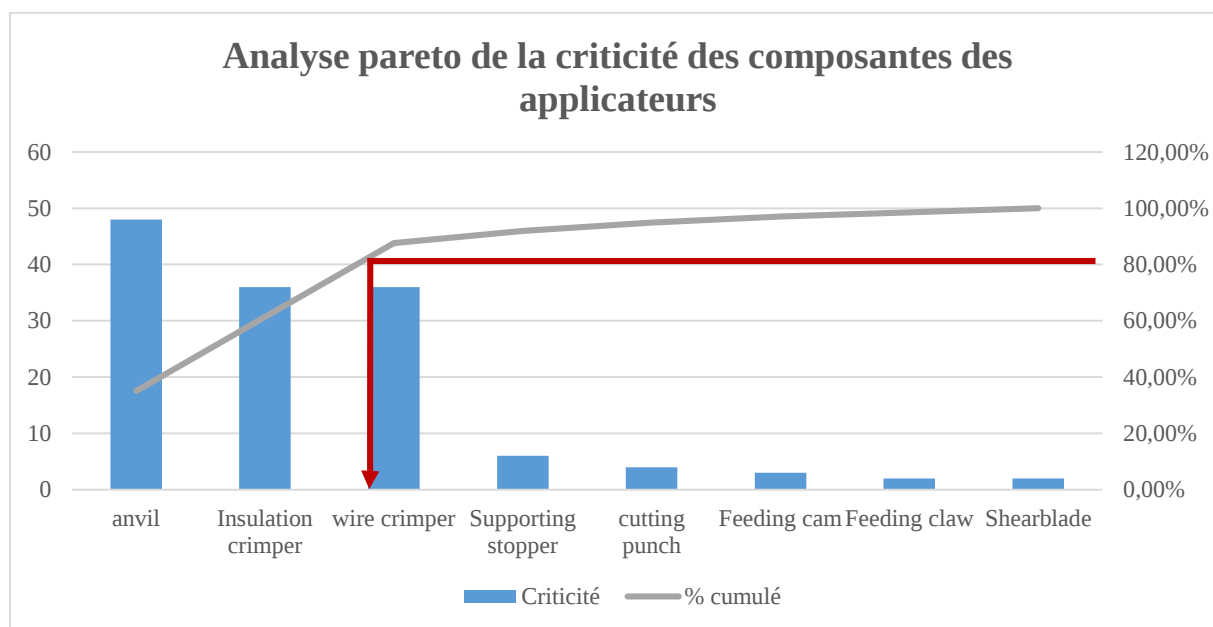


FIGURE 47: LE DIAGRAMME PARETO DE LA CRITICITE DES PIECES DES APPLICATEURS.

A partir du diagramme Pareto, 80 % des problèmes des applicateurs sont principalement dus à l'usure des crimping dies (Insulation crimper, Wire crimper et l'Anvil).

b. Problème machine :

Afin de déterminer les composants les plus critiques de la machine conduisant à des arrêts de production, nous avons réalisé le diagramme de Pareto pour identifier les 20% des causes conduisant à 80% des effets où le levier d'optimisation doit être actionné.

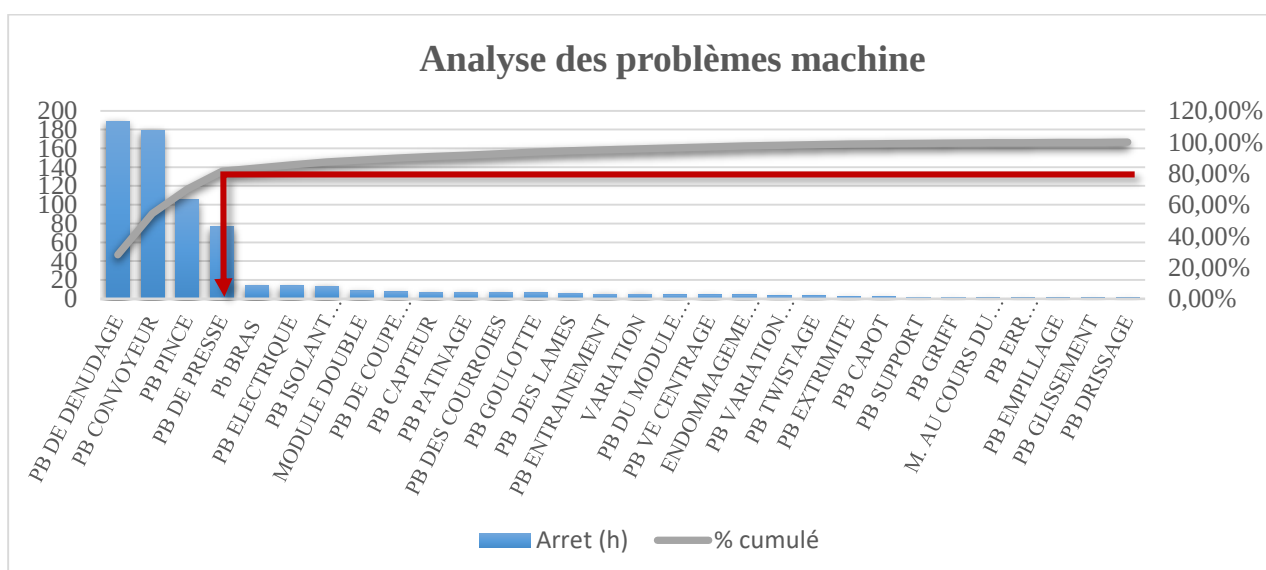


FIGURE 48: ANALYSE DES PROBLEMES MACHINE PAR LE DIAGRAMME PARETO.

A partir du diagramme de Pareto, on peut déterminer la classe A qui se compose de :

- ❖ Problème de dénudage.
- ❖ Problème du convoyeur.
- ❖ Problème des pinces.
- ❖ Problème des presses.

Pour déterminer les causes potentielles de ces problèmes, nous avons procédé au diagramme d'arrêt du poisson suivant :

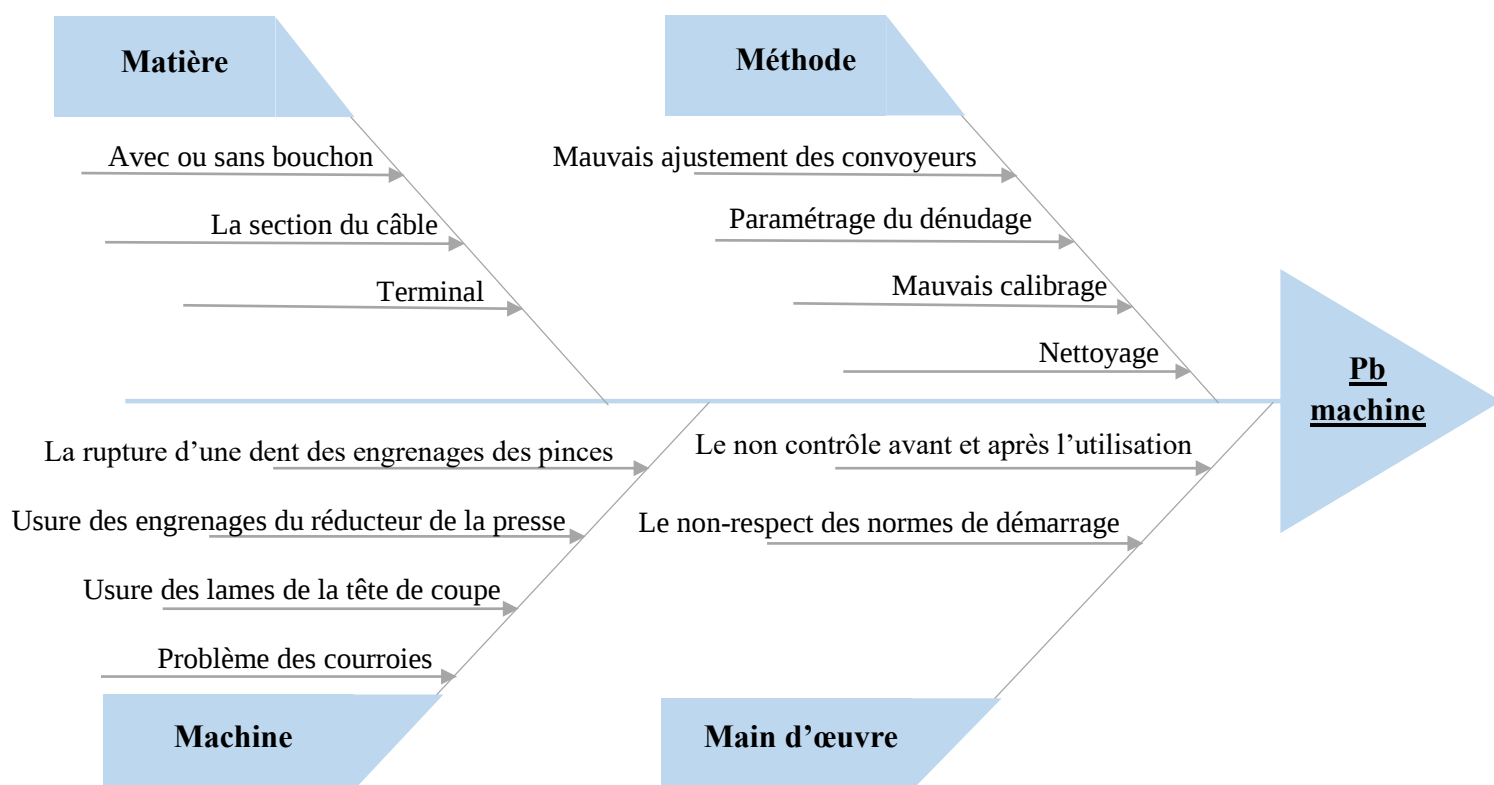


FIGURE 49: LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA DES PROBLEMES MACHINE.

c. Problème du bouchon :

Les figures suivantes montrent le diagramme de la bête à cornes et le diagramme pieuvre du joint d'étanchéité.

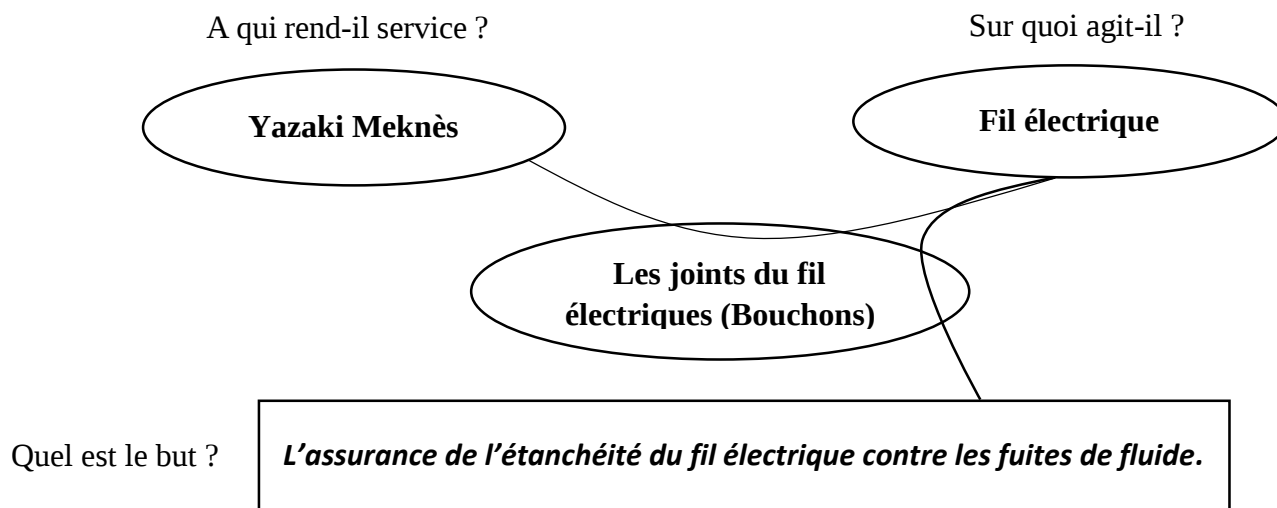


FIGURE 50: LE DIAGRAMME BETE A CORNES DU JOINT D'ETANCHEITE DU FIL ELECTRIQUE.

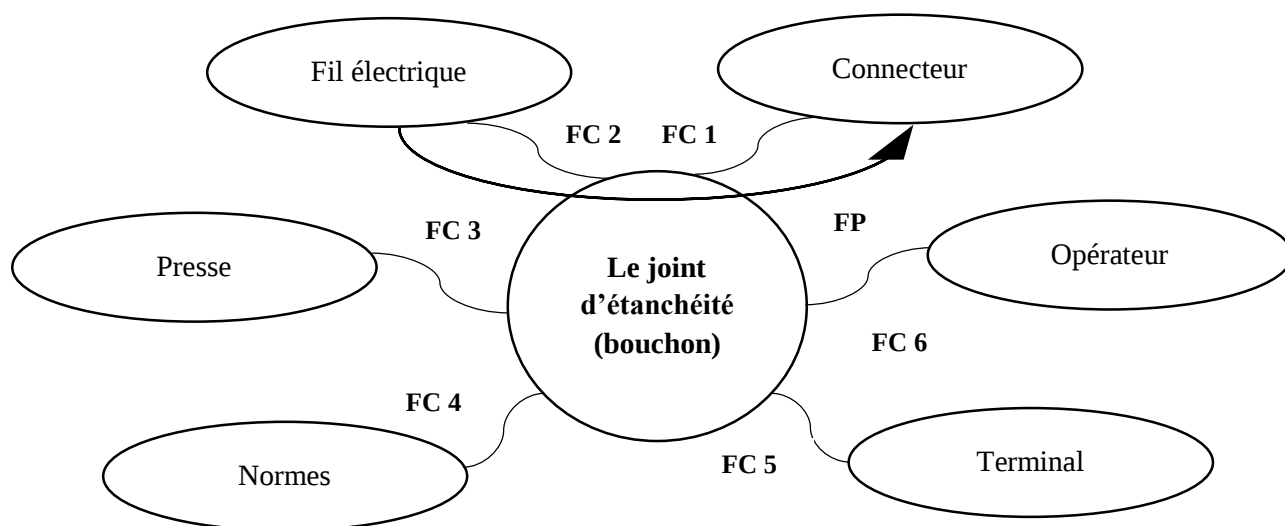


FIGURE 51: LE DIAGRAMME PIEUVRE DU JOINT D'ETANCHEITE DU FIL ELECTRIQUE.

Le tableau suivant montre les fonctions de service du joint d'étanchéité du fil électrique :

Tableau 11: LES FONCTIONS DE SERVICE DU BOUCHON.

FP	Assurer l'étanchéité du fil électrique
FC 1	Être adapté aux dimensions du connecteur
FC 2	Protéger le fil électrique contre les fuites
FC 3	Être adapté aux dimensions du kit bouchon
FC 4	Être conforme aux normes
FC 5	Être convenable au terminal utilisé
FC 6	Être facile dans le réglage de ses paramètres

Pour déterminer quels problèmes conduisent à 80% du problème du joint d'étanchéité, nous avons procédé au diagramme de Pareto :

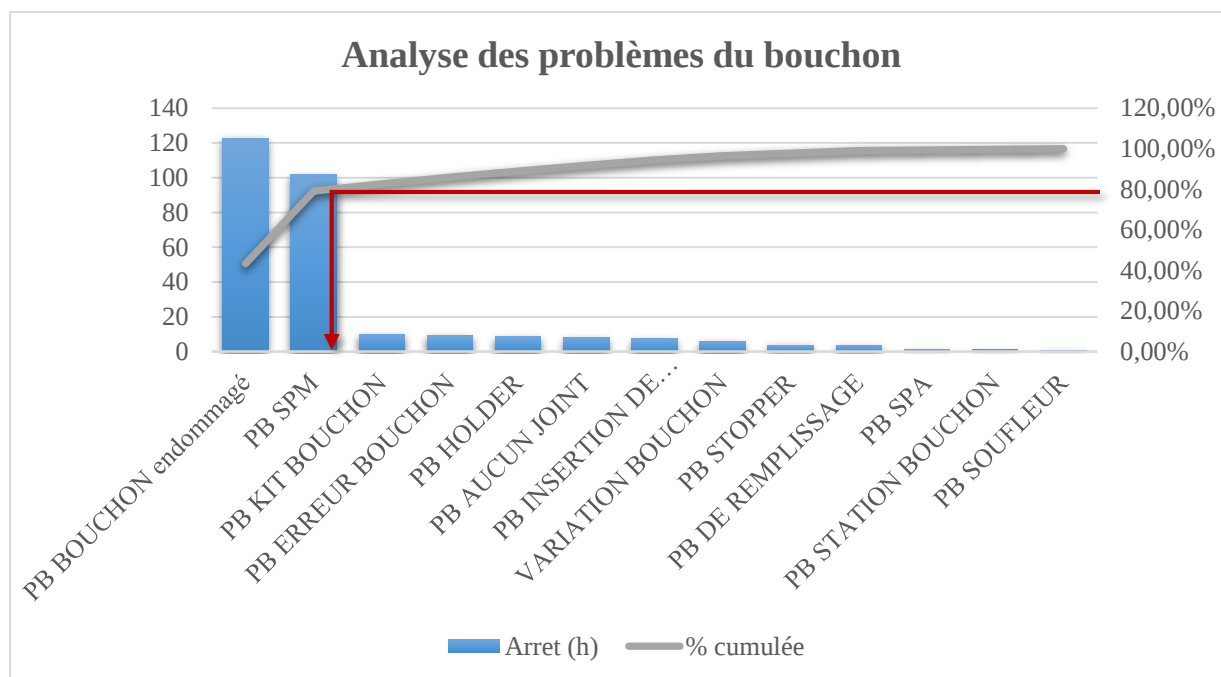


FIGURE 52: ANALYSE DES PROBLEMES DU BOUCHON EN UTILISANT LE DIAGRAMME DE PARETO.

Le diagramme de Pareto ci-dessus nous montre qu'environ 80% des problèmes du bouchon dans la zone de coupe sont dus essentiellement aux deux principales causes qui sont :

- Problème du bouchon endommagé.
- Problème SPM.

➤ **Problème du bouchon endommagé :**

C'est un problème qui se produit lorsque les filaments déchirent le bouchon.

➤ **Problème SPM :**

Ce problème se produit lorsque le bouchon n'existe pas sur le fil ou qu'il est mal positionné et que son inclinaison est en dehors de la plage de tolérance.

Le diagramme cause-effet suivant représente les causes racines des problèmes du bouchon

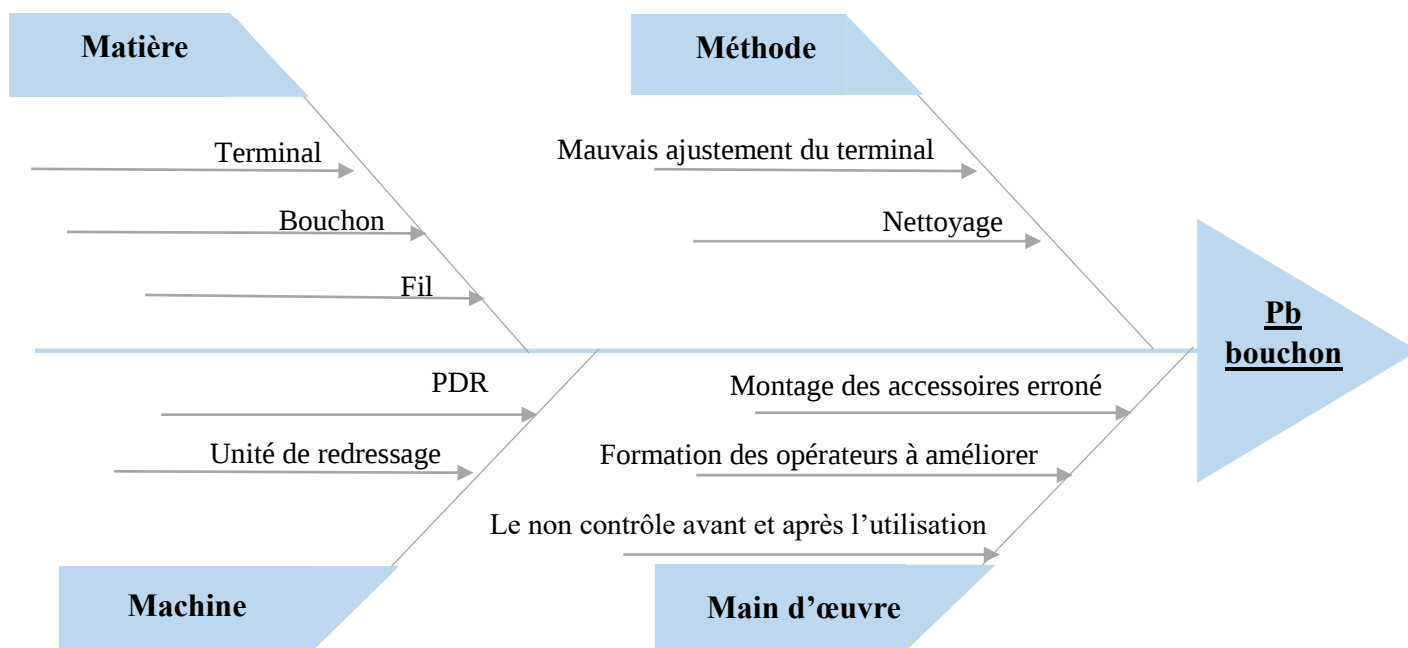


FIGURE 53: DETERMINATION DES CAUSES DES PROBLEMES DU BOUCHON EN UTILISANT LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA.

1.2. Set Up :

Période nécessaire pour préparer une machine afin qu'elle soit prête à fonctionner ou à accepter une tâche. Il peut être considéré comme le temps de préparation d'une machine depuis l'achèvement de la dernière partie du dernier lot jusqu'à la préparation de la première partie du nouveau lot suivant sur la machine. Afin de déterminer les machines les plus critiques en terme du temps de changement de série, nous avons procédé par le diagramme Pareto (pendant le mois mars 2022) :

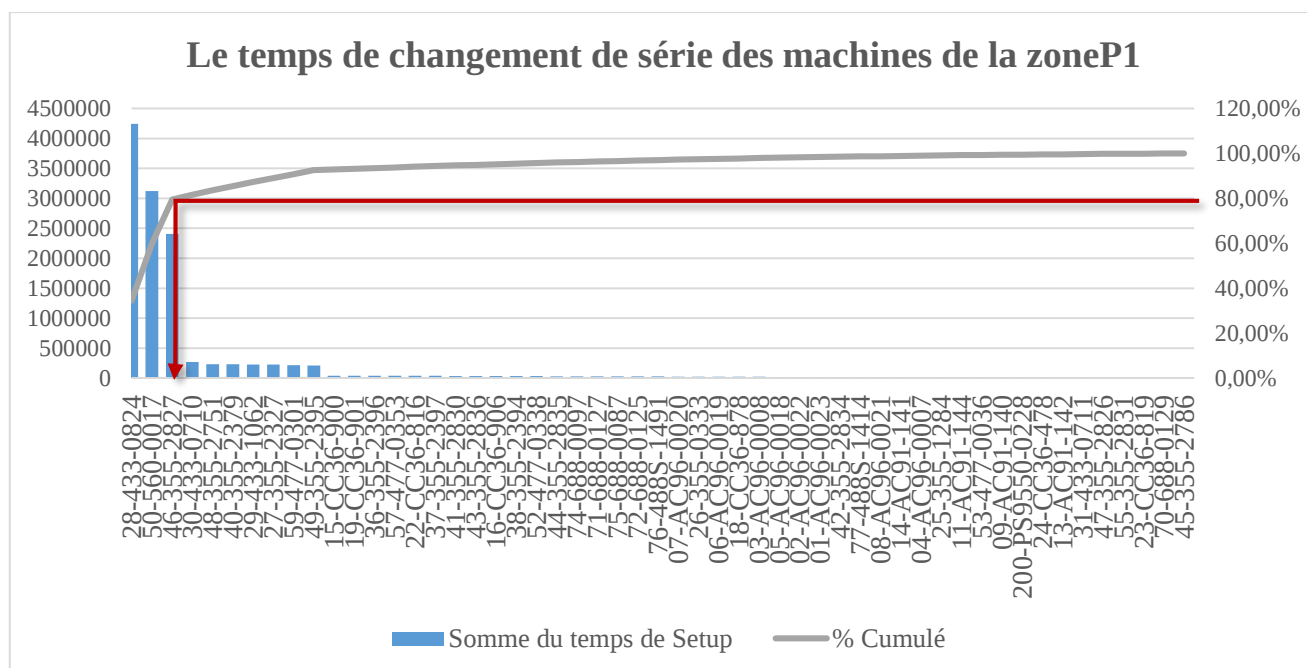


FIGURE 54: ANALYSE DES MACHINES LES PLUS CRITIQUES EN TERME DU TEMPS DE CHANGEMENT DE SERIE.

A partir du diagramme de Pareto, les machines qui conduisent à 80 % des effets sont :

- ❖ La machine 28 – 433.
- ❖ La machine 50 – 560.
- ❖ La machine 46 – 355.

Afin de réduire le temps de changement de série, nous utilisons la méthode SMED, qui consiste à convertir les opérations internes en opérations externes et à réduire la durée des opérations internes qui ne peuvent pas être converties en opérations externes.

1.2.1. Filmer (identifier) et dissocier(extraire) :

Nous avons filmé un changement de série pour les 3 machines critiques, puis le vidéo est projeté en présence des opérateurs afin qu'il nous explique les opérations qu'il effectue et le chronomètre donne la durée.

Après avoir établir la liste des opérations effectuées, nous avons les classer dans l'une des catégories :

- Interne (la machine est arrêtée).
- Externe (la machine peut fonctionner).

○ La machine 28-433 :

Pour le changement de série que l'opérateur a effectué sur la machine 28-433, que nous avons filmé, il n'a changé qu'un seul côté, le côté B (en changeant la bobine du terminal et l'applicateur) et il a effectué l'opération de sertissage sur deux côtés avec l'insertion du bouchon sur un seul côté.

TABEAU 12: LE TEMPS DE CHANGEMENT DE SERIE DE LA MACHINE 28 - 433.

N° d'étape	Description	Durée	Opération interne	Opération externe
1	Déclaration de la bobine	6 s		*
2	Scan de la bobine des fils électriques	10 s	*	
3	Montage de la bobine avec la machine (l'entraînement du câble)	65 s	*	
4	Scan de l'applicateur et la bobine du terminal	25 s	*	
5	Montage de l'applicateur et la bobine du terminal	160,58 s	*	
6	Montage du kit bouchon	288 s	*	
7	Ouvrir le CAO pour afficher le lot suivant (S number)	4 s	*	
8	Ouvrir le TopWin afin de charger le lot suivant et de régler l'apparence	30 s	*	
9	Production du fil seul	13 s		*
10	Production d'échantillon avec le terminal	18 s		*
11	Vérification des mesures de la maïchi et de l'ato-achi par le micro mètre	23 s	*	
12	Apprentissage : c'est la phase de la confirmation et de validation des paramètres et de la façon ou la machine réalise des opération	5 s	*	
13	Test de traction	18 s	*	
Somme du temps de changement de série		11,093 min		

○ La machine 50-560 :

Pour le changement de série que l'opérateur a effectué sur la machine 50-560, que nous avons filmé, il a effectué l'opération de dénudage d'un côté et de bouchage et sertissage de l'autre côté et que l'opérateur n'a pas changé le kit bouchon et qu'il a changé l'applicateur et la bobine du terminal pour un seul côté (côté B).

TABEAU 13: LE TEMPS DE CHANGEMENT DE SERIE DE LA MACHINE 50 - 560.

N° d'étape	Description	Durée	Opération interne	Opération externe
1	Déclaration de la bobine	5 s		*
2	Scan de la bobine des fils électriques	13 s	*	
3	Montage de la bobine avec la machine (l'entraînement du câble)	54 s	*	
4	Changement de la base de la presse de sertissage	155,31 s	*	
5	Scan de l'applicateur et de la bobine du terminal	22 s	*	
6	Montage de l'applicateur et de la bobine du terminal et du bouchon	70 s	*	
7	Nettoyage	11 s	*	
8	Ouvrir le CAO pour afficher le lot suivant (S number)	5 s	*	
9	Ouvrir le TopWin afin de charger le lot suivant et de régler l'apparence et les paramètres	41 s	*	
10	Production du fil seul	14 s		*
11	Production d'échantillon avec le terminal	20 s		*
12	Vérification des mesures de la maïchi et de l'ato-achi par le micro mètre	18 s	*	
13	La coupe d'une partie de fil endommagé au niveau des pignons de dressage du fil	8 s	*	
14	Apprentissage : c'est la phase de la confirmation et de validation des paramètres et de la façon ou la machine réalise des opération	7 s	*	
15	Test de traction	22 s	*	
Somme du temps de changement de série		7,755 min		

○ La machine 46 - 355 :

Pour le changement de série que l'opérateur a effectué sur la machine 28-433, que nous avons filmé, il a fait le changement uniquement pour le côté B (changement d'applicateur et de la bobine du terminal) et il a réalisé l'opération de sertissage des deux côtés.

TABEAU 14: LE TEMPS DE CHANGEMENT DE SERIE DE LA MACHINE 46 - 355.

N° d'étape	Description	Durée	Opération interne	Opération externe
1	Déclaration de la bobine	6 s		*
2	Placer la bobine du terminal et l'applicateur dans les zones de SETUP	20 s	*	
3	Scan de la bobine des fils électriques	8 s	*	
4	Montage de la bobine avec la machine (l'entraînement du câble)	63 s	*	
5	Scan de l'applicateur et la bobine du terminal	23 s	*	
6	Montage de l'applicateur et la bobine du terminal	70 s	*	
7	Fermeture de la machine	3 s	*	
8	Ouvrir le CAO pour afficher le lot suivant (S number)	4 s	*	
9	Ouvrir le TopWin afin de charger le lot suivant et de régler l'apparence	23 s	*	
10	Production du fil seul pour vérifier le dénudage	12 s		*
11	Production d'échantillon avec le terminal	16 s		*
12	Vérification des mesures de la maïchi et de l'ato-achi par le micro mètre (augmentation des mesures du applicateur)	62 s	*	
13	Réglage d'applicateur car il cause une non-conformité du Poca de sino	360 s	*	
14	Apprentissage : c'est la phase de la confirmation et de validation des	10 s	*	

	paramètres et de la façon ou la machine réalise des opération			
15	Test de traction	25 s	*	
Somme du temps de changement de série		11,75 min		

Pour l'étape convertir (Les opérations internes en opérations externes) et l'étape réduire (le temps des opérations internes), nous les traiterons dans le prochain chapitre concernant le plan d'action.

2. Identification et analyse des causes de diminution de la performance :

Afin d'améliorer la performance des machines automatiques de la zone de coupe P1, nous nous sommes basés et avons agi sur 2 indicateurs : Les micro-arrêts et le ralentissement (petites vitesses).

2.1. Les micro-arrêts :

Sont des arrêts brefs, apparaissant lors du fonctionnement normal des équipements. Ce ne sont pas des pannes et leur classification est conventionnellement fixée par leur durée qui est inférieure à une minute. Lors d'un micro-arrêt la machine repart d'elle-même ou peut être relancée très simplement, sans intervention majeure.

Exemples : défauts d'alimentation, bourrages de matériaux, réglages incorrects, capteurs mal alignés ou bloqués, problèmes de conception de l'équipement et nettoyage rapide périodique.

Conséquences des micro-arrêts :

Comme tous les arrêts ou marche à vide, ils entraînent des pertes de production réduisent la capacité productive, la productivité, la performance. En effet, ces micro-arrêts passent souvent inaperçus sur les relevés de TRS, mais cumulent souvent des temps de perte importants pour la production. Leur caractère insidieux réside dans le fait qu'ils se répètent un grand nombre de fois, finissant par accumuler plusieurs dizaines de minutes d'arrêts par jour.

Un indice de présence de micro-arrêts est une part de sous-performance injustifiable. Cette partie inconnue est souvent le fruit de la répétition des micro-arrêts. Ces arrêts représentent sur la quasi-totalité des processus la principale source de perte d'efficacité.

Les micro-arrêts fréquents sont un frein à l'automatisation et à la conduite multi machine. En effet, s'il faut une présence constante d'un surveillant, il n'est pas possible de lui confier la supervision efficace de plusieurs machines et donc des problèmes apparemment mineurs peuvent à eux seuls mobiliser de la main d'œuvre pour des tâches sans réelle valeur ajoutée.

Des nombreux micro-arrêts peuvent rendre l'automatisation d'une machine moins intéressante, car les gains escomptés par l'automatisation peuvent être perdus par la nécessité de personnel veillant à relancer après micro-arrêt.

Il y a ensuite les conséquences pour le personnel qui sont irritées par les micro-arrêts fréquents et qui passent leur temps à remettre la machine en route.

Comment réduire les micro-arrêts :

On traite les micro-arrêts comme les autres causes de perte, il s'agit :

- D'estimer leur impact total (Priorisation).
- Comprendre leur constitution : Type, durée, fréquence.
- Eventuellement les fragmenter dans un diagramme de Pareto spécifique.
- Comprendre puis traiter les causes qui leur donnent naissance.
- Vérifier la pertinence de la solution sur la durée.

Le diagramme de Pareto suivant présente les 20% des problèmes responsables sur la majorité des anomalies représentant 80% des problèmes des micro-arrêts des machines automatiques de la zone de coupe pendant 6 mois (du mois 09/2021 vers le 03/2022) :

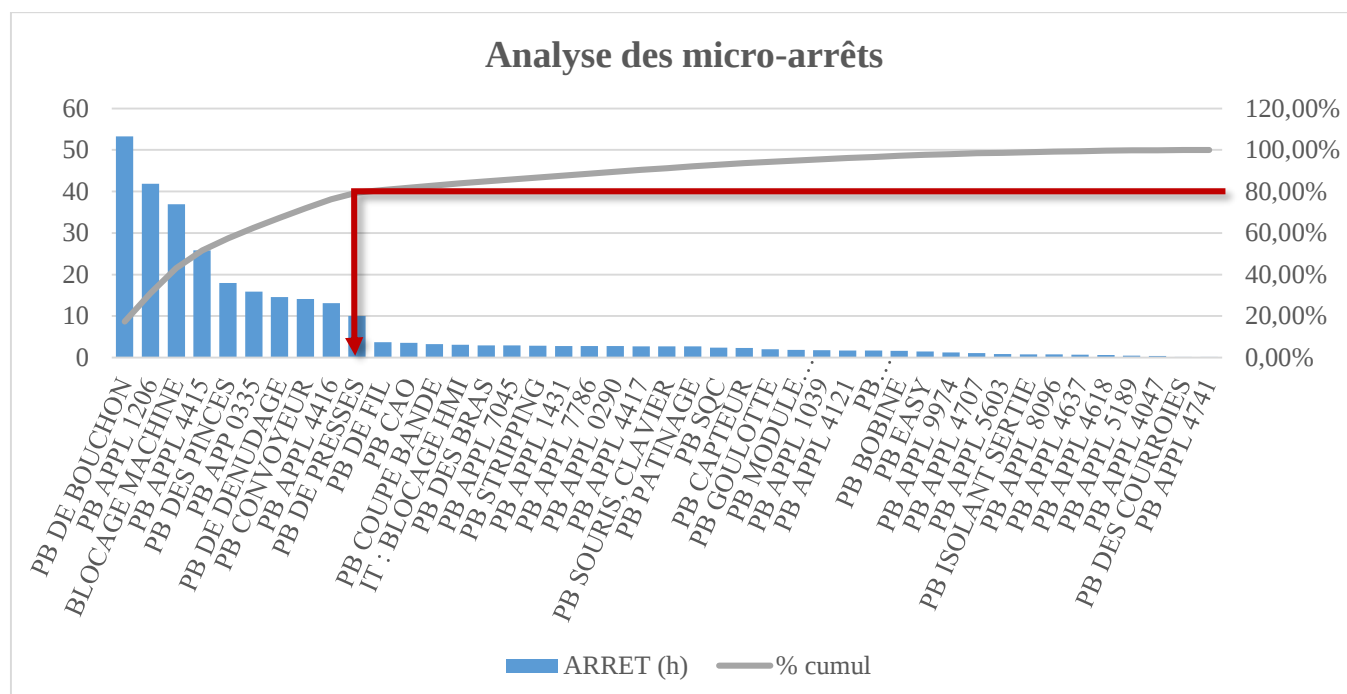


FIGURE 55: ANALYSE DES MICRO-ARRÊTS PAR LE DIAGRAMME DE PARETO.

La classe A est composée de :

- ❖ Problème du bouchon.
- ❖ Problème d'applicateur de référence 1206.
- ❖ Blocage machine.
- ❖ Problème d'applicateur de référence 4415.
- ❖ Problème des pinces.
- ❖ Problème d'applicateur de référence 0335.
- ❖ Problème du dénudage.
- ❖ Problème du convoyeur.
- ❖ Problème d'applicateur de référence 4416.
- ❖ Problème des presses.

Nous constatons que nous avons trouvé presque les mêmes problèmes que ceux que nous avons déjà trouvés dans l'analyse de la disponibilité des machines automatiques dans la zone de coupe P1.

2.2. Petites vitesses :

L'équipement fonctionne plus lentement que la "plaque signalétique", c'est-à-dire le temps théorique le plus rapide possible pour fabriquer une pièce. Peut-être une conséquence des limitations ou de l'âge de l'équipement, d'un entretien inadéquat, de l'ordonnancement, de cibles faibles, d'erreurs humaines, de l'inexpérience, de la qualité des matériaux, de la variété des produits, des rejets.

Comment augmenter la vitesse des machines automatiques :

La vitesse des machines automatiques de la zone de coupe dépende de plusieurs contraintes, parmi lesquels : la longueur du fil ainsi que sa section.

En effet, démarrer la machine à la vitesse par défaut pour sertir un lot de fils de longueur > 4000 mm et de grandes sections génère des problèmes conduisant à l'arrêt de la machine.

Par conséquent, les techniciens et les opérateurs fixent donc une vitesse donnée en fonction des problèmes qui apparaissent, ce qui fait que ces machines démarrent toujours à une vitesse inférieure à la vitesse maximale ou à la vitesse par défaut.

Pour augmenter la vitesse de ces machines, on doit d'abord définir tous les problèmes qui apparaissent lors de démarrage avec la vitesse par défaut et de les éradiquer en proposant des solutions.

Les problèmes résultant de l'entraînement de la machine à une grande vitesse :

- ❖ Blocage des fils dans le convoyeur.
- ❖ Blocage des pinces de tirage.
- ❖ Blocage des presses.
- ❖ Problème de fin de bobines.
- ❖ Patinage.
- ❖ Problème au niveau de l'insertion des bouchons.
- ❖ Usure des pinces.
- ❖ Usure des lames.
- ❖ Problème des applicateurs.
- ❖ Pincement.

Afin de déterminer et d'analyser les modes de défaillance de chaque pièce à l'origine de ces problèmes, et d'identifier leurs effets et leur criticité, nous avons utilisé l'analyse AMDEC (**voir le tableau 15**).



Tableau 15: L'ANALYSE AMDEC DES MACHINES AUTOMATIQUES DE LA ZONE DE COUPE P1.

N° d'étude :		Système : Machines automatiques de la zone de coupe								Date :	
Groupe :		➤ Monsieur Mohcine FOUARI : Responsable process ➤ Les techniciens de la zone de coupe P1 ➤ Sanae Bouzlafa : Ingénieure stagiaire dans le département techniques et processus								Du 06 juin au 07 juin 2022	
Composante	Fonction	Mode de défaillance	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Détection	O	D	G	C	Actions correctives	
Convoyeur	Guidage des fils	Blocage et endommagement des fils dans le convoyeur	-Mauvais ajustement des redresseurs -Usure des courroies -Dégradation des poulies et des roulements -Usure des axes des poulies	Endommagement des fils et du terminal	Visuelle	2	4	4	32	-Changement des roulements -Changement des courroies - Bon ajustement des redresseurs	
Pincés	Fixation des fils durant l'usinage	Pincement	-Usure des pinces -Mauvais ajustement pneumatique et mécanique	-Endommagement d'isolant -Variation du dénudage	Visuelle	3	3	3	27	-Changement des mâchoires des pinces -Changement des pinces - Changement du bras (système complet)	
Lames	La coupe et le dénudage des fils électriques	Usure	Usure des lames	-Isolant mal coupé -Problème de dénudage : NOK -Filament cassés -Pincement	SQC Visuelle	4	4	2	32	Changement des lames	
Presse de sertissage	Le sertissage des fils électriques	-CFA fantôme -SPM	-Réducteur : Problème de la force du aux l'état d'oïl et des dents des engrenages -Capteur linéaire -Câble ou carte PIEZO -L'état de lubrification de la presse	Défauts de sertissage	PIEZO	1	2	2	4	-Changement du moteur ou réducteur -Changement des câbles CFA ou PIEZO	
Presse de bouchon	L'insertion des joint d'étanchéité		-Capteur SPM -Carte commande -Mauvais ajustement mécanique de la presse	Défauts dans l'insertion du bouchon	Visuelle	1	2	3	6	-Changement de la presse -Ajustement de la presse	
Kit bouchon	Assurance d'insertion des bouchon		-Les railles NOK -Mécanisme vibreur -Mauvais ajustement pneumatique -Usure de end plate	-Remplissage	Visuelle	3	2	4	24	-Calibrage de la vibration	
Unité d'entraînement	Assurance de l'extraction des fils	-Usure des courroies -L'endommagement des roulements	-Courroies NOK -Encodeur NOK -Mauvais ajustement mécanique des courroies	-Rebut -Patinage -Variation de longueur	Visuel Automatique	3	4	4	48	-Changement des courroies -Changement de l'encodeur -Changement des roulements	
Unité de dressage	Tende et dresse le câble à usiner	-Usure des galets	-Fil trop serrée -Mauvais ajustements	-Patinage	Visuel	3	4	4	48	Changement des galets	

Après avoir effectué l'analyse AMDEC des composantes des machines automatiques de la zone de coupe et déterminé la criticité de chaque composant, nous allons procéder au diagramme de Pareto afin de déterminer les composants qui représentent 20% des pièces responsables de 80% des problèmes des machines.

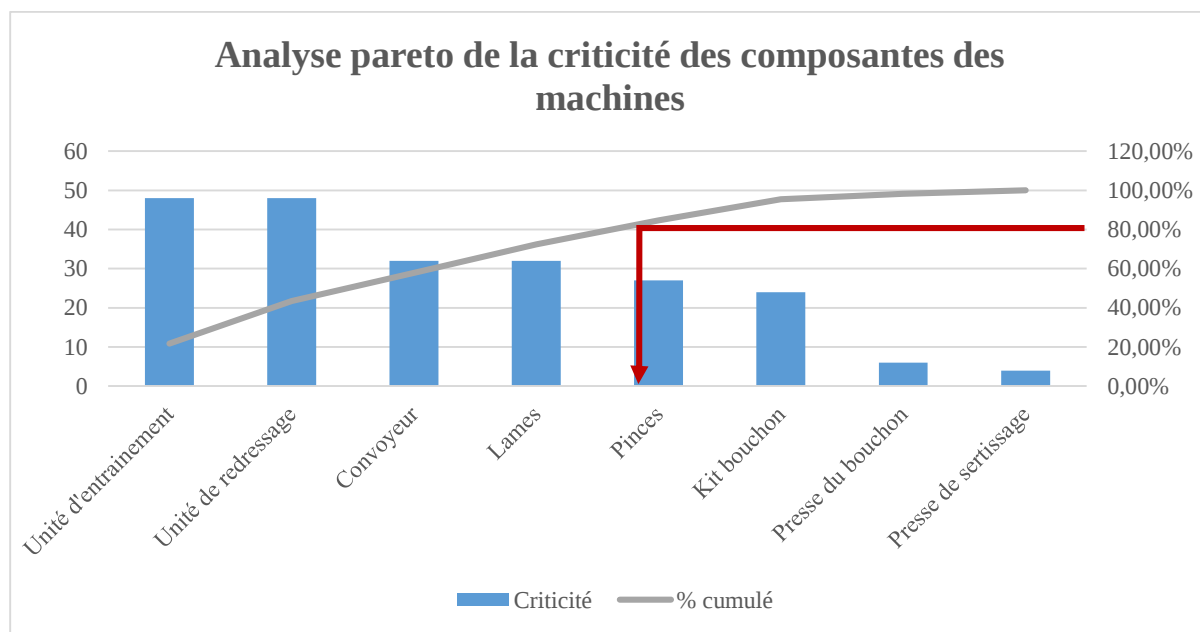


FIGURE 56: DIAGRAMME PARETO DE LA CRITICITE DES COMPOSANTES DES MACHINES.

A partir du diagramme Pareto ci-dessus, 80 % des problèmes des machines automatiques de la zone P1 sont principalement dus à :

- ❖ Problèmes dans l'unité d'entraînement.
- ❖ Problèmes dans l'unité de redressement.
- ❖ Problèmes dans le convoyeur.
- ❖ L'usure des lames de la tête de coupe.
- ❖ Problèmes dans les pinces.

3. Détermination des machines critiques en terme de disponibilité :

Après avoir déterminé les causes racines des problèmes entraînant la baisse de la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe, il est nécessaire de déterminer la ou les machines pilotes ou on doit appliquer les solutions et les améliorations.

Le diagramme 57 suivant montre la ou les machines les plus critiques en terme de la disponibilité :

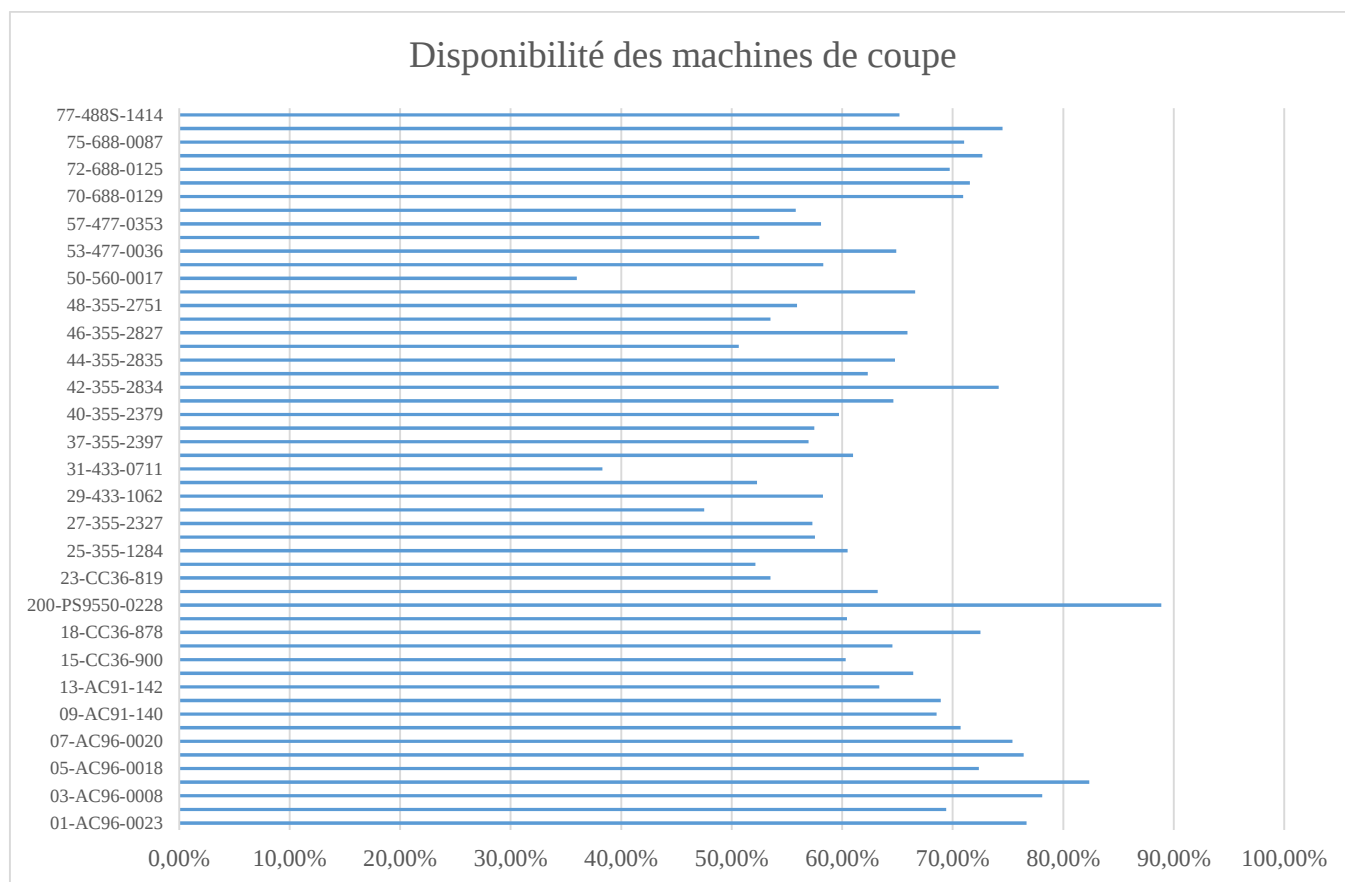


FIGURE 57: LES MACHINES LES PLUS CRITIQUES EN TERME DE DISPONIBILITE.

A partir de ce diagramme, les machines pilotes sont les machines dont le seuil est inférieur à 52 % :

- ❖ 50-560
- ❖ 31-433
- ❖ 45-355

4. Détermination des machines critiques en terme de performance :

Après avoir déterminer les causes racines des problèmes entrainant la baisse de la performance des machines automatiques de la zone de coupe, on doit spécifier les machines pilotes ou on doit appliquer des solutions qui vont être générer sur toute le parc.

Le diagramme 58 suivant montre la ou les machines les plus critiques en terme de la performance :

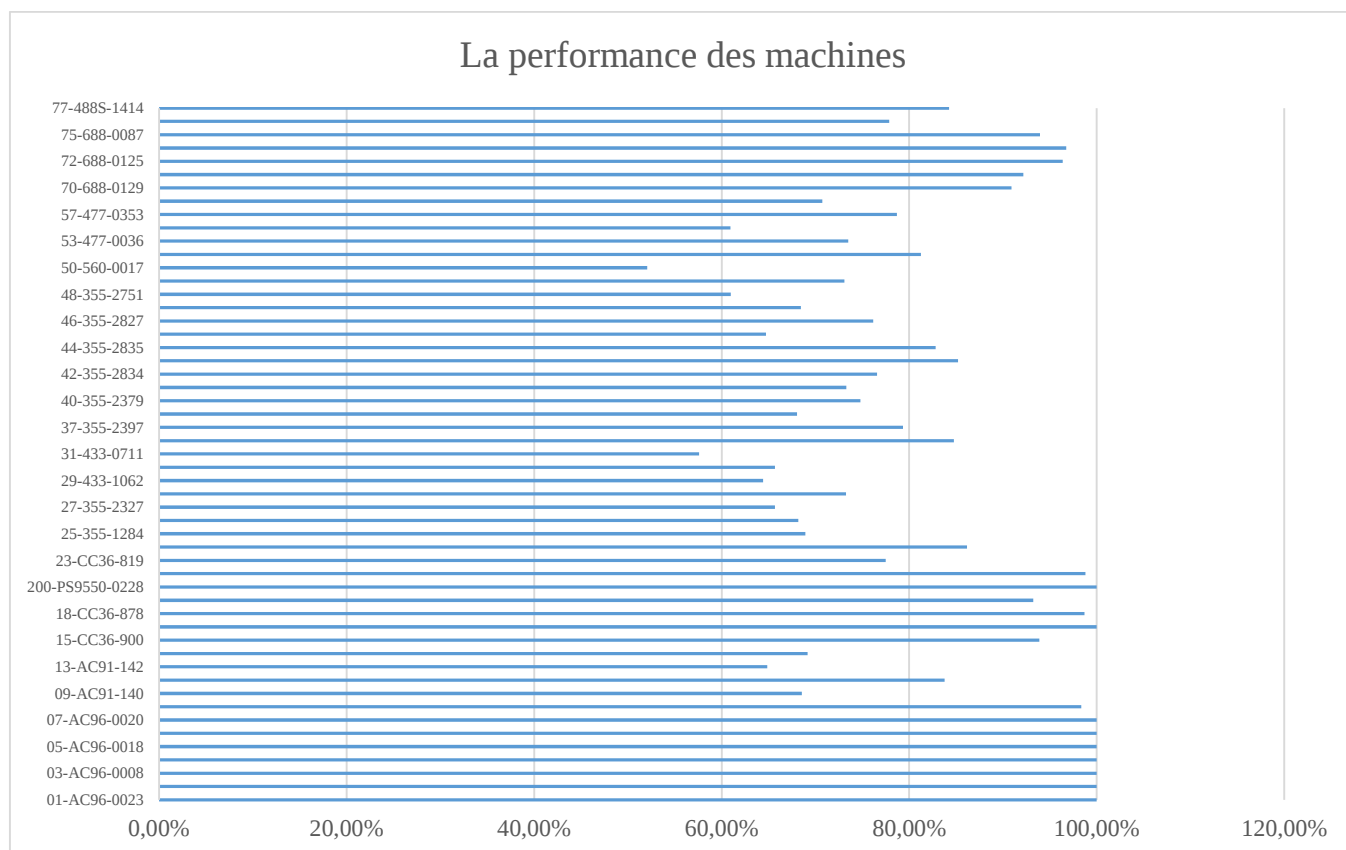


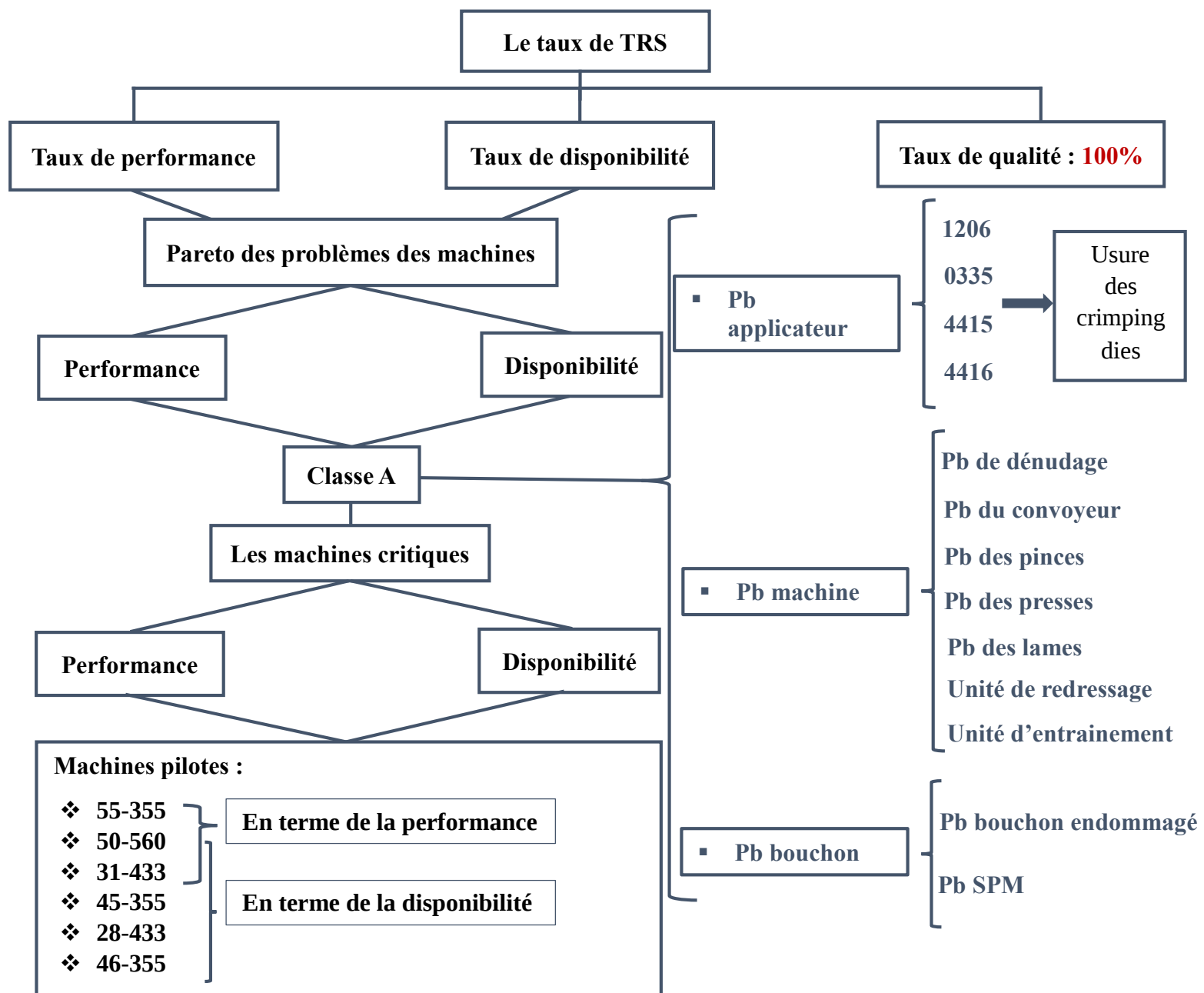
FIGURE 58: LES MACHINES LES PLUS CRITIQUES EN TERME DE PERFORMANCE.

Les machines les plus critiques sont les machines dont le seuil est inférieur à 73 % :

- ❖ 50-560
- ❖ 31-433
- ❖ 55-355

Conclusion :

Le schéma suivant résume l'approche suivie dans ce chapitre et nous fournit des informations sur les problèmes conduisant à la diminution de la performance et de la disponibilité des machines automatiques dans la zone de coupe ainsi que les machines les plus critiques où il apparaît la majorité de ces problèmes que nous devons exploiter dans le chapitre suivant concernant le plan d'action afin de proposer des solutions pour les éradiquer.



Chapitre IV :

Application de la méthode DMAIC : Mise en place et évaluation des améliorations

Dans le chapitre précédent, nous avons pu déterminer les problèmes qui pénalisent la performance et la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe P1.

Dans ce chapitre, nous procédons à la conception et la mise en œuvre des solutions susceptibles d'améliorer la situation actuelle ainsi à la vérification de l'efficacité des solutions mises en œuvre.

« Une vision qui ne s'accompagne pas d'action n'est qu'un rêve.

Une action qui ne découle pas d'une vision n'est que du temps perdu.

« Mais une vision suivie d'action peut changer le monde. »

Nelson Mandela

I. Génération des actions amélioratrices :

1. Optimisation du temps de changement de série :

Après une analyse des opérations de changement de série des machines critiques (la machine 28 – 43, la machine 50 – 560 et la machine 46 – 355), nous avons constaté que les opérations internes sont une séquence d'opérations pour alimenter la machine en matière première ainsi qu'en outils de travail et l'entrée de paramètres concernant le prochain lot qui ne peuvent pas être transformés en opérations externes. Par conséquent, nous avons proposé des solutions pour réduire ces temps internes qui ont des impacts directs sur le temps global de changement de série.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous avons concentré nos efforts sur les opérations internes qui ont un temps très important, qui sont :

- ❖ Le scan des bobines (fil et terminal) et des applicateurs.
- ❖ Changement et entraînement de la matière première.

1.1. La réduction du temps de changement et d'entraînement de la matière première :

Le temps que l'opérateur passe à changer la bobine de fils électrique est très important, ce qui affecte la disponibilité des machines de coupe et par conséquent le TRS de la zone.

En effet, pour passer au deuxième lot, l'opérateur doit retirer le fil de l'unité d'entraînement et de l'unité de redressage afin de changer la bobine de fil actuelle, puis il doit scanner la bobine de fil du lot suivant et la valider, ensuite il doit insérer le fil dans le disque perforé, dans l'unité de redressage et régler cette dernière ainsi que dans l'unité d'entraînement et régler cette unité également et ceci prend un temps considérable.

La figure suivante (**figure 59**) montre le parcours du fil électrique, entre le parc à bobines et l'unité d'entraînement :



FIGURE 59: LE MONTAGE DU FIL ELECTRIQUE DANS L'UNITE DE REDRESSAGE ET D'ENTRAINEMENT.

Afin de minimiser le temps que l'opérateur passe à changer la bobine et à introduire le fil dans l'unité de redressage ainsi que le réglage de cette dernière et dans l'unité d'entraînement, nous avons proposé le système SETUP-bobine suivant que nous avons conçu sous le logiciel CATIA V5 :

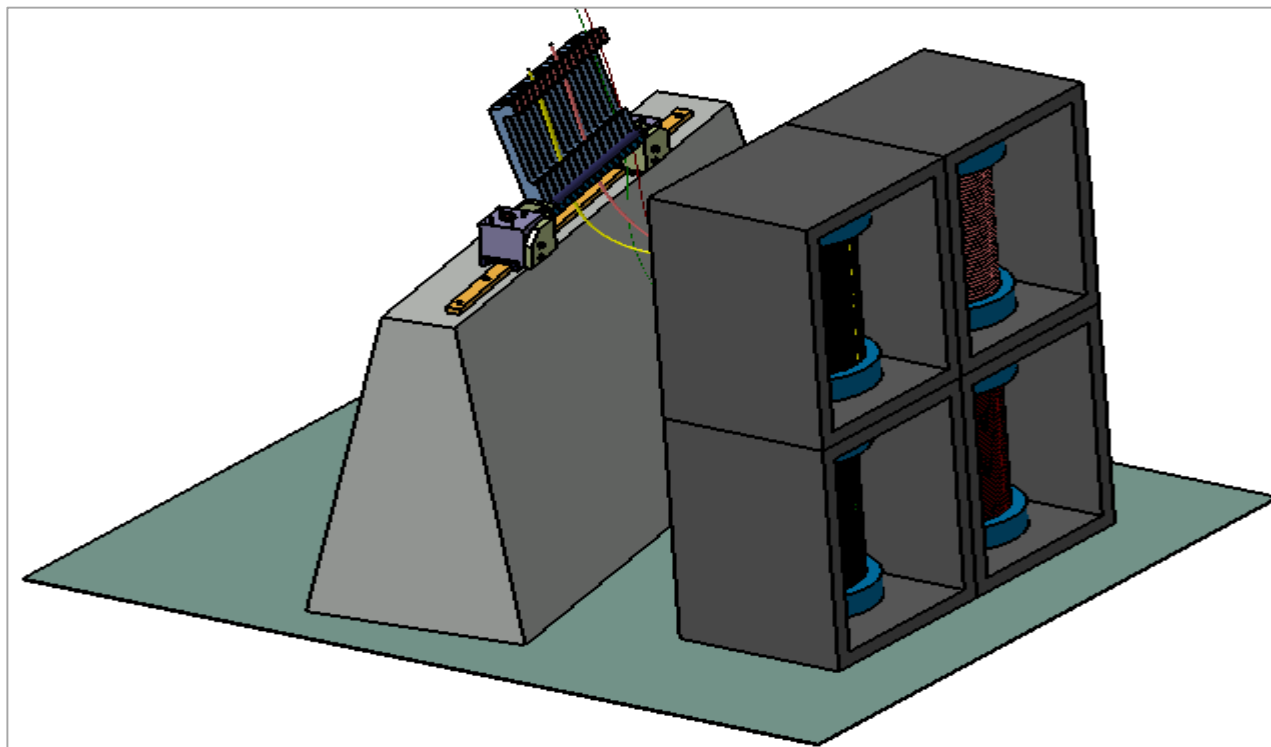


FIGURE 60: LA CONCEPTION DU SYSTEME SETUP-BOBINE SOUS LE LOGICIEL CATIA V5.

L'opérateur insère tous les fils demandés par la zone de pré-assemblage P2 ou la zone d'assemblage P3 pendant un shift dans le système Setup-wire suivant, ce qui permet de :

- ❖ Optimiser le temps de changement de série.
- ❖ Gagner du temps de lancement de commande de la bobine suivante à chaque fois.
- ❖ Diminuer la probabilité d'obtenir des défauts lors de l'insertion du fil dans l'unité de dressage manuelle par l'utilisation d'une unité de dressage pneumatique contrôlée par la machine.
- ❖ Augmenter la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe par rapport à l'état actuel.

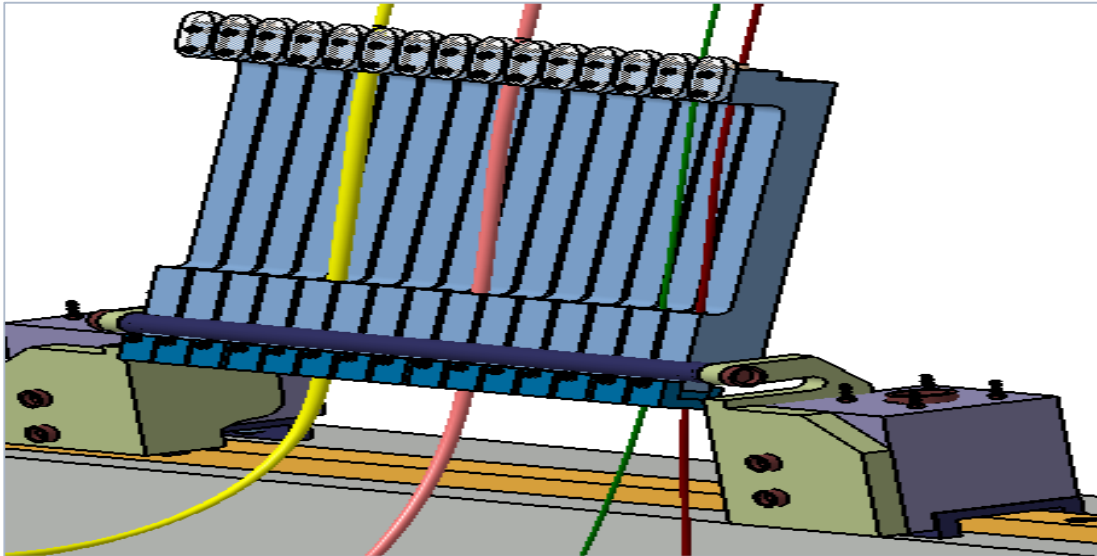


FIGURE 61: LA CONCEPTION DU SYSTEME SETUP WIRE SOUS CATIA V5.

Pour assurer le mouvement de translation du système SETUP-wire, nous avons utilisé les roulements à billes à contact radial.

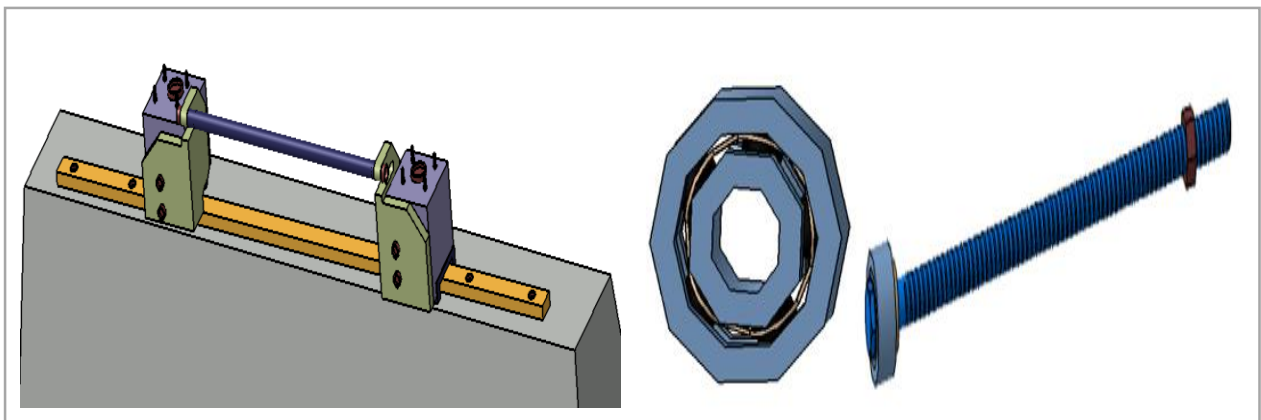


FIGURE 62: LE SYSTEME DE GUIDAGE EN TRANSLATION DU SYSTEME SETUP-WIRE.

1.2. L'optimisation du temps de scan :

Le temps que l'opérateur passe à scanner le code barre de la bobine de fils électriques, de l'applicateur à utiliser ainsi que de la bobine du terminal est un temps considérable et ceci à cause des allers et retours entre ces composants et l'écran de la machine. Alors pour optimiser ce temps et ces déplacements inutiles, nous avons proposé d'utiliser un miroir devant la machine afin que l'opérateur lorsqu'il scanne par exemple le code barre de la bobine de fils électriques il puisse voir dans le miroir le remplissage de la case de validation de l'opération de scan dans le logiciel TopWin de la machine à travers l'écran de communication.



FIGURE 63: MIROIR AVEC BRAS PIVOTANT.

2. La réduction des problèmes de l'unité de redressage des fils électriques :

L'unité de redressage des fils électriques est l'un des composants les plus importantes dans les machines automatiques dans la zone de coupe P1, cette unité a un taux de criticité très grand selon l'analyse AMDEC que nous avons déjà réalisé dans le chapitre précédent, alors il est judicieux de faire des interventions urgentes et de proposer des solutions afin de réduire et d'éliminer toute sorte d'anomalies engendrant cette unité.

L'objectif de l'unité de redressage est de redresser le fil qui passe par les rouleaux de redressement. Si le réglage de l'unité de redressage est correct, l'unité de bande d'alimentation tire le fil avec une force correcte. L'état et le réglage correct de l'unité de redressage ont une influence significative sur le traitement du fil. Les unités de redressage sont placées sur l'équipement sous forme de deux kits, l'un placé dans le sens horizontal, l'autre dans le sens vertical.

Durant la période d'observation et d'analyse de l'unité de redressage des fils électriques, nous avons constaté que la majorité des opérateurs utilisent la méthode "S" pour redresser les câbles, en particulier les fils de petite section. Cette méthode consiste à enrouler le fil électrique autour des galets de redressage afin de minimiser le temps de réglage et d'augmenter la tension du câble. Cependant, cette méthode génère des effets indésirables sur le produit (modification géométrique, extension de l'isolant, minimisation du jeu entre l'isolant et les filaments, etc.) ainsi que sur les autres opérations qui suivent (La coupe, le dénudage, l'insertion des bouchons, le torsadage et le sertissage) et elle provoque des frottements entre les galets, ce qui entraîne par conséquent une usure de ces derniers, d'où l'apparition de plusieurs anomalies de toute forme, provoquant parfois l'arrêt de la production.

Afin de redresser le fil et d'augmenter sa tension d'une manière correcte tout en respectant les consignes du constructeur, et qui ne conduit pas à un endommagement des fils électriques, nous avons proposé d'utiliser un système de poulies avant l'unité de redressage que nous avons conçu sous le logiciel CATIA V5 :

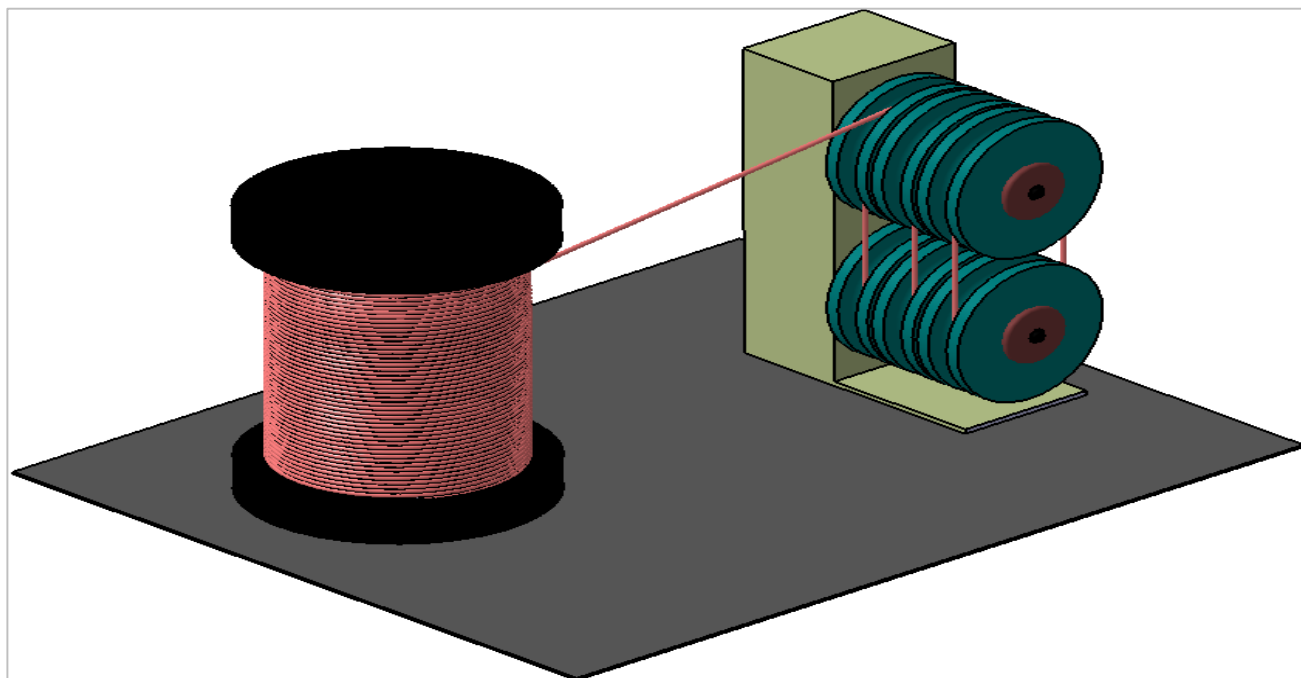


FIGURE 64: LA CONCEPTION D'UN SYSTEME DE POULIES SOUS CATIA V5.

3. Amélioration du fonctionnement des applicateurs :

3.1. Optimisation du temps des interventions et réduction des problèmes des applicateurs :

La guide plate A est l'un des composants les plus importantes dans l'applicateur, elle permet de guider la partie supérieure du terminal.

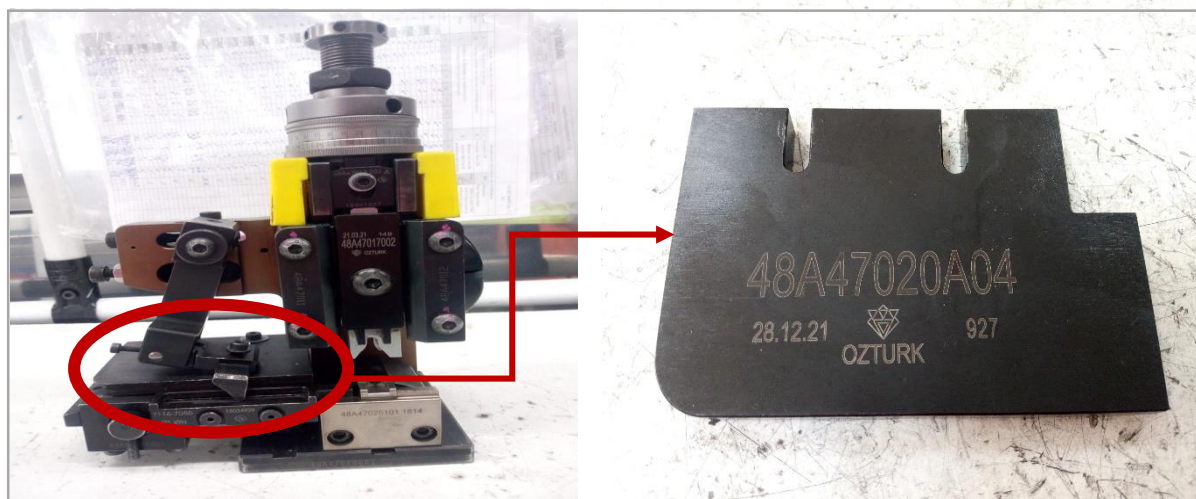


FIGURE 65: LE GUIDE PLATE A DE L'APPLICATEUR.

En effet, cette partie de l'applicateur nécessite un réglage très précis de sa position par rapport à la partie inférieure. Les techniciens de maintenance préventive des outils de sertissage règlent cette plaque de guidage A à l'aide d'une cale et également par des tests afin de vérifier la conformité de l'opération de sertissage, et ces tests prennent un temps considérable.

D'autre part, il existe la possibilité de desserrer les vis qui fixent cette plaque de guidage, de la partie supérieure du terminal, avec la partie inférieure de la base, en raison de plusieurs causes, parmi lesquelles la chute de l'applicateur.

Par conséquent, nous avons proposé de changer le type de liaison entre cette plaque et la partie inférieure de la base, en adoptant la liaison glissière. En effet, cette liaison permet de réduire le temps d'intervention en connaissant la position exacte de cette plaque par rapport à la partie inférieure de la base en évitant des défauts de type inclinaison du terminal.

La figure suivante montre la conception de la plaque de guidage A sous le logiciel CATIA V5 :

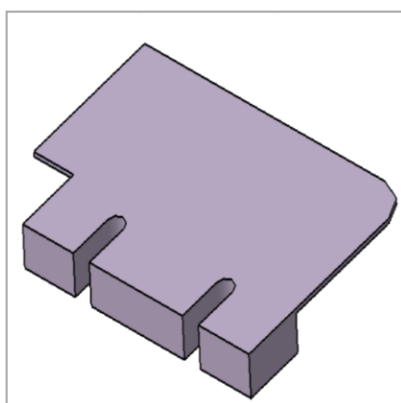


FIGURE 68: LA CONCEPTION DE GUIDE PLATE A ACTUELLE SOUS CATIA V5.

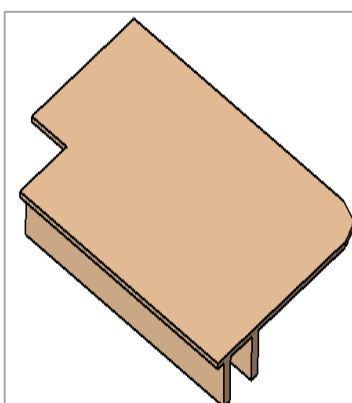


FIGURE 66: LA CONCEPTION DU GUIDE PLATE A PROPOSEE SOUS CATIA V5.

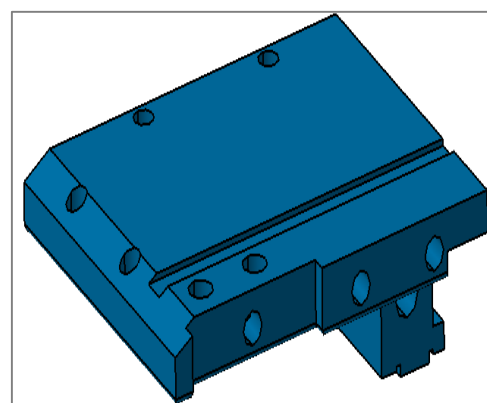


FIGURE 67: LA CONCEPTION DE LA PARTIE INFÉRIEURE DE LA BASE SOUS CATIA V5.

La figure suivante montre la solution proposée conçu sous le logiciel CATIA V5 :

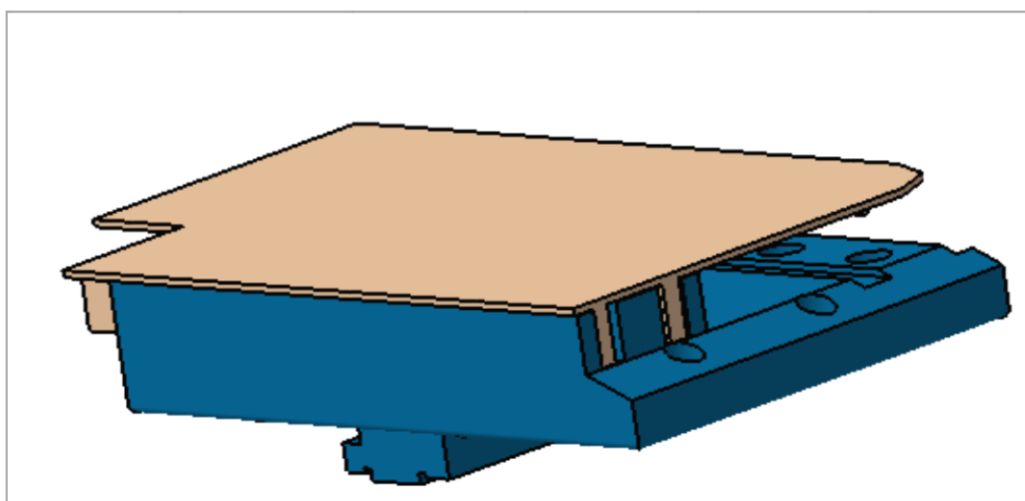


FIGURE 69: LA SOLUTION PROPOSEE POUR DEMINUER LE TEMPS DES INTERVENTIONS DES APPLICATEURS.

3.2. Minimisation des problèmes des applicateurs :

Après une analyse très approfondie des causes des problèmes des applicateurs, et sur la base des feedbacks des techniciens de maintenance des applicateurs, nous avons constaté et affirmé que les causes racines de tous les problèmes des applicateurs sont les suivantes :

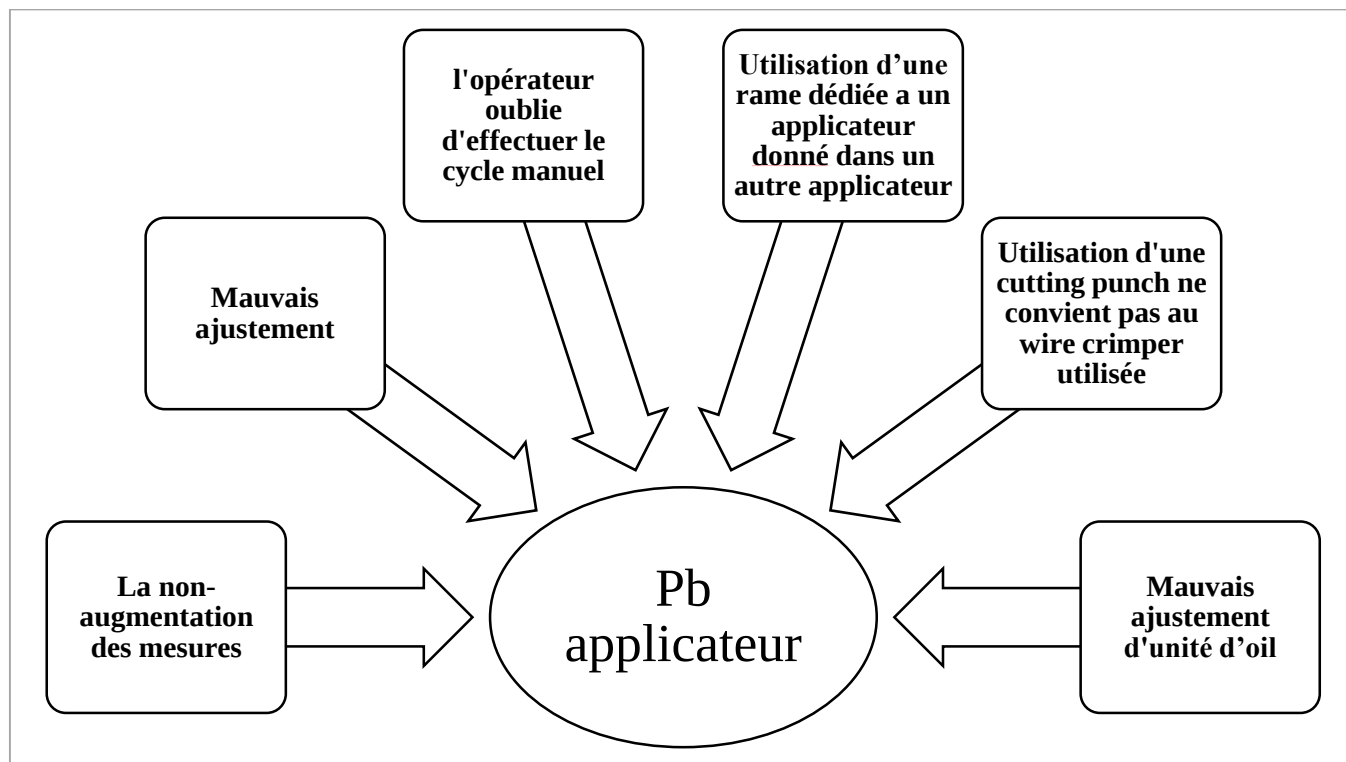


FIGURE 70: LES CAUSES RACINES DES PROBLEMES DES APPLICATEURS.

Alors pour éliminer ces problèmes, nous avons proposée comme solution, l'automatisation des outils de sertissage (les applicateurs).

II. Evaluation de l'efficacité des actions amélioratrices :

Dans cette section, nous nous concentrerons sur l'efficacité des actions proposées. En effet, nous nous mesurerons la différence entre la situation avant ces améliorations et après la mise en œuvre de ces actions et cette différence constituera la valeur ajoutée du projet.

1. Estimation des gains du système SETUP-bobine :

Le tableau suivant montre les gains de temps de l'implémentation du système SETUP-bobine dans les 3 machines critiques en termes de temps de changement de série :

TABLEAU 16: LES GAINS DE TEMPS DE L'IMPLEMENTATION DU SYSTEME SETUP-BOBINE.

	Le temps de changement de série des machines critiques (avant)			Le temps de changement de série des machines critiques (Après)		
	La machine 28-433	La machine 50-560	La machine 46-355	La machine 28-433	La machine 50-560	La machine 46-355
Pour un seul changement	65 s	54 s	63 s	10 s	10 s	10 s
Pour un shift (10 changement)	650 s	540 s	630 s	100 s + 120 s (pour le changement de tous les bobines du système SETUP-bobine)	100 s + 120 s (pour le changement de tous les bobines du système SETUP-bobine)	100 s + 120 s (pour le changement de tous les bobines du système SETUP-bobine)
Pour un jour (3 shifts)	0,54 h	0,45 h	0,52 h	0,18 h	0,18 h	0,18 h
Total (1 jour)	1,51 h			0,54 h		
Gains du temps (1 jour)	0,97 h					
Total du temps de changement de série	15,299 h			14, 329 h		
Pourcentage d'amélioration	6,1%					

Ainsi, nous constatons que la solution proposée mise en œuvre est efficace. En effet, elle a permis de réduire les temps de changement des 3 machines critiques de 6,1% sur une journée.

Ce constat est positif si nous appliquons ce système à toutes les machines de la zone de coupe.

2. Estimation des gains avec l'utilisation d'un miroir pendant le scan :

Le tableau suivant montre les gains de temps de l'utilisation d'un miroir pendant le scan de la bobine des fils électriques, de l'appliqueur ainsi que de la bobine du terminal dans les 3 machines critiques en termes de temps de changement de série :

TABLEAU 17: LES GAINS DU TEMPS DE L'UTILISATION D'UN MIROIR PENDANT LE SCAN.

	Le temps de changement de série des machines critiques (avant)			Le temps de changement de série des machines critiques (Après)		
	La machine 28-433	La machine 50-560	La machine 46-355	La machine 28-433	La machine 50-560	La machine 46-355
Pour un seul changement	35 s	35 s	31 s	15 s	15 s	15 s
Pour un shift (10 changement)	350 s	350 s	310 s	150 s	150 s	150 s
Pour un jour (3 shifts)	0,29 h	0,29 h	0,26 h	0,12 h	0,12 h	0,12 h
Total (1 jour)	0,84 h			0,36 h		
Gains temporels (1 jour)	0,48 h					
Total du temps de changement de série	15,299 h			14,819 h		
Pourcentage d'amélioration	3,06%					

Par conséquent, nous concluons que la solution proposée mise en œuvre est efficace. En effet, elle a permis de réduire les temps de changement des 3 machines critiques de 3,01% sur une journée.

Ce constat est positif si nous utilisons le miroir sur toutes les machines de la zone de coupe.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce projet était d'améliorer la performance et la disponibilité des machines automatiques de la zone de coupe, et plus précisément d'augmenter la vitesse et de diminuer les micro-arrêts de ces machines afin d'améliorer leurs performances et de réduire les temps d'arrêt non planifiés ainsi que le temps de changement de ces machines pour améliorer leur disponibilité afin d'améliorer le TRS de la zone de coupe qui représente l'efficacité de cette zone.

Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons commencé par le choix d'un historique d'une durée significatif et suffisamment représentative de l'état actuel des machines automatiques de la zone de coupe P1, afin de mesurer en premier lieu l'état actuel de ces taux intermédiaires du TRS (taux de performance et taux de disponibilité). Ensuite, nous avons réalisés des analyses très approfondies en utilisant le diagramme Pareto, le diagramme d'Ishikawa, et l'analyse AMDEC afin de déterminer les causes racines des problèmes qui provoquent la diminution de ces taux.

Après avoir déterminé ces causes racines, nous avons proposé plusieurs solutions et améliorations qui ont été appréciées par toutes l'équipe de travail. Et afin d'évaluer la rentabilité de ces solutions, nous avons calculé les gains de temps. Ces solutions ont permis de réduire le temps de changement de série des trois machines critiques d'environ 9,16 % en moyenne. Ce constat est positif si on applique ces solutions sur toutes les machines de la zone de coupe.

Aussi nos travaux ont donné naissance à des perspectives importantes que nous avons discutées avec l'équipe au sein de l'entreprise, à savoir la résolution d'autres problèmes de la zone de coupe, en particulier, l'automatisation des outils de sertissage (applicateurs) peut être une bonne solution pour diminuer ou même éliminer tous les problèmes générés par ces outils, puisque la plupart des problèmes sont dus au fait que ces systèmes sont des systèmes purement mécaniques qui nécessitent toujours une maintenance très efficace à des coûts considérables.

BIBLIOGRAPHIE

Documentation de Yazaki Meknès

WEBOGRAPHIE

[1] Aujourd'hui le Maroc (un quotidien marocain d'informations générales), disponible sur l'adresse :

<https://aujourd'hui.ma/automobile/yazaki-ouvre-sa-troisieme-usine-a-meknes>

[2] Yazaki (site officiel), disponible du l'adresse :

<https://www.yazaki-europe.com/about-us/key-facts>.

[3] Telquel (journal marocain), disponible sur l'adresse :

https://telquel.ma/2016/03/15/automobile-japonais-yazaki-soffre-troisieme-usine-cablage-meknes_1487507

[4] CHRISTIAN HOHMANN (Blog officiel), disponible sur l'adresse :

<http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/60-trs-indicateur-cle>

[5] Blue Lean Consulting (Billets du blog), disponible sur l'adresse :

<https://www.bluelean.fr/blog/production/le-taux-de-rendement-synthetic-trs.html>

ANNEXES

- ❖ Annexe I : *Les familles des produits réalisées par les machines.*

- ❖ Annexe II : *Les grilles de cotation de l'analyse AMDEC des machines*

Annexe I : Les familles des produits réalisées par les machines automatiques de la zone de coupe

Description	Schéma
La coupe à la longueur voulu	
Dénudage avec extraction totale	
Dénudage avec semi- extraction	
Sertissage, une et deux faces	
Double sertissage	
Montage des douilles, une et deux faces	
Torsadage avec deux contacts	
Torsadage avec deux contacts et deux douilles	

Annexe II : Les grilles de cotation de l'analyse AMDEC des machines automatiques de la zone de coupe P1

La grille de cotation de la gravité :

Valeur	Critère
1	Défaillance mineur ne provoquant qu'un arrêt de production faible (< 10 min)
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état provoquant une arrêt de production de 10 min à 30 min
3	Défaillance majeure nécessitant un changement de matériel défectueux provoquant une arrêt de production de 1 heure à 3 heures
4	Défaillance critique nécessitant une grande intervention et provoquant un arrêt de production de 4 heures à 9 heures

La grille de cotation de l'occurrence :

Valeur	Critère	Taux possible
1	Basse	Moins d'une 3 défaillances par 2 ans
2	Modérée, occasionnelle	Moins d'une 5 défaillances par an
3	Haute, nombreuses défaillance	Moins d'une 7 défaillances par 6 mois
4	Très haute	Moins d'une 2 défaillances par semaine

La grille de cotation de la détection :

Valeur	Critère
1	Evident
2	Possible
3	Improbable
4	Impossible