

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'état

Spécialité : Conception Mécanique et Innovation

Amélioration de la performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe à Yazaki Morocco Meknès

Présenté par :

Omar AFQIR

Encadré par :

- Pr. Samira SLAOUI, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès
- M. Bader ELHABCHI, Responsable maintenance

Effectué à : Yazaki Morocco Meknès

Soutenu le : 13 Juillet 2021

Le jury :

- Pr. Samira SLAOUI, FST Fès
- Pr. Ahmed ABOUTAJEDDINE, FST Fès
- Pr. Imane MOUTAOUAKKIL, FST Fès

Année Universitaire : 2020-2021

Dédicace

A mes très chers parents

Aux deux plus douces personnes qui m'ont mise au monde et qui m'ont toujours comblée d'amour et d'affection. Qui ont été les premiers à mes côtés de m'encourager dans le bon et le pire, qui m'ont inculqué le goût du travail et de l'ambition.

Vous ne savez pas ce que la force de vos sacrifices, amour et soutien a pu m'apporter, ce sont à l'origine de ma réussite, vous êtes ma vie, source de mon bonheur et ma fierté.

A mes très chers frères et sœurs

Qui me redonnent force, courage, et espoir. Ce n'est que grâce à vous que je réussis chaque jour un peu plus.

A mes encadrants

Je dédie ce travail à mon encadrant académique Pr. Samira SLAOUI, et mon encadrant industriel Bader ELHABCHI pour leurs précieux conseils et leurs vives orientations.

A l'ensemble du personnel de la société

Mes remerciements vont à tous le personnel de la société YAZAKI Maroc Meknès, pour le temps que vous m'avez accordé ainsi que pour votre gentillesse et pour votre soutien durant la période de stage.

A toute Personne ayant consacré un jour, un moment de sa vie pour m'aider, me conseiller, m'encourager ou simplement me faire sourire.

Je dédie ce rapport à tous ceux qui m'aiment

Omar AFQIR

Remerciements

La réalisation de ce Projet de Fin d'Etudes a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui je voudrais adresser toute ma reconnaissance.

Je voudrais d'abord adresser toute ma gratitude à M. Mustapha IJJAALI, le doyen de la FST, ainsi que tout le corps administratif et professoral pour leurs efforts considérables afin d'assurer la qualité de notre formation.

Je désire aussi remercier M. le directeur de YAZAKI Morocco Meknès, de m'avoir accueilli comme stagiaire au sein de son entreprise.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mon encadrant industriel M. Bader ELHABCH, ainsi que mon encadrant pédagogique Pr. Samira SLAOUI, pour leur patience, leur soutien, leur disponibilité et surtout leurs judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Un grand Merci à M. Mouhcine FOUARI, un chef d'équipe de maintenance au sein de l'entreprise, pour son soutien, ses conseils, sa gentillesse qui ont grandement facilité mon travail.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble de personnels du département technique de Yazaki Morocco Meknès pour m'avoir accueilli parmi eux et permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions.

Résumé

L'objectif principal de ce projet est, l'amélioration de la performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe, au sein du groupe YAZAKI MOROCCO MEKNES.

Pour améliorer la maintenance préventive des moyens de production. On a opté une étude AMDEC pour analyser la criticité des éléments de ces machines. En se basant sur les résultats de cette étude et à l'aide de l'expérience des agents de maintenance, on a élaboré un plan préventif, on vise à réduire le temps des arrêts avec un taux de 40% après l'implantation de ce plan.

Dans le même contexte de l'amélioration de la maintenance des machines de la zone de coupe, on vise à assurer une disponibilité maximale des applicateurs de sertissage. Pour cela on a visé d'améliorer la gestion de stock de ses pièces de rechange « Crimping Dies », en utilisant la méthode de point de commande. Pour faciliter la gestion, on a développé une application sous Excel/VBA, et qui sera liée par la suite au système SAP.

Mots clés : performance de la maintenance, disponibilité, AMDEC, plan préventif, PDRs, VBA.

Abstract

The main objective of this project is to improve the performance of the maintenance of the cutting area equipment within the YAZAKI MOROCCO MEKNES group. For a good progress of this project, we adopted the PDCA approach.

To improve the preventive maintenance of the means of production. We opted for a study AMDEC to analyze the criticality of the elements of these machines. Based on the results of this study and with the help of the experience of the maintenance agents, a preventive plan has been elaborated, aiming at reducing the time of the stops with a rate of 40% after the implementation of this plan.

In the same context of the improvement of the maintenance of the machines of the cutting area, we aim to assure a maximum availability of the crimping applicators. For this purpose we aimed to improve the management of the stock of its spare parts "Crimping Dies", using the method of point of order. To facilitate the management, an application was developed in Excel/VBA, which will be linked to the SAP system.

Keywords: maintenance performance, availability, FMECA, preventive plan, PDRs, VBA.

Table des Matières

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Contexte Général du projet	2
Introduction.....	3
1. Présentation du groupe YAZAKI.....	3
1.1. Généralités.....	3
1.2. YAZAKI MOROCCO MEKNES.....	3
1.3. Processus de Production de YAZAKI Morocco Meknès	4
1.3.1. Introduction	4
1.3.2. Flux de production :.....	6
2. Cadre général du projet.....	8
2.1. Contexte général	8
2.2. Cahier des charges.....	8
2.3. Démarche du projet.....	9
3. Les indicateurs de performance.....	10
4. Présentation de la démarche AMDEC	11
5. Conclusion.....	12
Chapitre 2 : Etude AMDEC et élaboration des plans préventifs	14
Introduction.....	15
1. Plan	15
1.1. Définition des objectifs	15
1.2. Analyse de l'existant.....	15
1.2.1. Les indicateurs de performance KPI	16
1.2.2. Classification des machines par l'analyse PARETO	17
1.2.3. Planification du projet	19
2. Do	20
2.1. Présentation de la machine Komax Alpha 355	20
2.2. Etude AMDEC de la machine Komax Alpha 355.....	21
2.3. Elaboration du plan préventif	24
3. Check	26
3.1. Planification des interventions préventives.....	26
3.2. Estimation des gains	26

3.2.1. Gain brut	27
3.2.2. Coûts des pièces de rechange	28
3.2.3. Gain net.....	28
4. Act	29
5. Conclusion.....	30
Chapitre 3 : la gestion des pièces de rechange des applicateurs	31
1. Plan	32
1.1. Définition des objectifs	32
1.2. Analyse de l'existant	32
1.2.1. MDT et Appicateurs :	32
1.2.2. Diagramme Causes-effets (5M).....	33
1.2.3. Etat du stock des pièces de rechange	34
1.3. Généralités sur les applicateurs	36
1.3.1. Les pièces de rechange de l'appicateur	37
1.3.2. Maintenance préventive de l'appicateur	38
1.4. Problématique :.....	39
1.5. Classification des pièces par l'analyse PARETO :.....	40
2. DO	43
2.1. La gestion de stock des pièces de rechange	43
2.2. Les caractéristiques de stock des pièces de rechange	43
2.2.1. Stock de sécurité	43
2.2.2. Point de commande.....	45
2.2.3. Quantité économique.....	46
2.3. Développement de l'application VBA :.....	47
2.3.1. Fonctionnement général de l'application :	48
2.3.2. Différentes fonctionnalités de l'application.....	49
2.3.2.1. Interface de connexion :	49
2.3.2.2. Tableau de Bord.....	49
2.3.2.3. La traçabilité des entrées et des sorties de stock.....	50
2.3.2.4. Les caractéristiques des stocks :.....	52
3. Check	53
4. Act	55
4.1. Amélioration de l'application.....	55

<u>4.2. Management visuel</u>	55
5. Conclusion.....	56
Conclusion Générale	57
Bibliographie.....	58
Annexes	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : fiche signalétique du YMM.....	4
Tableau 2 : planning du mois Mars.....	8
Tableau 3 : la grille AMDEC	11
Tableau 4 : équipements de la zone de coupe	16
Tableau 5 : les indicateurs de performance des machines de la zone de coupe(Janvier, Février et Mars)	17
Tableau 6 : classification des machines par l'analyse PARETO.....	18
Tableau 7 : planning du projet.....	19
Tableau 8 : composants de la machine Komax Alpha 355	20
Tableau 9 : autres composants de la machine Komax Alpha 355	21
Tableau 10 : Grilles de cotation-niveaux(Gravité-fréquence-non détection)	22
Tableau 11 : résultats de l'analyse AMDEC	23
Tableau 12 : la forme de tableau du plan préventif	25
Tableau 13 : Gain brut annuel de la maintenance préventive des machines Komax Alpha 355	28
Tableau 14 : investissement annuel pour les pièces de rechange de la machine Komax Alpha 355	28
Tableau 15 : gain net annuel des machines du type Komax	29
Tableau 16 : le temps d'arrêts moyen pour les machines de coupe	30
Tableau 17 : types de pannes des machines de la zone de coupe	32
Tableau 18 : les pièces de rechange des applicateurs ont un zéro stock	35
Tableau 19 : exemple d'une mauvaise gestion de stock.....	36
Tableau 20 : les pièces de rechange de l'applicateur	38
Tableau 21 : classification des pièces de rechange de l'applicateur par l'analyse PARETO.....	41
Tableau 22 : tableau du coefficient du sécurité	44
Tableau 23 : stock de sécurité des pièces critiques de l'applicateur	45
Tableau 24 : point de commande des pièces critiques de l'applicateur	46
Tableau 25 : quantités économiques des pièces critiques de l'applicateur.....	47
Tableau 26 : le temps total d'attentes par type de pannes des machines de coupe	54

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme du groupe Yazak Morocco Meknes	4
Figure 2 : les différents types des câbles dans une automobile.....	5
Figure 3 : flux de production d'un faisceau électrique	6
Figure 4 : la roue de Deming	9
Figure 5 : Analyse PARETO des machines de la zone de coupe.....	18
Figure 6 : Vue de haut de la machine Komax Alpha 355.....	20
Figure 7 : estimation des gains	26
Figure 8 : les types des pannes de la zone de coupe	33
Figure 9 : diagramme Ishikawa de l'indisponibilité des applicateurs	34
Figure 10 : les pièces de rechange des applicateurs.....	37
Figure 11 : Analyse PARETO des pièces critiques de l'applicateur	42
Figure 12 : fonctionnement général de l'application VBA	48
Figure 13 : Interface de connexion	49
Figure 14 : Tableau de bord.....	50
Figure 15 : tableau de traçabilité.....	51
Figure 16 : tableau des consommations	52
Figure 17 : Interface des caractéristiques de stock	52
Figure 18 : interface des consommations mensuels	53
Figure 19 : pourcentage des durées d'attentes par type des pannes des machines de la zone de coupe .	54

Lise des abréviations

AFNOR	Association Française de Normalisation
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leurs Criticités
DO	Disponibilité Opérationnelle
FIFO	First In First Out
IT	Informatique et Telecommunication
KPI	Key Performance Indicators
MAD	Dirham Marocain
MTBF	Mean Time Between Failures
MDT	Mean Down Time
MTTR	Mean Time To Repair
PDCA	Plan Do Check Act
PDR	Pièces De Rechange
VBA	Visual Basic Application
YMM	Yazaki Meknès Morocco
SAP	Systems, Applications and Products for data processing

Introduction générale

Yazaki, cherche à augmenter sa productivité, tout en assurant une disponibilité maximale de ses moyens de production. Ce qui met en relief l'importance de la maintenance, pour éviter toute sorte de défaillance pouvant nuire à l'entreprise.

La défaillance des équipements a une conséquence directe sur la production, et l'absence d'une politique de maintenance efficace réduit la fonction de la maintenance à des tâches de dépannage fréquentes, et par le même fait, à une fonction dont les coûts ne cessent d'augmenter. Par conséquent, l'amélioration de la performance de la maintenance s'impose pour permettre d'une part d'améliorer la productivité, et d'autre part de diminuer les coûts liés à ce service dont son budget représente la plus grande part du budget financier global.

La zone de coupe au sein de YMM, présente un grand taux des pannes indésirables. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet intitulé « Amélioration de la performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe », afin d'augmenter la disponibilité des moyens de production, tout en améliorant les indicateurs principaux de performance. le rapport de ce est structuré comme suit :

Le premier chapitre, porte sur le contexte général du projet. Il est consacré, d'une part, à la présentation de l'entreprise d'accueil, d'autre part, à la définition de la problématique et le cahier des charges, ainsi que la présentation de la démarche du projet, la méthode AMDEC et les indicateurs de la performance de la maintenance.

Le deuxième chapitre, portera sur l'amélioration de la maintenance préventive, en réalisant l'étude AMDEC des machines Komax de la zone de coupe et en réalisant le plan préventif

Le troisième chapitre, sera consacré à l'amélioration de la gestion de stock des PDRs des applicateurs de sertissage. D'une part, on va calculer les caractéristiques des stocks pour optimiser les approvisionnements des pièces critiques. D'autre part, on va développer une application en VBA pour suivre les mouvements de ces stocks. Ainsi que la proposition d'autres axes d'amélioration au niveau de l'application et le management visuel dans le contexte d'améliorer la maintenance de la zone de coupe.

Chapitre 1 : Contexte Général du **projet**

Introduction

Ce chapitre sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil et ses activités, son organigramme, ainsi que le processus de fabrication. Ensuite à la présentation de contexte du projet, son cahier des charges et la méthodologie de travail à suivre. Enfin, nous allons présenter les différents outils utilisés tout au long du projet.

1. Présentation du groupe YAZAKI

1.1. Généralités

YAZAKI, est un groupe multinational japonais, fondé en 1929 par M. YAZAKI Sadam. Cette entreprise s'intéresse par la recherche et le développement des nouvelles techniques électroniques utilisées dans le secteur de l'automobile. Elle fabrique des composants intégrés dans les systèmes de distribution électrique, tels que les interrupteurs, l'instrumentation, les connecteurs et les blocs de raccordement [1].

YAZAKI a plusieurs activités entre autre nous citons :

- La fabrication des fils et câbles électriques
- La fabrication des produits de gaz
- La climatisation

Au niveau mondial, le groupe YAZAKI est considéré parmi les leaders dans le secteur de câblage, puisqu'il offre une bonne qualité et un grand niveau compétitif :

- Il a plus de 250.000 employés, au niveau de 160 sociétés dans le monde.
- Il a plus de 35% de la part globale du marché d'équipementiers.

1.2. YAZAKI MOROCCO MEKNES

Yazaki Morocco Meknès, est la troisième unité de production, fondée au Maroc en 15 mars 2013, après Tanger en 2002 et Kenitra en 2011. Cette unité est implantée dans la zone industrielle d'Agropolis, sur une superficie de 36 000 m^2 dont 30 000 m^2 construits .

Le tableau suivant présente la fiche signalétique du groupe Yazaki Morocco Meknès

Tableau 1 : fiche signalétique du YMM

RAISON SOCIALE	YAZAKI MOROCCO MEKNES
Forme Juridique	Société Anonyme
Date de Création	05/03/2013
N° CNSS	6555702
Activité	Câblage Automobile
Effectif Total	3000
Capital	50 000 000 DH
Adresse	Zone Agro-polis BP S72 MEKNES CD 50000
Numéro de Téléphone	0535514817
Site	www.yazaki-europe.com

La structure générale du groupe Yazaki Morocco Meknès, se présente comme suit :

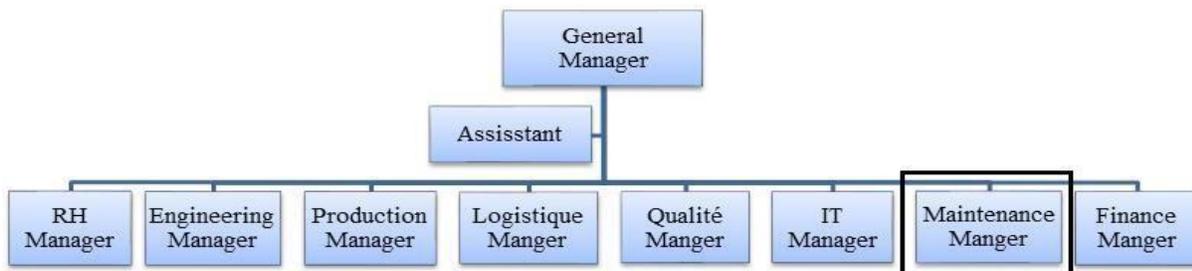


Figure 1 : Organigramme du groupe Yazak Morocco Meknès

1.3. Processus de Production de YAZAKI Morocco Meknès

1.3.1. Introduction

Le câblage automobile, est l'ensemble des conducteurs électriques, terminaux, connecteurs et accessoires de protection. Sa fonction est d'établir la connexion électrique entre les différents points dans l'automobile.

Pour faciliter le montage et la réparation du câble électrique, il se subdivise en différentes parties liées entre elles :

- Câblage principale : Main
- Câblage moteur : Engine
- Câblage sol : Body
- Câblage porte : Door
- Câblage toit : Roof
- Câblage planche de bord : IP

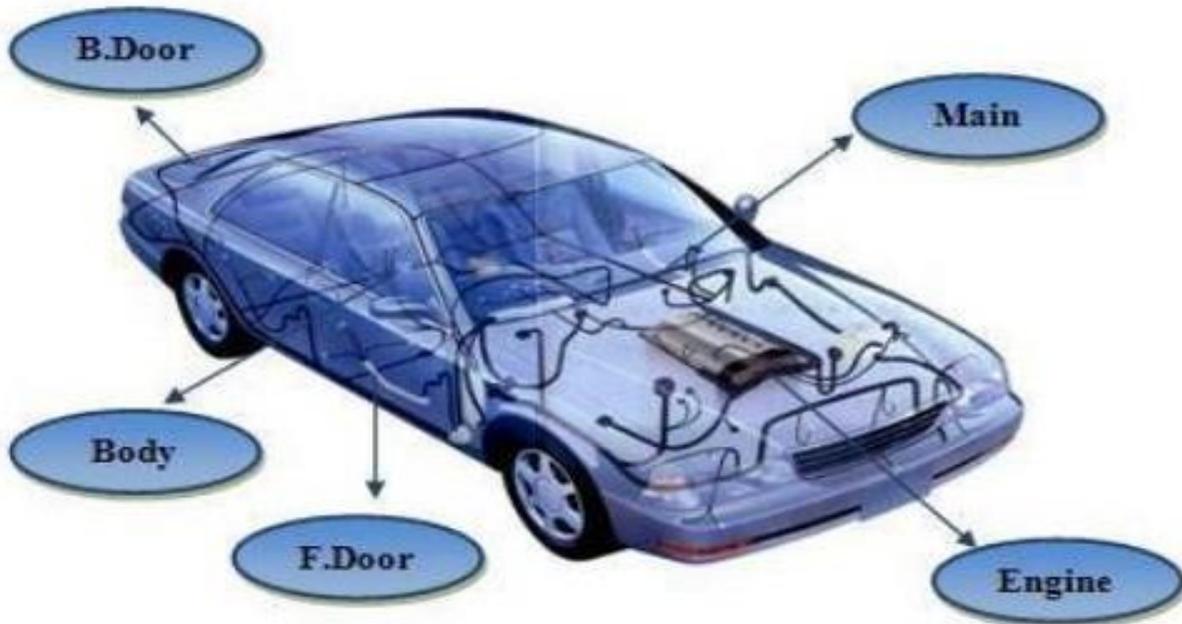


Figure 2 : les différents types de câbles dans une automobile

Un câble électrique est composé des éléments suivants :

Fil électrique : le principal composant du câble. Sa fonction est la conduction du courant électrique d'un point à un autre avec le minimum de perte possible. Il se compose d'un isolant et de filament. Et Il est désigné par son espèce, sa section et sa couleur.

Terminal : Il assure une bonne connexion entre un câble qui est la source d'énergie et un autre qui est le consommateur d'énergie.

Connecteur : c'est la pièce où les terminaux sont insérés, pour assurer la connexion entre les terminaux mâles femelles, pour établir un circuit électrique fermé.

Accessoires : sont tous les autres composants qui entrent dans la fabrication du produit fini. Ils assurent la protection et l'isolation du câble, au moyen des rubans d'isolement, des tubes, des bouchons, des couverts... On trouve également les fusibles, qui permettent de protéger le câble contre les défauts de courant.

1.3.2. Flux de production :

Pour fabriquer un câble électrique, il faut qu'il passe par les trois étapes ci-dessous :

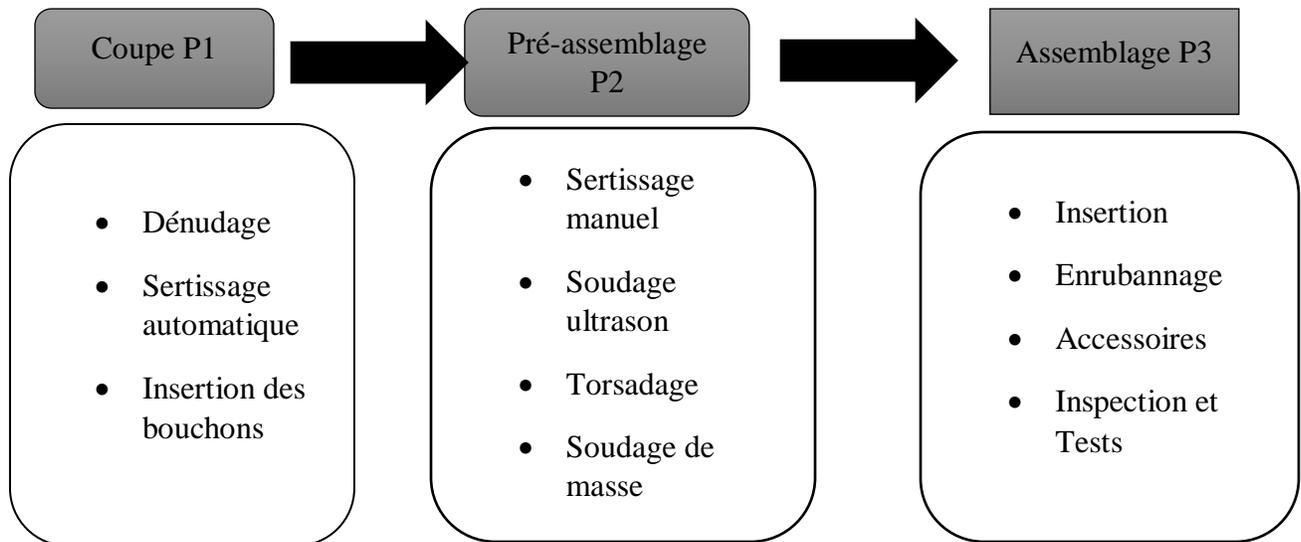


Figure 3 : flux de production d'un faisceau électrique

La zone de coupe P1 :

Cette première étape consiste à couper les fils électriques selon des longueurs désirées, par des machines de coupe automatiques. Ces machines permettent également d'effectuer les opérations suivantes :

- **Le dénudage** : permet d'enlever l'isolant à l'extrémité du fil pour engager les filaments conducteurs.
- **Le Sertissage automatique** : permet la jonction d'un terminal à un ou plusieurs fils conducteurs, par l'utilisation d'un outil appelé applicateur.
- **L'Insertion des bouchons** : assure l'étanchéité de l'insertion dans le connecteur.

La zone de pré-assemblage P2 :

C'est l'étape intermédiaire dans le flux de fabrication des faisceaux. Dans cette étape, il existe des opérations suivantes :

- **Le sertissage manuel** : le fil passe par cette opération, lorsqu'il est impossible d'effectuer le sertissage automatique.
- **Le joint par ultrason** : les joints sont des soudures ultrason, qui unissent un ou plusieurs fils entre eux.
- **Twist (torsadage)** : permet de torsader deux fils afin de les protéger des champs magnétiques
- **La soudure de masse** : consiste à souder les extrémités de plusieurs fils à un seul terminal.

La zone d'assemblage P3 :

L'assemblage est la dernière phase, qui consiste à assembler l'ensemble des composants, pour obtenir le câble final. Les câbles passent généralement par trois étapes principales, lors d'assemblage : l'insertion, l'enrubannage et l'inspection.

- **L'insertion** : Consiste à insérer manuellement les terminaux des circuits dans les connecteurs qui leurs correspondent.
- **L'enrubannage** : permet de recouvrir les fils, une fois insérés, par des rubans et protecteurs.
- **L'inspection et Tests** : Les tests standards réalisés sur les câblages sont :
 - ✓ **Tests visuels**
 - **Test visuel 1(test d'inspection visuelle)** : utilisé pour observer les non conformités, par l'inspection de la longueur des branches, la présence de l'enrubannage, des accessoires et le respect de l'architecture finale exigée.
 - **Test visuel 2(test vision)** : utilisé si le faisceau comporte une boîte fusible. Il consiste à vérifier que cette dernière est correctement assemblée.
 - ✓ **Le test électrique** : ce test a pour objectif de vérifier la connectivité électrique du câble, et de tester la présence des connecteurs par le biais des capteurs intégrés.
 - ✓ **Le test d'étanchéité** : permet de vérifier que le dispositif responsable d'assurer l'étanchéité entre deux parties d'un même faisceau, accomplit sa fonction.

2. Cadre général du projet

2.1. Contexte général

Le groupe YAZAKI cherche toujours l'amélioration continue de son processus de production. En outre, une telle amélioration ne peut être réalisée qu'avec la collaboration du service maintenance, qui vise lui-même d'assurer la disponibilité des machines au niveau des chaînes de production et éviter toute sorte de défaillance, qui peut nuire à l'entreprise.

Notre Projet, consiste à améliorer la performance de la maintenance, dans la zone de coupe P1, afin d'assurer une disponibilité maximale des équipements de cette zone, en s'intéressant sur les indicateurs de performance : Mean Time Between Failures (MTBF) et Mean Down Time (MDT).

2.2. Cahier des charges

Ce projet, s'inscrit dans le cadre du projet industriel de fin d'études, pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, spécialité Conception Mécanique et Innovation, délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Il a pour objectif d'améliorer les indicateurs de performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe (MTBF et MDT).

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 2 : planning du mois Mars

Durée	Tâche
01 Mars – 13 Mars	<ul style="list-style-type: none">• Familiarisation avec l'organisation de l'usine et son code interne• Découverte des différents départements et services de l'usine
14 Mars – 18 Mars	<ul style="list-style-type: none">• Découverte de la chaîne de production• Compréhension du processus de fabrication
19 Mars – 26 Mars	<ul style="list-style-type: none">• Définition de la problématique• Définition du cahier des charges• Définition de la démarche à suivre• Collecte d'informations
27 Mars – 01 Avril	<ul style="list-style-type: none">• Analyse de l'existant et planification

2.3. Démarche du projet

Le bon déroulement du projet, dépend en grande partie de son organisation et de la méthode employée pour le préparer et le développer. En effet, on va utiliser la démarche PDCA, puisque le sujet traité est un sujet principalement d'amélioration.

PDCA ou la roue de Deming, tire son origine des premières lettres des mots qui la constituent : **Plan – Do – Check – Act**. C'est une démarche **cyclique** d'amélioration puisqu'elle consiste, pour chaque fin de cycle, à remettre en question toutes les actions précédemment menées afin de les améliorer.

Plan : la première étape du cycle, elle consiste à définir le cahier des charges et déterminer les tâches à réaliser, puis établir un planning en déterminant les tâches de début et de fin de chaque tâche.

Do : Elle consiste à allouer tous les ressources nécessaires et mettre en œuvre toutes les opérations mentionnées dans le plan, ainsi que toutes les solutions retenues.

Check : cette étape consiste à contrôler que les ressources qui sont mises en œuvre dans l'étape précédente (Do) et les résultats obtenus correspondent bien à ce qui a été prévu (Plan)

Act : cette étape consiste à ajuster les écarts, rechercher des points d'améliorations. Donc un nouveau projet à démarre et une nouvelle planification à établir. Et ce sera le début d'un nouveau cycle.



Figure 4 : la roue de Deming

3. Les indicateurs de performance

Mean Time Between Failures (MTBF)

Le MTBF, est l'indicateur qui représente la fiabilité d'un équipement, c'est le temps moyen entre deux pannes consécutives. Il est calculé par la relation suivante :

$$MTBF = \frac{\sum \text{temps de fonctionnement} - \sum \text{temps des arrêts}}{\text{Nombre des pannes}}$$

Mean Down Time (MDT)

Le temps d'arrêt moyen (MDT), est le temps moyen pendant lequel un équipement n'est pas en fonctionnement. Ce temps inclut tous les temps associés aux réparations, à la maintenance corrective et préventive, les temps d'arrêts auto imposées et tout retard logistique ou administratif. Il est donné par la relation suivante :

$$MDT = \frac{\sum \text{temps des arrêts}}{\text{Nombre des pannes}}$$

L'inclusion des temps de retard distingue le temps d'arrêt moyen du temps moyen de réparation (MTTR), qui n'inclut que les temps d'arrêt spécifiquement attribuables aux réparations.

La disponibilité

La Disponibilité Opérationnelle (DO) est un indicateur de performance largement utilisé, se calcule à partir des deux indicateurs précédents :

$$DO = \frac{MTBF}{MTBF + MDT}$$

Pour calculer la disponibilité on peut également utiliser la relation suivante :

$$DO = \frac{\text{durée total de bon fonctionnement}}{\text{durée total d'ouverture de l'équipement}}$$

La disponibilité se traduit par « une aptitude d'une entité à être en état d'accomplir les fonctions requises dans les conditions données ».

4. Présentation de la démarche AMDEC

L'Analyse des Modes de Défaillances leurs Effets et Criticité(AMDEC), est une technique qui conduit à la mise en place des actions préventives, C'est une technique de travail en groupe pour bien mettre en commun les expériences et les compétences de chacun de ses participants [6].

Le déroulement de la méthode AMDEC passe par les étapes suivantes [4] :

a. Initialisation

L'initialisation de l'AMDEC machine ou AMDEC moyen de production est la première étape et qui est très importante. Elle consiste à définir clairement le problème, le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

b. Décomposition organique

Dans cette partie, on doit décortiquer le système dont on étudie ses défaillances, en répondant d'une façon rigoureuse aux questions suivantes : à quoi sert ce système ? comment fonctionne-t-il ? quelles fonctions doit-il-remplir ?

C'est une étape importante car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour pouvoir par la suite bien analyser les risques de dysfonctionnement. Cette étape permet aux membres du groupe AMDEC d'utiliser les mêmes vocabulaires.

c. Analyse AMDEC

La grille AMDEC qu'on va utiliser pour notre projet permet d'analyser les défaillances des fonctions techniques des équipements:

Tableau 3 : la grille AMDEC

Analyse des Modes de Défaillances leurs Effets et leurs Criticités											
Composant	Localisation	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	D	C	Actions

Les différents termes apparaissant dans ce tableau sont définis ci-dessous :

Le mode de défaillance : correspond la manière dont un équipement n'arrive pas à remplir sa fonction.

La cause de la défaillance : correspond à l'anomalie initiale qui a conduit au mode de défaillance.

L'effet de la défaillance : caractérise la conséquence du mode de défaillance.

Gravité (G) : C'est la gravité des effets de la défaillance à la fois pour les pertes de productivité (arrêts de production, défauts de qualité), les coûts de la maintenance, la sécurité et environnement.

Fréquence (F) : liée à la fréquence d'apparition de la défaillance. Elle exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance.

DéTECTABILITÉ (D) : Probabilité de non détection d'une défaillance avant qu'elle ne produise l'effet.

Remarque : Les grilles de cotation que nous allons adopter pour apprécier les niveaux de Gravité, détectabilité, et Fréquence seront déterminées par la suite avec l'équipe de travail.

Criticité (C) : La criticité sera calculée par le produit des trois indices précédents. Elle se calcule par la relation $C = G \times F \times D$, elle permet de recenser les modes de défaillances dont le niveau de criticité est supérieur au seuil prédéfini. Ce seuil de criticité est déterminé par tout le groupe de travail.

En effet, un point critique existe si :

- L'indice de criticité de la défaillance dépasse le seuil déterminé par la norme.
- La gravité de la défaillance est supérieure ou égale à 4.
- La fréquence de la défaillance est supérieure ou égal à 4.

Détection : la manière par laquelle la défaillance est détectée, la détection peut être auditive, visuelle ou à l'aide des outils d'inspection ...etc.

Actions : ceux sont des recommandations à prendre en considération pour réduire la probabilité d'apparition de la défaillance.

5. Conclusion

Dans ce premier chapitre, on a effectué une présentation générale du groupe YAZAKI, du groupe Yazaki Morocco Meknès. Ensuite, on a présenté le cahier de charges et la démarche à suivre.

Enfin, on a effectué des recherches bibliographiques sur des différents outils qu'on va utiliser tout au long de ce travail.

Dans le chapitre suivant, on vise à augmenter le temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) de la zone de coupe P1, par l'amélioration de la politique de la maintenance préventive des équipements de cette zone.

Chapitre 2 : Etude AMDEC et **élaboration des plans préventifs**

Introduction

Dans ce chapitre, on va suivre la démarche PDCA, en commençant, en premier lieu, par la première phase « Planifier ». Cette phase contiendra une analyse de l'existant et une planification du déroulement du projet.

En deuxième lieu, on va exécuter les tâches planifiées dans la deuxième phase « Développer » de la démarche PDCA. Dans cette phase, on effectuera l'étude AMDEC des machines Komax Alpha 355 et on établira le plan préventif

En troisième lieu, on va entamer la phase « contrôler », dans laquelle on va implanter le plan préventif pour les éléments ayant la plus grande criticité et faire une analyse des gains.

Et en dernier lieu, on va aborder d'autres axes d'amélioration, en portant sur l'amélioration de l'indicateur de performance MDT dans la phase « Améliorer » de la démarche PDCA.

1. Plan

1.1. Définition des objectifs

YMM cherche à augmenter sa compétitivité, donc elle cherche à assurer une disponibilité maximale de ses moyens de production. Afin d'atteindre cet objectif, elle cherche à diminuer les pannes des machines qui causent des arrêts de production et qui génèrent des coûts indésirables.

Dans cette perspective, l'entreprise cherche à améliorer la performance de la maintenance de ses équipements. Pour cela, le service de la maintenance veut établir une politique de maintenance efficace en s'orientant vers la maintenance préventive.

En effet comme cité précédemment dans le cahier des charges, l'objectif de ce chapitre sera l'augmentation de la disponibilité des machines en agissant sur le temps moyen de bon fonctionnement, en répondant au besoin en termes d'amélioration de la maintenance préventive des machines de la zone de coupe.

1.2. Analyse de l'existant

Pour pouvoir améliorer la performance de maintenance des équipements de la zone de coupe, on va effectuer d'abord un diagnostic pour connaître les machines critiques qui sont responsables de 80% des heures d'arrêts.

Les machines de coupe automatiques qui existent au niveau de la zone de coupe :

Tableau 4 : équipements de la zone de coupe

Type de la Machine	N ⁰ Machine
AC91	6
AC96	1
CC36	13
Komax 263s	4
Komax 333	6
Komax 355	23
Komax 433	7
Komax 477	6
Komax 488	2
Komax 560	1
Shleuniger	1
Metzner	2
Ulmer	3
Total	75

1.2.1. Les indicateurs de performance KPI

Dans le but de déterminer la performance actuelle de la maintenance, le calcul des indicateurs de performance est très nécessaire. A partir d'une base de données contenant un historique des arrêts du parc-machines de la zone de coupe de trois mois (Janvier, Février et Mars 2021), on a calculé le nombre des pannes et leurs durées totales d'arrêts. Par suite, On a pu calculer les indicateurs de performances clés comme le temps moyen de bon fonctionnement, le temps d'arrêt moyen et le taux de disponibilité, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 5 : les indicateurs de performance des machines de la zone de coupe (Janvier, Février et Mars)

Type de la Machine	Nombre de Machines	Nombre de Pannes	Durée totale d'arrêts (h)	MDT(h)	MTBF(h)	Disponibilité (%)
AC91	6	541	684.48	1,26	20,82	94,27
AC96	1	1	0.48	0,48	1991,52	99,97
CC36	13	1194	1327.44	1,11	20,57	94,87
Komax 263s	4	276	503.04	1,82	27,04	93,68
Komax 333	6	73	118.8	1,62	162,09	99,00
Komax 355	23	2182	3273.36	1,50	19,49	92,85
Komax 433	7	446	708.96	1,58	29,67	94,91
Komax 477	6	694	924.24	1,33	15,89	92,26
Komax 488	2	106	75.60	0,71	36,87	98,10
Komax 560	1	61	51.60	0,84	31,80	97,40
Shleuniger	2	18	73.68	4,09	106,57	96,30
Metzner	2	8	35.52	4,44	493,56	99,10
Ulmer	3	300	69.84	2,32	196,87	98,83
Total	75	5630	7847.04	1,78	242,52	96,277

D'après ce tableau, on remarque que les machines de la zone de coupe P1 ont eu 5630 pannes en trois mois (83 jours) causant 7847.04 heures d'arrêts. Ils en résultent un temps d'arrêt moyen (MDT) d'une heure et 46 minutes, ainsi qu'un temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) de 242 heures et 31 minutes. De ce fait, on déduit un taux de disponibilité globale (DO) de 96,27%

Si on essaye d'analyser plus profondément le tableau ci-dessus, on remarque que certaines machines ont une disponibilité excellente (supérieure de 99%) tel AC96, donc pour que notre analyse soit plus précise on s'intéressera par la suite sur les machines qui ont une disponibilité inférieure que la disponibilité globale (96.27%).

1.2.2. Classification des machines par l'analyse PARETO

Afin de repérer les machines utilisées dans la zone de coupe et de leurs adopter la meilleure méthode de gestion, on a opté pour une analyse PARETO. On a calculé le nombre des pannes et la durée totale des heures d'arrêts de chaque type des machines de la zone de coupe P1. Les résultats sont présentés comme suivant :

Tableau 6 : classification des machines par l'analyse PARETO

Type de la Machine	Nombre de Machines	Nombre de pannes	Heures Totales d'Arrêts	HTA cumul en h	F cumul en %
Komax 355	23	2182	3273.36	3273,36	44,10
CC36	13	1194	1327.44	4600,80	61,99
Komax 477	6	694	924.24	5525,04	74,44
Komax 433	7	446	708.96	6234,00	83,99
AC91	6	541	684.48	6918,48	93,22
Komax 263s	4	276	503.04	7421,52	100,00

Identification des classes

Après l'application de la méthode PARETO, on a pu extraire les trois classes A, B et C qui sont illustrées dans le courbe ci-dessous :

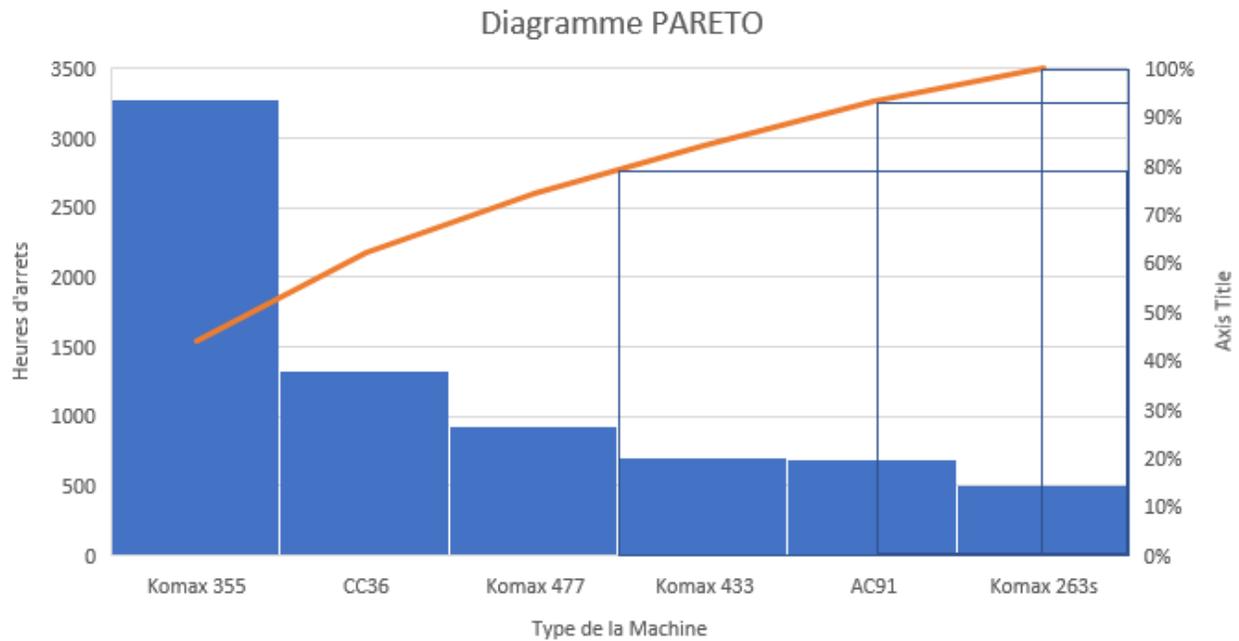


Figure 5 : Analyse PARETO des machines de la zone de coupe

Interprétation

La classe A, contient presque 20% des machines classées, qui sont responsables de 80% des heures d'arrêts. En effet, elle correspond aux machines Komax 355, CC36 et Komax 477 sur lesquels on doit intervenir.

Mais puisque la durée de stage est courte et n'est pas suffisante pour effectuer le travail sur ces 3 machines de la classe A. Alors dans ce projet, on s'intéressera seulement aux machines Komax 355, car ce sont les machines les plus critiques du parc-machine de la zone de coupe, en présentant le plus grand des pannes et des heures d'arrêts les plus élevées.

1.2.3. Planification du projet

Pour une bonne gestion, un projet doit passer par l'étape de la planification, d'abord, on va procéder par l'approche AMDEC afin d'établir une maintenance préventive des machines KOMAX alpha 355. Nous commencerons par l'étape d'initialisation, ensuite on effectue l'étape de la décomposition organique. Puis, nous aborderons l'étape de l'analyse en utilisant la grille AMDEC. Et finalement, nous arriverons à l'étape du plan préventif. Ensuite, nous allons analyser les résultats trouvés et estimer le gain de cette étude. Enfin, nous allons chercher les problèmes qui nuisent à l'évolution du service de la maintenance

Le tableau suivant regroupe les tâches à réaliser du projet :

Tableau 7 : planning du projet

Durée	Tâches
01 Avril – 20 Avril	<ul style="list-style-type: none">• Documentation sur la machine Komax Alpha 355• Etude AMDEC de la machine Komax Alpha 355• Elaboration du plan préventif de la machine Komax Alpha 355
21 Avril – 01 Mai	<ul style="list-style-type: none">• Implantation des plans préventifs• Estimation des gains
02 Mai --06 Mai	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration continue
07 Mail – 15 Juin	<ul style="list-style-type: none">• Second cycle PDCA
15 Juin – 20 Juin	<ul style="list-style-type: none">• Délai de sécurité (en cas de retard ou d'imprévu)
21 Juin – 29 Juin	<ul style="list-style-type: none">• Clôture de projet

2. Do

2.1. Présentation de la machine Komax Alpha 355

La machine Komax Alpha 355, est la machine la plus présente dans la zone P1 (27 machines), elle permet le découpage, le dénudage, le sertissage des câbles de petite section et l'insertion des bouchons. Elle se compose des éléments suivants [4]:

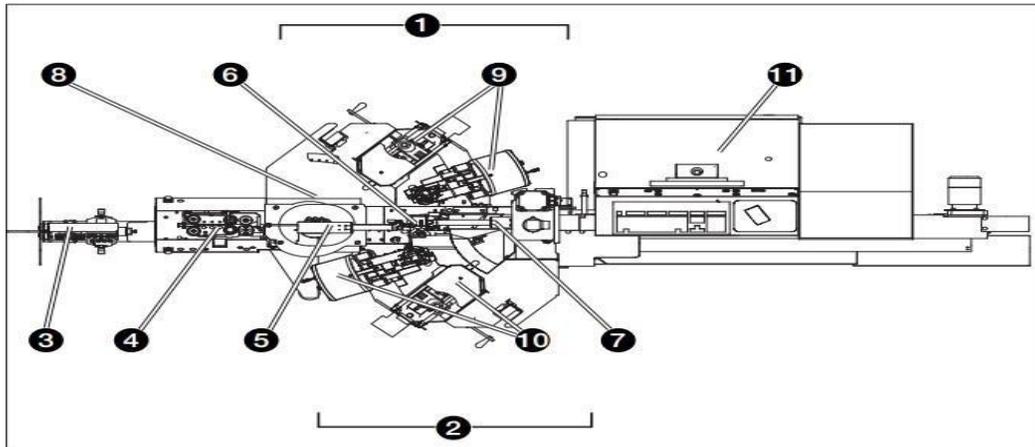


Figure 6 : Vue de haut de la machine Komax Alpha 355

Tableau 8 : composants de la machine Komax Alpha 355

Numéro	Composant
1	Face 1 de la machine
2	Face 2 de la machine
3	Unité de dressage/ chargeur de câble manuel
4	Unité d'entraînement
5	Unité de pivotement face 1
6	Tête de coupe
7	Unité de pivotement face 2
8	Batterie de vanne
9	Station d'usinage face 1 (Module de sertissage, module de douilles, etc.)
10	Station d'usinage face 2 (Module de sertissage, module de douilles, etc.)
11	Armoire de commande

Unité de dressage : c'est l'unité qui permet de dresser le câble, pour qu'il puisse être usiné correctement.

Unité d'entraînement : transporte le câble et mesure la longueur exacte.

Unité de pivotement : bascule le câble et le positionne sur les stations d'usinage de la machine.

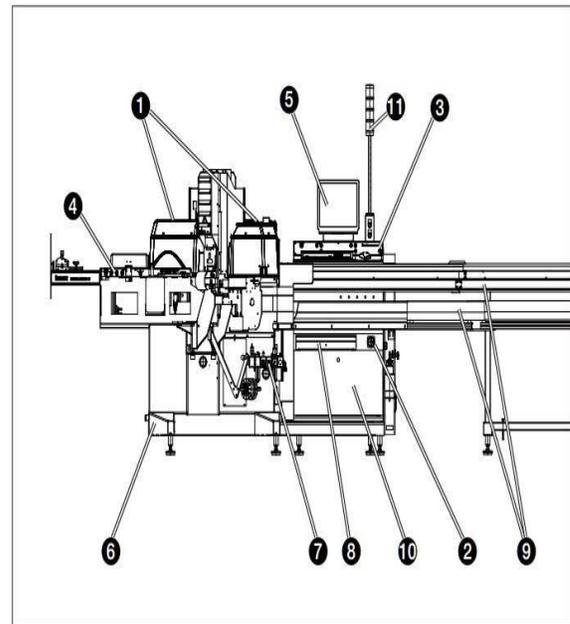
Tête de coupe : coupe le câble et l'isole à l'aide de l'unité de pivotement/extraction.

Station d'usinage : contient optionnellement les modules de sertissage MCI 722, les modules de douilles MCI 763 C

La machine Komax Alpha 355 dispose aussi des autres composants comme les composants suivants :

Tableau 9 : autres composants de la machine Komax Alpha 355

Numéro	Composant
1	Capot de protection
2	Interrupteur principal de la machine
3	Unité de commande 1
4	Unité de commande 2
5	Ecran
6	Bac de déchets
7	Unité de maintenance
8	Tiroir à outils
9	Bande transporteuse
10	PC machine
11	Lampe-témoin d'avertissement



2.2. Etude AMDEC de la machine Komax Alpha 355

L'objectif est l'amélioration de la disponibilité de la machine Komax Alpha 355 en améliorant la politique de la maintenance préventive afin de réduire les arrêts indésirables ou les arrêts non planifiés. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude présentée, qui a pour but d'établir un plan préventif.

Les grilles de cotation des risques déployées dans cette étude sont définies comme suit :

Tableau 10 : Grilles de cotation-niveaux(Gravité-fréquence-non détection)

	Niveau	Définition de niveaux
Gravité	1 : Gravité mineure	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production inférieure à 10 mn • Aucune dégradation notable du matériel
	2 : gravité significative	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production de 10 à 30 min • Nécessite une simple réparation
	3 : gravité moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production de 30 min à 1 heure • Changement de matériel défectueux nécessaire
	4 : gravité majeure	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production de 1 à 2 heures • Intervention importante sur sous ensemble
	5 : gravité catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production supérieur à 2 heures • Intervention nécessite des moyens couteux • Problème de sécurité du personnel
Fréquence	1 : fréquence très faible	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance rare : moins de défaillance par trimestre
	2 : fréquence faible	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance possible : moins d'une défaillance par mois
	3 : fréquence moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par semaine
	4 : fréquence forte	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance très fréquente : plusieurs défaillances par semaine
Non détection	1 : détection évidente	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance précocement détectable
	2 : détection possible	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance détectable
	3 : Détection improbable	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance difficilement détectable
	4 : détection impossible	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance indétectable

Nous avons effectué la décomposition organique de la machine Komax Alpha 355 en différentes unités et composants, pour partager les mêmes termes entre les membres du groupe de travail et pour spécifier la fonction principale de chaque composant (voit l'annexe 1 page 60).

Cette décomposition nous a permis d'effectuer une étude AMDEC bien détaillée, et qui montre le mode de défaillance de chaque composant, les causes et les effets qui leur correspondent et les valeurs de fréquence, gravité et la non détection pour en déduire la criticité (voir l'annexe 2 page 62) [3].

Nous avons classifié les composants de la machine, selon des intervalles de criticité déterminés par le groupe de travail, ainsi que nous avons déterminé les actions à mettre en œuvre :

Tableau 11 : résultats de l'analyse AMDEC

Valeur de la criticité	Actions	Equipements
C < 6	Ne pas tenir en compte	<ul style="list-style-type: none"> • Bague céramique • Poignée d'aile • Couvercle de l'unité d'entraînement • Support des couteaux de coupe et dénudage • Tuyau d'air, filtre à air, manomètre
$6 \leq C < 16$	Mise sous préventif à fréquence faible	<ul style="list-style-type: none"> • Roulement de dressage • Roues de dressage • Détecteur d'épissures • Moteurs de l'unité d'entraînement • Bras de pivotement • Servomoteurs de bras • Tube guide fil • Pincettes de guidage des deux bras • Moteurs de tête de coupe Souffleur • Tapis de convoyeur • Moteur d'entraînement de tapis • Roulements de convoyeur • Vérins de convoyeur • Distributeur • Régulateur de pression

$16 \leq C < 24$	Mise sous préventif à fréquence élevée	<ul style="list-style-type: none"> • Courroie d'entraînement de câble • Encodeur • Roues dentées de l'unité d'entraînement • Roulements de l'unité d'entraînement • Vérin de l'unité d'entraînement • Courroies de l'unité de pivotement • Roulements, roues dentées et poulies de l'unité de pivotement • Guidage linéaire de tête de coupe • Roulements de tête de coupe • Armoire de commande • Capteurs
$24 \leq C < 56$	Recherche d'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Courroies de transmission de l'unité d'entraînement • Lames de coupe et de dénudage
$C > 56$	Reprendre la conception	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun équipement trouvé

2.3. Elaboration du plan préventif

Elaborer un plan de maintenance préventive revient à décrire toutes les opérations de maintenance préventive (nettoyage technique, contrôle, visite, inspection, intervention de maintenance) qui devront être effectuées sur chaque équipement afin de maintenir la machine à son état de bon fonctionnement. La réflexion sur l'affectation des opérations de maintenance se réalise en balayant tous les organes de la décomposition organique et en se basant sur les résultats de l'étude AMDEC pour chaque équipement. En somme le plan de maintenance préventive permet une vision globale de toutes les actions à apporter à l'équipement [5].

Le plan de maintenance sera la récapitulation des différentes mesures entreprises par l'analyse AMDEC établie précédemment. Cette dernière conjuguée avec la collecte de l'ensemble des

exigences du constructeur et de la mise à profit de l'expérience des mainteneurs du service nous permettra d'élaborer un plan pour chaque type d'équipement.

Pour définir les opérations de maintenance préventive on a utilisé les sources suivantes :

- **Les documents techniques de constructeur** : ces documents permettent de mieux connaître la machine à étudier avec une manière très détaillée.
- **Les recommandations des constructeurs** : sont à caractère général, il faut les adapter aux conditions réelles d'utilisation
- **Les rapports historiques de l'équipement concerné** : ces rapports doivent permettre d'identifier les types de problèmes qui se répètent, d'aider à détecter la cause et de modifier les périodes d'inspection
- **L'expérience des agents de maintenance** : les avis de l'encadrant, des techniciens et des opérateurs sont intéressés pour élaborer un plan préventif efficace.

Le plan de la maintenance préventive des équipements, que nous avons proposé pour améliorer la performance de la maintenance des machines de coupe, est représenté par un tableau sous la forme suivante :

Tableau 12 : la forme de tableau du plan préventif

Plan préventif						
Machine :	Intervenant :				Date :	
Interventions	Périodicité				Etat : OK/NOK	Observation
	S	M	T	SA		

Ce tableau doit comporter la liste des interventions à mettre en œuvre. En premier lieu, l'intervenant doit mentionner son nom et la date de maintenance. En deuxième lieu, il doit exécuter les interventions listées selon la périodicité mentionnée. En dernier lieu, il faut préciser l'état de l'équipement et mentionner, s'il y a, des observations.

Pour consulter le plan de la maintenance préventives des machines Komax (Voir l'annexe 3 page 71).

3. Check

3.1. Planification des interventions préventives

Nous avons d'abord validé le plan préventif avec l'encadrant industriel qui a exprimé sa satisfaction totale envers ce plan réalisé. Par conséquent il faut entamer la planification des interventions préventives.

D'abord, nous avons planifié les interventions préventives selon un planning annuel, qui montre les différentes tâches à exécuter tout au long de l'année (voit annexe 4 page 74). Ensuite, nous avons élaboré un planning mensuel qui spécifie les numéros des machines Komax qui sont concernées pour chaque jour du mois (voir l'annexe 5 page 75).

3.2. Estimation des gains

Dans cette partie, nous allons estimer les différents gains et coûts liés au plan préventif, puisque nous n'arrivons pas à l'implanter sur le terrain durant la durée de stage.

Une bonne politique de maintenance préventive permet de diminuer le budget de maintenance par la réduction des coûts de défaillance directs et indirects. Les coûts de défaillance directs sont les coûts nécessaires à la réparation et la remise en état des machines. Tandis que les coûts indirects sont des coûts liés à la stagnation de la main d'œuvre durant la panne, par la perte ou rupture de production ainsi que par d'autres frais induits.

Les plans préventifs que nous avons élaborés constituent un levier de progrès et la mise en œuvre de ceux-ci permet de maîtriser les coûts de la maintenance. Les gains à en attendre sont importants mais difficiles à chiffrer. Cependant, nous allons estimer ces coûts, en se basant sur l'historique des arrêts et le planning des interventions. L'évaluation des gains se réalise en fonction des objectifs fixés au départ. En effet, nous voulons réduire les temps d'arrêts de 40% après l'implantation des plans préventifs.

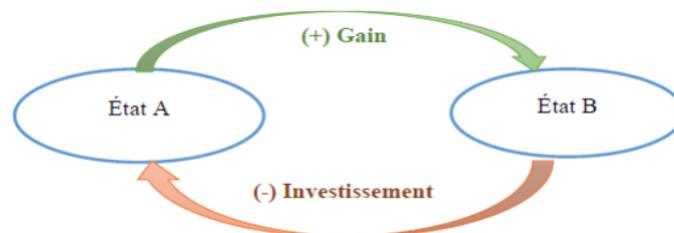


Figure 7 : estimation des gains

Soient les deux états suivants :

- Etat A : Avant implantation des plans préventifs
- Etat B : Situation si les plans préventifs sont appliqués

Dans ce qui suit, nous allons calculer, en premier lieu, le gain brut. En deuxième lieu, nous allons calculer l'investissement. Et en dernier lieu, nous allons en déduire le gain net

3.2.1. Gain brut

Pour calculer le gain brut de ce projet, on va calculer le gain de la main d'œuvre et le gain de production, déduit de la réduction du temps d'arrêts.

Le gain brut est exprimé par la relation suivante :

$$G_b = G_{mo} + G_{pr}$$

G_{mo} : Gain sur les coûts de main d'œuvre

$$G_{mo} = T_a * N_p * C_u * t_r$$

G_{pr} : Gain sur le temps de production gagné.

$$G_{pr} = T_a * P_r * M_b * t_r$$

Avec :

- T_a : Temps total d'arrêt.
- N_p : Nombre de personnes inactives.
- C_u : Coût unitaire de la main d'œuvre qui est de l'ordre de 14 DH/h(estimatif)
- t_r : Taux prévu de réduction des arrêts après implantation des plans préventifs. Nous visons un taux $t_r = 40\%$.
- P_r : Productivité machine en câble/h.
- M_b : M_b : Marge bénéficiaire moyenne estimée. Elle est de l'ordre de 20% du prix de vente du produit. La valeur de pourcentage réelle est confidentielle.

D'après les informations fournies par le service maintenance et le service production concernant les arrêts et les cadences de production, nous avons calculé les gains et regroupé les résultats dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Gain brut annuel de la maintenance préventive des machines Komax Alpha 355

Machine	Temps total d'arrêt (h)	Cadence (u/h)	G_{pr} (MAD)	G_{mo} (MAD)
Komax Alpha 355	3273.36	1500	1 571 213	73 323,
Gain brut(MAD)			1 644 536	

3.2.2. Coûts des pièces de rechange

Les coûts liés aux pièces de rechange C_{pr} sont donnés par la formule suivante :

$$C_{pr} = C_a + C_p + C_c$$

Avec :

- C_a : Coût d'achat

$$C_a = P_u \times C$$

- C_p : coût de possession ou de tenue de stock
- C_c : coût de passation de commande
- C : Consommation annuelle
- P_u : Coût unitaire de l'article

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Tableau 14 : investissement annuel pour les pièces de rechange de la machine Komax Alpha 355

Consommation	Coût d'achat (MAD)	Coût de possession (MAD)
Pièces de rechanges	951 258	38 050
Coût de passation de commande (MAD)		5 260
Coût annuel total des pièces de rechange (MAD)		994 569

3.2.3. Gain net

A partir des bilans précédents, nous déduisons le gain net par l'expression suivante :

$$G_{net} = G_b - C_{pr}$$

- G_{net} : Gain net
- G_b : Gain brut
- C_{pr} : Coût lié aux pièces de rechange (Investissement)

Le tableau suivant regroupe les résultats obtenus précédemment ainsi que le calcul du gain annuel net :

Tableau 15 : gain net annuel des machines du type Komax

Gain brut	1644536,26 MAD
Coûts des pièces de rechange	994 569
Gain net des Komax Alpha 355	649 967
Gain net total des machines de type Komax(MAD)	1 388 566

Par suite, le gain net annuel de l'implantation des plans préventifs est de **1 388 566 MAD**.

4. Act

Jusqu'ici, on a réalisé l'objectif principal imposé par le cahier des charges de ce projet, et qui consiste à effectuer des plans préventifs des machines Komax Alpha 355. Après, on va analyser ce qui peut encore être amélioré dans le contexte de l'amélioration de la performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe.

L'étude AMDEC effectuée dans ce cycle de PDCA, permet d'améliorer la politique de la maintenance préventive des machines Komax Alpha 355, et par conséquent permet d'améliorer le temps de bon fonctionnement (MTBF). Pour effectuer une amélioration efficace de la performance de la maintenance des machines de coupe, il s'avère important d'agir sur le temps d'arrêt moyen (MDT) afin d'avoir une disponibilité maximale de cette zone (zone de coupe P1).

Dans la phase « Planifier » effectuée précédemment, on a calculé les indicateurs de performance des machines de la zone P1, les résultats trouvés sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : le temps d'arrêts moyen pour les machines de coupe

Type de la Machine	MDT(h)	MTBF(h)	Disponibilité (%)
AC91	1,265213	20,82721	94,2730924
AC96	0,48	1991,52	99,9759036
CC36	1,111759	20,57668	94,8739574
Komax 263s	1,822609	27,04696	93,686747
Komax 333	1,627397	162,0986	99,0060241
Komax 355	1,500165	19,49709	92,8554217
Komax 433	1,589596	29,67498	94,9156627
Komax 477	1,331758	15,89014	92,2670683
Komax 488	0,713208	36,8717	98,1024096
Komax 560	0,845902	31,80984	97,4096386
Shleuniger	4,093333	106,5733	96,3012048
Metzner	4,44	493,56	99,1084337
Ulmer	2,328	196,872	98,8313253
Total	1,780688	242,5245	96,277453

Le temps d'arrêt moyen présente une durée très importante qui est d'environ une heure et 46 minutes, et qui est certainement une durée inacceptable par la politique de service maintenance, alors, il est nécessaire de réagir afin d'obtenir la disponibilité maximale des équipements de la zone de coupe.

5. Conclusion

Pour arriver à une disponibilité maximale des équipements de production de la zone de coupe P1, il faut améliorer à la fois le MTBF, et améliorer le MDT. Par conséquent, Le temps d'arrêt moyen, sera l'objectif de l'amélioration qu'on va traiter dans un second cycle PDCA.

Chapitre 3 : la gestion des pièces de rechange des applicateurs

1. Plan

Ce projet de fin d'étude traite le sujet « Amélioration de la performance des équipements de la zone de coupe », en améliorant les indicateurs clés de performance. Dans la première partie de ce projet on a visé d'augmenter le temps moyen de bon fonctionnement MTBF, on a effectué une étude AMDEC sur la machine Komax Alpha 355 pour déterminer les pièces critiques, après on a élaboré des plans préventifs, afin d'éviter les arrêts non planifiés des machines de coupe, et par la suite augmenter leurs MTBF.

1.1. Définition des objectifs

Pour arriver à une disponibilité maximale de la zone de coupe, on va s'intéresser dans cette partie à l'indicateur de performance MDT (Mean Down Time). On va essayer de diminuer ce temps pour que ces équipements peuvent être remis à l'état de fonctionnement en minimum temps possible, et par la suite éviter des grandes pertes de production.

1.2. Analyse de l'existant

1.2.1. MDT et Appicateurs :

A partir de l'historique des arrêts des machines de la zone de coupe de 3 mois (Janvier, février et Mars 2021), on a déterminé le type de pannes qui sont derrière l'arrêt des machines, et les heures d'arrêts totales causées par chaque type de pannes ainsi que le pourcentage des pannes par rapport au nombre total des pannes. Les résultats trouvés sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : types de pannes des machines de la zone de coupe

Type de la panne	Nombre des pannes	Durée totale d'arrêts	Pourcentage des nombres des pannes (%)
Problème d'appicateurs	984	1936.16	51.51
Problème mécanique	780	1623	40.83
Problème électrique	78	623	4.08
Problème informatique	68	101.57	3.56

Ces résultats sont présentés sur le diagramme suivant :

pourcentage des nombres de pannes

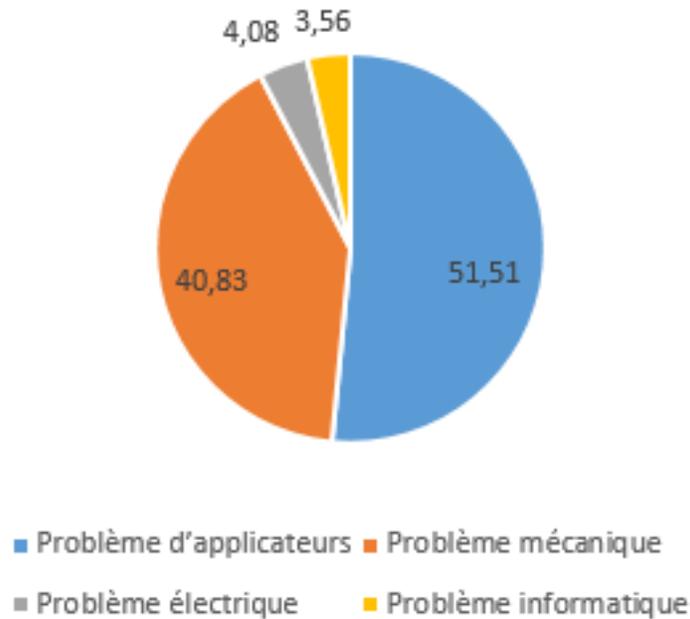


Figure 8 : les types des pannes de la zone de coupe

A partir du diagramme ci-dessus, on remarque que les applicateurs causent un grand pourcentage des pannes des machines Komax Alpha 355, d'où on constate l'importance de la disponibilité des applicateurs.

1.2.2. Diagramme Causes-effets (5M)

Le diagramme d'Ishikawa, s'appelle aussi le diagramme de causes et effets ou le diagramme en arrêts de poisson, est un outil de résolution des problèmes. Ce diagramme a une forme d'un arbre avec plusieurs branches (ou d'une arête de poisson). On y retrouve l'effet ou le problème rencontré à la tête, et les causes sont modélisées par des branches. Ces causes sont, les « 5M », et représente chacune une composante de l'entreprise, ces 5M sont les suivants :

- Matière : les causes relatives aux supports techniques et aux produits utilisés.
- Main d'œuvre : Problème de compétence, de management et d'organisation
- Machine : Causes relatives aux équipements et moyens concernés.
- Méthode : Procédures ou modes opératoires utilisés.

- Milieu : causes relatives à l'environnement physique : lumière, bruit, poussière, localisation, signalétique, etc...

Voici ci-dessous le diagramme Ishikawa lié au problème de l'indisponibilité des applicateurs, qui sont des éléments critiques dans la zone de coupe :

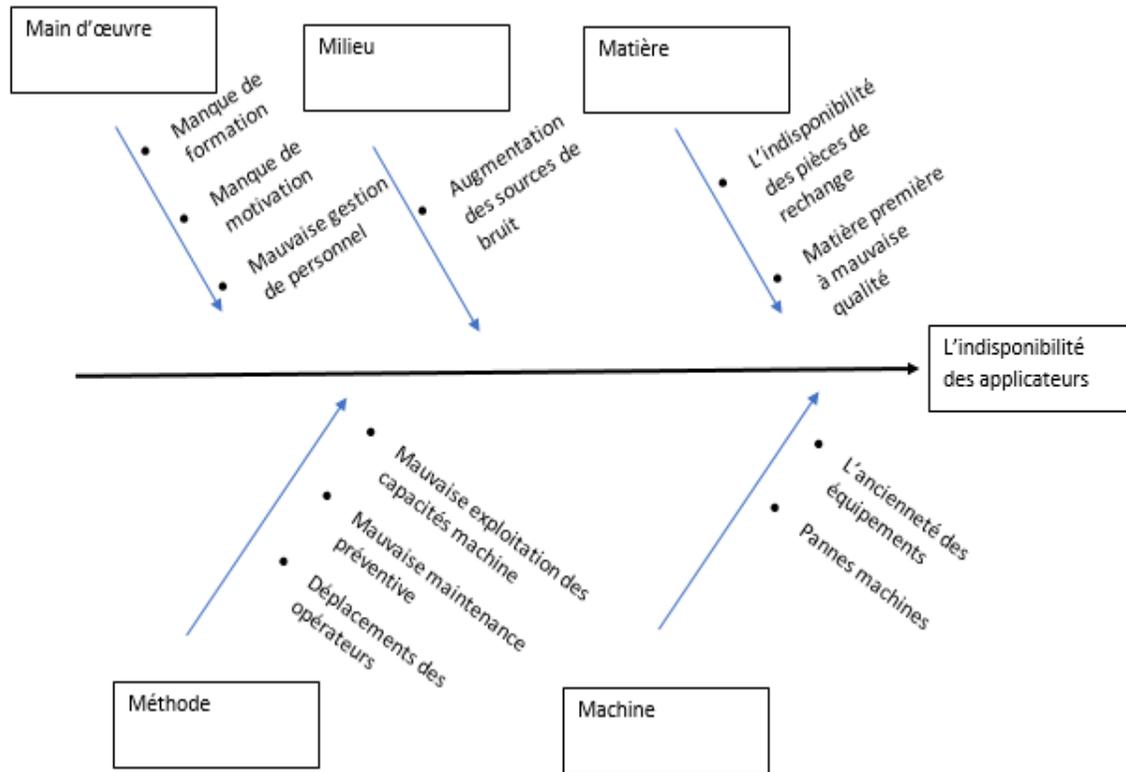


Figure 9 : diagramme Ishikawa de l'indisponibilité des applicateurs

D'après le diagramme d'Ishikawa présenté ci-dessus, on trouve que parmi les causes qu'on peut agir sur, pour diminuer l'effet de l'indisponibilité des applicateurs sont : la maintenance préventive et les pièces de rechanges. Et puisque la maintenance préventive est bien établie, alors, il faut agir sur les pièces de rechange, en assurant leurs grandes disponibilités afin d'éviter le plus possible le problème de zéro stock.

1.2.3. Etat du stock des pièces de rechange

Après avoir vérifié l'état de stock des pièces de rechange le Mardi 15 Mai 2021, on a trouvé que 255 pièces ne sont pas en stock (zéro stock), 27 pièces sont des pièces des applicateurs. Ces pièces sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 18 : les pièces de rechange des applicateurs ont un zéro stock

Numéro du matériel	Description de matériel
R000027613	71166955XW = Wire crimper
R000027885	71144416XW = Wire crimper
R000036293	71162529XW = WIRE CRIMPER
R000031555	71162529XID = Insulation crimper
R000010399	71125080XA = Anvil
R000010652	103.547.12 = Anvil Plate
R000012132	71164867DDXA = Anvil
R000012201	71164217XA = Anvil
R000046214	71268645KACM = Anvil 981273685
R000078573	106.811.00 = Anvil B=13 Double
R000078574	107.765.89 = Anvil Plate B=13
R000092035	981273946 = Anvil Crimper
R000044023	6052024 = Relay With Base
R000004794	48A19039A05 = Terminal Guide Plate
R000024888	48A47020A04 = Terminal Guide Plate A
R000029094	48A47020A06 = Terminal Guide Plate A
R000102307	217/14P7 = Terminal Alignment Plate
R000004851	48A20010 = Supporting Stopper Spring
R000011401	S39509F = Stopper Bolt
R000003727	911330114 = Punch cut Off
R000003734	911330200 = Special Punch cut Off
R000003736	911330208 = Punch cut Off
R000004934	48A20027002 = Shear Blade
R000009401	48A47024001 = Shear Blade
R000010850	48A47024002 = Shear Blade
R000010852	48A47025002 = Outer Shear Blade
R000011931	48A20029013 = Rear Shear Blade

Pendant trois mois, les gestionnaires de stock ont passé 14 commandes pour une seule pièce de rechange. Par conséquent, cela va augmenter les coûts liés au service maintenance, et avoir des zéros stock fréquents. Le tableau suivant présente l'historique des approvisionnements de la pièce :

Tableau 19 : exemple d'une mauvaise gestion de stock

Document date	Short Text	Order Quantity	Net Price (EURO)	Net Order Value
01/02/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	25	12.60	315.00
03/02/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	5	12.60	63.00
11/02/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	18	12.60	226.80
23/02/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	46	12.60	579.60
26/02/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	50	12.60	630
08/03/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	3	12.60	37.80
08/03/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	6	12.60	75.60
22/03/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	17	12.60	214.20
22/03/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	9	12.60	113.40
26/03/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	18	12.60	226.80
06/04/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	8	12.60	100.80
06/04/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	16	12.60	75.60
13/04/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	17	12.60	214.20
20/04/2021	71961206REXA = Anvil Crimper	21	12.60	264.60

1.3. Généralités sur les applicateurs

Un applicateur est un outil de sertissage, actionné par une presse qui transmet l'effort et sertit le terminal avec le fil. Il peut être utilisé sur des machines automatiques ou semi-automatiques. Parmi les types d'applicateurs utilisés à Yazaki Maroc Meknès, on trouve :

Applicateur 04	Applicateur BC	Applicateur Mecal	Applicateur CAM	Applicateur 90 Hand
----------------	----------------	-------------------	-----------------	---------------------

L'applicateur est un appareil très sensible. Il nécessite un réglage précis auquel la formation des opérateurs sur la façon de son utilisation et réglage est primordiale, dont le but d'éviter toute conséquence indésirable.

Les pièces de rechange d'applicateur sont nombreuses, parmi ces pièces, on trouve ces trois pièces : Anvil, Ansluation Crimper et Wire Crimper. Ces pièces s'appellent les « Crimping Dies », et ce sont les plus critiques.

1.3.1. Les pièces de rechange de l'applicateur

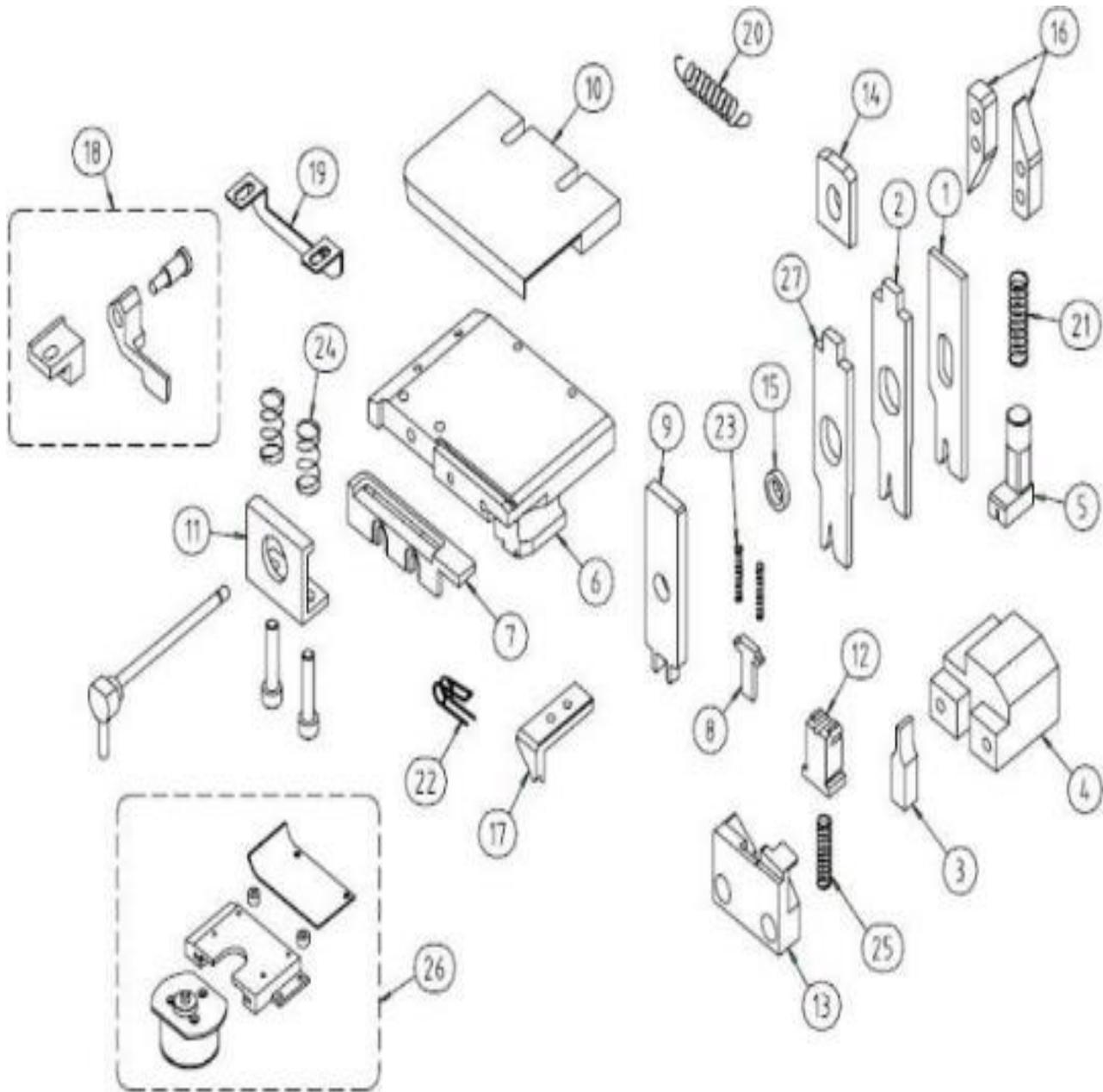


Figure 10 : les pièces de rechange des applicateurs

Le tableau suivant contient une liste de toutes les pièces de rechange de l'applicateur :

Tableau 20 : les pièces de rechange de l'applicateur

N°	Pièce de rechange	N°	Pièce de rechange
1	Wire Crimper	14	Insulation Adjusting Piece
2	Insulation Crimper	15	Bush
3	Anvil	16	Feeding Cam
4	Anvil Holder	17	Feeding Claw
5	Supporting Stopper	18	Wire Stopper Assy
6	Base	19	Terminal Scraper
7	Terminal Guide Plate B	20	Return Spring
8	Wire Holder	21	Supporting Stopper Spring
9	Cutting Punch & Wire Holder	22	Feeding Claw Spring
10	Terminal Guide Plate A	23	Wire Holder Spring
11	Terminal Holder	24	Terminal Holder Spring
12	Shearblade	25	Shearblade Spring
13	Outer Shearblade	26	Terminal Oil Unit & Bracket

1.3.2. Maintenance préventive de l'applicateur

La maintenance préventive des applicateurs s'effectue selon la périodicité suivante :

- Pour tous les applicateurs standards : un nombre de cycles de 300 000 ou 4 mois (16 semaines).
- Pour tous les applicateurs 7Bxx-xxxx-xx ou Gold Plated 7xxx-xxxx-08 : un nombre de cycles de 150 000 ou un temps de production de 2 mois (8 semaines).
- Pour tous les applicateurs nano MQS : un nombre de cycles de 150 000 ou un temps de production de 2 mois.
- Exceptionnellement pour applicateurs Low Runner, si le volume de production est inférieur à 80.000 cycles par an, il est permis de faire la maintenance préventive une fois par an, si certaines contraintes sont suivies.

Après la maintenance, tout applicateur doit être stocké dans une zone fermée (contre la poussière) et conservé dans de bonnes conditions ainsi que lubrifié pour éviter tout collage où blocage des composants mobiles de l'applicateur.

Lors de la maintenance préventive, toutes les parties doivent être démontées (sauf plaque d'installation si elle n'est pas endommagée ou mal ajustée), lavées ainsi que leurs dimensions vérifiées. Les parties mobiles doivent également être lubrifiées.

1.4. Problématique :

Malgré le déploiement d'une maintenance préventive pour les applicateurs, ce dernier présente un taux de pannes important qui cause 51% de la durée totale des pannes. Ainsi, les applicateurs sont considérés comme outils critiques dans la zone de coupe.

Cependant, l'amélioration de ce dernier et la gestion de ses pièces de rechange, sont quasiment impossible sans exploitation du système de traçabilité. Due à la présence de plusieurs types des pièces et due à la quantité d'information à traiter, l'utilisation des moyens informatiques est indispensable.

Quelles sont les pièces les plus critiques ? Quelle est le moyen de gestion des pièces critiques à adopter ? Tel est la problématique de ce chapitre.

Dans le but de résoudre la problématique, il est nécessaire de calculer les caractéristiques des stocks des pièces critiques, ainsi que de développer une application pour suivre ces stocks. La définition du cahier des charges ainsi que sa réalisation sont faites en collaboration avec le responsable du stock des pièces de rechange M. Nadia OUHIDA. Ainsi, les membres de l'équipe de travail sont présentés dans le tableau suivant :

Membre	Fonction
Omar AFQIR	Ingénieur stagiaire
Bader ELHABCHI	Responsable maintenance et parrain industriel
Samira SLAOUI	Parrain académique
Nadia OUHIDA	Responsable de stock des pièces de rechange

Le programme à réaliser doit être sous forme de Macro Excel élaboré en visuel basic pour application (VBA), et doit agir sur l'historique de consommation des pièces de rechange critiques (Anvil, Wire Crimper et Insulation Crimper).

Les tâches planifiées sont présentées sur le tableau suivant :

Durée	Taches
07 Mai – 15 Mai	<ul style="list-style-type: none"> • Définition de la problématique et du cahier des charges
16 Mai – 7 Juin	<ul style="list-style-type: none"> • Les pièces critiques • Calcul des caractéristiques de stock des pièces de rechange • Développement d'une application VBA pour gérer le stock
8 Juin – 14 Juin	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration continue
15 Juin – 20 Juin	<ul style="list-style-type: none"> • Délais de sécurité (en cas de retard imprévu)
21 Juin – 29 Juin	<ul style="list-style-type: none"> • Clôture du projet

1.5. Classification des pièces par l'analyse PARETO :

Afin de repérer les pièces utilisées dans la zone de coupe et de leurs adopter la meilleure méthode de gestion, on a opté pour l'analyse PARETO, afin de gérer le stock des pièces de rechanges d'une manière efficiente. Donc on va se concentrer sur 20% des pièces critiques qui présentent 80% de la consommation annuelle, l'analyse nous a permis de déduire les résultats suivants :

Tableau 21 : classification des pièces de rechange de l'applicateur par l'analyse PARETO

Pièce	Consommation annuelle	Consommation annuelle cumulée	F cumulé
71961206REXA = Anvil Crimper	928	928	39%
71951431XA = ANVIL	258	1186	49%
71960335XA = Anvil	128	1314	55%
71961206REXW = Wire Crimper	100	1414	59%
71144416XW = Wire crimper	74	1488	62%
71144417DDXA = Anvil	56	1544	64%
71960335XW = Wire Crimper	48	1592	66%
71961206REXI = Insulation Crimper	48	1640	68%
71164637XA = Anvil	44	1684	70%
71169974XA = Anvil	42	1726	72%
71950334XA = Anvil	40	1766	73%
71168162XAC = anvil	38	1804	75%
71144415XIV = Insulation crimper	34	1838	76%
71144415XWW = Wire Crimper	34	1872	78%
71147253RSAXAC = Anvil	32	1904	79%
72167786XAD = Anvil	32	1936	80%
Autres (90 pièces)	426	2134	100%

Les résultats de l'analyse PARETO sont présentés sur le diagramme suivant :

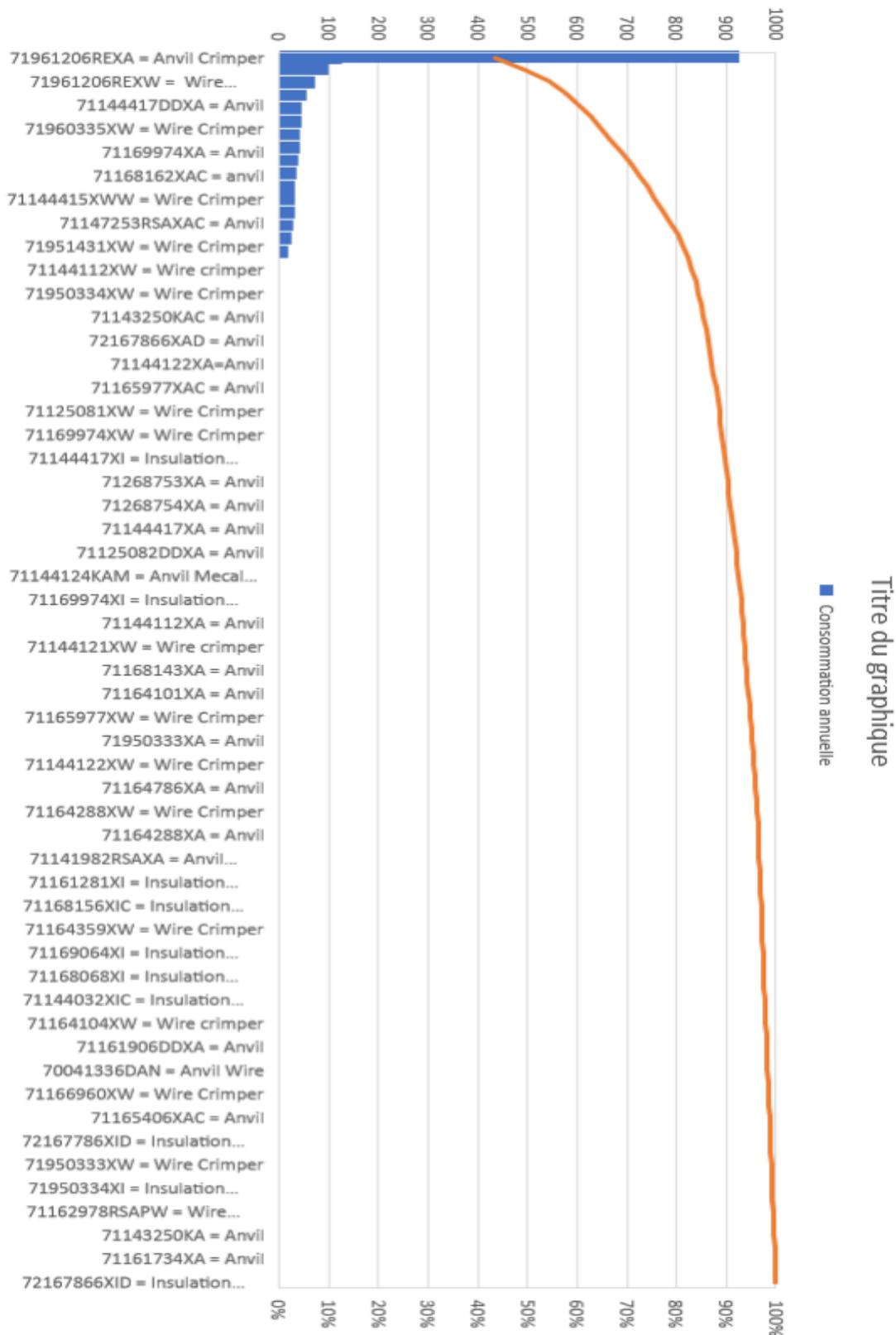


Figure 11 : Analyse PARETO des pièces critiques de l'applicateur

Pour maîtriser la partie essentielle du problème, on s'intéressera essentiellement aux pièces représentées dans le tableau ci-dessus, après on va ajouter les autres pièces.

2. DO

2.1. La gestion de stock des pièces de rechange

La gestion de stock des pièces de rechange, est la tenue et la suivie d'une quantité des PDRs dans le magasin. C'est l'activité qui s'intéresse par la gestion des mouvements d'entrées au stock et la gestion des consommations de ces pièces.

Pour répondre aux besoins des applicateurs de sertissage afin d'améliorer leurs disponibilités, il faut avoir une bonne politique d'achat pour diminuer les coûts de pertes de production, les coûts de possession et par la suite bien gérer le budget de service maintenance.

Nous visons à appliquer la méthode de point fixe, celle-ci consiste à définir, pour les PDRs concernés, un niveau de stock minimum, qui permet à la fois de passer la commande en quantité fixe, mais aussi de couvrir les besoins durant le délai de livraison (délai allant de la date de déclenchement de commande à la date de livraison). Cette technique est essentiellement adaptée pour les pièces coûteuses et dont les consommations sont peu régulières.

Le lot économique est une quantité fixe et invariable d'une pièce que le gestionnaire des stocks demande à chaque émission de besoin. Cette quantité est trouvée par la formule appelée « Formule de Wilson ». Elle permet à la fois de faire le minimum de commandes pour une pièce donnée et d'obtenir le coût de stockage optimal pour cette pièce [6].

2.2. Les caractéristiques de stock des pièces de rechange

Dans cet axe, on va calculer le stock de sécurité, le point de commande et la quantité économique pour chaque pièce de rechange critique donnée par l'analyse Pareto, lorsqu'on s'est basé sur l'historique des mouvements de stock d'une période (de 01Avril2020 jusqu'à 30Mars2021) comme source de données. Pour consulter les résultats des calculs pour les autres pièces trouvées dans le stock de YMM (Voir l'annexe 6 page 76).

2.2.1. Stock de sécurité

Le stock de sécurité a pour rôle de compenser les irrégularités de consommation et les retards de livraison afin d'éviter la rupture. Son expression est la suivante :

$$SS = Z * \sigma_c * D$$

- SS : Stock de sécurité pendant la durée d’approvisionnement
- D : le délai de livraison de la commande (1 mois pour toutes les pièces, puisqu’ils ont le même fournisseur)
- σ_c : Ecart de consommation
- Z : Le coefficient de sécurité, déduit du taux de service, et déterminé à partir du tableau suivant :

Tableau 22 : tableau du coefficient de sécurité

Taux de rupture	Taux de service	Coefficient de sécurité
50%	50%	0
16%	84%	1
15%	85%	1.04
10%	90%	1.28
5%	95%	1.65
2.5%	97.5%	1.95
2%	98%	2.05
1%	99%	2.33
0.5%	99.5%	2.58

A partir de ce tableau, on constate que le coefficient de sécurité $Z=1.65$ pour un taux de service ciblé qui est 95%.

Tableau 23 : stock de sécurité des pièces critiques de l'applicateur

Pieces	Mois 10	mois 11	mois 12	mois 01	mois 2	mois 3	σ_c	SS
71961206REXA = Anvil Crimper	86	65	71	85	79	61	10,4	18
71951431XA = ANVIL	18	20	13	34	25	17	7,41	13
71960335XA = Anvil	8	15	7	10	10	11	2,78	6
71961206REXW = Wire Crimpr	13	3	8	12	10	4	4,13	8
71144416XW = Wire crimper	8	2	6	12	3	5	3,63	7
71144417DDXA = Anvil	8	4	2	3	7	3	2,42	5
71960335XW = Wire Crimper	5	7	1	3	4	4	2,00	4
71961206REXI = Insulation	7	2	2	6	5	1	2,48	5
71164637XA = Anvil	5	3	2	4	6	2	1,63	4
71169974XA = Anvil	3	1	2	8	4	3	2,42	5
71950334XA = Anvil	4	2	0	8	3	3	2,65	5
71168162XAC = anvil	2	4	4	4	3	2	0,98	3
71144415XIV = Insulation crimper	6	1	0	5	1	4	2,48	5
71144415XWW = Wire Crimper	4	2	2	2	2	3	0,83	2
71147253RSAXAC = Anvil	2	5	3	3	1	2	1,36	3

2.2.2. Point de commande

En utilisant la méthode du point de commande, on va déterminer un niveau de stock à partir duquel un réapprovisionnement est déclenché. Ce niveau doit permettre de subvenir au besoin durant le délai de livraison tout en prenant en compte les irrégularités de consommation et les retards de livraison. Ainsi, le point de commande est exprimé par la formule suivante

$$PC = SS + C_m * D_m$$

- PC : Point de commande
- SS : Stock de sécurité
- $C_m * D_m$: Consommation moyenne durant le délai de livraison moyen

Tableau 24 : point de commande des pièces critiques de l'applicateur

Pièce	Consommation annuelle	Consommation moyenne	Taux de service	Stock de sécurité	Point de commande
71961206REXA = Anvil Crimper	928	78	95%	18	96
71951431XA = ANVIL	258	11	95%	13	24
71960335XA = Anvil	128	9	95%	6	15
71961206REXW = Wire Crimper	100	7	95%	8	15
71144416XW = Wire crimper	74	5	95%	7	13
71144417DDXA = Anvil	56	5	95%	5	10
71960335XW = Wire Crimper	48	5	95%	4	9
71961206REXI = Insulation Crimper	48	4	95%	5	9
71164637XA = Anvil	44	4	95%	4	8
71169974XA = Anvil	42	4	95%	5	9
71950334XA = Anvil	40	4	95%	5	9
71168162XAC = anvil	38	3	95%	3	6
71144415XIV = Insulation crimper	34	3	95%	5	8
71144415XWW = Wire Crimper	34	3	95%	2	5
71147253RSAXAC = Anvil	32	3	95%	3	6
72167786XAD = Anvil	32	3	95%	4	7

2.2.3. Quantité économique

La quantité économique représente la quantité de réapprovisionnement qui minimise ce coût. Pour la déterminer, on utilise la formule de Wilson :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2F \times C}{P_u \times t}}$$

Qe = la quantité économique

F = cout de passation d'une commande, ce cout est 600 MAD

C = la demande annuelle

Pu : le prix unitaire

T = le taux de possession qui est 4%

Le tableau suivant regroupe les résultats du calcul de la quantité économique des pièces de rechange critiques avec un coût de passation d'une commande de 600 MAD et un taux de possession de 4%.

Tableau 25 : quantités économiques des pièces critiques de l'applicateur

pièce	Prix unitaire	Quantité économique
71961206REXA = Anvil Crimper	137	452
71951431XA = ANVIL	137	239
71960335XA = Anvil	116	183
71961206REXW = Wire Crimper	117	161
71144416XW = Wire crimper	137	128
71144417DDXA = Anvil	116	121
71960335XW = Wire Crimper	136	104
71961206REXI = Insulation Crimper	134	105
71164637XA = Anvil	137	99
71169974XA = Anvil	137	97
71950334XA = Anvil	137	95
71168162XAC = anvil	117	100
71144415XIV = Insulation	117	94
71144415XWW = Wire Crimpr	137	87
71147253RSAXAC = Anvil	132	86
72167786XAD = Anvil	138	84

2.3. Développement de l'application VBA :

Dans la partie précédente, on a déterminé la liste des pièces qui sont responsables de 80% des consommations annuelle des pièces de rechange des applicateurs de sertissage, à l'aide de l'analyse

Pareto. Donc on cherche à avoir une bonne gestion de stock de ses pièces, pour cela on a calculé leurs caractéristiques de stock. Pour faciliter cette tâche on a décidé de développer une application Excel/VBA,

2.3.1. Fonctionnement général de l'application :

Le diagramme illustré ci-dessous, présente le fonctionnement général de l'application :

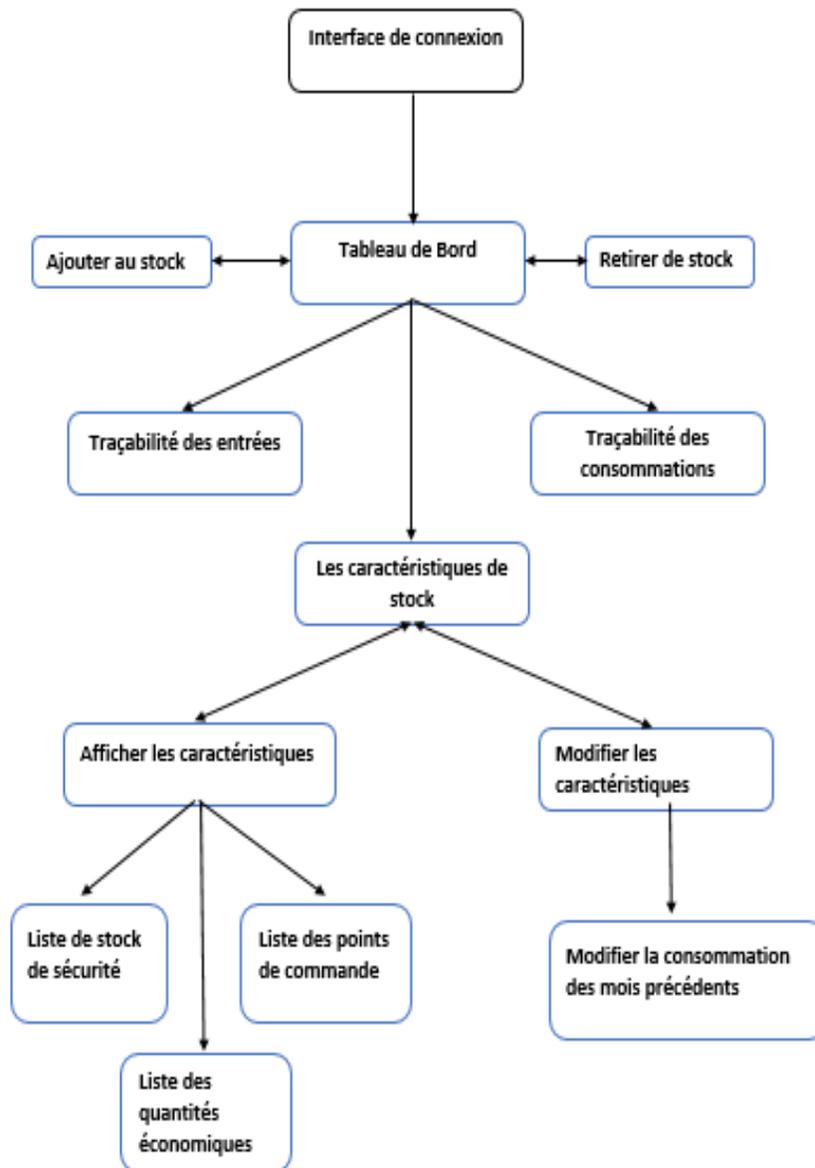


Figure 12 : fonctionnement général de l'application VBA

2.3.2. Différentes fonctionnalités de l'application

2.3.2.1. Interface de connexion :

Après avoir ouvert l'application, l'utilisateur n'arrivera pas à accéder au contenu s'il n'a pas saisi des correctes coordonnées de connexion (l'utilisateur et le mot de passe), pour que seulement les responsables de stock et les personnes autorisées peuvent y accéder. Cette interface est présentée dans la figure suivante :

The image shows a web interface for logging in. At the top left, there is an orange button labeled 'fermer'. Below it is a small green rectangular input field. To the right, there is a large white banner with a red triangle on the left and the word 'YAZAKI' in bold black letters. Below the banner, there are two input fields: the top one is labeled 'Utilisateur' and the bottom one is labeled 'Mot de passe'. To the right of these fields is a grey button labeled 'Login'.

Figure 13 : Interface de connexion

2.3.2.2. Tableau de Bord

Après l'insertion des coordonnées de connexion, l'interface de tableau de bord s'affiche. Elle permet de visualiser le niveau de stock de chaque pièce critique, ainsi que le stock de sécurité, le point de commande et la quantité économique. Pour à la fois faciliter le suivi de stock et faciliter la tâche quand on veut passer la commande.

Selon le niveau de stock de chaque pièce, on lui affecte une couleur significative, pour mieux faciliter le suivi de stock :

- La couleur rouge : si le niveau de stock est inférieur au stock de sécurité
- La couleur orange : si le niveau de stock est compris entre le stock de sécurité et le stock d'alerte (Point de Commande)
- La couleur verte : si le niveau de stock est supérieur au stock d'alerte

Cette interface contient également des boutons qui permettent d'ajouter de nouvelles quantités au stock ou de retirer de stock, après le niveau de stock se recalcule et s'affiche automatiquement sur le tableau de bord, elle permet également d'afficher la liste complète des caractéristiques de stock et les modifier en agissant sur l'historique des consommations de 12 mois précédents.

Ajouter au stock

Référence

Quantité

Prix unitaire

consulter l'historique des entrées

Retirer de stock

Référence

Quantité

consulter l'historique des sorties

Afficher les caractéristiques de stock

Stock de sécurité | Point de commande | Quantité économique

la consommation des mois précédents

Logout

fermer

■ stock < SS
■ stock < PC
■ SS < stock < PC

Tableau de Bord des pieces de Rechange

Pièce	Niveau de stock	Stock de sécurité	Point de commande	Quantité économique
71961206REXA = Anvil Crimper	410	30	104	440
71951431XA = ANVIL	212	11	35	252
71960335XA = Anvil	23	7	17	183
71961206REXW = Wire	9	6	15	169
71144416XW = Wire crimper	115	5	13	145
71144417DDXA = Anvil	0	4	9	131

Figure 14 : Tableau de bord

2.3.2.3. La traçabilité des entrées et des sorties de stock

Pour des raisons de traçabilité, on a créé des tableaux d'historique, qui vont contenir tous les mouvements de stock (Entrées/Sorties), chaque tableau doit contenir les champs nécessaires, telles que l'heure et la date de mouvement, la référence de la pièce et la quantité, ainsi que le prix unitaire.

Les tableaux sont présentés comme suit :

Tableau des approvisionnements :

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #00FF00; padding: 10px; border: 1px solid black; text-align: center;">TDB</div> <div style="background-color: #FF0000; padding: 10px; border: 1px solid black; text-align: center;">logout</div> <div style="background-color: #FF8C00; padding: 10px; border: 1px solid black; text-align: center;">fermer</div> </div>				
Date	Heure	Reference	quantité	prix unitaire
16/06/2021	10:48:30	71144416XW = Wire crimper	145	117
16/06/2021	10:47:13	71961206REXW = Wire	169	116
16/06/2021	10:45:33	71951431XA = ANVIL	252	137
16/06/2021	10:41:30	71961206REXA = Anvil Crimper	440	137
15/06/2021	16:08:50	71960335XA = Anvil	15	137
15/06/2021	16:08:06	71960335XA = Anvil	8	137
15/06/2021	11:43:03	71961206REXA = Anvil Crimper	0	137
15/06/2021	11:42:37	71951431XA = ANVIL	0	137
15/06/2021	11:42:12	71960335XA = Anvil	0	116
15/06/2021	11:41:44	71961206REXW = Wire	0	117
15/06/2021	11:41:07	71144416XW = Wire crimper	0	137
15/06/2021	11:40:37	71144417DDXA = Anvil	0	116

Figure 15 : tableau de traçabilité

Tableau des consommations :

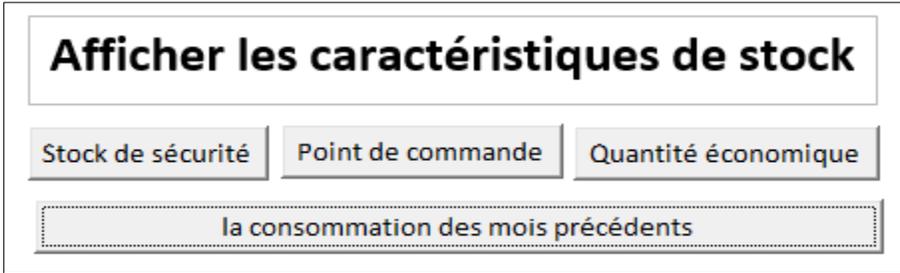


date	heure	refe	quantité
16/06/2021	10:48:47	71144416XW = Wire crimper	30
16/06/2021	10:47:52	71961206REXW = Wire	10
16/06/2021	10:47:43	71961206REXW = Wire	60
16/06/2021	10:47:32	71961206REXW = Wire	50
16/06/2021	10:47:21	71961206REXW = Wire	40
16/06/2021	10:45:46	71951431XA = ANVIL	40
16/06/2021	10:43:21	71961206REXA = Anvil Crimper	20
16/06/2021	10:41:44	71961206REXA = Anvil Crimper	10

Figure 16 : tableau des consommations

2.3.2.4. Les caractéristiques des stocks :

Dans notre application, se trouve une interface qui va nous permettre de consulter les caractéristiques des stocks des PDRs, telle que le stock de sécurité, la Quantité économique et le point de commande.



Afficher les caractéristiques de stock

Stock de sécurité Point de commande Quantité économique

la consommation des mois précédents

Figure 17 : Interface des caractéristiques de stock

L'interface contient également, le bouton « la consommation des mois précédents », ce bouton a pour objectif de nous aider à réactualiser les calculs des caractéristiques des stocks à partir de la modification des consommations mensuelles des mois passés. Ce bouton nous permet d'afficher le tableau suivant et qui contient ces consommations :

TDB
logout
fermer

Pièce	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	C annuelle	C moyenn	Ecart type
71961206REXA = Anvil Crimper	60	68	90	82	73	84	27	91	85	63	74	89	886	73,8333333	18,13501552
71951431XA = ANVIL	15	35	20	26	32	19	17	28	31	29	16	22	290	24,1666667	6,860073328
71960335XA = Anvil	7	10	11	12	17	8	7	15	10	9	6	18	130	10,8333333	3,973396379
71961206REXW = Wire	10	3	12	13	9	7	5	4	10	12	13	13	111	9,25	3,671140521
71144416XW = Wire crimper	10	2	9	12	11	7	5	9	8	4	11	8	96	8	3,045115314
71144417DDXA = Anvil	8	7	2	4	5	8	2	9	7	6	4	4	66	5,5	2,354878881
71960335XW = Wire Crimper	1	7	4	2	8	9	7	1	2	7	3	2	53	4,41666667	2,968266508
71961206REXI = Insulation Crimper	7	6	6	4	5	4	2	1	3	7	4	3	52	4,33333333	1,922750555
71164637XA = Anvil	5	4	6	3	1	5	2	4	2	3	1	2	38	3,16666667	1,642245322
71169974XA = Anvil	1	2	4	3	1	5	8	4	3	5	4	2	42	3,5	1,977142106
71950334XA = Anvil	1	2	5	0	4	3	1	6	8	1	2	1	34	2,83333333	2,443296333
71168162XAC = anvil	4	1	3	2	4	1	0	2	6	7	2	8	40	3,33333333	2,534608929
71144415XIV = Insulation Crimper	4	1	2	0	1	3	4	5	2	1	0	3	26	2,16666667	1,642245322
71144415XWW = Wire	2	1	5	4	2	3	1	2	3	4	0	2	29	2,41666667	1,443375673
71147253RSAXAC = Anvil	3	2	3	1	1	1	0	1	2	4	2	2	22	1,83333333	1,114640858
72167786XAD = Anvil	1	2	1	2	2	2	3	4	2	1	0	1	21	1,75	1,055289706

Figure 18 : interface des consommations mensuels

3. Check

Pour améliorer l'indice de la performance MDT, on a adopté la démarche d'amélioration PDCA. Dans la phase « planifier » de ce chapitre, on a trouvé que les applicateurs sont responsables de presque 51% de nombre des pannes. Alors pour s'assurer que les machines se rendent à leur état de fonctionnement, il nous faut assurer une grande disponibilité des applicateurs. À l'aide d'un diagramme Ishikawa(5M), on a constaté que les pièces de rechange sont derrière l'indisponibilité des applicateurs. Dans la phase « développer », on a déterminé les caractéristiques de stock par la formule de Wilson, pour but de mieux gérer le pièces critiques et éviter leur rupture de stock. Pour faciliter la tâche, on a créé une application Excel qui est présentée ci-dessus

À l'aide de l'historique des pannes de la zone de coupe de trois mois on a calculé le temps totale d'attente avant de commencer la réparation. Cette durée est déterminée pour chaque type et présentée dans le tableau suivant :

Tableau 26 : le temps total d'attentes par type de pannes des machines de coupe

Type de la panne	Nombre des pannes	Durée totale d'attentes	Pourcentage de durée d'attente(%)
Problème d'applicateurs	984	186,45	58,57
Problème mécanique	780	115,75	36,3
Problème électrique	78	5,12	1,6
Problème informatique	68	11	3,45

Les résultats de ce tableau sont présentés par la figure suivante :

Pourcentage de durée d'attente

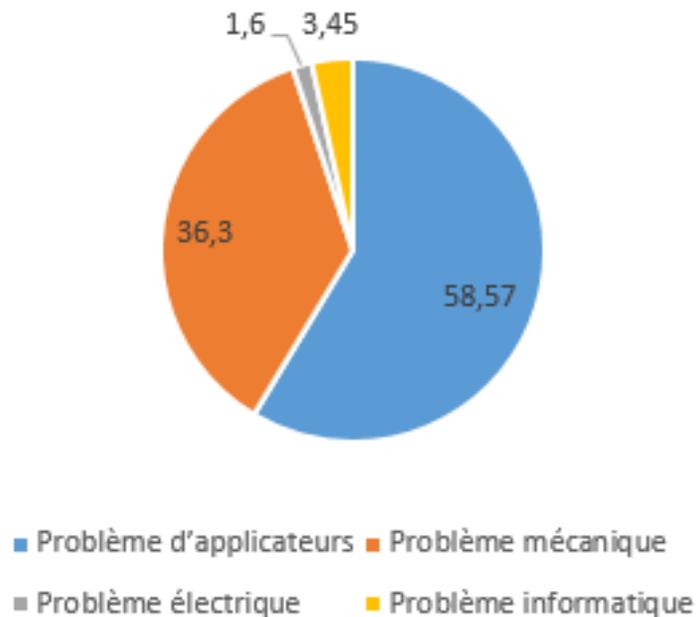


Figure 19 : pourcentage des durées d'attentes par type des pannes des machines de la zone de coupe

Après avoir maîtriser la gestion de stock des pièces de rechange des applicateurs on vise à diminuer leur durée d'attente avec un pourcentage de 70%, c'est-à-dire gagner presque 130 heures de production pour trois mois et presque 43 heures par moi

Alors en résumé cette étude nous permet de :

- Gagner presque 43 heures de production par mois

- Maitriser la gestion de stock des pièces de rechange
- L'application facilite le recalcul des caractéristiques de stock si le niveau de consommation a trop changé
- Bien maitriser la gestion de budget assuré au stock
- Diminuer le problème d'interrompre le flux de production (alimenter les zones P2 et P3).

4. Act

Jusqu'ici, on a réalisé l'objectif imposé par le cahier des charges de ce chapitre qui consiste à calculer les caractéristiques des stocks des pièces de rechange et développer une application en VBA pour suivre les consommations des pièces de rechange des applicateurs de sertissage.

Dans cette partie « Amélioration continue », on va analyser ce qui peut encore être amélioré dans le cadre de l'amélioration de la performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe. Telle que l'amélioration du management visuel.

4.1. Amélioration de l'application

Après la création de notre application qui va suivre les stocks des pièces critiques données par l'analyse Pareto, on souhaitera laisser la possibilité d'ajouter d'autres pièces à la liste des pièces critiques au cas où le service maintenance généralise l'application sur tous les stocks des pièces de rechanges.

Ensuite on vise à améliorer notre application pour qu'elle puisse de recalculer automatiquement les nouvelles caractéristiques de stock, par l'insertion de l'ensemble des consommations du mois précédent dans le calcul. Ensuite, on cherche à automatiser cette application pour qu'elle puisse de passer des commandes automatiquement sans aucune intervention humaine.

Note : pour que l'application sera utile pour l'entreprise, il faut que le service(IT) crée la liaison entre les macros de l'application et le système utilisé au sein de l'entreprise (SAP).

4.2. Management visuel

Les moyens de communication au sein du service de la maintenance sont l'un des facteurs qui agissent sur la performance de ce service. Parmi ces moyens de communication, il y a le management visuel.

Pour cela, l'élaboration des affiches pour le tableau d'affichage, ainsi que l'installation des nouveaux POKA YOKE est indispensable, car ont pour rôle, d'une part, de faire le suivi de la maintenance en informant les agents de maintenance sur l'état du parc-machine, leurs temps d'arrêt et la planification des actions préventives. D'autre part, le tableau permet d'informer les agents sur les shifts de travail, leur sensibiliser sur l'intérêt des équipements de protection et le travail d'équipe ainsi que de leur permettre de réclamer les difficultés et proposer des améliorations

5. Conclusion

Dans ce chapitre, on a réalisé une application en Excel/VBA pour suivre les stocks des pièces de rechange de type « Crimping Dies » pour l'applicateur de sertissage. Ainsi qu'on a proposé d'autres axes d'amélioration pour les futurs projets, telle que l'installation des nouveaux POKA YOKE, l'élaboration des affiches pour le tableau d'affichage pour but d'améliorer le management visuel.

Conclusion Générale

Avec la concurrence immense entre les grandes entreprises, le respect de la qualité, la quantité et le délai est devenu très important. Alors la disponibilité des moyens de production est considérée nécessaire pour augmenter sa productivité, et diminuer les coûts des pannes non planifiés. Dans ce contexte, YMM cherche toujours à avoir des projets d'amélioration dans différents secteurs, pour optimiser et maîtriser son processus de production, et améliorer sa productivité.

A travers ce projet on a eu l'occasion de travailler sur l'amélioration de la performance de la maintenance des équipements de la zone de coupe, qui fait partie parmi les premières préoccupations de YAZAKI qui vise à réduire le temps des arrêts avec un taux de 40%.

Pour bien cerner notre problématique, on a consacré nos efforts pour déterminer les machines critiques afin d'améliorer leur productivité. Pour le faire, on a calculé les temps des arrêts des machines de coupe, ainsi que leurs indicateurs de performance.

Ce diagnostic nous a mené à concentrer l'analyse sur les machines komax Alpha 355, afin d'augmenter la disponibilité des machines, on s'est basé sur une étude AMDEC afin d'élaborer un plan préventif. Après la validation du plan préventif avec mon encadrant, on a planifié les interventions selon un calendrier annuel. Ensuite, on a fait une analyse des gains de ce projet par l'estimation d'un gain brut de réduction de nombre des heures des arrêts indésirables de 1 644 536 MAD et un investissement de 994 569 MAD, on en déduit un gain net des machines Komax en trois mois de 347 141 MAD.

Dans un second cycle PDCA, on a entamé l'axe d'amélioration de la gestion de stock. D'une part, on a calculé les caractéristiques de stock pour des raisons d'optimisation des approvisionnements et d'éviter les immobilisations financières, d'autre part, on a développé une application en Excel VBA qui va suivre le stock des PDRs à l'aide d'un tableau de bord, pour but de réduire le pourcentage du zéro stock, afin de réduire le temps des arrêts et permettre au service de maintenance de gérer son budget.

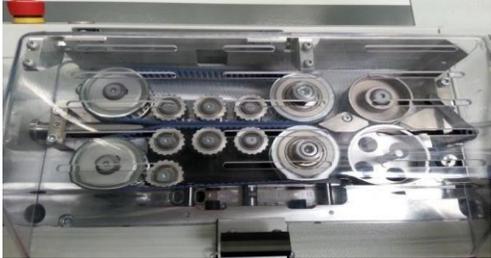
Comme perspectives de ce projet et après l'application des actions proposées et d'exécuter l'application, il reste à appliquer l'ensemble des actions pour améliorer le plus possible la disponibilité des machines, tel que l'application du management visuel sur toutes les ligne de la zone de coupe.

Bibliographie

- [1] www.yazaki-group.com/globalnetwork/ (consulté le 10 Mars 2021)
- [2] www.dnb.com/business-directory/company-profiles.yazaki_morocco_meknes (consulté le 16 Mars 2021)
- [3] **Marc Thomas**, ‘‘Fiabilité, maintenance prédictive et vibration des machines’’,2012, page 140
- [4] **Document technique**,’’machine de sertissage automatique Alpha 355’’
- [5] **Jean Hég**,’’Pratique de la maintenance préventive’’, 2017, page 48
- [6] **Jalil Abouchita** ,’’cours de gestion de la production’’,2020, page 57

Annexes

Annexe 1 : décomposition organique de la machine Komax Alpha 355

Unité	Eléments
<p data-bbox="423 310 675 342">Unité de redressage</p> 	<p data-bbox="883 310 1036 342">Roulements</p> <p data-bbox="883 365 1105 396">Bague céramique</p> <p data-bbox="883 420 1065 451">Poignée d'aile</p> <p data-bbox="883 474 1130 506">Roue de redressage</p> <p data-bbox="883 529 1159 560">Détecteur d'épissures</p>
<p data-bbox="415 642 686 674">Unité d'entraînement</p> 	<p data-bbox="883 592 1003 623">Encodeur</p> <p data-bbox="883 646 1308 678">Courroie d'entraînement de câble</p> <p data-bbox="883 701 1214 732">Courroies de transmission</p> <p data-bbox="883 756 980 787">Moteur</p> <p data-bbox="883 810 1052 842">Roues dentée</p> <p data-bbox="883 865 1036 896">Roulements</p> <p data-bbox="883 919 959 951">Vérin</p> <p data-bbox="883 974 1013 1005">Couvercle</p>
<p data-bbox="415 1094 686 1125">Unité de pivotements</p> 	<p data-bbox="883 1043 1130 1075">Bras de pivotement</p> <p data-bbox="883 1098 1243 1129">Servomoteurs avec supports</p> <p data-bbox="883 1152 1008 1184">Courroies</p> <p data-bbox="883 1207 1024 1239">Roulement</p> <p data-bbox="883 1262 1065 1293">Roues dentées</p> <p data-bbox="883 1316 976 1348">Poulies</p> <p data-bbox="883 1371 1065 1402">Tube guide fil</p> <p data-bbox="883 1425 1292 1457">Pincés de guidage des deux bras</p>
<p data-bbox="402 1495 586 1526">Tête de coupe</p> 	<p data-bbox="883 1495 1094 1526">Guidage linéaire</p> <p data-bbox="883 1549 980 1581">Moteur</p> <p data-bbox="883 1604 1003 1635">Souffleur</p> <p data-bbox="883 1659 1036 1690">Roulements</p> <p data-bbox="883 1713 1159 1745">Support des couteaux</p> <p data-bbox="883 1768 1101 1799">Lames à dénuder</p> <p data-bbox="883 1822 1084 1854">Lames à couper</p>

Bande transporteuse	Tapis
	Moteur d'entraînement
	Roulements
	Vérins
Circuit pneumatique	Distributeurs
	Tuyaux d'air
	Filtre à air
	Manomètre
	Régulateur de pression
	Raccords
Armoire de commande	Armoire de commande
Capteurs	Capteurs

Annexe 2 :Analyse AMDEC de la machine Komax Alpha 355

Analyse AMDEC de la machine Komax Alpha 355											
Unité	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Détection	F	G	D	C	Actions
Unité de redressage	Roulements	Guider en rotation les roues de dressage	-grippage des éléments roulants -écaillage -fatigue -corrosion	-charge excessive -manque de lubrification -présence de poussière	-bruit -désaxage ou rupture de l'arbre - Destruction prématurée du roulement - Echauffement - Effets sur les autres organes de transmission	-visuelle -auditive	1	3	2	6	-Vérification périodique des roulements et de leurs axes -Nettoyage des portées desroulements après chaque changement -S'assurer de l'absence de jeu résiduel après montage
	Bague céramique	Guider le fil pour faciliter l'opération d'entraînement	-Cassure -Usure	-Choc extérieur	-Effets sur le fil -Usure de fil par exemple	- Visuelle	1	2	1	2	_Vérification de l'état de la baguecéramique
	Poignée d'aile	Permet aux roues de s'éloigner pour mettre ou changer le fil	-Cassure -Déformation	-Choc -Effort excessif	-Problème de maintien des roues sur le fil	-Visuelle	1	2	1	2	-Vérification de l'état de poignée d'aile
	Roue de dressage	Permet de dresser le fil horizontalement et verticalement	-Blocage	-Problèmes guidage	-Dressage non parfait	-Visuelle	1	2	2	4	-Nettoyage et vérification de l'état des roues de dressage
	Détecteur d'épissures	Permet de détecter les épissures et les anomalies de fil	-Déformation	-Effort excessif de fil -Choc extérieur	-Mal détection des anomalies et des épissures sur le fil	-Visuelle	2	2	2	8	-Vérification et nettoyage périodique de détecteur d'épissure

Unité d'entraînement	Encodeur	Permet de mesurer la longueur exacte de fil coupé	-Blocage -Déformation structurelle	-Problèmes guidage -Choc extérieur	-Bruit -Mesure de longueur erronée	-Visuelle -Sonore	3	3	2	18	-Vérification et nettoyage périodique de l'encodeur
	Courroie d'entraînement de câble	Permet d'alimenter la machine par les fils	-Usure -Dilatation -Rupture de la dent ou de la courroie	-Problème patinage -Surcharge -Corps étranger dans la transmission -tension anormale de la courroie -Blocage de l'une des roues dentées	-Mauvais entraînement de fil	-Visuelle	2	4	3	24	-Vérification périodique des courroies d'entraînement -Vérifier l'alignement des arbres ainsi que la denture des roues d'entraînement -Respecter la tension de pose indiquée par le constructeur
	Courroies de transmission	Transmettre le mouvement de moteur vers les roues pour entraîner la courroie d'entraînement	-Rupture de dent ou de la courroie -Dilatation -Usure	_tension anormale de la courroie -Problèmes guidage par roulement -Blocage de l'une des roues dentées	-Mauvaise transmission de puissance	-Visuelle	2	4	3	24	-Vérification périodique des courroies de transmission -Respect de la tension de pose indiquée par le constructeur -Vérifier l'alignement des arbres -Changer la courroie après détérioration
	Moteur	Générer le mouvement de	-Dégradation de ses composants	-Surcharge	-Bruit -Arrêt d'entraînement	-Visuelle -Auditive -Appareillages électriques	1	4	3	12	-Contrôler la température, les vibrations et le

	rotation des courroies	- Echauffement	-Problème d'alimentation -Court circuits							bruit anormal du moteur -Vérifier l'alimentation du moteur
Roues dentées	Permet de transmettre le mouvement de rotation entre les arbres	-Usure -Ecaillage -Blocage	-Frottement important -Passage de l'entraînement sur un Corps étranger- Problème guidage par roulements -Impureté entre les dents	-Mauvaise transmission -Endommagement de la denture- Rupture de l'arbre -Effets néfastes sur la courroie -Durée de vie réduite	-Visuelle -Auditive	2	3	3	18	-Vérification périodique de l'état de la denture des roues -Vérification de l'alignement des arbres et du bon engrènement avec la courroie -Changer la roue dentée après Endommagement- S'assurer que les courroies sont à la bonne tension -Vérifier l'absence des jeux résiduels
Roulements	Guider en rotation les arbres de transmission	-Grippage des éléments roulants -Ecaillage -Fatigue -Corrosion	-Charge excessive -Manque de lubrification -Présence de poussière	-Bruit -Désaxage ou rupture de l'arbre -Destruction prématurée du roulement -Echauffement -Effets sur les autres organes de transmission	-Visuelle Auditive	2	3	3	18	-Vérification périodique des roulements et leurs axes-Respecter la tension de pose des courroies -Nettoyage des portées de roulement après chaque changement

				-Court circuits		es					bruit anormal du servomoteur -Vérification de l'alimentation du servomoteur
Courroies	Transmettre le mouvement entre les arbres de transmission	-Rupture de dent ou de lacourroie -Dilatation -Usure	_tension anormale de lacourroie -Corps étranger dans la transmission -Problèmes guidage parroulement	-Mauvaise transmission	-Visuelle	2	4	2	16	-Vérification périodique de la courroie -Respecter la tension de pose indiquée par le constructeur -Vérifier l'alignement des arbres -Changer la courroie après détérioration	
Roulement	Guider en rotation lebras	-Grippage des éléments roulants- Ecaillage -Fatigue -Corrosion	-Charge excessive -Manque de lubrification -Présence de poussière	-Bruit -Désaxage ou rupture de l'arbre Destruction prématurée du roulement -Echauffement -Effets sur les autres organes de transmission	-Visuelle -Auditive	2	3	3	18	-Vérification périodique de roulement et de ses axes -Nettoyage des portées deroulement après chaque changement -S'assurer de l'absence de jeu résiduel après montage	
		_Usure	-Impureté entre les dents		-Visuelle		2	3		_Vérification périodique de l'état de la denture des roues	

Roues dentées	Permet de transmettre le mouvement de rotation entre les arbres	-Blocage -Ecaillage	-Frottement important Passage de l'entraînement sur un corps étranger -Problème guidage parroulements	- Endommagement de l'adenture -Durée de vie réduite -Mauvaise transmission -Bruit		3			18	-Vérification de l'alignement des arbres et du bon engrènement avec la courroie -Changer la roue dentée après endommagement -S'assurer que les courroies sont à la bonne tension
Poulies	Transmettre la puissance entre les arbres	_Usure -Ecaillage -Déformation structurelle	_Effort excessive -Etat dégradé de la courroie -Frottement important -Corps étranger entre poulie et courroie -Mauvais guidage en rotation	_Rupture de l'arbre -Bruit -Durée de vie réduite Mauvaise transmission	-Visuelle	2	3	3	18	-Contrôle périodique de l'état et l'alignement des poulies -Vérifier l'alignement des arbres
Tube guide fil	Guider le fil pour faciliter les opérations de coupe, sertissage et dénudage	-Déformation structurelle - Endommagement	_Choc externe -Jeu et vibration	_Opérations sertissage, dénudage et coupe NOK -Message d'erreur sur TOPWIN	-Visuelle TOPWIN	2	2	2	8	-Vérification et nettoyage périodiques de l'état de tube guide fil
Pinces de guidage des deux bras	Faciliter le maintien et le guidage de fil	-Blocage	-Problème guidage	-Mauvais guidage et maintien de fil	-Visuelle	2	2	1	4	-Vérification de jeu des pinces -Vérification de l'état de guidage des pinces

Tête de coupe	Guidage linéaire	Guider en translation les portes lames	-Déformation des éléments roulants -Usure -Blocage	-Manque de lubrification -Effort excessif -Présence de poussière	-Bruit -Mauvais guidage Coupeet dénudage NOK	-Visuelle -Auditive	3	3	2	18	-Vérification périodique de l'état de guidage et ses éléments roulants -Graissage de guidage
	Moteur	Générer le mouvement pour entraîner les lames	-Dégradation de ses composants -Echauffement	-Surcharge -Problème d'alimentation -Court circuits	_Bruit -Arrêt d'entraînement	-Visuelle -Auditive -Appareillages électriques	1	3	3	9	-Contrôler la température, les vibrations et le bruit anormal du moteur -Vérifier l'alimentation du moteur
	Souffleur	Evacuer l'isolant provenant de l'opération de dénudage	-Fuite d'air -Endommagement	_Problème d'alimentation de l'air	-Non évacuation de l'isolant	-Visuelle -Test de fuite	2	2	2	8	Vérification périodique de l'état du souffleur
	Support des couteaux	Supporter les couteaux	_Desserrage visserie -Défaillance structurelle	-Vibrations	_Opération de coupe et de dénudage non satisfaisantes	-Visuelle	2	1	2	4	_vérification et Nettoyage du support des couteaux
	Lames à dénuder	Dénuder le fil	-Usure	-Mauvais ajustement au montage -Frottement -Choc -Fin de la durée de vie	-Fil NOK	-Visuelle	4	4	2	32	-Vérification périodique de l'état des lames -Changer les lames usées
	Lames à couper	Couper les fils selon la longueur désirée									

Bande transporteuse	Tapis	Evacuer les fils vers la goulotte basculante	-Déchirure -rupture -Usure	_Effort excessif -Corps étranger dans la transmission	-Evacuation des lots de câble retardée -Possibilité de laisser un fil dans la zone d'usinage	-Visuelle	1	3	3	9	-Vérification périodique de tapis -Respecter la tension indiquée par le constructeur -Changer le tapis après détérioration
	Moteur d'entraînement	Entrainer le Tapis de convoyeur	-Dégradation de ses composants -Echauffement	-Surcharge -Problème d'alimentation -Court circuits	-Bruit -Arrêt d'entraînement	-Visuelle -Auditive -Appareillages électriques	2	3	2	12	-Contrôle de la température, les vibrations et le bruit anormal du moteur -Vérifier l'alimentation du moteur
	Roulements	Guider en rotation le Tapis	_Grippage des éléments roulants -Ecaillage -Fatigue -Corrosion	-Charge excessive -Manque de lubrification -Présence de poussière	_Destruction prématurée du roulement -Bruit -Désaxage ou rupture de l'arbre -Echauffement -Effets sur les autres organes de transmission	-Visuelle -Auditive	2	2	2	8	-Vérification périodique de roulement et de ses axes -Nettoyer les portées de roulement après chaque changement -S'assurer de l'absence de jeux résiduel après montage
	Vérins	Actionner la goulotte basculante	-Fuites interne ou externe -Dégradation des composants	-Problèmes d'étanchéité -Problèmes de circuit pneumatique	-Effort insuffisant	-Visuelle -Tests pneumatique des fuites	2	2	2	8	-Vérification périodique de l'état de vérin et de ses composants -Changer les éléments défectueux

Circuit pneumatique	Distributeur	Alimenter les composants pneumatiques et contrôler la pression du service	_Défaillance structurelle -Fuite d'air	-Usure -Défauts de fabrication	-Fonctionnement anormal des composants -Baisse de pression	-Visuelle	1	2	3	6	-Vérification périodique du circuit pneumatique -Changer les éléments défectueux -Calibrer les manomètres -Vérifier la pression à l'entrée du système
	Tuyaux d'air						1	1	3	3	
	Filtre à air						1	2	2	4	
	Manomètre						1	1	3	3	
	Régulateur de pression						1	2	3	6	
	Raccords						1	2	2	4	
Armoire de commande	Armoire de commande	Assurer la commande de la machine	_Fonction commande non assurée -Composants endommagés	-Court circuits- Surcharges -Problèmes d'alimentation	-Commande erronée de la machine -Arrêt de production	-Visuelle -Test électrique -Odeur	2	2	5	20	-Visite périodique de l'armoire de commande -Nettoyage de l'armoire de commande
Capteurs	Capteurs	Transmettre les informations vers les actionneurs	-Défaillance structurelle	-Choc -Problème d'alimentation	-Information non transmise	-Visuelle -TOPWIN	2	3	3	18	_Vérification périodique des capteurs de la machine via logiciel TOPWIN -Changer les capteurs défectueux

Annexe 3 : Plan préventif de la machine Komax Alpha 355

Plan préventif						
Machine : KOMAX ALPHA 355	Intervenant :				Date :	
Interventions	Périodicité				Etat : OK/NOK	Observation
	S	M	T	SA		
Nettoyage et Vérification générale						
Nettoyage générale de la machine	×					
Vérification de la pression d'air et du niveau d'huile	×					Mesurer 5.5~6.5 Bar
Vérification de système de sécurité de la machine	×					
Vérification d'état des enrouleurs papier	×					
Vérification d'état de fixations des bobines	×					
Unité d'entraînement du câble						
Vérification des roulements de dressage			×			
Vérification de l'état et tension des courroies		×				Respecter la tension de pose indiquée par le constructeur Mesurer 40~50°
Changement des courroies d'entraînement			×			
Vérification de fonctionnement de détecteur d'épissure			×			
Révision de l'état des moteurs d'entraînement			×			
Révision de l'état de vérin de l'unité d'entraînement		×				
Vérification de l'état des roues dentées			×			
Changement des roulements dans l'arbre de l'encodeur Roulement rainuré à billes 608-2Z (2)					×	
Changement des roulements dans les grandes poulies à droite Roulement rainuré à billes 6002-2Z (4)					×	
Changement des roulements dans les petites poulies					×	

Roulement rainuré à billes 607-2Z IRV (14)						
Changement des roulements dans les arbres des grandes poulies à gauche					×	
Roulement rainuré à billes 6202-2RS (4)						
Changement des roulements dans l'arbre de la roue de Pression					×	
Roulement rainuré à billes 6202-2RS (2)						
Changement des roulements dans une poulie de guidage (face B)					×	
Roulement rainuré à billes (2)						
Bloc de dénudage						
Vérification des lames et leurs visseries	×					Changer les lames usées
Changement des lames		×				
Vérification du fonctionnement du souffleur dénudage			×			
Lubrification des guidages linéaires de la tête de coupe		×				
Vérification de l'état de moteur			×			
Vérification de l'état de vérin			×			
Unité de pivotement						
Graissage des bras de pivotement 1 et 2			×			
Vérification du jeu des bras			×			
Nettoyage et graissage des pinces des deux bras			×			
Vérification du tube guide fils			×			
Arrangement des câbles senseurs et tubes d'air des bras		×				
Révision de l'état de servomoteur					×	
Vérification des poulies et courroies		×				
Vérification des roues dentées		×				

Roulement rainuré à billes 3820 2RS fermé (2)						
Vérification de convoyeur						
Vérification de l'état du moteur de convoyeur					×	
Vérification de l'état des vérins de convoyeurs			×			
Changement des roulements du convoyeur Roulement 6205-2RS (4)					×	
Vérification du tapis du convoyeur et des galets			×			
Galets Pivotant & Poulie de tension complète						
Changement du roulement du galet pivotant Roulement rainuré à billes 6000-2RS (1)					×	
Changement du roulement de la poulie de tension Complet					×	
Roulement rainuré à billes 6000-2Z-C2 (1)						
Calibrage de la machine						
Calibrer Les deux Presses	×					
Calibrer Les deux Bras	×					
Calibrer le convoyeur	×					
Vérification d'enfileur et calibrage par rapport au bras 1	×					
Armoire de commande						
Vérification du fonctionnement d'onduleur	×					
Nettoyage et vérification de l'état de l'armoire de commande		×				
Circuit pneumatique						
Vérification des composants du circuit pneumatique			×			
Vérification des capteurs						
Vérification d'état et fonctionnement des capteurs		×				

Annexe 4 : Planning annuel de la maintenance préventive des machines Komax Alpha 355

Le planning complet se trouve sur le fichier Excel sous le nom « Planning annuel de la MP des machines Komax »

YAZAKI MOROCCO MEKNES	Planning Annuel de la maintenance préventive des machines Komax																				
Année :	Juil-21				Août-21				Sept-21					Oct-21				Nov-21			
Opération de maintenance	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Nettoyage et Vérification générale																					
Nettoyage générale de la machine																					
Vérification de la pression d'air et du niveau d'huile																					
Vérification de système de sécurité de la machine																					
Vérification d'état des enrouleurs papier																					
Vérification d'état de fixations des bobines																					
Unité d'entraînement du câble																					
Vérification des roulements de dressage																					
Vérification de l'état et tension des courroies																					
Changement des courroies d'entraînement																					
Vérification de fonctionnement de détecteur d'épissure																					
Révision de l'état des moteurs d'entraînement																					
Révision de l'état de vérin de l'unité d'entraînement																					
Vérification de l'état des roues dentées																					
Changement des roulements dans l'arbre de l'encodeur																					
Roulement rainuré à billes 608-2Z (2)																					
Changement des roulements dans les grandes poulies à droite																					
Roulement rainuré à billes 6002-2Z (4)																					
Changement des roulements dans les petites poulies																					
Roulement rainuré à billes 607-2Z IRV (14)																					

Annexe 5 : planning mensuel de la maintenance préventive des machines Komax Alpha 355

Mois :	Planning Mensuel de la maintenance préventive des machines Komax Alpha 355																											
	Week:.....							Week:.....							Week:.....							Week:.....						
M	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	D i m	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	D i m	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	D i m	Lu n	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	D i m
Komax-34	P							P							P								P					
Komax-35	P							P							P								P					
Komax-36	P							P							P								P					
Komax-37	P							P							P								P					
Komax-38		P							P							P								P				
Komax-39		P							P							P								P				
Komax-40		P							P							P								P				
Komax-41		P							P							P								P				
Komax-42			P							P							P								P			
Komax-43			P							P							P								P			
Komax-44			P							P							P								P			
Komax-45			P							P							P								P			
Komax-46				P							P							P								P		
Komax-47				P							P								P							P		
Komax-48				P							P									P						P		
Komax-49				P							P										P					P		
Komax-50					P							P									P						P	
Komax-51					P							P									P						P	
Komax-52					P							P									P						P	
Komax-53						P							P									P					P	
Komax-54						P							P									P					P	
Komax-55						P							P									P					P	

Annexe 6 : Les caractéristiques de stock des autres pièces de rechange « Crimping Dies »

Annexe : Résultats de la gestion de stock des pièces de rechange par la méthode point de commande												
Pièce	Cnsmt annuelle	Cnsmt Moy	Délais Moy (Mois)	Ecart -type	Taux de service	Z	Stock de Sécurité	Point de Comma nde	Prix Unitaire en DH	Cout de passation (DH)	Taux de possession	Qe
71961206REXA = Anvil Crimper	928	78	1	10,46	95%	1,65	18	96	137	750	10%	452
71960335XA = Anvil	128	11	1	7,413	95%	1,65	13	24	137	750	10%	239
71961206REXW = Wire Crimper	100	9	1	2,786	95%	1,65	6	15	116	750	10%	183
71144416XW = Wire crimper	74	7	1	4,13	95%	1,65	8	15	117	750	10%	161
71144417DDXA = Anvil	56	5	1	3,63	95%	1,65	7	13	137	750	10%	128
71961206REXI = Insulation Crimper	48	5	1	2,42	95%	1,65	5	10	116	750	10%	121
71960335XW = Wire Crimper	48	5	1	2,00	95%	1,65	4	9	136	750	10%	104
71164637XA = Anvil	44	4	1	2,48	95%	1,65	5	9	134	750	10%	105
71169974XA = Anvil	42	4	1	1,63	95%	1,65	4	8	137	750	10%	99
71950334XA = Anvil	40	4	1	2,42	95%	1,65	5	9	137	750	10%	97
71168162XAC = anvil	38	4	1	2,65	95%	1,65	5	9	137	750	10%	95
71144415XIV = Insulation crimper	34	3	1	0,98	95%	1,65	3	6	117	750	10%	100
71144415XWW = Wire Crimper	34	3	1	2,48	95%	1,65	5	8	117	750	10%	94
72167786XAD = Anvil	32	3	1	0,83	95%	1,65	2	5	137	750	10%	87
71147253RSAXAC = Anvil	32	3	1	1,36	95%	1,65	3	6	132	750	10%	86
71168068XA = Anvil	30	3	1	1,75	95%	1,65	4	7	138	750	10%	84
71951431XW = Wire Crimper	28	3	1	2,13	95%	1,65	4	6	117	750	10%	54
71144121XA=Anvil	20	2	1	2,13	95%	1,65	4	6	130	750	10%	43
71144112XW = Wire crimper	16	2	1	3,86	95%	1,65	6	8	116	750	10%	41
71166958XAC = Anvil	16	2	1	1,49	95%	1,65	2	4	140	750	10%	37
71950334XW = Wire Crimper	12	2	1	1,73	95%	1,65	3	4	67	750	10%	46
71125080XA = Anvil	12	2	1	1,00	95%	1,65	2	3	154	750	10%	31
71143250KAC = Anvil	10	1	1	1,52	95%	1,65	3	4	216	750	10%	24
71144706XAC = Anvil	10	1	1	1,28	95%	1,65	2	3	114	750	10%	32
72167866XAD = Anvil	10	1	1	1,28	95%	1,65	2	3	94	750	10%	36
71960335XI = Insulation Crimper	8	1	1	1,25	95%	1,65	2	3	114	750	10%	29
71144122XA=Anvil	8	1	1	1,25	95%	1,65	2	3	151	750	10%	25
71951431XI = Insulation Crimper	8	1	1	1,25	95%	1,65	2	3	103	750	10%	31
71165977XAC = Anvil	8	1	1	0,94	95%	1,65	2	3	143	750	10%	26
72167866XW = Wire Crimper	8	1	1	0,94	95%	1,65	2	3	68	750	10%	38

71125081XW = Wire Crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	109	750	10%	26
71144121XI = Insulation crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	40	750	10%	42
71169974XW = Wire Crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	109	750	10%	26
71161759XW = Wire crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	134	750	10%	23
71144417XI = Insulation Crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	99	750	10%	27
71125080XW = Wire crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	136	750	10%	23
71268753XA = Anvil	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	96	750	10%	27
71164637XI = Insulation Crimper	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	100	750	10%	27
71268754XA = Anvil	6	1	1	1,19	95%	1,65	2	3	92	750	10%	28
71164637XW = WIRE CRIMPER	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	92	750	10%	28
71144417XA = Anvil	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	100	750	10%	27
71168162XW = Wire crimper	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	133	750	10%	23
71125082DDXA = Anvil	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	147	750	10%	22
71168068XW = Wire Crimper	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	116	750	10%	25
71144124KAM = Anvil Mecal	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	153	750	10%	22
71165942KADM = Anvil 981273649	6	1	1	0,87	95%	1,65	1	2	93	750	10%	28
71169974XI = Insulation Crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	45	750	10%	33
71144022XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	155	750	10%	18
71144112XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	95	750	10%	22
71144112XI = Insulation crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	94	750	10%	23
71144121XW = Wire crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	61	750	10%	28
71141984XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	112	750	10%	21
71168143XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	56	750	10%	29
72168912XW = Wire Crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	153	750	10%	18
71164101XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	145	750	10%	18
71164101XW = Wire crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	134	750	10%	19
71165977XW = Wire Crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	131	750	10%	19
72167786XW = Wire Crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	114	750	10%	21
71950333XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	70	750	10%	26
71143250KW = Wire crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	191	750	10%	16
71144122XW = Wire Crimper	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	86	750	10%	24
72168979XAD = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	135	750	10%	19
71164786XA = Anvil	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	126	750	10%	20
71163285DWM = Mecal Wire	4	1	1	0,75	95%	1,65	1	2	67	750	10%	27
71164288XW = Wire Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	175	750	10%	12
71164288XI = Insulation Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	137	750	10%	13

71144120XA = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	92	750	10%	16
71141982RSAXA = Anvil Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	99	750	10%	16
71141941XI = Insulation crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	114	750	10%	15
71161281XI = Insulation crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	96	750	10%	16
71268855XW = Wire crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	150	750	10%	13
71168156XIC = Insulation crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	149	750	10%	13
71125080XI = Insulation crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	152	750	10%	13
71164359XW = Wire Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	76	750	10%	18
71168143XW = Wire Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	160	750	10%	12
71169064XI = Insulation Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	48	750	10%	22
71169064XA = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	96	750	10%	16
71168068XI = Insulation Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	102	750	10%	15
71144032XAC = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	75	750	10%	18
71144032XIC = Insulation crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	92	750	10%	16
71144032XW = Wire crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	78	750	10%	18
71164104XW = Wire crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	91	750	10%	16
71169964XW = Wire Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	196	750	10%	11
71161906DDXA = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	114	750	10%	15
71164245DDXA = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	97	750	10%	16
70041336DAN = Anvil Wire	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	150	750	10%	13
71143250KICM = Insulation Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	198	750	10%	11
71166960XW = Wire Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	68	750	10%	19
71166960XAC = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	144	750	10%	13
71165406XAC = Anvil	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	133	750	10%	13
72168979 = Insulation Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	102	750	10%	15
72167786XID = Insulation Crimper	2	1	1	0,55	95%	1,65	1	2	128	750	10%	14

