

Résumé

Afin d'améliorer la productivité, il est nécessaire d'assurer une disponibilité maximale des outils de production. YAZAKI MORROCO Meknès est une nouvelle filiale du groupe YAZAKI EUROPE qui cherche à maximiser sa production tout en minimisant les pannes et les dysfonctionnements de la chaîne de production. C'est dans cette optique que le présent projet de fin d'études a été réalisé. Il s'agit d'améliorer la qualité de la maintenance et le fonctionnement des outils de sertissage et la mise à niveau de ces outils de production de l'entreprise, vu la criticité qu'elle représente pour l'ensemble du flux de production.

Ce projet de fin d'étude est divisé en deux grandes parties:

La première partie consiste à l'amélioration de la performance de la maintenance des outils de sertissage, en faisant appel à :

- L'approche AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leur Criticité) pour savoir les composants des outils de sertissage les plus critiques, à l'aide de l'analyse PARETO.
- Le choix d'une nouvelle politique de gestion de stock qui vise à sécuriser le stock des pièces critiques et éviter sa rupture.
- L'amélioration de la documentation technique en élaborant des manuels contenant les opérations de la maintenance préventive et curative dues aux outils de sertissage dans le but d'assurer une intervention fiable et efficace.
- L'amélioration de la méthode de travail en élaborant une plateforme sur Excel qui facilite la recherche des pièces de rechange pour les techniciens.
- La modélisation de la fiabilisation des pièces de rechange les plus critiques par la loi de weibull qui permettra de diminuer le taux de défaillances chez les outils de sertissage et qui donnera une vision sur la nouvelle politique qui couvre la maintenance curative et préventive dans le but d'assurer leur sûreté de fonctionnement.

Nous constatons que les actions implémentées dans cette première partie sont efficaces. En effet, ils ont permis de diminuer le temps des arrêts des outils de sertissage **19%** en moyenne. La deuxième partie vise à élaborer un plan de continuité d'activité pour les outils de sertissage, en étudiant la probabilité et la gravité des pannes les plus susceptibles de se produire qui a pour but de contrôler une situation d'urgence et à minimiser ses conséquences négatives.

Mots clés : AMDEC, Analyse PARETO, Gestion de Stock, Maintenance Préventive, Maintenance Curative, Loi de Weibull, Plan de continuité d'activité.

Abstract

In order to improve productivity, it is necessary to ensure maximum availability of production tools. YAZAKI MORROCO Meknes is a new subsidiary of the YAZAKI EUROPE group, which seeks to maximize production while minimizing breakdowns and dysfunctions of its manufacturing plant. It is in this context that the present paper was achieved. The aim is to improve the quality of the maintenance and operation of crimping tools and the upgrading of one of the production tools of the company, given the criticality it represents for the entire workflow.

This final project is divided into two main parts:

The first part consists of improving the quality of the maintenance of the crimping tools, by using:

- The approach FMEA (Failure Mode Effects and Analysis) to determine the components of the crimping tools by using the Pareto analysis.
- The choice of a new stock management policy that aims to secure it and avoid its rupture.
- Improving the technical documentation by developing manuals containing all the operations of preventive and curative maintenance due to crimping tools in order to ensure a reliable and effective intervention.
- Improving the working method by developing a platform on Excel that facilitates the search for spare parts for technicians.
- The modeling of reliability of the most critical spare parts by weibull law that will reduce the rate of failures in these tools and that will give a vision on the new policy that covers curative and preventive maintenance to ensure their safe operation.

We find that the actions implemented in this first part are effective. Indeed, they made it possible to reduce the stopping time of the crimping tools by 19% on average. The second part aims to develop a business continuity plan for crimping tools by investigating the probability and severity of the most likely failures to occur, which is to control an emergency situation and minimize its consequences negative.

Keywords: FMECA, PARETO Analysis, Stock Management, Preventive Maintenance, Curative Maintenance, VBA, Weibull Law, Contingency Plan.

Table des matières

Dédicace	2
Remerciements	3
Résumé	4
Abstract	5
Table des matières	6
Liste des figures	9
Liste des tableaux	11
Liste des abréviations	12
Introduction générale	13
CHAPITRE I : contexte général du projet	14
1. Introduction	15
2. Présentation du groupe YAZAKI	15
2.1 Généralités	15
3. YAZAKI MOROCCO MEKNES	16
3.1 Fiche signalétique	17
3.2 Organigramme de l'entreprise	17
3.3 Présentation des départements	17
4. Processus de production de YAZAKI MOROCCO MEKNES	18
4.1 Types de faisceaux électriques	19
4.2 Composants du câble électrique	19
4.3 Flux de production	20
5. Cadre général du projet	22
5.1 Contexte général	22
5.2 Cahier des charges	22
5.2.1 Expression du besoin	22
5.2.2 Auteurs du projet	22
5.2.3 Contexte pédagogique	23
5.2.4 Limite du projet de fin d'étude	23
5.2.5 Constitution du groupe de travail	23
5.2.6 Démarche du projet	23
5.2.7 Planning du projet	23
5.3 Démarche de travail	24
6. Conclusion	24
CHAPITRE II : Analyse de l'existant et identification des problèmes	25
1. Introduction	26
2. Analyse de l'existant	26
2.1 Généralités sur l'audit YVES LAVINA	26
2.1.1 Définition de l'audit de la maintenance	26
2.1.2 Présentation de la méthodologie YVES LAVINA	26

2.2 Réalisation de l’Audit de la maintenance	28
2.2.1 Déroulement du diagnostic.....	28
2.2.2 Résultats trouvés après le diagnostic	29
3. Dysfonctionnement du service maintenance.....	30
3.1 Etude AMDEC des outils de sertissage	31
3.1.2 Etude AMDEC réalisée des outils de sertissage.....	34
3.2 Hiérarchisation des défaillances	36
4. Conclusion	37
CHAPITRE III : Amélioration de la qualité de la gestion de la maintenance des outils de sertissage.....	38
1. Introduction.....	39
2. Planification des actions amélioratrices	39
2.1 Gestion de stock des pièces critiques par la méthode « point de commande »	39
2.1.1 Généralités sur la méthode point de commande	39
2.2 Elaboration d’un manuel de maintenance préventive et curative.....	40
2.3 Elaboration d’une plateforme pour la recherche des PDR des applicateurs via le langage VBA	40
2.4 Modélisation mathématique de la fiabilisation des PDR critiques par la loi de Weibull	41
2.4.1 Généralités sur la loi de weibull	41
3. Implémentation des actions sur terrain.....	42
3.1 Implantation d’une nouvelle politique de gestion de stock des PDR critiques des outils de sertissage .	42
3.1.2 Standard proposé pour le choix de notre gestion de stock des PDR.....	43
3.2 Elaboration d’une plateforme sous Excel pour la recherche des PDR	45
3.3 Elaboration des manuels de la maintenance préventive et curative.....	47
3.3.1 Elaboration du plan de maintenance préventive	47
3.3.2 Elaboration du plan de maintenance curative	50
4. Evaluation de l’efficacité des actions implémentées	51
5. Vérification des actions implémentées	54
5.1 Modélisation mathématique de la fiabilisation des PDR critiques des outils de sertissage par la loi de Weibull	54
6. Estimation des gains générés par le projet	58
6.1 Généralités sur les couts de défaillances.....	58
6.1.1 Coût direct de la maintenance	59
6.1.2 Coût indirect de la maintenance	59
7. Conclusion	60
CHAPITRE IV : Plan de continuité d’activité des outils de sertissage	61
1. Introduction.....	62
2. Généralités sur la méthode MADS-MOSAR	62
3. Présentation sur la notion d’un plan de contingence	64
4. Analyse de risque MADS MOSAR	64
4.1 Décomposition du système étudié	64
4.2 Identification des sources de risque	65

4.3 Identification des scenarios de risque	67
4.3.1 Réalisation des boites noires.....	67
4.3.2 Réalisation des scénarios	68
4.4 Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios	69
4.4.1 Détermination des outils de travail.....	69
5. Plan de continuité d'activité des outils de sertissage.....	72
5.1 Endommagement des crimping dies	72
5.2 Problème CFA	73
5.3 Terminal incliné.....	74
5.4 Arrêt Applicateur	74
5.5 Mauvais réglage applicateur	75
5. Conclusion	75
Conclusion générale	76
Bibliographie	78

Liste des figures

Figure 1 : Ventes globales par secteur du groupe YAZAKI	15
Figure 2 : Les principaux clients de YAZAKI	16
Figure 3 : Localisation mondiale de YAZAKI.....	16
Figure 4 : Organigramme général de YAZAKI MOROCCO MEKNES	17
Figure 5 : Exemple d'un faisceau électrique	18
Figure 6 : Les différents types des faisceaux électriques	19
Figure 7 : Fil électrique utilisé dans un faisceau	19
Figure 8 : Composants d'un terminal	19
Figure 9 : Connecteur électrique	19
Figure 10 : Accessoires d'un faisceau électrique	20
Figure 11 : Flux de production d'un faisceau électrique	20
Figure 12 : JIG de la zone d'assemblage.....	21
Figure 13 : Schéma des opérations de la zone d'assemblage.....	21
Figure 14 : Radar récapitulatif des résultats de l'audit maintenance Yves Lavina.....	29
Figure 15 : Outil de sertissage (applicateur).....	31
Figure 16 : le coulisseau de l'applicateur (RAM)	32
Figure 17 : le corps de l'applicateur (Frame)	32
Figure 18 : la base de l'applicateur	32
Figure 19 : Pièces de rechange des applicateurs.....	32
Figure 20 : Diagramme Bête à Cornes des outils de sertissage	33
Figure 21 : Diagramme de Pieuvre des outils de sertissage	34
Figure 22 : Diagramme PARETO des causes	37
Figure 23 : Notre Standard proposé pour le choix de la gestion de stock des PDR des outils de sertissage	44
Figure 24 : La fenêtre d'accès au menu principal	45
Figure 25 : La fenêtre du choix du type d'applicateur	45
Figure 26 : Interface finale de la plateforme	46
Figure 27 : Boutons de contrôle	46
Figure 28 : Liste des références.....	46
Figure 29 : Liste pour le choix du code.....	46
Figure 30 : Notre Plateforme finale réalisée pour la recherche des PDR des applicateurs.....	47
Figure 31 : Notre logigramme réalisé décrivant la procédure de la maintenance préventive	49
Figure 32 : Suite du logigramme réalisé détaillant le diagnostic du problème filaments cassés	50
Figure 33 : Notre logigramme réalisé détaillant le diagnostic du problème filaments cassés	51
Figure 34 : Simulation de la consommation de l'Anvil Crimper71125106XA à l'état avant	52
Figure 35 : Simulation de la consommation du Wire Crimper 71144815XW à l'état avant.....	52
Figure 36 : Simulation de la consommation de l'Anvil Crimper 71125106XA à l'état après	52
Figure 37 : Simulation de la consommation du Wire Crimper 71144815XW à l'état après	53

Figure 38 : Temps d'arrêt des outils de sertissage avant et après implémentation des actions	54
Figure 39 : Droite de régression de l'Anvil	56
Figure 40 : Courbe représentant la probabilité de bon fonctionnement de l'Anvil pendant 6 mois	56
Figure 41 : les deux modules et les dix étapes de MOSAR : le parcours complet de MOSAR	62
Figure 42 : Décomposition de l'entité complexe en sous unités	63
Figure 43 : Modélisation des boîtes noires.....	63
Figure 44 : Visualisation des enchainements possibles.....	63
Figure 45 : Grille de probabilité-Gravité.....	64
Figure 46 : Décomposition de l'Applicateur en sous systèmes.....	65
Figure 47 : La boîte noire du SS1.....	67
Figure 48 : : La boîte noire du SS2	67
Figure 49 : La boîte noire du SS3.....	68
Figure 50 : Seuil d'acceptabilité des scénarios	71
Figure 51 : Résultat de la hiérarchisation des scénarios	71
Figure 52 : Plan de continuité pour endommagement des crimping dies	72
Figure 53 : Plan de continuité pour le problème CFA.....	73
Figure 54 : Plan de continuité pour Terminal incliné	74
Figure 55 : Plan de continuité pour Arrêt Applicateur	74
Figure 56 : Plan de continuité pour réglage de l'applicateur	75

Liste des tableaux

Tableau 1	: Fiche signalétique de YAZAKI MOROCCO MEKNES	17
Tableau 2	: Planning du projet	23
Tableau 3	: Barème proposé à l'audit Yves Lavina et sa désignation	28
Tableau 4	: Résultats de l'audit de la maintenance Yves Lavina	29
Tableau 5	: Problèmes rencontrés au niveau de la maintenance	30
Tableau 6	: Démarche de l'étude AMDEC	31
Tableau 7	: Pièces de rechange des applicateurs	33
Tableau 8	: Les fonctions d'adaptation et d'interaction	34
Tableau 9	: Grille de cotation des gravités des défaillances pour AMDEC	35
Tableau 10	: Grille de cotation des fréquences des défaillances pour AMDEC	35
Tableau 11	: Grille de cotation des non détection des défaillances pour AMDEC	35
Tableau 12	: Extrait du tableau AMDEC réalisé pour l'applicateur type 04	35
Tableau 13	: Résultats de la classification des causes	36
Tableau 14	: Coefficient de sécurité en fonction du taux de rupture et le taux de service	40
Tableau 15	: Point de commandes calculé des pièces critiques	43
Tableau 16	: Quantité économique calculée des pièces critiques	43
Tableau 17	: Temps d'arrêt des outils de sertissage avant et après implémentation des actions	53
Tableau 18	: Résultats des TBF et F(t) associés à l'anvil	55
Tableau 19	: Les valeurs des paramètres γ , β , η associées à l'anvil	55
Tableau 20	: Probabilité de fiabilité de l'Anvil en fonction du temps	56
Tableau 21	: Les valeurs de la constante A dépendant au paramètre β	57
Tableau 22	: Tableau résumant les résultats des MTBF obtenus des PDR critiques des outils de sertissage	57
Tableau 23	: Les durées de vie des PDR critiques des outils de sertissage	57
Tableau 24	: Tableau des sources de danger	63
Tableau 25	: Processus du risque pour SS1	65
Tableau 26	: Processus de risque pour SS2	66
Tableau 27	: Processus de risque pour SS3	66
Tableau 28	: Définition de l'échelle de la probabilité	70
Tableau 29	: Définition de l'échelle de la gravité	70

Liste des abréviations

- YMM** : YAZAKI MOROCCO MEKNES
- AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
- ABC** : Méthode d'analyse de Pareto ou du 20/80
- SAP** : Systems, applications, and products for data processing
- PDR** : Pièces De Rechange
- VBA** : Visual Basic for Application
- S.A** : Sans Bouchon
- A.B** : Avec Bouchon
- CAO** : Cutting Area Optimization
- CmK** : Capabilité machine
- CFA** : Crimping Force Analytic
- TBF** : Temps de Bon Fonctionnement
- MTBF** : Mean Time Between Failures (Temps entre deux défaillances)
- MADS** : Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes
- MOSAR** : Méthode Organisée Systemique d'Analyse des Risques

Introduction générale

La maintenance industrielle représente une fonction stratégique de l'entreprise. En effet, ce service doit être géré de manière efficace afin d'assurer une disponibilité maximale des installations de production. YAZAKI MOROCCO MEKNES est une nouvelle filiale du groupe YAZAKI CORPORATION, leader mondial dans le domaine du câblage automobile. Cette entreprise comporte trois zones de production, chacune dispose d'un parc machine qui nécessitent des outils permettant l'opération de sertissage. Donc, Notre projet sera focalisé sur les outils de sertissage, sur l'amélioration de leur performance de maintenance qui joue un rôle primordiale pour éviter toute sorte de défaillance pouvant nuire à l'entreprise.

Les outils de sertissage présentent des pannes et des dysfonctionnements récurrents ce qui affecte beaucoup la productivité. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce projet de fin d'étude intitulé : **Amélioration de la performance de la gestion de la maintenance et mise en place d'un plan de continuité d'activité des outils de sertissage**. En effet, au premier lieu, nous devons analyser la situation actuelle selon l'audit de maintenance YVES LAVINA en agissant sur 11 domaines afin de déceler les problèmes de la zone, leur causes, et proposer par la suite des axes d'amélioration de la maintenance en élaborant des manuels de la maintenance préventive et curative ,réalisant une plateforme de recherche des pièces de rechange des outils de sertissage, puis faire une étude de la fiabilisation de ces pièces suivant la loi de weibull pour assurer la sureté de fonctionnement des outils de sertissage . De plus, il nous est demandé de réaliser un plan de secours de ces outils afin de pallier aux arrêts inévitables et atténué de leur gravité. Nous allons effectuer une analyse de risque en se basant sur la méthode MADS-MOSAR afin de tirer les scénarios d'arrêts les plus critiques que nous allons prendre en considération et les traiter dans le plan, dans le but de contrôler les situations d'urgence et minimiser ses conséquences non souhaitées.

Ainsi, ce rapport sera réparti en quatre grands chapitres dont le premier sera consacré à la présentation de l'entreprise, le cadre général du projet et la démarche de travail. Ensuite le deuxième chapitre comportera une analyse de l'existant qui nous permettra de déterminer les domaines de faiblesse que nous devons améliorer tout au long de l'étude. Puis le troisième chapitre traitera le volet de l'amélioration de la qualité de la gestion de la maintenance des outils de sertissage et où on quantifiera les gains. Enfin le quatrième chapitre se focalisera sur la mise en place du plan de contingence des outils de sertissage afin de pallier aux arrêts inévitables et pouvoir débloquent la situation.



CHAPITRE I

Contexte général du projet

Ce chapitre traitera les points suivants :

- La description des activités de l'entreprise, les départements qui existent ainsi que son processus de fabrication.
- Le cadrage du projet de fin d'études à savoir la présentation de la problématique, du cahier des charges et la démarche de travail adoptée.

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le groupe **YAZAKI** et les activités de l'entreprise, les départements qui y existent ainsi que son processus de fabrication. Ensuite, nous allons consacrer la deuxième partie de ce chapitre pour la présentation de la problématique, du cahier des charges et de la démarche de travail adoptée.

2. Présentation du groupe YAZAKI

2.1 Généralités

Le groupe YAZAKI est une multinationale japonaise qui a été créé en **1941** par le père SADAMI YAZAKI. Elle compte parmi les plus grands concepteurs et fabricants mondiaux des systèmes de câblages pour automobile.

YAZAKI a d'autres activités à savoir :

- La fabrication des fils et composants électriques.
- La fabrication des produits de gaz.
- La climatisation.

Le graphique suivant représente la part de chaque activité dans le chiffre d'affaires global de la société :

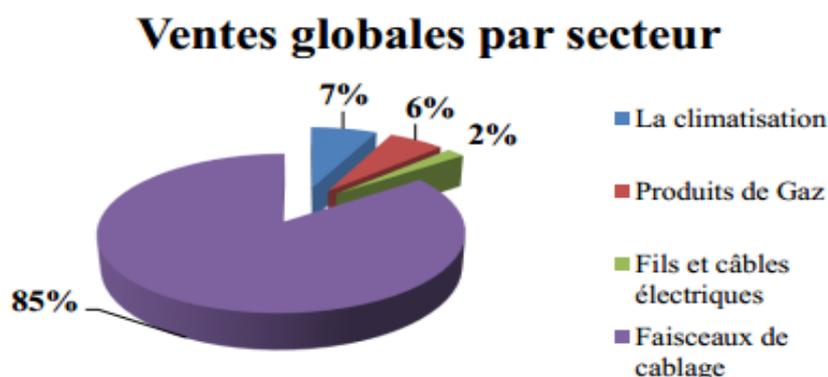


Figure 1 : Ventes globales par secteur du groupe YAZAKI

Sur le marché du câblage, figure parmi les leaders au niveau mondial, grâce au niveau de qualité et aux prix compétitifs qu'elle offre.

- Elle emploie plus de 250.000 employés, répartis sur 160 sociétés dans le monde.
- Elle dispose de plus de 35% de la part globale du marché d'équipementiers.
- Elle produit pour différents clients, dont le graphique ci-après représente les principaux :



Figure 2 : Les principaux clients de YAZAKI

YAZAKI Corporation est devenue une firme mondiale depuis qu'elle est présentée sur les 5 continents. Elle a choisi une structure d'organisation géographique et de ce fait, elle avait trois unités fédératrices qui siègent :

- Une pour l'Europe et l'Afrique du Nord.
- Une pour l'Amérique.
- Une pour l'Asie et l'océan Indien.

Le graphique ci-dessous représente la localisation mondiale de YAZAKI :

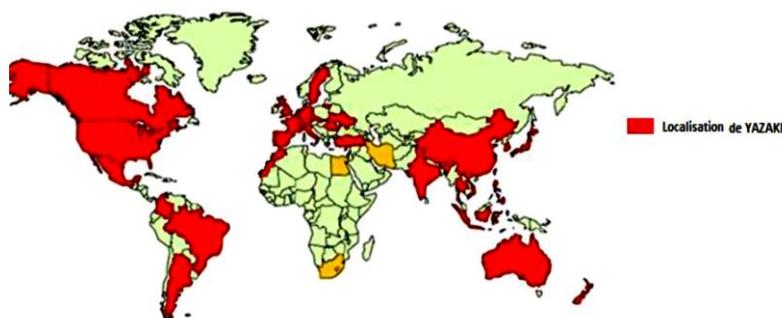


Figure 3 : Localisation mondiale de YAZAKI

3. YAZAKI MOROCCO MEKNES

YAZAKI MEKNES a installé son site provisoire en juin 2013. Actuellement **YAZAKI MOROCCO MEKNES** est considérée comme une unité complètement indépendante bien que son site officiel ne voie le jour qu'en juillet 2015.

- Le seul client d'YMM est Renault.
- Les projets d'YMM sont :
 - Projet W95 – Renault Megan (en 2013) ;
 - Projet JFC – Renault Espace (janvier 2015) ;
 - Projet XFB – Renault Megan (septembre 2015) ;
 - Projet XFA – Renault Scénic (Novembre 2015) ;
 - Projet X07- Renault smart (Avril 2017) ;
 - Projet X10 – Renault Zoe (Mars 2018).

3.1 Fiche signalétique

Raison Sociale	YAZAKI MOROCCO MEKNES
Forme Juridique	<u>Société Anonyme</u>
Date De Création	<u>05/03/2013</u>
Activité	<u>Câblage Automobile</u>
Effectif Total	<u>2900</u>
Capital	<u>500.000.000 DH</u>
Adresse	<u>ilot UL2 Zone Agro-polis</u> <u>BP S72 MEKNES CD 50000</u>
Site	<u>www.yazaki-europe.com</u>

Tableau 1 : Fiche signalétique de YAZAKI MOROCCO MEKNES

3.2 Organigramme de l'entreprise

L'organigramme suivant représente la structure hiérarchique générale d'YMM :

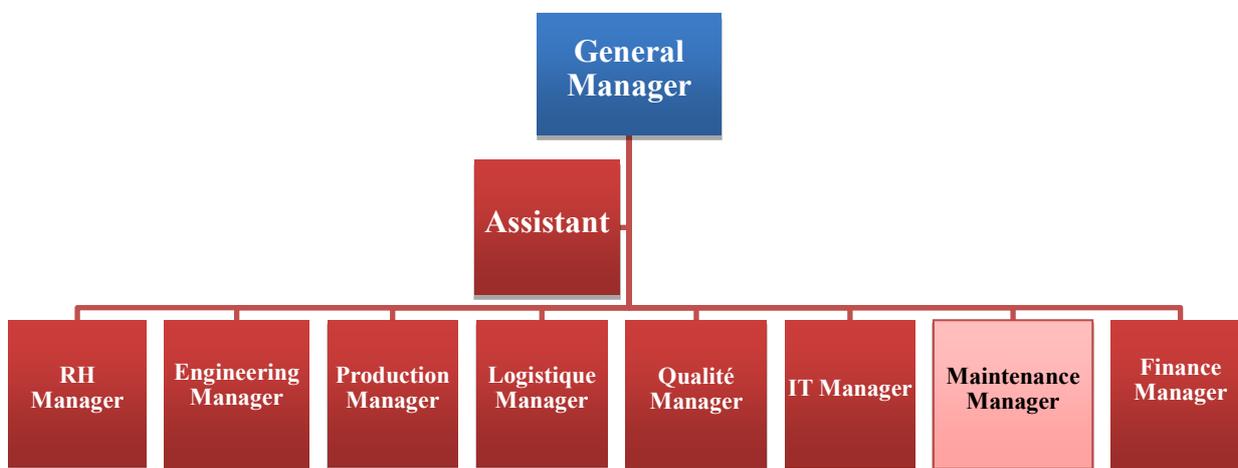


Figure 4 : Organigramme général de YAZAKI MOROCCO MEKNES

Cet organigramme présente une structure fonctionnelle qui repose sur les différentes fonctions exercées au sein de l'organisation. La communication entre les membres est à la fois verticale (selon la voie hiérarchique définie), et horizontale (coopération entre les niveaux hiérarchiques parallèles).

3.3 Présentation des départements

Le groupe **YAZAKI** a une structure, une organisation et un règlement intérieur propre à lui. **YMM** est organisée suivant plusieurs départements, chacun d'eux a des tâches spécifiques à accomplir :

- **Département ingénierie** : il se charge d'adapter les procédés de fabrication aux nouveaux projets conformément aux règles définies par le Top Management.
- **Département logistique** : il gère l'approvisionnement, la réception, l'expédition et le stockage de la matière première. Il doit assurer aussi la livraison du produit fini avec le

minimum de charges possibles. Ce département s'occupe aussi de la planification du besoin via le système SAP.

- **Département qualité** : il gère le système qualité de l'entreprise et veille à la vérification des exigences dans chaque phase du processus de production.
- **Département IT** : il s'occupe du système informatique de l'entreprise.
- **Département de finance** : il permet d'assurer les fonctions financières et comptables de l'entreprise, à savoir gérer les masses salariales des employés et le calcul des couts de production des câbles.
- **Département maintenance** : il s'occupe de maintenir les équipements en marche via des objectifs de disponibilité tout en intervenant en cas de défaillance.
- **Département production** : il a pour principale mission d'assurer la production tout en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.
- **Département ressources humaines** : il a pour rôle de gérer l'effectif du personnel afin de répondre à la demande des différents services de l'entreprise tout en assurant des formations continues afin de maintenir le niveau de performance des différents collaborateurs.

4. Processus de production de YAZAKI MOROCCO MEKNES

Le site d'YMM est spécialisé dans la fabrication des faisceaux électriques. Ces derniers ont pour fonctions principales d'alimenter en énergie les équipements de confort (lève-vitres) et certains équipements de sécurité (airbag, éclairage), de transmettre les informations aux calculateurs, etc. Le parcours des faisceaux dans le véhicule définit son architecture électrique qui peut être complexe et surtout variée. Le faisceau électrique est constitué d'un ensemble de conducteurs électroniques, terminaux, connecteurs et matériels de protection. Un faisceau se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre elles. Cette subdivision est très utile pour faciliter certaines tâches pour le client, notamment le montage dans la voiture et la réparation en cas de panne du fonctionnement électrique.



Figure 5 : Exemple d'un faisceau électrique

4.1 Types de faisceaux électriques

Le câblage de l'automobile se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre eux ce qui permet de faciliter le montage du faisceau dans la voiture et sa réparation en cas de panne. Les types de câblage sont répartis comme suit :

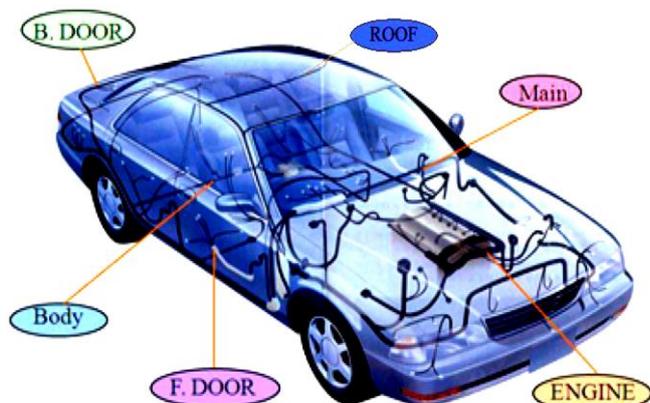


Figure 6 : Les différents types des faisceaux électriques

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

4.2 Composants du câble électrique

Fil électrique : utilisé pour conduire le courant électrique avec le minimum de perte possible, il est composé des filaments de cuivre et de l'isolant. Il est défini par : sa couleur, sa section, et son espèce.

Terminal : les terminaux sont des accessoires qui assurent une bonne connectivité avec un minimum des pertes possibles. Les composants du terminal sont :

- 1- Saillance de ligament
- 2- Lance du terminal
- 3- Saillance de conducteur
- 4- Boca de Sino
- 5- Saillance d'isolent
- 6- Ato-Ashi

Connecteur : les connecteurs sont des pièces qui contiennent des cavités où les terminaux sont insérés. Cette opération assure la connexion entre les terminaux mâles femelles pour établir un circuit électrique fermé. Un verrouillage mécanique permet à la fin de bloquer cette connexion.

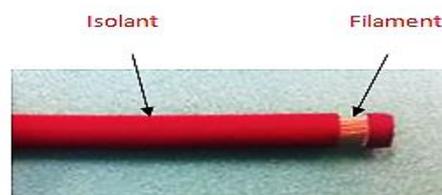


Figure 7 : Fil électrique utilisé dans un faisceau

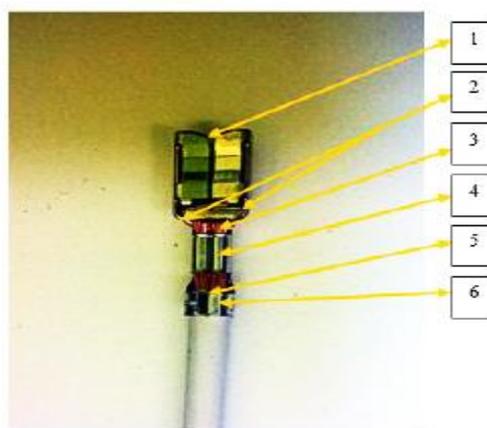


Figure8 : Composants d'un terminal



Figure 9 : Connecteur électrique

Accessoires : On entend par accessoire tout autre composant qui entre dans la fabrication du produit fini. Ce sont des composants qui assurent la protection et l'isolation du câble au moyen des rubans d'isolement, des tubes, des bouchons, des couverts... On trouve aussi les fusibles qui protègent le câble contre les défauts de courants et les clips qui permettent de fixer le câble dans la carrosserie de l'automobile.

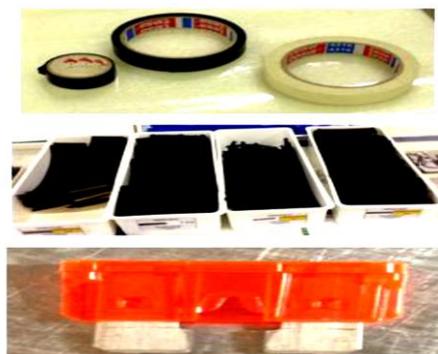


Figure 10 : Accessoires d'un faisceau électrique

4.3 Flux de production

Le flux de production qu'adopte YAZAKI Morocco Meknès et illustré dans la figure suivante. En effet, il passe par 3 grandes étapes distinctes : la coupe, le pré-assemblage, et l'assemblage.



Figure 11 : Flux de production d'un faisceau électrique

La zone de coupe P1

Cette zone contient les machines KOMAX et SCHLEUNIGER. Ces dernières réalisent la coupe, et le dénudage des fils, KOMAX réalise aussi le sertissage. Une fois les opérations exécutées, on obtient un circuit.

Elle contient aussi les machines ULMER, et METZNER qui permettent de couper les tubes d'isolants ainsi que d'autres protections de câble.

- **Le sertissage** C'est l'opération qui permet la liaison mécanique entre le terminal et un ou plusieurs fils électriques à l'aide d'un outil appelé **Applicateur (figure15)**.
- **Le dénudage** est l'opération qui consiste à enlever une partie de l'isolant située sur l'extrémité du fil à l'aide des lames de la machine de coupe.

Les types de fils produits dans la zone de coupe P1 sont :

- **Fil simple fini** : contient deux connexions sur les deux extrémités de fil. Le sertissage des terminaux est assuré automatiquement par la machine KOMAX.
- **Fil simple non fini** : contient une seule connexion dans l'une des extrémités du fil. Ces fils nécessitent un passage par la zone de pré-assemblage.

- **Fil double** : contient trois connexions, une sur l'extrémité commune des deux fils et les deux autres sur les deux extrémités des fils.

La zone de pré-assemblage P2

La zone de préparation présente l'étape intermédiaire dans le processus de fabrication des faisceaux. En effet, certains circuits sont finalisés au niveau de la coupe et passent directement vers la zone de montage pour être utilisés, d'autres circuits selon leur nature (torsadé, grande section...) passent par l'une ou toutes les étapes de préparation suivantes :

- **Le sertissage manuel** : C'est l'opération qui assemble le fil avec son terminal, elle a pour but d'assurer la liaison électrique.
- **Le twisting** : C'est l'assemblage en tordant deux fils l'un autour de l'autre en hélice circulaire à un pas constant en respectant l'exigence du nombre de spire / mètre.
- **L'épissurage** : cette opération consiste à souder deux fils entre eux en utilisant le procédé de soudage par ultrason.

La zone d'assemblage P3

C'est dans cette zone que se fait le montage des produits semi-finis et composants dans des tableaux appelés JIG afin d'obtenir le câble final. Cette zone est décomposée en plusieurs postes qui réalisent des tâches spécifiques. Dans chaque poste, l'opérateur réalise sa tâche selon le schéma de travail qui contient les ordres et les références. Les tableaux (JIG) sont fixés dans une chaîne mobile qui avance au rythme de la cadence de production.



Figure 12 : JIG de la zone d'assemblage

En ce qui concerne le reste des opérations de la zone d'assemblage, elles sont détaillées dans le schéma suivant :

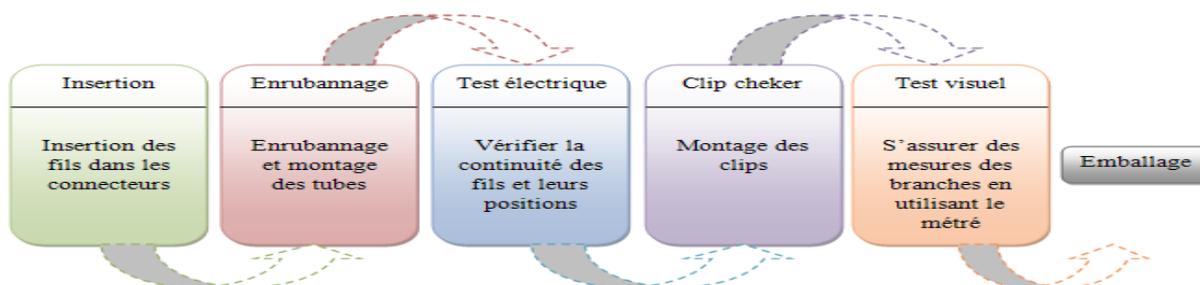


Figure 13 : Schéma des opérations de la zone d'assemblage

5. Cadre général du projet

5.1 Contexte général

Une grande multinationale comme YAZAKI vise toujours à l'amélioration continue de son processus de production avec les méthodes adéquates et le minimum des moyens. En outre, une telle amélioration ne peut être réalisée qu'avec la collaboration du service maintenance, dont le rôle est d'assurer la disponibilité des machines au niveau des chaînes de production et éviter toute sorte de défaillance pouvant nuire à l'entreprise. Cette disponibilité est affectée principalement par les arrêts, que ce soit ceux des machines ou ceux des opérateurs vu que l'industrie de câblage se base essentiellement sur l'activité manuelle.

Afin de pouvoir améliorer la politique de la maintenance et permettre qu'elle soit performante, nous devons tout d'abord déterminer les anomalies de son fonctionnement en faisant un audit ; ensuite nous devons chercher les causes de ce dysfonctionnement pour une meilleure traçabilité afin de proposer des solutions.

Notre projet consiste à améliorer la qualité de la maintenance des outils de sertissage dans la zone de coupe et la zone de pré-assemblage, puis la réalisation d'un plan de continuité d'activité qui permettra de ficeler les scénarios critiques pour aider à contrôler les situations d'urgence et à minimiser les conséquences négatives.

5.2 Cahier des charges

Le cahier des charges est un document par lequel le demandeur exprime son besoin en termes de fonctions de service et de contraintes « AFNOR ».

Il permet plus particulièrement :

- De définir précisément la situation à améliorer,
- D'identifier clairement les besoins du projet,
- De préciser les objectifs de l'intervention et les résultats attendus,
- De définir les responsabilités et les rôles respectifs des parties engagées dans l'intervention.

5.2.1 Expression du besoin

Amélioration de la performance de la gestion de la maintenance et la mise en place d'un plan de continuité d'activité des outils de sertissage.

5.2.2 Auteurs du projet

- Maître d'ouvrage : YAZAKI MOROCCO MEKENES une entreprise de câblage automobile.
- Maître d'œuvre : Présenté par TAOUIL Meryem et sous l'encadrement de :

- Mr.Ghassane AIT YOUSSEF : Responsable Process
- Mr. Abdelouahhab JABRI: Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès

5.2.3 Contexte pédagogique

Ce projet s’inscrit dans le cadre de projet industriel de fin d’études pour l’obtention du Master en Sciences et Techniques, spécialité Génie Mécanique et Productive, option Conception et Développement des produits délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

5.2.4 Limite du projet de fin d’étude

Lieu : La zone de coupe et de pré-assemblage.

Durée : De 02 février 2017 au 07 juin 2017.

5.2.5 Constitution du groupe de travail

Le groupe de travail est constitué de :

- Manager technique.
- Responsable de la maintenance de la zone de coupe et de pré-assemblage.
- Responsable Process.
- Responsable stock.
- Techniciens de maintenance.

5.2.6 Démarche du projet

La démarche que nous allons adopter pour la résolution des problèmes de la zone de coupe va consister en quatre étapes : il s’agit de l’identification du problème, de la recherche des causes, de la recherche des solutions et de l’implantation des solutions

5.2.7 Planning du projet

Pour bien s’organiser et arriver à 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 :

Nom de tâche	Date de début	Date de fin
Formation générale sur l’entreprise	02/02/2017	08/02/2017
Assimilation du processus	09/02/2017	10/02/2017
Découverte du périmètre du projet	13/02/2017	17/02/2017
Audit de maintenance des outils de sertissage	20/02/2017	27/02/2017
Analyse de résultats et détermination des points à améliorer	27/02/2017	28/02/2017
Analyse des modes de défaillance des outils de sertissage	01/03/2017	10/03/2017
Gestion de stock des PDR	13/03/2017	27/03/2017
Elaboration d’une plateforme électronique	28/03/2017	07/04/2017
Préparation des manuels de la maintenance préventive et curative	10/04/2017	20/04/2017
Estimation des gains générés par le projet	21/04/2017	28/04/2017
Analyse des risques des outils de sertissage	01/05/2017	16/05/2017
Mise en place d’un plan de contingence	17/05/2017	03/06/2017

Tableau 2 : Planning du projet

Le diagramme GANTT (**Annexe I**) détaille plus les durées et les tâches nécessaires pour l'accomplissement du projet.

5.3 Démarche de travail

La démarche de l'étude est la suivante :

- Définition des problèmes, les contraintes et les objectifs.
- Collection des données.
- Identification et analyse des causes des problèmes détectés.
- Elaboration des plans d'actions.
- Implémentation des actions.
- Estimation des gains.

6. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté le groupe YAZAKI Morocco Meknès ainsi que le contexte général du projet, le cahier de charge et la méthode de travail.

Dans le deuxième chapitre, Nous allons effectuer une analyse de l'existant qui nous a permis de sortir les points non conformes afin de les améliorer.



CHAPITRE II

Analyse de l'existant et identification des problèmes

Ce chapitre traitera les points suivants :

- Une analyse de la situation actuelle à travers un diagnostic de l'état de la gestion de la maintenance.
- Identification des problèmes rencontrés et Détermination des pièces critiques menant aux arrêts des outils de sertissage.

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire un diagnostic et une analyse de l'existant qui nous donne une idée sur la situation actuelle afin de déterminer les causes menant aux arrêts des outils de sertissage. Puis nous allons déterminer les pièces de rechange les plus critiques à savoir leurs causes et leurs effets.

2. Analyse de l'existant

2.1 Généralités sur l'audit YVES LAVINA

2.1.1 Définition de l'audit de la maintenance

L'audit, selon la norme ISO 9000/2000, est un «processus méthodique, indépendant et documenté permettant d'obtenir des preuves d'audit et de les évaluer de manière objective pour déterminer dans quelle mesure les critères d'audit sont satisfaits ». L'audit de la maintenance permet de déterminer les forces de l'organisation de la maintenance pour favoriser les améliorations et identifier les domaines et les zones de faiblesses pour les corriger. Il donne une vue de la structure, des relations, des procédures et des personnes aux pratiques recommandées de la maintenance.

2.1.2 Présentation de la méthodologie YVES LAVINA

Pour auditer la fonction maintenance, on a adopté la méthodologie d'YVES LAVINA qui se procède en quatre étapes :

1. Collecte d'informations à l'aide d'un questionnaire ;
2. Analyse et évaluation des résultats obtenus ;
3. Détermination des objectifs à atteindre ;
4. Elaboration du plan d'amélioration ;

La méthode YVES LAVINA consiste à analyser le fonctionnement de la maintenance en se basant sur un questionnaire qui couvre douze rubriques et compte cent vingt questions.

Les questions proposées comportent les options de réponse suivantes :

- Oui : pour une affirmation exacte et toujours vérifiée ;
- Non : pour une affirmation fautive et jamais vérifiée ;
- Plutôt oui ou plutôt non si l'on n'est pas totalement affirmatif ou totalement négatif ;
- Pas d'avis (Ni oui Ni non) : si l'une des options précédentes ne convient pas ;

Les domaines de management de la maintenance dans la méthode adoptée sont :

- **Organisation générale:** Cette rubrique couvre les procédures générales d'organisation et les règles selon lesquelles est établie la politique de la fonction maintenance.

- **Méthode de travail:** Elle comprend la planification et la préparation du travail, les types d'interventions et la méthodologie utilisée pour les interventions.
- **Suivi technique des équipements:** Il regroupe toutes les actions d'analyse et de traitement, menées en vue de choisir correctement, en fonction des objectifs, de la disponibilité et de coûts, le type de maintenance (préventive ou corrective) adapté à chaque équipement.
- **Gestion du portefeuille des travaux:** Cette rubrique couvre le traitement des demandes d'interventions et la gestion des plannings de maintenance, en particulier, préventive.
- **Gestion des pièces de rechange:** Cette rubrique s'intéresse à la manière selon laquelle est géré le stock des PDR dont une gestion défailante peut être à l'origine d'un nombre important de problèmes.
- **Achats des pièces et matières:** Il s'agit de vérifier si les procédures permettront de s'approvisionner (Commandes, contrats et marchés) dans de bonnes conditions, auprès des fournisseurs les plus appropriés.
- **Organisation matérielle des ateliers:** Vise à évaluer l'organisation et les conditions de travail des responsables maintenance.
- **Outillage de maintenance:** Le métier de maintenance requiert un outillage pointu capable de répondre à tous les besoins de manœuvre et de test. Sans un outillage adéquat, il est impossible de prétendre à une maintenance efficace.
- **Documentation technique:** Une bonne documentation, avec un succès aisé et bénéficiant d'une mise à jour systématique présente un excellent support technique pour le développement de la fonction maintenance, et la réduction des temps d'arrêts.
- **Personnel et formation:** Cette rubrique concerne l'évaluation de la qualification des agents de la maintenance et des conditions de leur travail.
- **Sous-traitance:** Cette rubrique évalue la gestion de la sous-traitance par le service maintenance, et s'assure de sa capacité à choisir les bons contrats, d'évaluer les sous-traitants et de contrôler les suivis de sous-traitance sur sites.
- **Contrôle de l'activité:** La gestion de la maintenance nécessite un contrôle rigoureux et permanent. Pour cela, on a besoin de moyens de synthèse, à travers lesquels, on peut avoir un volume d'informations exploitables pour évaluer les performances et l'efficacité de la fonction maintenance en temps réel ainsi que les actions correctives à mener en cas de dérive.

2.2 Réalisation de l'Audit de la maintenance

Un programme efficace de gestion de la maintenance ne peut être fait sans connaître l'état actuel du service, les ressources disponibles, la façon dont les pièces de rechange sont gérées, les processus de maintenance déjà implantés et les priorités accordées aux outils de sertissage et les criticités de leurs pièces de rechange. Pour y parvenir, il faut utiliser une méthodologie de diagnostic qui repose sur deux piliers :

- Infrastructure managériale
- Système opérationnel

Pour répondre aux exigences du premier pilier, nous proposons un questionnaire inspiré des travaux de LAVINA. Ce questionnaire est établi en 11 rubriques. Pour chaque rubrique, une série de questions est posée.

Le deuxième pilier nécessite une exploitation de l'historique des interventions afin de pouvoir quantifier les indicateurs parlant du service maintenance.

2.2.1 Déroulement du diagnostic

Pour bien mener ce diagnostic, les questionnaires de LAVINA sont remplis en collaboration avec les responsables du service maintenance, En effet, il est mieux placé pour répondre aux questions au regard de son expérience et de son statut. Les réponses possibles sont :

Réponse	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis	Pas d'avis	Plutôt non	Non
Signification	Si l'on est totalement en accord	Si l'on n'est pas totalement en accord	Tendance vers l'accord	Tendance vers le désaccord	Si l'on n'est pas totalement en désaccord	Si l'on est totalement en désaccord
Barème	50	40	30	20	10	0

Tableau 3 : Barème proposé à l'audit Yves Lavina et sa désignation

Chaque rubrique comprend une série de questions. Pour répondre à chaque question, il suffit de cocher dans la colonne se rapprochant le plus de l'appréciation relative à la question posée. la réponse est évaluée en fonction de l'importance de la question. A la fin de chaque rubrique, nous déterminons un score. L'obtention des réponses sur chaque module constituant le questionnaire, nous permettra d'apprécier l'organisation de la maintenance mais aussi de ressortir les points faibles à traiter, afin de proposer les améliorations. Les questionnaires sont montrés à l'**Annexe II**.

2.2.2 Résultats trouvés après le diagnostic

Les questions sont notées de 0 à 50, le score de chaque rubrique est calculé par addition des notes des différentes questions. Le score maximal est égal au nombre de questions fois 50, ainsi le niveau de satisfaction est calculé par le quotient du score obtenu sur le score maximal.

Le tableau suivant représente les résultats de l'audit pour les modules traités :

Rubriques du questionnaire	Score obtenu	Score maximal	Pourcentage de satisfaction
Organisation générale	500	550	90,90%
Méthode de travail	350	550	63,63%
Suivi technique des équipements	460	550	83,63%
Gestion de portefeuille de travaux	460	550	83,63%
Gestion de stock des PDR	340	500	68%
Organisation matérielle de l'atelier maintenance	390	450	86,66%
Outillage	390	450	86,66%
Documentation technique	290	400	72,5%
Personnel et formation	580	700	82,85%
Contrôle de l'activité	410	450	91,11
EHS de la maintenance	350	350	98%
SCORE TOTAL	4520	5500	82,18%

Tableau 4 : Résultats de l'audit de la maintenance Yves Lavina

Afin de mieux visualiser les résultats, nous les avons représentés sous forme de radar dans la figure ci-dessous :

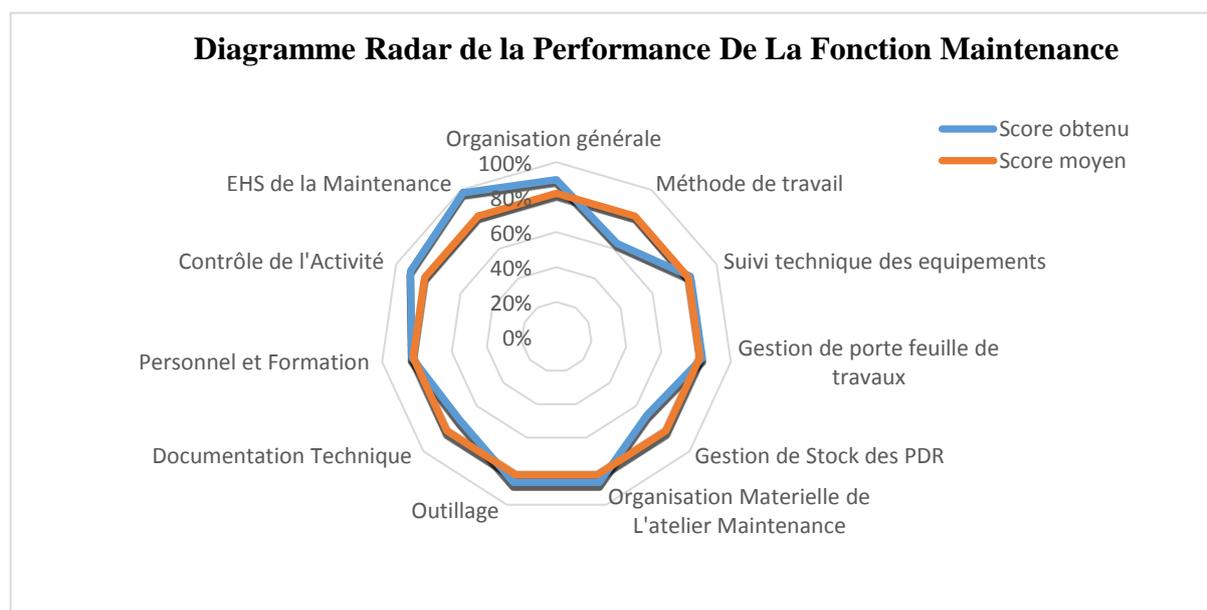


Figure 14 : Radar récapitulatif des résultats de l'audit maintenance Yves Lavina

L'analyse du graphique obtenu (figure 14) permet de relever les modules qui présentent une carence au niveau du pourcentage de satisfaction, par rapport à la moyenne, et qui nécessitent des actions d'amélioration. Ces modules sont :

- **Méthode de travail ;**
- **Gestion de stock des PDR ;**
- **Documentation technique ;**

3. Dysfonctionnement du service maintenance

L'audit de la maintenance YVES LAVINA nous a donné une idée sur les écarts entre la situation actuelle et la situation de fonctionnement parfaite des différents domaines du service maintenance. Cela nous a permis de trouver trois points faibles sur lesquels on va focaliser notre étude pour pouvoir améliorer la situation actuelle. Le tableau suivant représente les problèmes rencontrés pour chaque point :

Domaines faibles	Problèmes rencontrés
Méthode de travail	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se baser uniquement sur les archives ▪ Prendre beaucoup de temps pour chercher les références des pièces des outils de sertissage ▪ Perdre les documents contenant les références des outils de sertissage ▪ Confondre entre les références de chaque type des outils de sertissage
Documentation technique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Absence d'un plan de maintenance curative et préventive ▪ Les opérations de la maintenance préventive et curative ne sont pas trop détaillées ▪ Les durées des interventions ne sont pas respectées
Gestion de stock des PDR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mauvaise gestion de stock ▪ Quantité à commander inconnue

Tableau 5 : Problèmes rencontrés au niveau de la maintenance

Après avoir analysé l'existant et sonder les écarts entre la situation actuelle et la situation de fonctionnement parfait, nous avons pu déterminer les principaux problèmes du service maintenance que nous devons traiter par la suite.

3.1 Etude AMDEC des outils de sertissage

Le tableau ci-dessous résume les tâches à effectuer dans cette partie de notre étude :

Etapes de l'étude	Méthodes et outils
<p>Initialisation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Orienter l'étude ▪ Collecte des informations 	<p>Rassembler les informations nécessaires au bon déroulement du projet (dessin de définition, caractéristique machine, historique des pannes)</p>
<p>Analyse fonctionnelle du produit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ identification fonctionnelle du besoin ▪ construire les graphes des interactions dans les différentes situations de vie afin de formuler les fonctions principales et de contraintes ▪ mettre les éléments du milieu extérieur en relation avec le produit ▪ hiérarchiser les fonctions de services 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bête à corne ▪ Diagramme pieuvre
<p>Analyse des causes, des effets et estimation de la criticité</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ analyser qualitativement les modes, causes, effets et détection des défaillances ▪ évaluer les effets des défaillances : hiérarchiser en fonction de certains critères (gravité, fréquence...) ▪ établir des actions préventives de manière à diminuer cette criticité 	<p>Tableau AMDEC</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grille de cotation des paramètres de criticité ▪ Suivre des arrêts machine

Tableau 6 : Démarche de l'étude AMDEC

3.2 Analyse fonctionnelle des outils de sertissage

Description des outils de sertissage

L'appliqueur est un outil de sertissage, il se compose principalement de trois éléments : la RAM, la Frame et la Base. Il permet de sertir le terminal avec le fil électrique. Cette fonction est assurée grâce au mouvement alternatif de la RAM (Figure). Chaque appliqueur est identifié par un code inventaire unique. Il comporte une étiquette contenant : un code terminal, un code inventaire, un code barre pour scan, le projet, la machine, et la section du fil.



Figure 15 : Outil de sertissage (appliqueur)

Composants des outils de sertissage

La Ram : Elle représente la partie active de l'applicateur, elle se Guide dans un logement usiné dans le corps (la Frame), il contient les éléments de sertissage supérieurs tels que lame (Wire) et couteau de coupe (insulation) et la partie servant au réglage des hauteurs de sertissage(Shank) en fonction des dimensions des fils à sertir. Le terminal passe sous le guide plat, ce qui impose que le pas de passage doit être parfaitement réglé car chaque mouvement alternatif de la RAM doit correspondre à un pas de terminal.

La Frame : C'est l'élément responsable du guidage en translation de la RAM et qui contient les éléments nécessaires pour l'avancement du terminal.

La base : La base est le support de tous les éléments de l'applicateur, elle a pour fonction principale est de guider la bande du terminal.

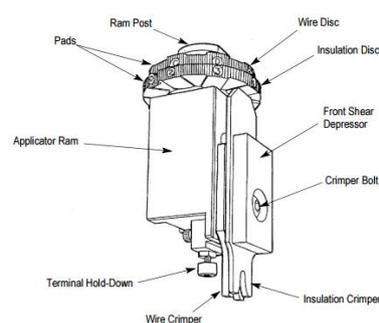


Figure 16 : le coulisseau de l'applicateur (RAM)

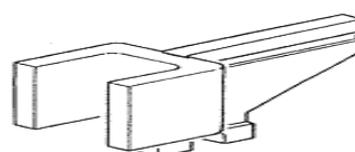


Figure 17 : le corps de l'applicateur (Frame)

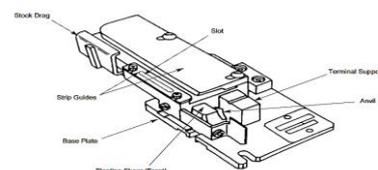


Figure 18 : la base de l'applicateur

Les pièces de rechange des outils de sertissage sont nombreuses. Cependant, les pièces d'usure les plus fréquemment changées sont : Wire Crimper, Insulation Crimper, Anvil. Ces trois pièces de l'unité de sertissage sont appelées « Crimping Dies ».

Le schéma suivant représente toutes les pièces de rechange d'un outil de sertissage :

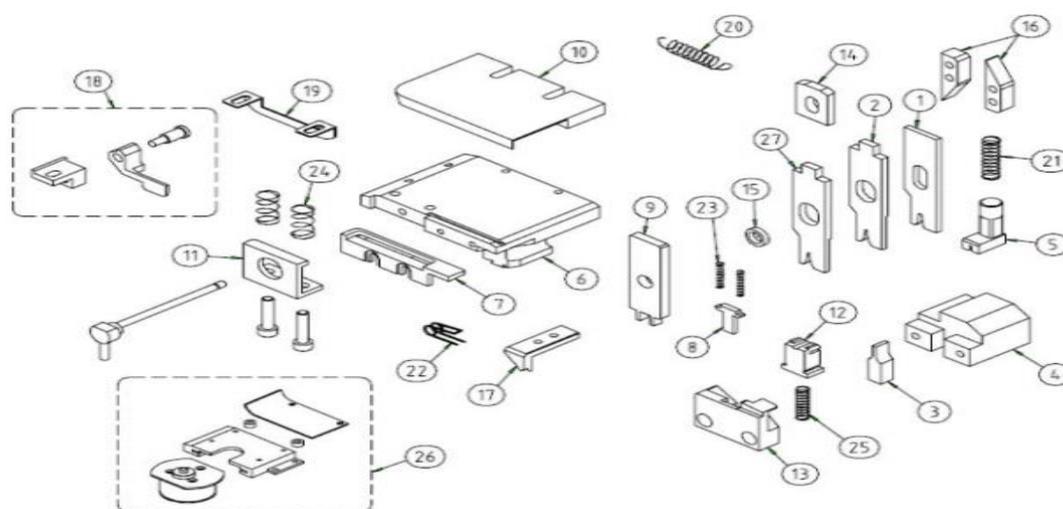


Figure 19 : Pièces de rechange des applicateurs

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

Unité	N°	Pièce de rechange
Unité de sertissage	1	Wire Crimper
	2	Insulation Crimper
	3	Anvil
Unité de guidage de la bande	6	Base
	10	Terminal guide plate A
	22	Terminal guide plate B
	11	Terminal holder
	24	Terminal holder spring
Unité du maintien en position	4	Anvil Holder
	5	Supporting Stopper
	21	Supporting Stopper Spring
	8	Wire Holder
	23	Wire Holder Spring
	15	Bush
Unité de coupe	9	Cutting punch
	12	Shearblade
	25	Shearblade spring
	13	Outer Shearblade
Unité d'alimentation	16	Feeding cam
	17	Feeding claw
	22	Feeding claw spring
	21	Return spring
Unité de réglage	14	Insulation Adjusting Pièce
Unité de sécurité	19	Terminal Scraper
	11	Wire Stopper Assy
Unité de lubrification	26	Terminal Oil Unit & Bracket

Tableau 7 : Pièces de rechange des applicateurs

Diagramme Bête à corne

Les figures ci-dessous représentent notre diagramme bête à corne et notre diagramme pieuvre des outils de sertissage (applicateurs) :

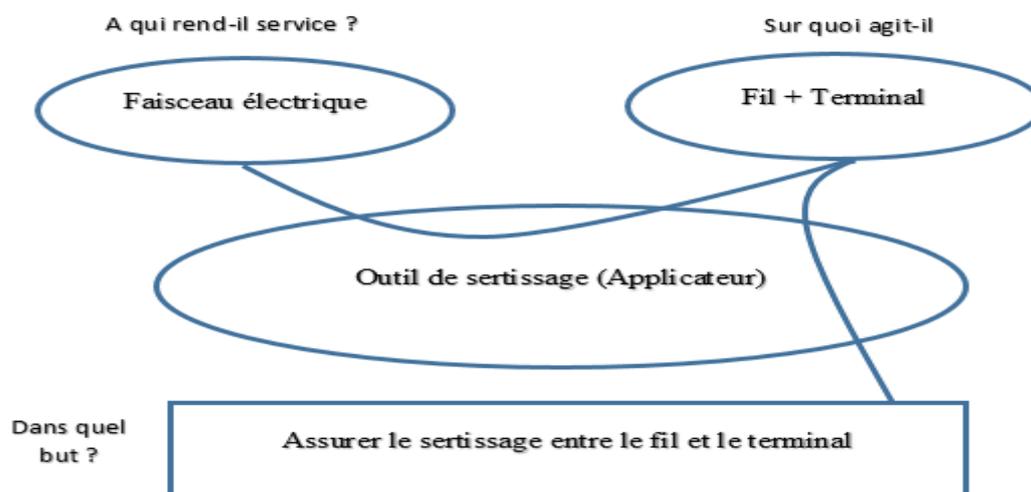
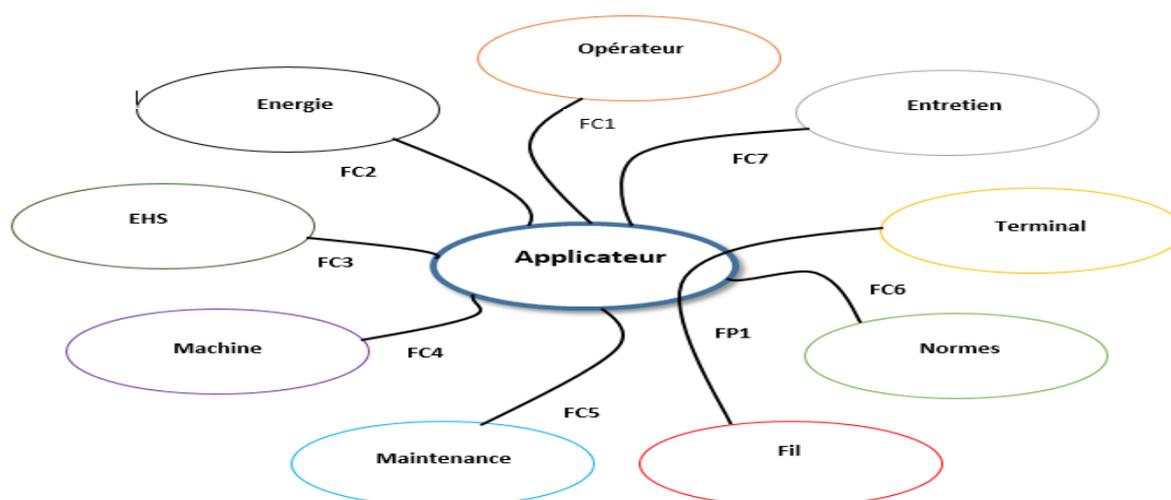


Figure 20 : Diagramme Bête à Cornes des outils de sertissage

Diagramme de Pieuvre**Figure 21** : Diagramme de Pieuvre des outils de sertissage

Les fonctions principales et les fonctions de contraintes de notre diagramme pieuvre sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Fonctions	Expressions
FP1	Assurer le sertissage entre le fil et le terminal.
FC1	Manipuler l'applicateur.
FC2	Assurer l'alimentation électrique des outils.
FC3	Respecter l'environnement et assurer la sécurité de l'opérateur.
FC4	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.
FC5	Assurer la disponibilité et la fiabilité de l'applicateur.
FC6	Appliquer les instructions indiquées par les normes.
FC7	Assurer le bon fonctionnement de l'applicateur.

Tableau 8 : Les fonctions d'adaptation et d'interaction**3.1.2 Etude AMDEC réalisée des outils de sertissage**

Les tableaux d'AMDEC ont été réalisés suite à une analyse approfondie de différents éléments des outils de sertissage (applicateurs), cette analyse vise à identifier toutes les pannes possibles en déterminant les modes de défaillance des différentes pièces, et identifiant les effets relatifs à chaque mode ainsi que leurs causes. À savoir que la criticité de la défaillance sera calculée selon la formule suivante :

$$C = G * F * D \quad (1)$$

Les tableaux ci-dessous représentent les grilles de rotation que nous avons réalisées avec les membres de l'équipe pour apprécier les niveaux de gravité, probabilité, et fréquence :

Niveau de gravité	Valeur	Définition
Mineur	1	Arrêt de production : moins de 15 minutes Aucune ou une pièce de rechange est nécessaire.
Moyen	2	Arrêt de production : de 15 minutes à une heure Pièces en stock.
Majeure	3	Arrêt de production : d'une heure à deux heures.
Grave	4	Arrêt de production : deux heures et plus Long délai de livraison.

Tableau 9 : Grille de cotation des gravités des défaillances pour AMDEC

Niveau de fréquence	Valeur	Définition
Très faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an.
Faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trois mois.
Moyen	3	Défaillance occasionnelle : moins d'une défaillance par semaine.
Elevé	4	Défaillance fréquente : plus d'une défaillance par semaine.

Tableau 10 : Grille de cotation des fréquences des défaillances pour AMDEC

Niveau de non détection	Valeur	Définition
Evident	1	Détection certaine, sirène, moyens automatiques, signes évidents
Possible	2	DéTECTABLE par l'opérateur, par des routes d'inspection, vibrations
Improbable	3	Difficilement détectable, moyens complexes (démontage, appareils)
Impossible	4	Indétectables, aucun signal

Tableau 11 : Grille de cotation des non détection des défaillances pour AMDEC

Le tableau suivant présente un extrait de l'analyse AMDEC effectuée sur le type d'applicateur 04. L'analyse complète est présentée dans l'**Annexe III** :

YAZAKI	Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités										
	Equipement : Applicateur 04 (Side feed)			Date de l'analyse : Mars 2017		Période : Du 1/03/2017 Au 10 /03/2017					
	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Actions correctives
F							D	G	C		
RAM	Insulation crimper	Assurer le sertissage au niveau de l'isolant	Usure	Monter l'insulation crimper en inverse -Mesure très basse du shank lors de non recours au cycle manuel.	-Variation de bellmouth -Mauvaise hauteur de la zone de contact avec l'isolant -Bouchon endommagé	- Par la loupe - Machine	4	3	3	36	Changement de la pièce
	Shank	Ajuster les mesures	Endommagement des ressorts	Discipline du travail	Endommagement des crimping dies	Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Cutting punch	Fixer le fil au moment du sertissage	Usure	-Anvil holder avancé ou reculé -Outer shear blade avancé ou reculé -Terminal bloqué	-Terminal torsé -Variation de bellmouth	- Par la loupe - Machine	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Feeding cam	Guider l'avancement du pas du terminal	Usure	-Mauvais centrage du terminal	Défaut de sertissage	Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce

Tableau 12 : Extrait du tableau AMDEC réalisé pour l'applicateur type 04

3.2 Hiérarchisation des défaillances

Après avoir terminé notre étude AMDEC et déterminé la criticité de chaque pièce de rechange, nous allons classer ces pièces pour chaque type d'applicateur en ordre décroissant de criticité, puis calculer le cumul et la fréquence pour chaque pièce en utilisant l'analyse PARETO afin de pouvoir tirer 20% des pièces responsables sur la majorité des anomalies représentant 80% de la valeur totale du stock et pouvoir par la suite étudier leur comportement de fiabilité et optimiser leur gestion de stock.

Le tableau suivant représente les pièces de rechanges classées en ordre de leurs criticités :

Pièces	Criticité	%	%Cumulé
Insulation crimper	36	20,00	20
Wire crimper	27	15,00	35
Anvil	18	10,00	45
Terminal guide plate A	18	10,00	55
Feeding claw	18	10,00	65
Stopper	18	10,00	75
Shear blade	12	6,66	81,66
Bush	12	6,66	88,32
Adjust rod	3	1,66	89,98
Pivot block	2	1,11	91,09
Feeding claw spring	2	1,11	92,2
Terminal Scraper	2	1,11	93,31
Com follower	1	0,55	93,86
Pivot collar	1	0,55	94,41
Feeding rod	1	0,55	94,96
Outer shear blade	1	0,55	95,51
Shank	1	0,55	96,06
Cutting punch	1	0,55	96,61
Terminal holder	1	0,55	97,16
Terminal guide plate B	1	0,55	97,71
Base	1	0,55	98,26
Ram guide plate A	1	0,55	98,81
Ram guide plate B	1	0,55	99,36
Feeding cam	1	0,55	99,91
Somme	180		

Tableau 13 : Résultats de la classification des causes

Ainsi nous avons pu tracer notre diagramme Pareto présenté dans la figure ci-dessous :

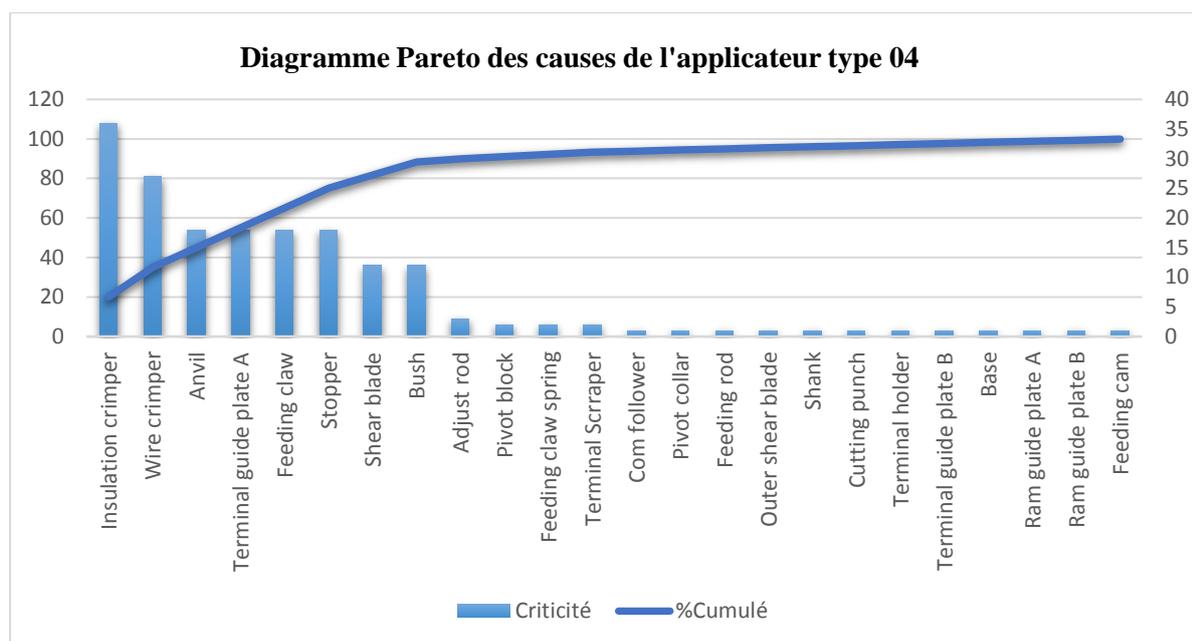


Figure 22 : Diagramme PARETO des causes

Le diagramme de PARETO ci-dessus nous montre qu'environ 80% des non-conformités dans le magasin sont dus essentiellement aux six principales causes qui sont :

- **Insulation crimper ;**
- **Wire crimper ;**
- **Anvil ;**
- **Terminal guide plate A ;**
- **Feeding claw ;**
- **Stopper ;**

Nos autres diagrammes de Pareto sont présentés en **Annexe IV**.

4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité la problématique de l'amélioration de la maintenance en commençant par une analyse de l'existant afin de juger les écarts entre la situation actuelle et la situation de fonctionnement parfaite. A partir de cela, nous avons pu déterminer les problèmes qui se résument dans la gestion du stock des pièces de rechange, la méthode de travail et la documentation technique. Ainsi nous avons pu déterminer les pièces les plus critiques à l'aide de l'analyse AMDEC et PARETO.

Dans le chapitre prochain on va agir sur chaque point en utilisant des actions amélioratrices afin de pouvoir diminuer ces dysfonctionnements.



CHAPITRE III

Amélioration de la qualité de la gestion de la maintenance des outils de sertissage

Ce chapitre traitera les points suivants :

- La planification des actions à mettre en œuvre pour corriger les dysfonctionnements.
- La vérification de l'efficacité des solutions mises en œuvre en mesurant l'écart entre la situation actuelle et celle d'avant.
- Le chiffrage des améliorations implémentées afin de pouvoir estimer les gains financiers du projet.

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons planifier des actions mises en œuvre pour corriger les dysfonctionnements. Ensuite nous allons vérifier l'efficacité des solutions implémentées en mesurant l'écart entre la situation actuelle et celle d'avant. Enfin nous allons chiffrer les améliorations réalisées afin de pouvoir estimer les gains financiers du projet.

2. Planification des actions amélioratrices

2.1 Gestion de stock des pièces critiques par la méthode « point de commande »

Dans la phase de la gestion de stock, nous allons utiliser la méthode de point de commande pour pouvoir calculer le point de commande et la quantité à commander « Quantité économique » en se basant sur l'historique de consommation qui vise à éliminer la rupture de stock.

2.1.1 Généralités sur la méthode point de commande

La méthode du point de commande consiste à **définir le niveau de stock à partir duquel une commande doit être passée** au fournisseur. Le point de commande s'appelle également seuil de commande ou seuil de réapprovisionnement c'est le niveau critique ou bien le stock d'alerte qu'on doit atteindre pour lancer la commande de la quantité économique qu'on aura besoin. Cette technique est utilisée essentiellement pour les articles de la classe A car elle demande un suivi des stocks entraînant un coût de gestion élevé.

Calcul du point de commande

Le point de commande se calcule suivant la formule suivante :

$$P_c = C_m \times D_a \times S_s \quad (2)$$

Avec :

C_m : La consommation moyenne

D_a : Le délai d'approvisionnement

S_s : Le stock de sécurité

Le stock de sécurité S_s est calculé en utilisant la relation suivante :

$$S_s = Z \times \sigma_c \quad (3)$$

Tel que :

Z : Coefficient de sécurité déduit du taux de service

σ_c : Ecart type de la consommation durant le délai d'approvisionnement.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x - \mu)^2} \quad (4)$$

Le coefficient de sécurité est dépendant du taux de service cible. On utilise la loi Normale pour le déterminer :

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%	2,32
0,5%	99,5%	2,58

Tableau 14 : Coefficient de sécurité en fonction du taux de rupture et le taux de service

Pour connaître la quantité économique de commande (Q_e) ainsi que les dates de passation de commande il est impératif d'employer la formule de Wilson qui est fondée comme suit :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 \times C_{pa} \times N}{t \times P_u}} \quad (5)$$

Avec :

N : Consommation annuelle prévue.

C_{pa} : Cout de passation de commande.

P_u : Prix unitaire.

t : Taux de possession du stock.

2.2 Elaboration d'un manuel de maintenance préventive et curative

Nous allons élaborer un rapport d'instruction qui englobe tous les points à vérifier durant l'opération de maintenance dans le but d'assurer une intervention fiable et efficace.

2.3 Elaboration d'une plateforme pour la recherche des PDR des applicateurs via le langage VBA

Nous allons réaliser une application pour la gestion des pièces de rechange des applicateurs en utilisant les Macros (Excel) pour faciliter la recherche afin de minimiser le temps perdu en utilisant les papiers et les processus de validation de la recherche auprès du responsable maintenance.

2.4 Modélisation mathématique de la fiabilisation des PDR critiques par la loi de Weibull

2.4.1 Généralités sur la loi de weibull

La loi de Weibull est un modèle couramment employé pour modéliser la durée de vie d'un matériel. Ce modèle est très souple d'utilisation, ce qui lui permet de s'ajuster à un très grand nombre d'échantillons prélevés tout au long de la durée de vie d'un équipement.

L'expression loi de Weibull recouvre en fait toute une famille de lois, certaines d'entre elles apparaissant en physique comme conséquence de certaines hypothèses. C'est en particulier, le cas de la loi exponentielle ($\beta = 1$) et de la loi normale ($\beta = 3$).

La loi de Weibull est une distribution à 3 paramètres :

- β est le paramètre de forme
- η est le paramètre d'échelle
- γ est le paramètre de position

Sa fonction de fiabilité est :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (6)$$

Et sa fonction de défaillances ou fonction de répartition:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (7)$$

Pour le calcul du MTBF en utilisant la formule suivante :

$$MTBF = A\eta + \gamma \quad (8)$$

D'où le **A** est une constante dépendante du paramètre β . Sa valeur est donnée par les tables (Voir **Annexe VII**).

La construction du modèle consiste à :

- Consulter les historiques des pannes et dresser la liste des **TBF** entre deux pannes ;
- Classer ces **TBF** par ordre croissant;
- Attribuer un ordre aux **TBF** classés;
- Approximer les fréquences des avaries **F(i)** par :

Pour $N \leq 20$	Formule des rangs médians	$F_i = \frac{i - 0,3}{N + 0,4}$	(9)
------------------	---------------------------	---------------------------------	-----

Pour $20 \leq N \leq 50$	Formule des rangs moyens	$F_i = \frac{i}{N + 1}$	(10)
--------------------------	--------------------------	-------------------------	------

Pour $N \geq 50$	Formule des modes	$F_i = \frac{i}{N}$	(11)
------------------	-------------------	---------------------	------

3. Implémentation des actions sur terrain

A la lumière de l'étude AMDEC précédente, nous avons relevé les pièces critiques au niveau de l'Applicateur, nous avons pu ainsi proposer des actions correctives, amélioratrices et préventives pour diminuer leurs criticités dans le but d'organiser la maintenance des pièces les plus vulnérables pour la production et aboutir à la fin à l'élaboration des planning de maintenances préventive et curative de façon à faciliter l'usage et les manipulations pour les techniciens. Comme nous allons mettre en œuvre une nouvelle politique de gestion de stock des PDR pour éviter la rupture de stock.

3.1 Implantation d'une nouvelle politique de gestion de stock des PDR critiques des outils de sertissage

La méthode actuelle utilisée pour gérer le stock se base juste sur les estimations posées par le responsable de gestion de stock des PDR. Dans la plupart des cas, le stock de sécurité est posé suite à des prévisions et au retour d'expérience de la consommation des PDR et le système SAP exécute le lancement de la commande à chaque fois qu'on atteint le stock d'alerte (le point de commande) qui est posé s'avance, mais parfois il se peut que le nombre de pièces à commander multiplie suite d'une usure de la même période ce qui impose une rupture de stock.

Et vu que le nombre de référence des pièces à gérer est très élevé, le gestionnaire du stock ne peut pas prendre la décision pour chacune des référence ayant des comportements homogènes, c'est pour cette raison on doit définir pour chaque groupe une règle de gestion qui sera par la suite appliquée systématiquement.

Donc, on est censé de gérer notre stock des PDR en utilisant la méthode « point de commande » car c'est la méthode la plus adaptée pour les pièces A de l'analyse PARETO et elle est facilement programmable sur le système SAP. Comme elle satisfait les hypothèses suivantes :

- La demande annuelle (consommation) est constante et connue d'avance.
- Le coût d'achat unitaire ne dépend pas de la quantité commandée.
- Le délai de livraison est constant et connu.
- Le coût de passation d'une commande ne dépend pas de la quantité commandée.

3.1.1 Calcul effectué par la méthode de point de commande

Afin de ne pas alourdir le rapport, nous allons détailler le calcul pour la pièce « ANVIL » et le reste des PDR sera détaillé en **Annexe IV**.

L'étude a été faite sur une durée de 12 mois de 01/03/2016 jusqu'à 01/03/2017. Nous avons calculé la quantité consommée pour chaque référence durant cette période, ensuite nous avons calculé la quantité moyenne qui correspond à une durée de livraison de 45jours.

Pour le calcul du stock de sécurité, nous avons calculé l'écart type fixant un taux de service égal à 99% qui correspond à un coefficient de sécurité égal à $Z= 2.32$ (d'après le tableau de la loi normal).

Ces résultats sont représentés sur le tableau ci-dessous :

Matériel avec référence	Consommation annuelle	Consommation pendant 45j	Ecart type	Stock de sécurité	Point de commande
71144386XA = Anvil	29	4	0,1654	1	5
71166082PA = Anvil	2	1	0,1526	1	2
71165941XAD = Anvil	1	1	0,1526	1	2
71165944XAD = Anvil	10	2	0,0466	1	3
71144121XA = Anvil	11	2	0,0466	1	3
71144111XA = Anvil	3	1	0,1526	1	2
71143250KAC = Anvil	2	1	0,1526	1	2
71144387T0XA = Anvil	81	10	0,8014	1	11
71125082DDXA = Anvil	1	1	0,1526	1	2
71164285XA = Anvil	2	1	0,1526	1	2

Tableau 15 : Point de commandes calculé des pièces critiques

Après le calcul de point de commande on passe à calculer la quantité à commander (la quantité économique) en utilisant la formule de Wilson en se basant sur le prix unitaire, les coûts de possession et de passation donnés par le responsable magasin, le tableau suivant représente ces données:

Matériel avec référence	Prix unitaire (MAD)	Cout de passation (MAD)	Cout de possession	Quantité économique
71144386XA = Anvil	341	990	20%	30
71166082PA = Anvil	218	990	20%	10
71165941XAD = Anvil	373	990	20%	6
71165944XAD = Anvil	340	990	20%	18
71144121XA = Anvil	352	990	20%	18
71144111XA = Anvil	124	990	20%	16
71143250KAC = Anvil	999	990	20%	5
71144387T0XA = Anvil	342	990	20%	49
71125082DDXA = Anvil	364	990	20%	6
71164285XA = Anvil	243	990	20%	10

Tableau 16 : Quantité économique calculée des pièces critiques

3.1.2 Standard proposé pour le choix de notre gestion de stock des PDR

L'analyse des composants des machines ainsi que l'évaluation de la criticité associée à chaque composant permet de choisir de gérer une pièce en stock ou non. Ce choix s'effectue d'après hiérarchisation des différents indices de criticité et l'influence du composant étudié sur la qualité. L'organigramme ci-dessous résume en général la méthode :

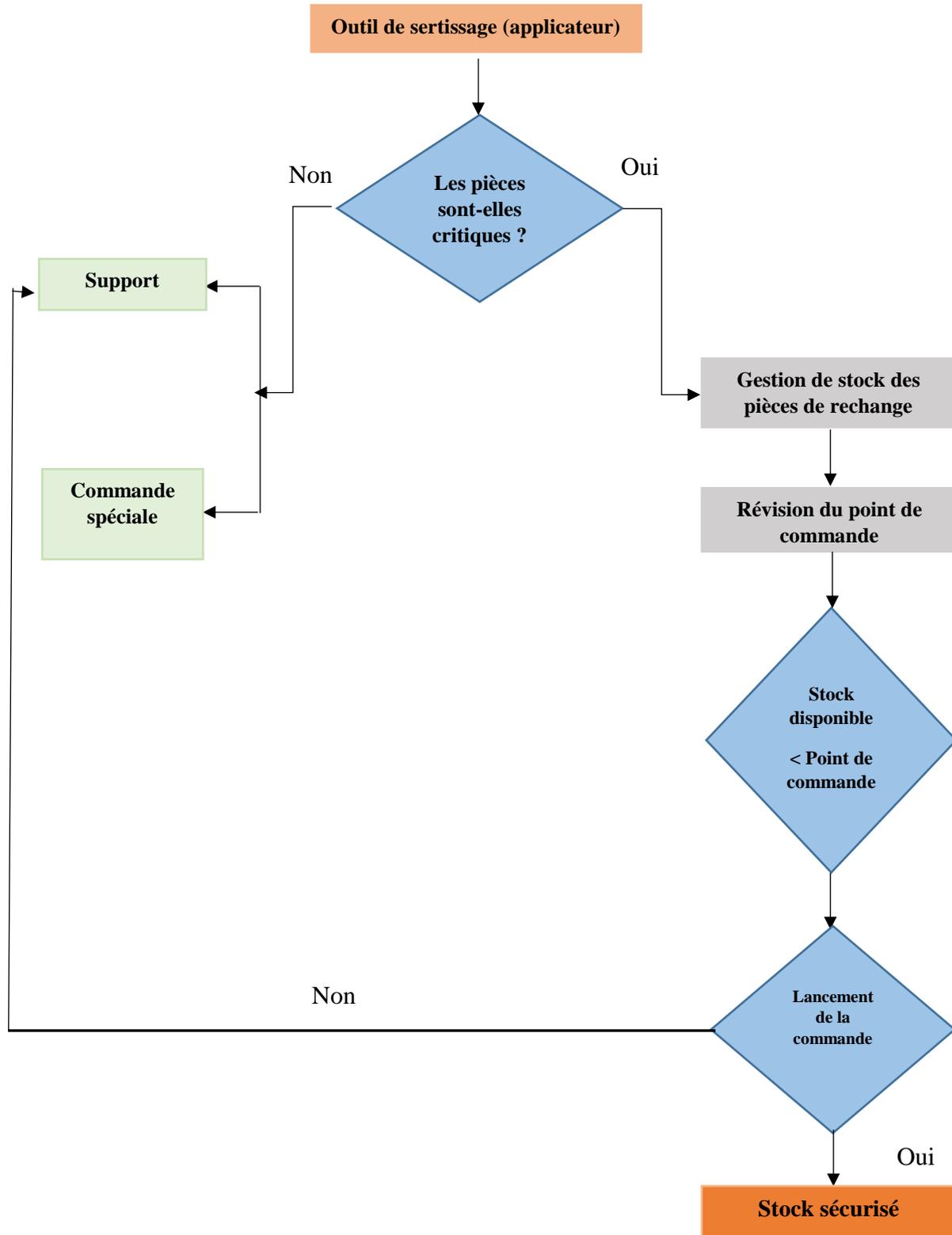


Figure 23 : Notre Standard proposé pour le choix de la gestion de stock des PDR des outils de sertissage

3.2 Elaboration d'une plateforme sous Excel pour la recherche des PDR

Dans cette phase on a réalisé une plateforme en utilisant les macros qui se base sur le langage VBA dans le but d'améliorer la méthode de travail et faciliter la recherche des PDR dans un environnement sécurisé et dans un intervalle du temps très réduit.

Alors, dans un premier lieu nous allons créer des fenêtres qui seront comme des boites de dialogues personnalisées, offrant une interface intuitive entre l'application et l'utilisateur.

Pour notre projet, nous avons développé notre plateforme comme suit :

- **Fenêtre pour l'accès au menu principal :**

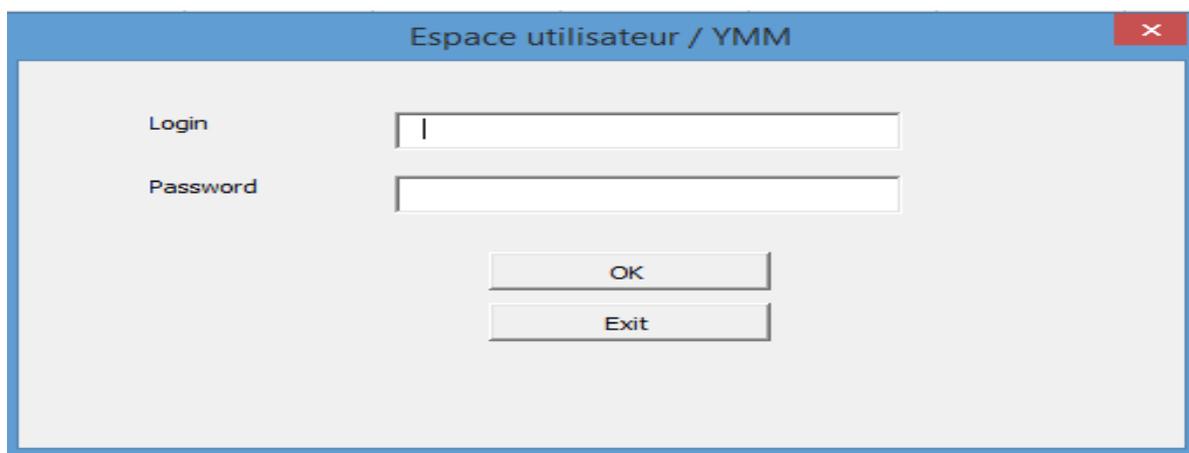


Figure 24 : La fenêtre d'accès au menu principal

Cette fenêtre permet à l'utilisateur d'accéder à l'interface d'une manière sécurisée. Il suffit de taper le « login » et saisir le mot de passe « Password » correcte pour passer à l'étape suivante.

- **Fenêtre pour le choix de type d'applicateur :**



Figure 25 : La fenêtre du choix du type d'applicateur

Cette fenêtre englobe l'ensemble des applicateurs de Yazaki. L'utilisateur est amené à choisir un type bien précis pour accéder à la fenêtre contenant les PDR de l'applicateur choisi.

- **Fenêtre pour l'environnement de recherche des PDR :**

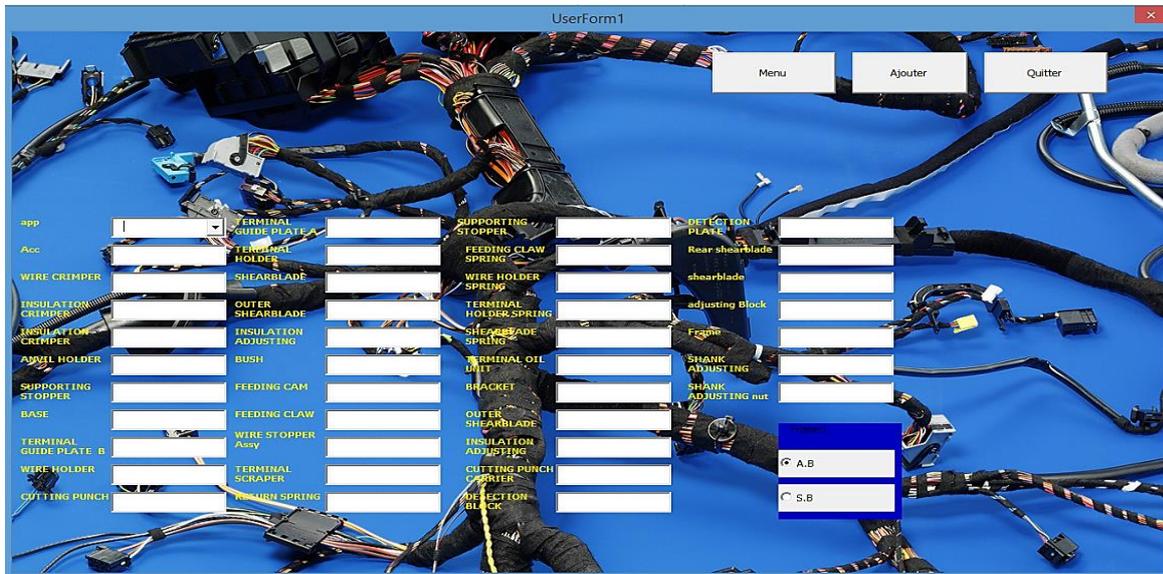


Figure 26 : Interface finale de la plateforme

La fenêtre ci-dessus permet à l'utilisateur de contrôler et de gérer la base de données Excel avec des boutons d'options et des boutons de contrôles. La méthode de la recherche des PDR est la suivante :

- D'abord nous allons choisir le type d'accessoire « S.B » ou « A.B »

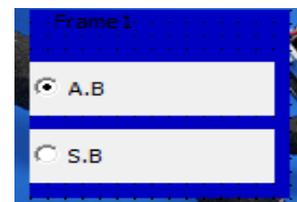


Figure 27 : Boutons de contrôle

- Une liste des applicateurs du type choisie sera affichée.

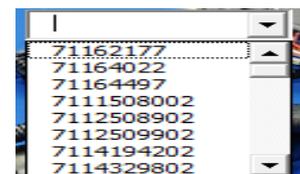


Figure 28 : Liste des références

- Nous allons choisir le code de l'applicateur voulu

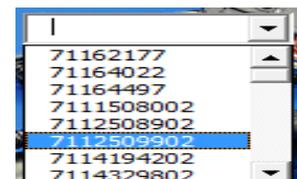


Figure 29 : Liste pour le choix du code

Après la saisie des informations, les champs des textes portant le nom de chaque pièce seront affichés, la chose qui va faciliter la manipulation des pièces dans un environnement sécurisé et dans un intervalle de temps très réduit.



Figure 30 : Notre Plateforme finale réalisée pour la recherche des PDR des applicateurs

Après l'affichage de la référence de chaque pièce, l'utilisateur peut automatiquement lancer une commande de la pièce désirée tout en se basant sur la référence.

3.3 Elaboration des manuels de la maintenance préventive et curative

D'après notre analyse du système de gestion de la maintenance, nous avons remarqué l'absence des procédures de maintenance, qui ont pour objet de définir les méthodes de travail à suivre pour assurer une gestion adéquate des activités de maintenance. En effet, le service maintenance à YAZAKI Meknès se base principalement sur le retour d'expérience. Ce comportement génère beaucoup de dépenses et de dégradations des équipements. D'où la nécessité de définir les procédures basiques pour les deux types de maintenance : corrective et préventive.

Alors dans cette partie on a élaboré un rapport d'instructions qui englobe tous les points à vérifier durant l'opération de la maintenance préventive et un autre pour le curative afin d'assurer une intervention efficace et fiable pour les techniciens.

3.3.1 Elaboration du plan de maintenance préventive

Ce plan va couvrir toutes les opérations de la maintenance préventive (Démontage, nettoyage, calibrage, ajustement du jeu et le montage) qui devront être effectuées sur chaque pièce de l'applicateur pour le maintenir à son état de bon fonctionnement. La réflexion sur l'affectation des opérations de maintenance se réalisent en balayant tous les organes de la décomposition

organique et en se basant sur les résultats de l'étude AMDEC pour chaque type d'applicateurs. En somme, le plan de la maintenance préventive permet une vision globale de toutes les actions à apporter à l'applicateur.

- La périodicité de la maintenance préventive des applicateurs est définie comme suit :
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 inférieure 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 la plaque d'installation si elle n'est pas endommagé ou mal ajustée), lavées ainsi que leurs dimensions vérifiées. Les parties mobiles doivent également être lubrifiées.

Le logigramme ci-dessous représente la procédure à suivre durant la maintenance préventive :

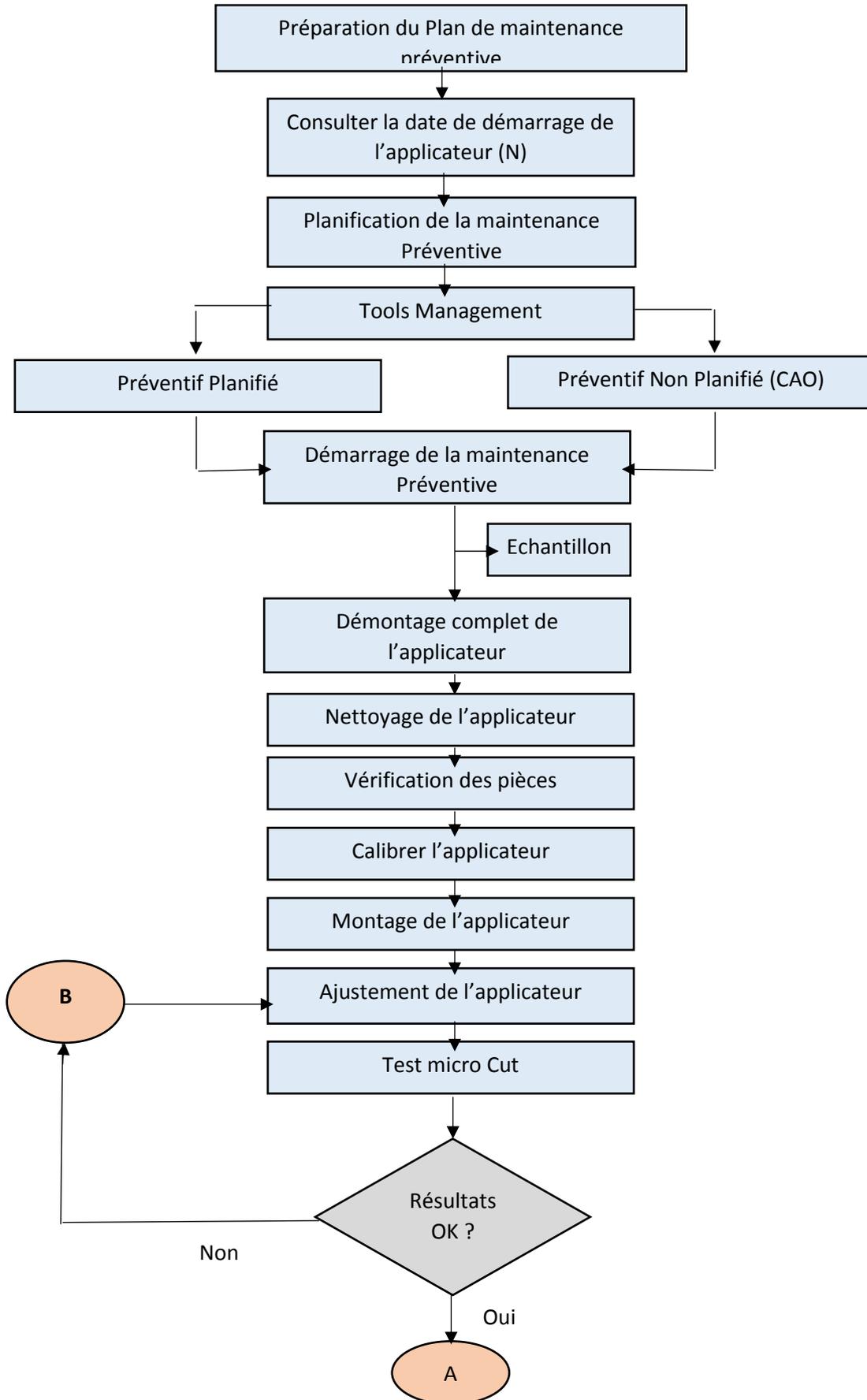


Figure 31 : Notre logigramme réalisé décrivant la procédure de la maintenance préventive

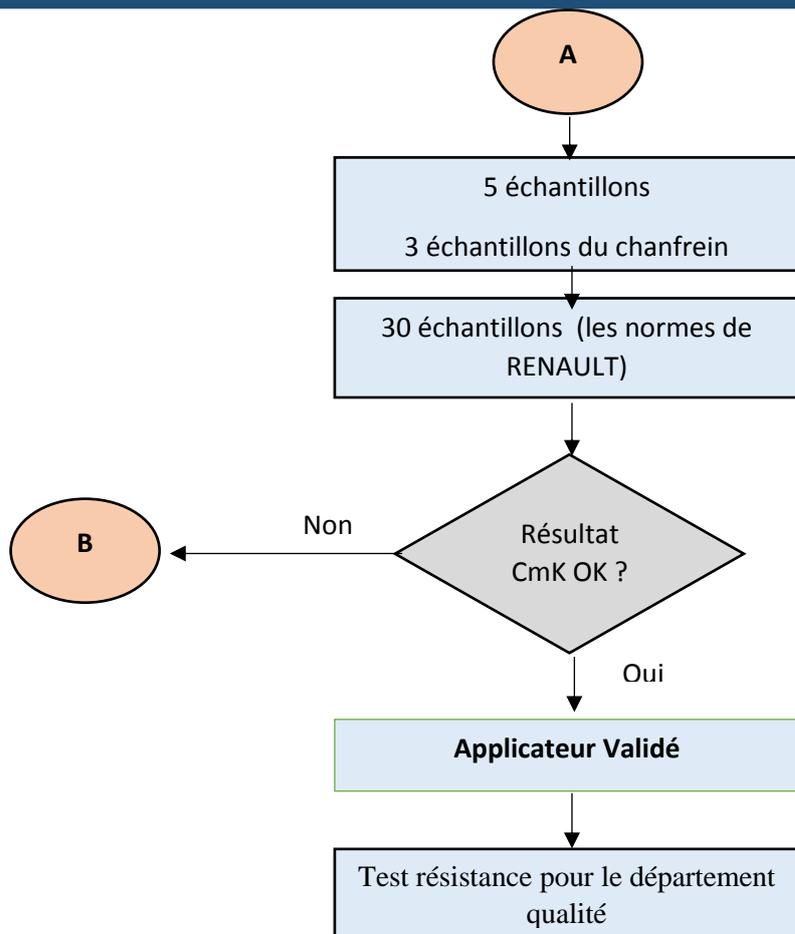


Figure 32 : Suite du logigramme réalisé décrivant la procédure de la maintenance préventive

3.3.2 Elaboration du plan de maintenance curative

Ce plan va contenir toutes les tâches traitées durant la maintenance curative en les représentant sous forme de logigramme en agissant sur les problèmes les plus répétitifs qui affectent le terminal lors de la phase de sertissage. Ces problèmes sont les suivants :

- Défaut fantôme CFA
- Bavure
- Filaments cachés
- Filaments détachés
- Mae-Ashi marqué
- Ato-Ashi marqué
- Isolant serti
- Variation de Boca de sino et ligaments
- Terminal incliné

Voilà un exemple du logigramme qui décrit les étapes du diagnostic fait dans le cas des filaments cassés :

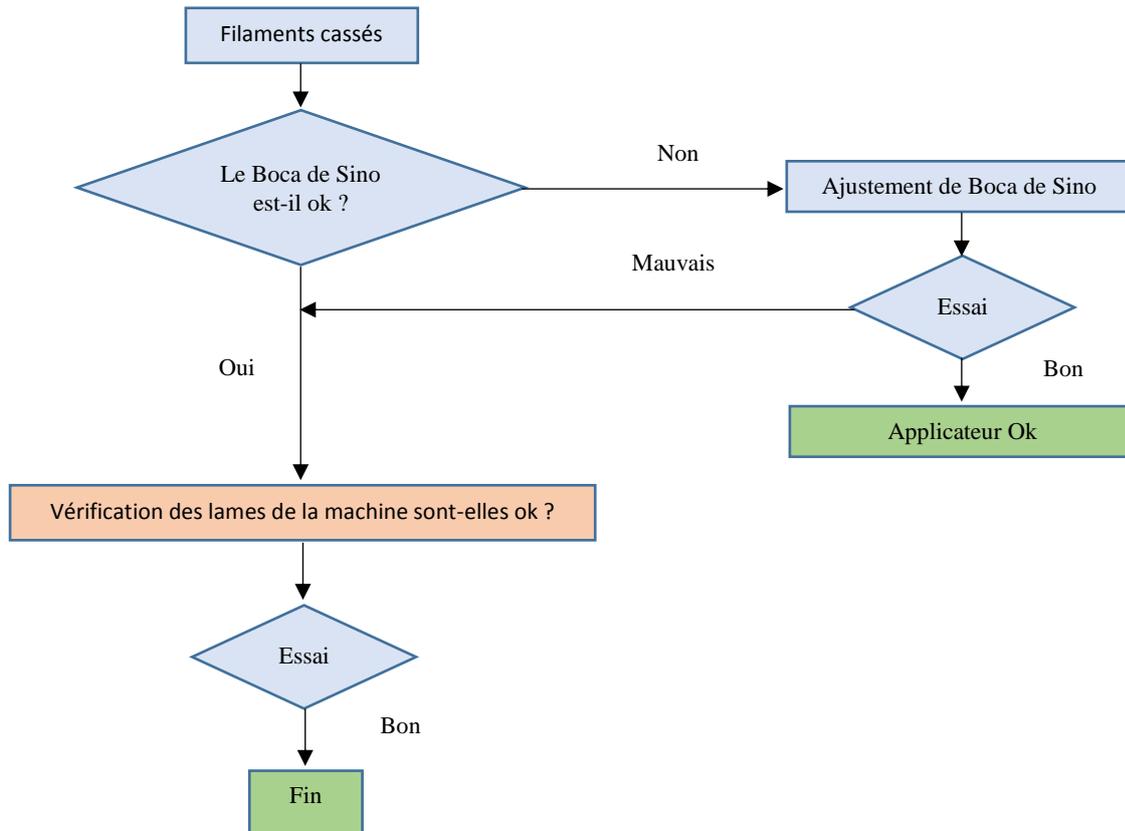


Figure 33 : Notre logigramme réalisé détaillant le diagnostic du problème filaments cassés

Le reste des logigrammes schématisant les étapes dues sur les autres problèmes seront traités en **Annexe VIII**.

4. Evaluation de l'efficacité des actions implémentées

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à l'efficacité des actions implémentées. En effet nous allons mesurer l'écart entre la situation après implémentation des actions et poste implémentation et cette différence constituera la valeur ajoutée du projet.

Afin de juger l'efficacité de notre politique de gestion stock, nous allons effectuer une petite simulation de la consommation pour mesurer l'écart entre l'état avant et après l'amélioration. Nous allons nous intéresser aux pièces critiques qui causent la rupture de stock à savoir ANVIL Crimper 71125106XA, WIRE Crimper 71144815XW, et leur appliquer notre politique. La simulation se basera sur les données réelles de consommation de ces pièces sur une période de 13 mois. Les graphes ci-dessous représentent les résultats obtenus :

Etat avant :

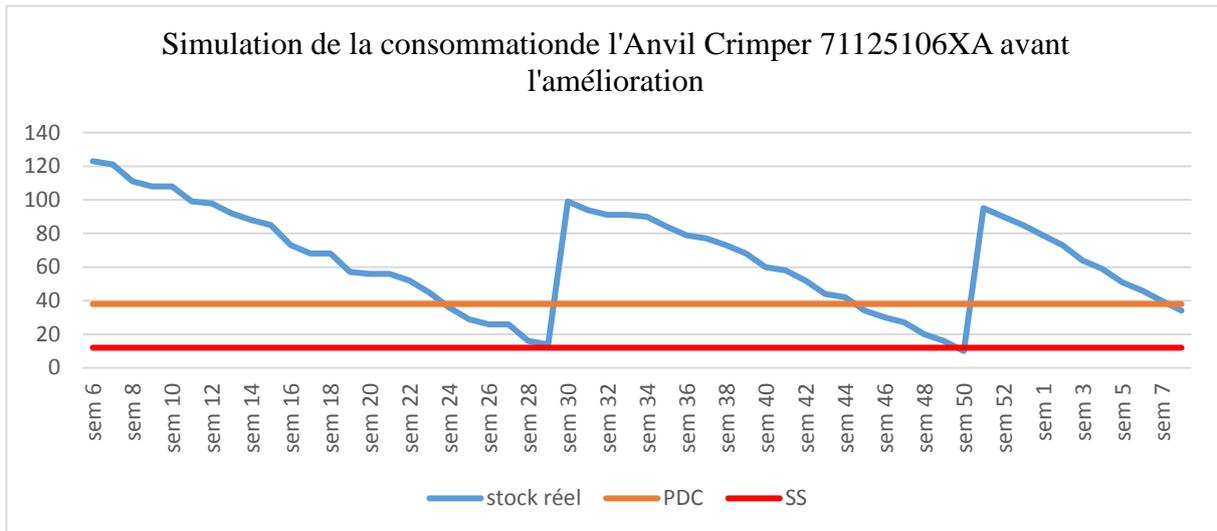


Figure 34 : Simulation de la consommation de l'Anvil Crimper 71125106XA à l'état avant

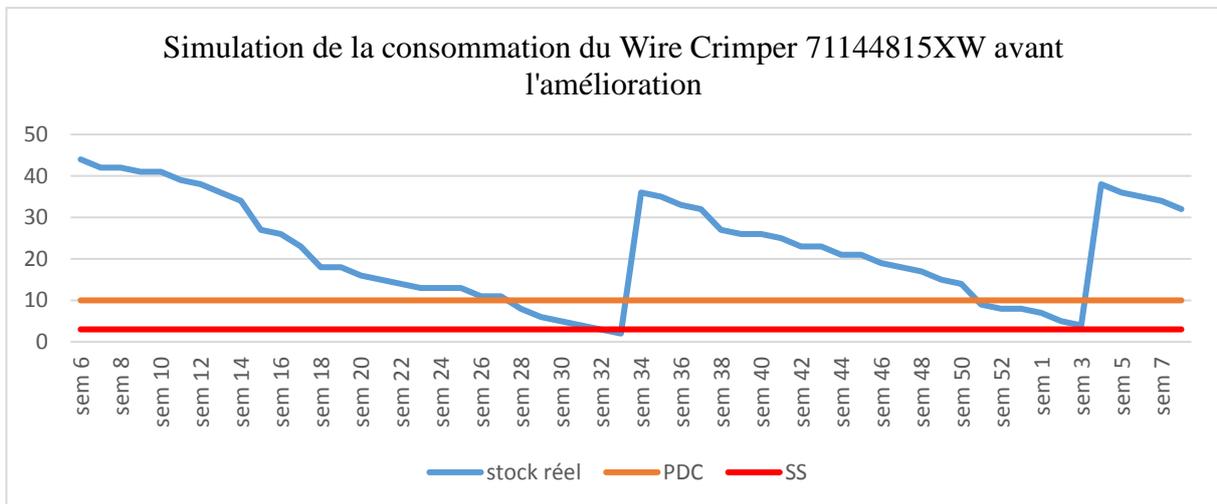


Figure 35 : Simulation de la consommation du Wire Crimper 71144815XW à l'état avant

Etat après :

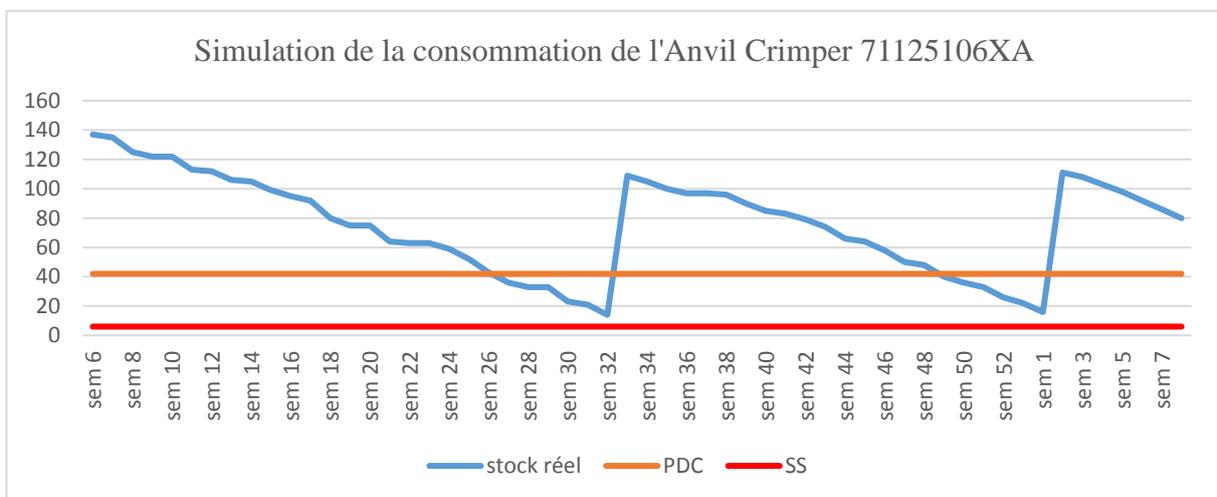


Figure 36 : Simulation de la consommation de l'Anvil Crimper 71125106XA à l'état après

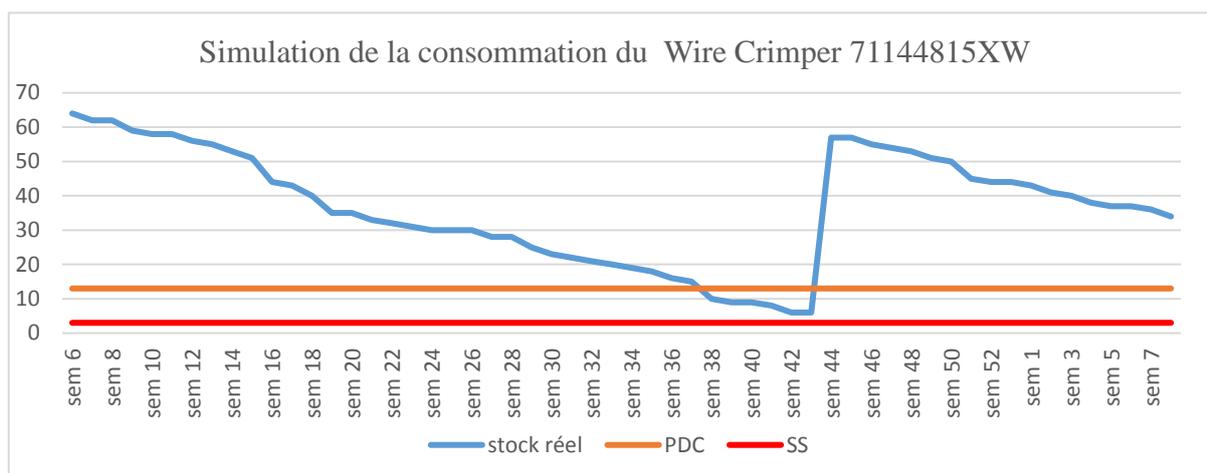


Figure 37 : Simulation de la consommation du Wire Crimper 71144815XW à l'état après

On remarque d'après la simulation qu'on n'a pas eu de rupture de stock durant les 13 mois alors qu'en réalité le stock s'est épuisé durant la semaine 50, pour ANVIL Crimper 71125106XA, durant la semaine 30 pour Wire Crimper 71144815XW. A partir de ces résultats, les actions effectuées au niveau du stock sont satisfaisantes.

Après avoir réalisé la simulation de la consommation des PDR les plus critiques, nous allons comparer par la suite le temps des arrêts des outils de sertissage avant la mise en place de notre plan de maintenance et l'élaboration de notre plateforme (Février et Mars), et le temps des arrêts après l'implémentation (Avril et Mai). A savoir que ces temps d'arrêts seront calculés suite aux problèmes les plus répétitifs lors de la phase de sertissage qui causent ces arrêts.

Le tableau ci-dessous représente une comparaison entre les deux temps ainsi le pourcentage d'amélioration :

Applicateurs	Causes	Temps d'arrêt avant (en H)	Temps d'arrêt après (en H)	Pourcentage d'amélioration
	Problèmes CFA	19,89 H	16,83 H	16%
	Isolant serti	16,40 H	14,61 H	11%
	Bavure	13,29 H	10 H	25%
	Filaments détachés	14,59 H	12,87 H	12%
	Terminal incliné	13,75 H	9,98 H	27%
	Variation de bellmouth	17,93 H	15,51 H	13%
	Zone de contact avec l'isolant	13,42 H	9,62 H	28 %
Moyenne d'amélioration				19%

Tableau 17 : Temps d'arrêt des outils de sertissage avant et après implémentation des actions

Le graphe ci-dessous illustre bien ces résultats :

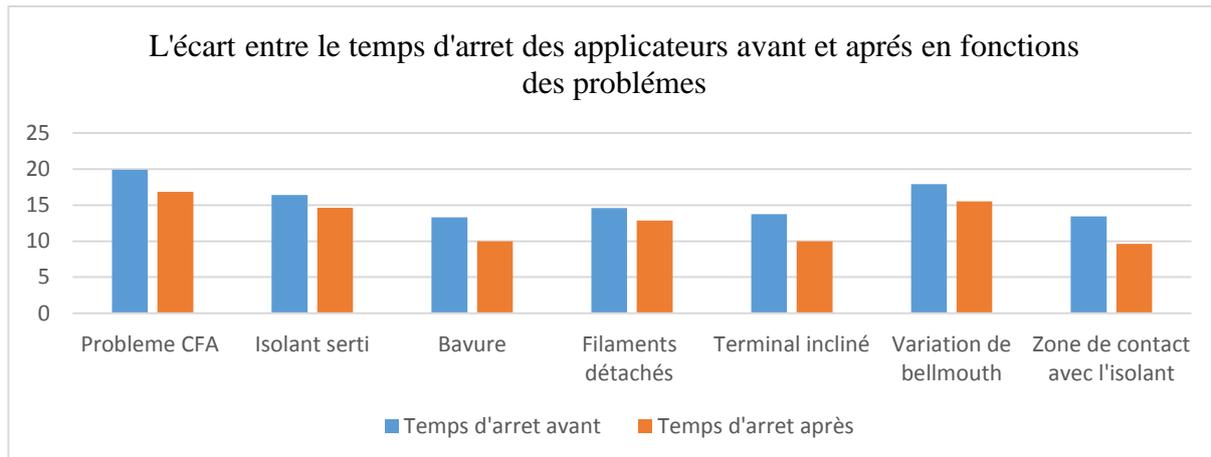


Figure 38 : Temps d'arrêt des outils de sertissage avant et après implémentation des actions

Ainsi nous constatons que les actions implémentées sont efficaces. En effet, ils ont permis de diminuer le temps des arrêts des outils de sertissage d'environ **19%** en moyenne.

5. Vérification des actions implémentées

Dans ce dernier volet de l'amélioration, nous devons agir sur les actions afin de corriger les écarts s'ils ne sont pas concluants. Vu que nos actions ont donné des résultats satisfaisants, nous n'allons agir sur rien mais nous allons par contre proposer quelques recommandations à long terme sur des points qui causent problèmes. Une analyse de la fiabilité par la loi de Weibull des pièces critiques qui a pour objectif de caractériser leur comportement, pour assurer la sûreté de leur fonctionnement et prévenir leur état après une certaine période dans le but d'améliorer leur performance tout au long de leurs missions.

5.1 Modélisation mathématique de la fiabilisation des PDR critiques des outils de sertissage par la loi de Weibull

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement ou d'environnement. Face aux défaillances qu'en résultent, on peut se contenter de pratiquer une maintenance corrective mais on n'évite pas ainsi les conséquences des pannes que l'on subit. Une attitude plus défensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive destinée à limiter, voir à empêcher ces défaillances. C'est pour cette raison nous avons décidé de faire une modélisation mathématique de la fiabilisation des PDR les plus critiques en se basant sur la loi de Weibull dans le but de prévoir la probabilité de fiabilité de ces pièces afin d'accomplir leurs missions pendant un intervalle de temps donné.

Analyse de la fiabilité des PDR critiques

Donc, dans cette phase nous présentons l'analyse de la probabilité de fiabilité pendant 6 mois en termes des heures tout en se basant sur l'historique de panne. On commence d'abord par le calcul des TBF (temps de bon fonctionnement) puis le cumul de défaillances (i) pour trouver les valeurs de la fonction de répartition $F(t)$ en utilisant la formule des rangs moyens $F(t) = \frac{i}{N+1}$ car dans notre exemple le $N=29$. Ensuite, nous traçons la droite de régression pour obtenir les γ , β , η via le logiciel Excel. Les résultats sont représentés sur le tableau suivant :

TBF(en h)	Cumul de défaillance	F(t)	X=ln(t)	Y=ln (ln (1/ (1-F(t))))
12	9	30%	2,484	-1,030
24	14	46,66%	3,178	-0,464
48	18	60%	3,871	-0,087
72	19	63,33%	4,276	0,003
96	21	70%	4,564	0,185
120	22	73,33%	4,787	0,278
144	23	76,66%	4,969	0,375
216	24	80%	5,375	0,475
288	25	83,33%	5,662	0,583
360	26	86,66%	5,886	0,700
576	28	93,33%	6,356	0,996
840	29	96,66%	6,733	1,223

Tableau 18 : Résultats des TBF et F(t) associés à l'anvil

De la relation (7) on tire :

$$H(t) = \frac{t^\beta}{\eta^\beta} \quad (12)$$

Ou encore :

$$\log H(t) = \beta \log t - \beta \log \eta \quad (13)$$

Cette équation est représentée par une droite dont les échelles sont :

En abscisse : $\log(t)$

En ordonnée : $\log H(t)$

De la relation (13), on déduit que la droite a pour pente le facteur de forme β et si $t = \eta$ on a $\log(t) = \log(\eta)$ d'où $H(t) = 1$. Par conséquent, le point d'ordonnée $H(t) = 1$ a pour abscisse $t = \eta$.

Ce qui donne les valeurs des paramètres γ , β , η :

β	0,5
η	73 h
γ	0

Tableau 19 : Les valeurs des paramètres γ , β , η associées à l'anvil

La droite de régression ci-dessous représente ces résultats :

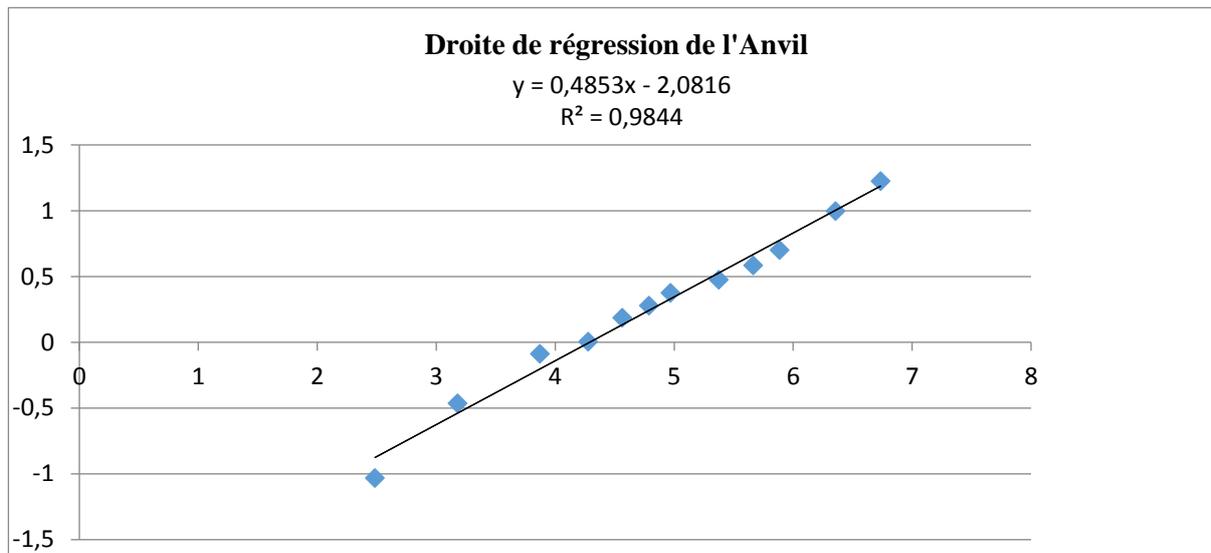


Figure 39 : Droite de régression de l'Anvil

Le tableau et le graphe suivants représentent la probabilité de la fiabilité de l'Anvil pendant 6 mois en fonction du temps réparti en heures.

TBF(en h)	R(t)
12	92,11%
24	84,84%
48	71,98%
72	61,07%
96	51,81%
120	43,96%
144	37,30%
216	22,78%
288	13,91%
360	8,49%
576	1,93%
840	0,32%

Tableau 20 : Probabilité de fiabilité de l'Anvil en fonction du temps

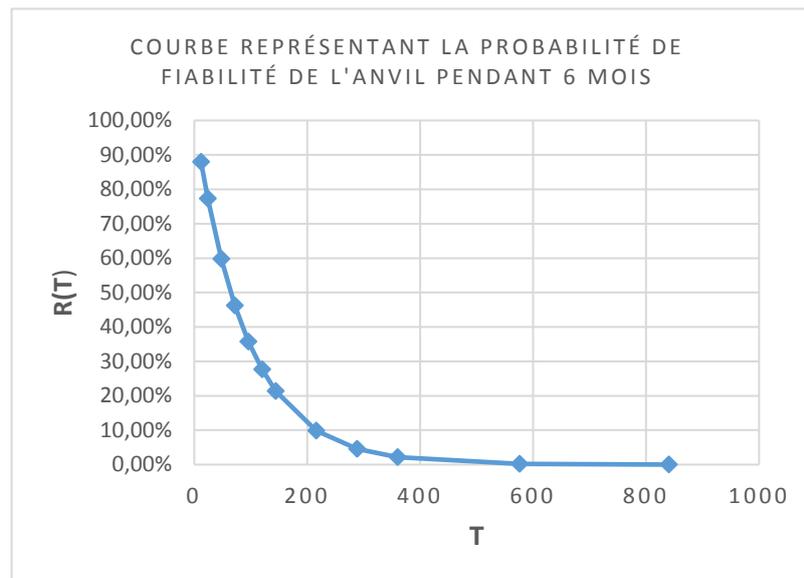


Figure 40 : Courbe représentant la probabilité de bon fonctionnement de l'Anvil pendant 6 mois

Calcul de MTBF de l'Anvil (Temps entre deux défaillances)

D'après le tableau ci-dessous on trouve la valeur de A :

β	A	B
0,2	120	1901
0,25	24	199
0,3	9,2605	50,08
0,35	5,0291	19,96
0,4	3,3234	10,44
0,45	2,4786	6,46
0,5	2	4,47

Tableau 21 : Les valeurs de la constante A dépendant au paramètre β

Donc **A=2** ce qui donne **MTBF=146 h**

Les résultats des MTBF obtenus pour les autres pièces de rechange seront représentés sur le tableau suivant :

Les PDR critiques	β	η	A	MTBF (en h)
Anvil crimper	0,5	73	2	146 h
Wire crimper	0,45	42	2,4786	104,10 h
Insulation crimper	0,4	127	3,3234	422,07 h
Terminal guide plate A	0,7	794	1,2638	1003,45 h
Stopper	0,6	782	1,5046	1176,59 h
Feeding claw	0,6	937	1,5046	1409,81 h

Tableau 22 : Tableau résumant les résultats des MTBF obtenus des PDR critiques des outils de sertissage

Calcul de la durée de vie des PDR critiques des outils de sertissage

La durée de vie nominale notée L_{10} associée à la fiabilité prévisionnelle $R(L_{10}) = 90\%$ s'écrit sous la formule suivante :

$$L_{10} = \gamma + \eta * (0,105)^{\frac{1}{\beta}} \quad (14)$$

Donc, le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Les PDR critiques	Durée de vie	Durée de vie par cycle
Anvil Crimper	16 min	1600 cycles
Wire crimper	27 min	2700 cycles
Insulation crimper	48 min	4800 cycles
Terminal guide plate A	31,73 h	190380 cycles
Stopper	18,27 h	109620 cycles
Feeding claw	21,89 h	131340 cycles

Tableau 23 : Les durées de vie des PDR critiques des outils de sertissage

6. Estimation des gains générés par le projet

Après avoir mis en place les actions amélioratives, nous avons pu baisser le taux des arrêts de 19%. Dans cette partie, nous allons estimer ce pourcentage en termes d'argent gagné par l'entreprise, pour cela, nous devons calculer le coût des défaillances pour le mois d'Avril et Mai sachant que le temps total d'arrêt des outils de sertissage est de : $H_{Ar} = 109,27$ heures d'arrêts.

6.1 Généralités sur les couts de défaillances

Le coût de maintenance, considéré depuis longtemps comme une dépense, est considéré aujourd'hui comme un investissement qui doit être rentable. (BP MEI – méthode de maintenance)

Ainsi pour définir le coût total d'une défaillance C_D il est nécessaire de déterminer :

- Les coûts directs de maintenance C_M qui comportent :
 - Coût de main d'œuvre :

$$C_{MO} = (\text{Temps passé}) \times (\text{Taux horaire}) \quad (12)$$

- Frais fixes du service maintenance C_F (employés, loyers, téléphone...)
- Coût de possession des stocks, des outillages, des machines C_S
- Coût des consommables, des fournitures, des pièces de rechange C_C
- Coût de la sous-traitance C_{ST}

Les coûts directs sont définis par la formule suivante :

$$C_M = C_{MO} + C_F + C_S + C_C + C_{ST} \quad (13)$$

- Les coûts indirects ou d'indisponibilité C_I

Ils constituent les pertes dues aux arrêts de fabrication provoqués par la défaillance et qui comprennent :

- Salaires de personnel de production (intitulé pendant l'arrêt)
- Coût d'amortissement du matériel pendant la période d'arrêt.
- Le manque à gagner (perte de production).
- Les pénalités de retard.
- Les conséquences sur l'image de marque de l'entreprise.
- Les coûts indirects ou d'indisponibilité sont définis par la formule suivante :

$$C_I = \text{nombre d'heures d'arrêt} \times \text{Taux horaire d'arrêt} \quad (14)$$

Le Taux horaire d'arrêt est en DH/heure d'arrêt.

Le coût total de défaillance C_D représente la somme des coûts directs et indirects qu'on définit comme suit :

$$C_D = C_M + C_I \quad (15)$$

6.1.1 Coût direct de la maintenance

Dans cette partie nous allons calculer le coût direct de la maintenance CM en négligeant les frais fixes, les coûts de possession du stock et les coûts de la sous-traitance.

Pour le coût de la main d'œuvre, 18 techniciens s'occupent des outils de sertissage. Donc :

$$C_{MO} = 109,27 \times 24 \times 18 = 47204,64 \text{ Dh}$$

Pour le coût des consommables, on l'a calculé à partir des historiques de la consommation des pièces de rechange des outils de sertissage et il est de :

$$C_C = 24622,39 \text{ Dh}$$

Ainsi le coût direct de la maintenance s'élève à :

$$C_M = 47204,64 + 24622,39 = 71827,03 \text{ Dh}$$

6.1.2 Coût indirect de la maintenance

Dans cette partie, on se basera sur le coût d'une heure produite. Ce paramètre tient compte du salaire de l'opérateur, le loyer, et l'amortissement du matériel. Sa valeur est calculée par le département finance, elle est de 120,33 Dh / (HAr x nombre d'opérateurs).

La zone de coupe et de pré assemblage comportent 37 opérateurs donc on peut chiffrer les pertes à :

$$C = 120,33 \times 37 \times 109,27 = 486492,98 \text{ Dh}$$

Pour les pertes de production, la cadence moyenne d'un outil de sertissage est de 3000 fils/Heure, et le parc comporte 37 machines, donc le nombre de fils qui devait être produit dans les heures d'arrêts est de :

$$N = 3000 \times 37 \times 109,27 = 12128970 \text{ fils}$$

La valeur ajoutée des opérations sur chaque outil de sertissage est de 0.16 Dh en moyenne. Cette valeur est calculée par le département financier de l'entreprise et elle nous a été communiquée.

Donc les pertes de production s'élèvent a :

$$C_P = 0,16 \times 12128970 = 1940635,2 \text{ Dh}$$

Ainsi les coûts indirects ou d'indisponibilité sont estimés à :

$$C_I = 1940635,2 + 486492,98 = 2427128,18 \text{ Dh}$$

Gain global

Vu que nous avons baissé le temps des arrêts de 19% les gains générés par les actions implémentées dans le mois d'Avril et Mai s'élèvent à :

$$G = C_I \times 19\% = 461154 \text{ Dh}$$

7. Conclusion

Dans un premier lieu, nous avons agi sur le premier domaine de faiblesse qui est la gestion de stock des pièces de rechange par l'implémentation d'une nouvelle politique de gestion de stock en utilisant la méthode de point de commande. Puis, nous avons réalisé une plateforme qui facilite la recherche des pièces de rechange pour chaque type d'applicateur afin d'améliorer le deuxième domaine qui est la méthode de travail. Ensuite, nous allons passer au dernier domaine qui est la documentation technique, là où on a élaboré un plan d'instruction qui décrit les opérations traitées durant la maintenance préventive et curative pour assurer une intervention fiable des techniciens. Enfin, nous avons contrôlé les actions mise en œuvre au sein de YMM en réalisant une simulation de la consommation des pièces de rechange entre l'état avant et l'état après et en recherchant l'écart des arrêts entre les deux situations. Nous avons pu conclure que les résultats d'amélioration sont satisfaisants. Finalement, pour assurer ces actions amélioratrices nous avons fait une modélisation de fiabilisation pour étudier le comportement de chaque pièce critique afin de prévenir une durée de vie pour chacune dans le but d'une amélioration continue de la maintenance préventive des outils de sertissage et diminuer leurs arrêts. Mais cela ne peut pas empêcher qu'il existe d'autres causes plus que la maintenance qui peuvent subir ces arrêts. C'est pour cette raison dans le chapitre suivant nous allons mettre en œuvre un plan de continuité d'activité en adoptant la démarche MADS MOSAR afin de sécuriser complètement les outils de sertissage.



CHAPITRE IV

Plan de continuité d'activité des outils de sertissage

Ce chapitre traitera les points suivants :

- Dans une première partie, nous allons faire une présentation de ce que c'est un plan de contingence.
- La deuxième partie sera consacrée à une analyse de risque basée sur la méthode MADS-MOSAR afin de déterminer les principaux scénarios qui peuvent causer l'arrêt des outils de sertissage.
- Dans la troisième partie, nous allons prendre en considération les scénarios déjà établis afin de dresser notre plan de contingence

1. Introduction

Dans ce chapitre en premier lieu, nous allons faire une présentation détaillée du plan de continuité d'activité. Ensuite, nous allons faire une analyse de risque basée sur la méthode MADS-MOSAR afin de déterminer les principaux scénarios qui peuvent causer l'arrêt des outils de sertissage. Par la suite nous allons calculer la gravité de chaque scénario pour avoir le ou les plus critiques.

A la fin nous allons prendre en considération les scénarios déjà établis afin de dresser notre plan de contingence.

2. Généralités sur la méthode MADS-MOSAR

La méthode organisée systémique d'analyse des risques est une méthode générique qui permet d'analyser les risques techniques d'une installation humaine et d'identifier les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser. Elle s'applique aussi bien dès la conception d'une installation nouvelle qu'au diagnostic d'une installation existante Elle constitue aussi un outil d'aide à la décision par les choix qu'elle met en évidence. (P.Périlhon, 2004)

Structure de la méthode

Elle comprend deux modules : le module A permet de réaliser une analyse des risques principaux à partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes, et le module B qui pousse l'analyse plus loin et permet de détailler encore plus l'analyse sur le plan technique et opératoire. Le schéma ci-dessous représente la structure de la méthode MOSAR :

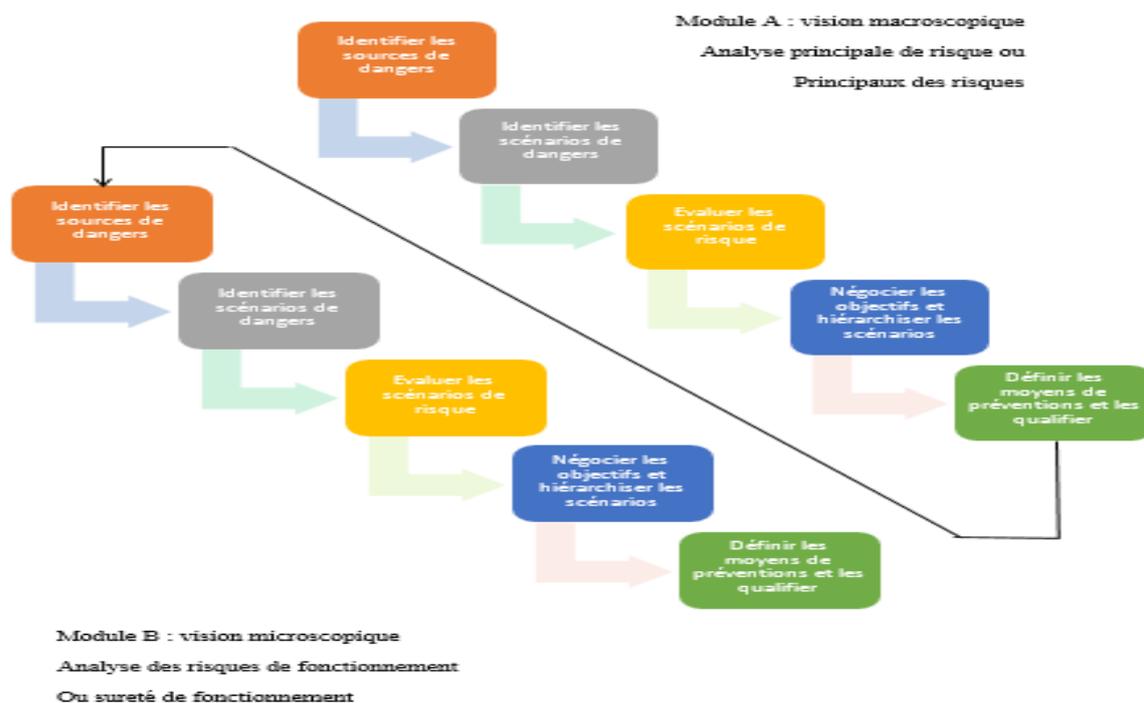


Figure 41 : les deux modules et les dix étapes de MOSAR : le parcours complet de MOSAR

Etapes de la démarche MADS-MOSAR

On commence tout d'abord par décomposer la zone étudiée en sous-systèmes et lister les différents flux qui y circulent. La figure suivante montre la façon de décomposer un système :

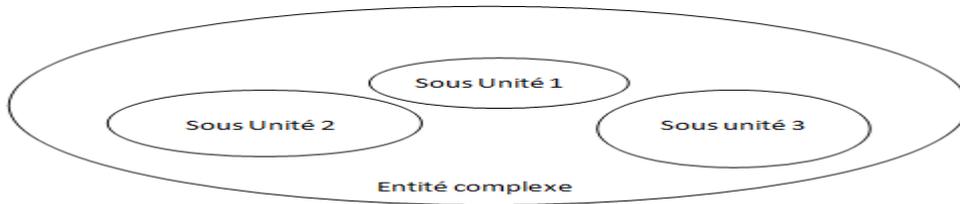


Figure 42 : Décomposition de l'entité complexe en sous unités

Ensuite, on commence par identifier de manière systématique en quoi chaque sous-système peut être source de dangers. Pour cela, on fait référence à un tableau des systèmes de dangers et on utilise le modèle suivant :

Tableau I : Processus de risque pour le SS I				
Sous-système et ses composants	Source de risque			Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux	
SS I :	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu

Tableau 24 : Tableau des sources de danger

On modélise ensuite les tableaux des sources de danger de chaque sous-système sous forme de boîtes noires ce qui permet de générer des scénarios de risques d'interférence entre ces sous-systèmes, comme il représente la figure ci- après :

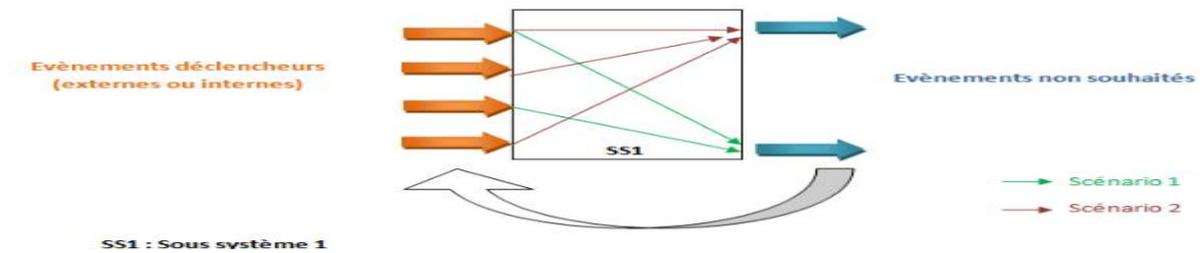


Figure 43 : Modélisation des boîtes noires

On connecte les différentes boîtes noires pouvant influencer les unes sur les autres. Cette étape permet de visualiser les enchaînements possibles d'accidents et les interactions entre les évènements non souhaités (ou évènements principaux).

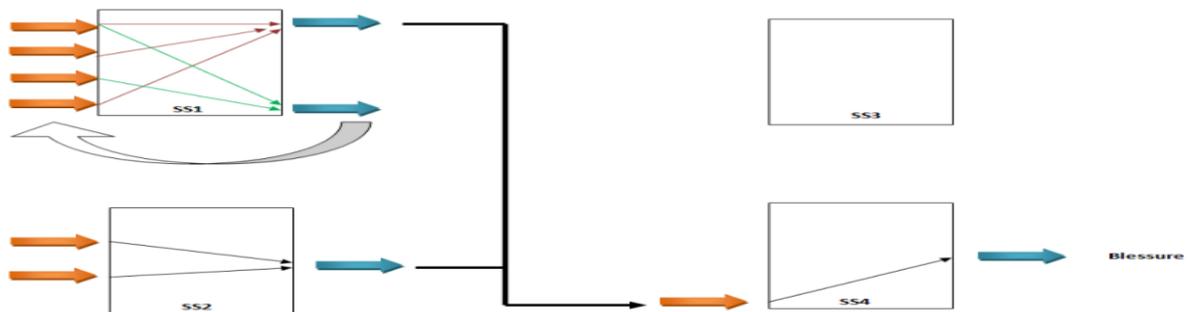


Figure 44 : Visualisation des enchainements possibles

La négociation d'objectifs entre les acteurs concernés, par construction de graphes probabilités-gravité permet de hiérarchiser les scénarios identifiés.

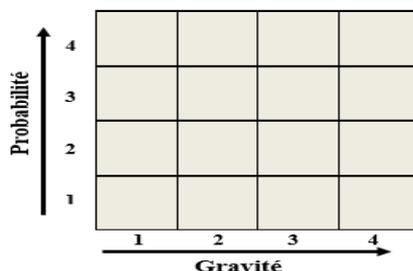


Figure 45 : Grille de probabilité-Gravité

Les scénarios les plus critiques après la hiérarchisation seront retenus pour être traités dans le plan de contingence.

3. Présentation sur la notion d'un plan de contingence

Un plan de contingence est un type de plan préventif, prédictif et réactif. Il présente une structure stratégique et opérative qui aide à contrôler une situation d'urgence et à minimiser ses conséquences négatives.

Le plan de contingence propose tout un ensemble de procédures alternatives au fonctionnement normal d'un équipement, lorsque l'une de ses fonctions habituelles est affectée par une contingence interne ou externe.

Cette classe de plan cherche donc à assurer la continuité du fonctionnement de l'équipement face à toute éventualité, pouvant être matérielle ou personnelle. Un plan de contingence comprend quatre étapes basiques : l'évaluation, la planification, l'épreuve de viabilité et de l'exécution.

Il est par conséquent recommandé que le plan de contingence prenne en compte les points suivants :

- Le contexte : Il est nécessaire de lister les processus clés nécessaires au fonctionnement des activités essentielles. ainsi que les différents flux circulant au sein de l'entité étudiée.
- Les risques retenus comme les plus graves : Comme on le verra plus loin, il est fortement recommandé de conduire une analyse complète des risques afin de tirer les scénarios d'arrêt envisageable qui seront confrontés à une grille d'évaluation pour décider des priorités.

4. Analyse de risque MADS MOSAR

4.1 Décomposition du système étudié

Donc et selon les fonctions nécessaires dans le procédé de production de la zone de coupe et de pré-assemblage, nous allons décomposer le système étudié en 3 sous-systèmes :

- SS1 : la RAM
- SS2 : la FRAME
- SS3 : la BASE

La figure ci-dessous résume cette décomposition de l'Applicateur

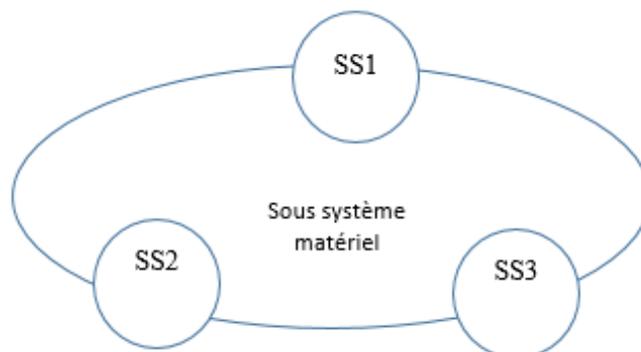


Figure 46 : Décomposition de l'Applicateur en sous systèmes

4.2 Identification des sources de risque

Dans cette partie, nous allons lister les sources de risque pour chaque sous-système qui peuvent conduire à un arrêt. Nous allons déterminer aussi les événements déclencheurs ainsi que les premières conséquences du sinistre. Les tableaux ci-dessous résument cette étude :

Tableau I : Processus de risque pour le SS1 (RAM)					
Sous-systèmes	Source de risque				Evènement Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS1	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Insulation Crimper	mauvais ajustement du terminal	Problème de nettoyage	Usure		Bouchon endommagé
Cutting Punch	Mauvais centrage du terminal	Problème Opérateur	Usure		Terminal torsé
Shank	Chute de l'applicateur	Problème de nettoyage	Endommagement des ressorts		Endommagement des crimping dies
Feeding CAM	Mauvais centrage du terminal		Usure		Défaut de sertissage (CFA)
Stopper	Ressort du supporting stopper usé		Endommagement		Avancement du fil par apport à sa position initiale
Wire Crimper	Mauvais calibrage du centre		Usure		Variation de bellmouth
Terminal scrapper	Variation de bellmouth	Coincement du stopper	Usure		Terminal incliné
Bush	Fatigue mécanique des ressorts de shank		Perte		Variation des mesures

Tableau 25 : Processus du risque pour SS1

Tableau II : Processus de risque pour le SS2 (FRAME)					
Sous-systèmes	Source de risque				Evènement Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS2	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Adjust rod	Manque de goupille		usure		Non avancement du terminal
Ram guide plate A		Manque de nettoyage	usure		RAM utilisé
Ram guide plate B		Manque de nettoyage	usure		Ram utilisé
Feeding claw	Mauvais ajustement du feeding claw				Non avancement de la bande du terminal
Cam follower	Casse de cam follower		Casse		Arrêt de l'applicateur
Pivot block	Vis de serrage de la base usé		Casse		Mauvais réglage de l'applicateur
Feeding rod		Frottement	Usure		Casse de la cam follower
Feeding claw spring		Durée de vie de vis dépassée	Déformation		Non-retour du ressort à sa position initial

Tableau 26 : Processus de risque pour SS2

Tableau III : Processus de risque pour le SS3 (BASE)					
Sous-systèmes	Source de risque				Evènement Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS3	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Base	Applicateur tombé par terre		Endommagement		Usure des pièces de l'applicateur
Terminal holder	Fatigue des ressorts du terminal holder		Perte		Bavure
Anvil	Mesures très basses du shank		Usure		Bavure
Terminal guide plate A	Montage erroné des crimping dies	Problème opérateur	Usure		Endommagement des crimping dies
Terminal guide plate B	Blocage du terminal	Présence de saleté et matière étrangère	Usure		Terminal incliné
Outer Shearblade	Fatigue mécanique d'outer-Shearblade		Usure		Encombrement de la bande du terminal
Shear blade	Non serrage des crimping dies		Déformation		Bavure

Tableau 27 : Processus de risque pour SS3

4.3 Identification des scénarios de risque

4.3.1 Réalisation des boîtes noires

Dans cette partie, nous allons considérer les sous-systèmes étudiés comme des boîtes noires avec comme entrées les événements initiateurs et comme sorties les événements principaux. Cette opération n'est qu'une autre manière de représenter les tableaux mais permet de combiner les événements entre eux afin d'obtenir des scénarios complexes.

Les figures suivantes représentent les boîtes noires de chaque sous-système :

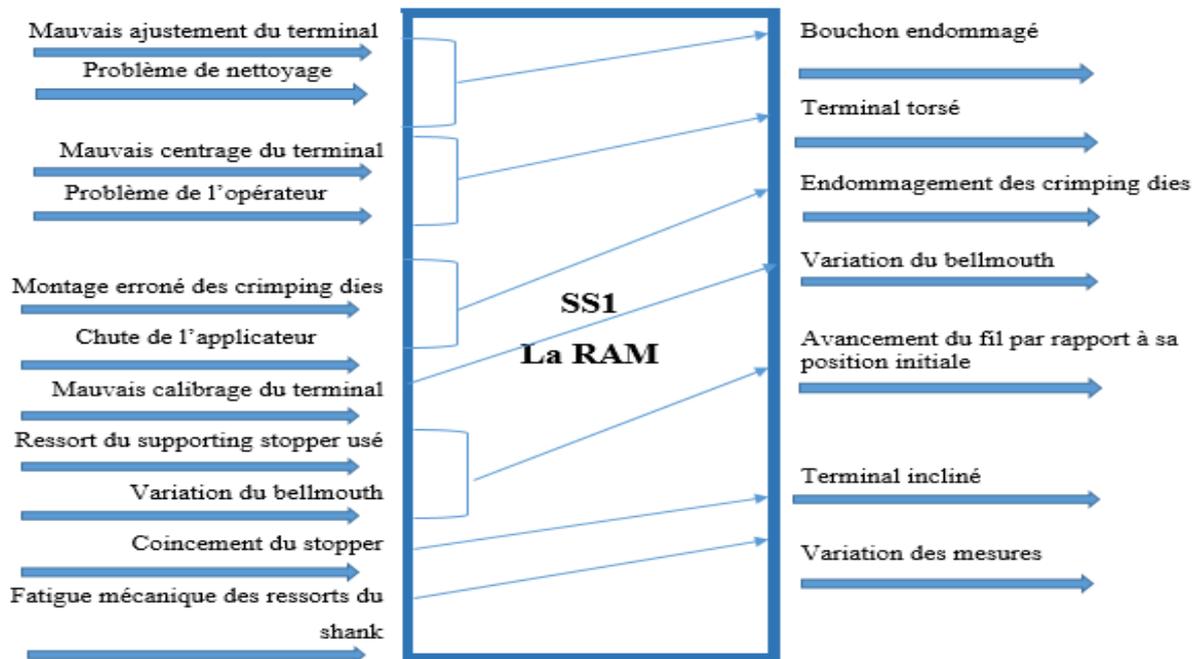


Figure 47 : La boîte noire du SS1

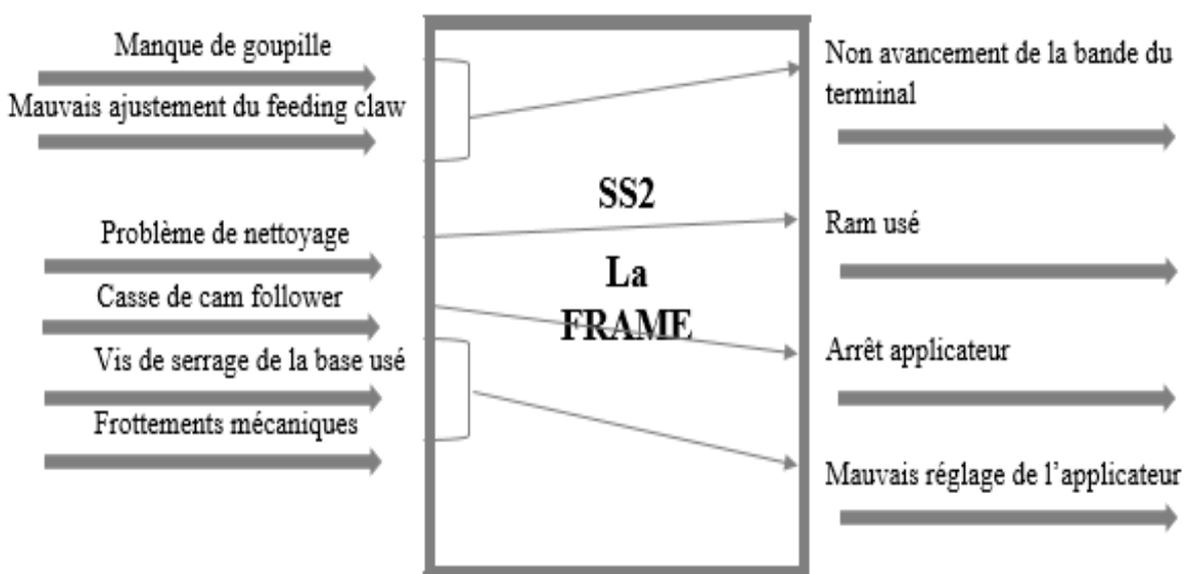


Figure 48 : La boîte noire du SS2

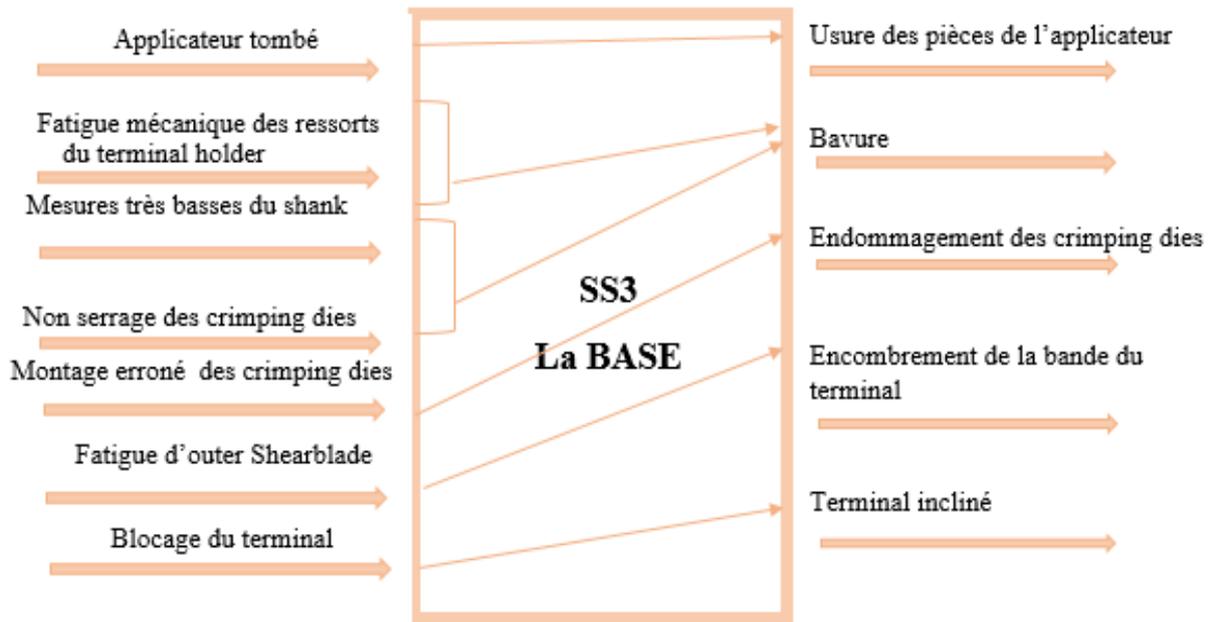
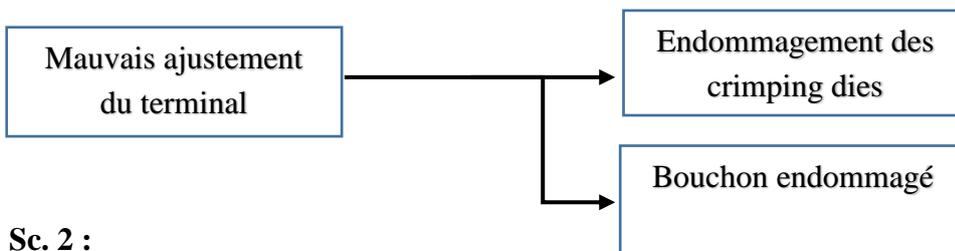


Figure 49 : La boîte noire du SS3

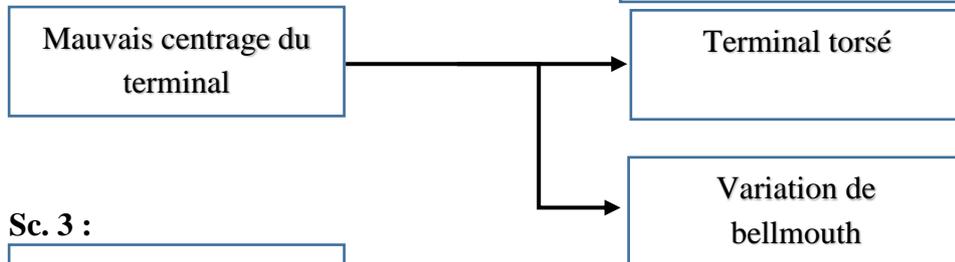
4.3.2 Réalisation des scénarios

Après avoir modélisé les sous-systèmes en boîtes noires et déterminé les différentes interactions entre les événements initiateurs qui peuvent conduire à un arrêt de la production, on va lister dans cette partie les différents scénarios qui décrivent cela et les classer par la suite en fonction de leur probabilité de réalisation ainsi que leur gravité.

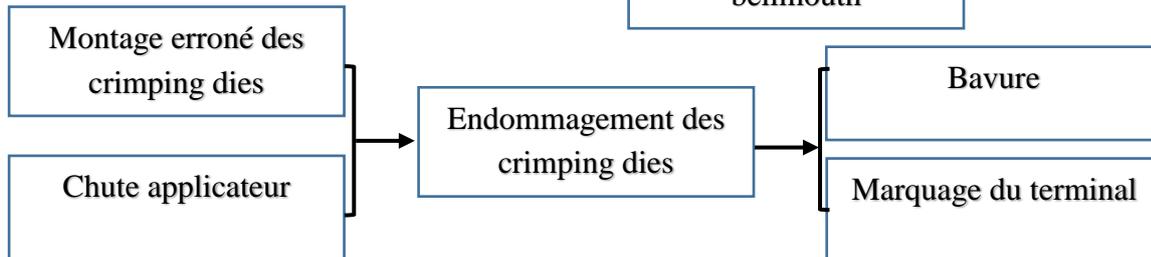
Sc. 1 :

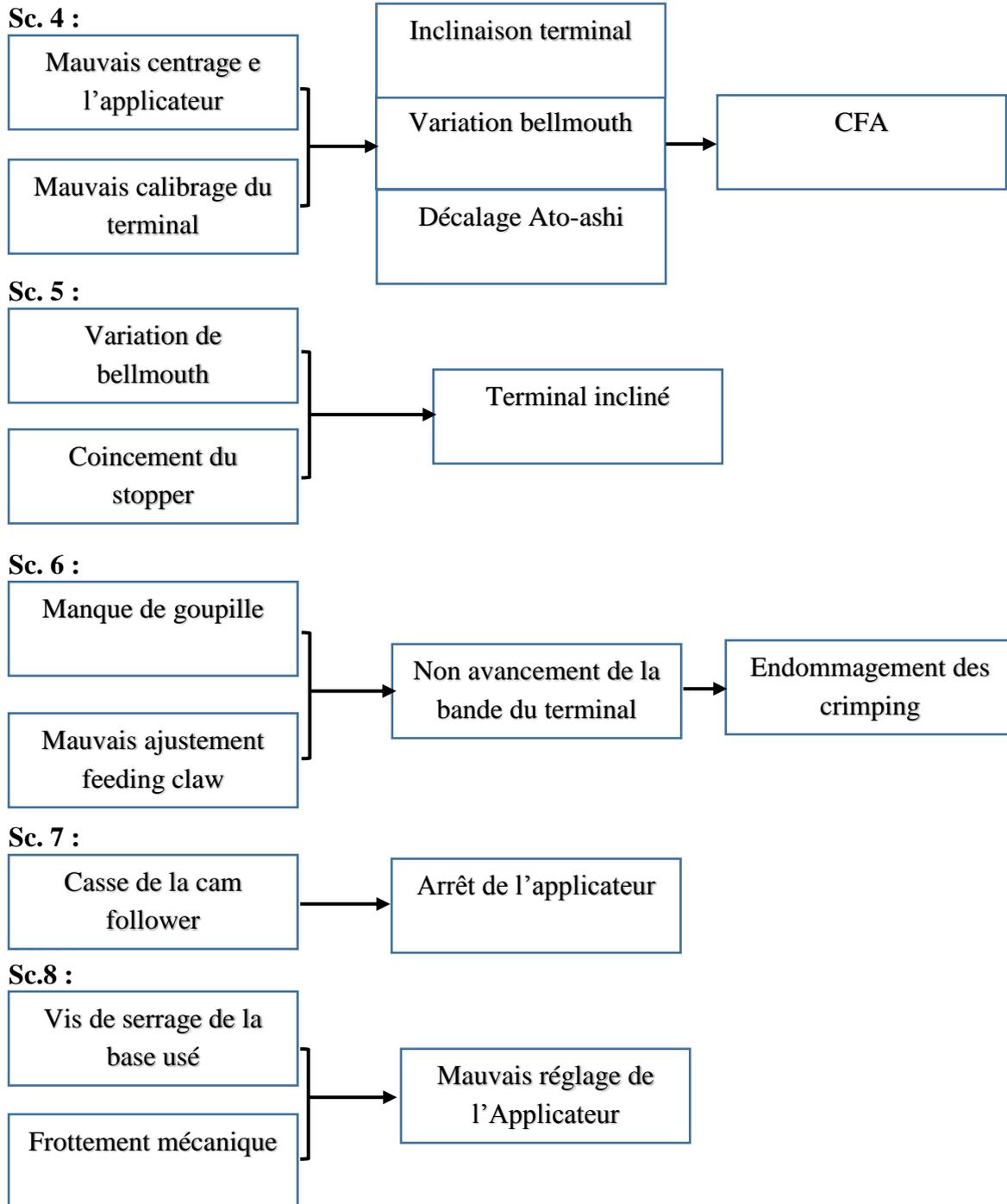


Sc. 2 :



Sc. 3 :





4.4 Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios

4.4.1 Détermination des outils de travail

Jusqu'ici nous n'avons pas situé le travail d'analyse par rapport à des objectifs d'acceptabilité, nous allons donc construire premièrement un outil qui permettra de classer les scénarios, celui choisi est la grille Probabilité x Gravité. Ensuite nous allons négocier les niveaux des deux axes de la grille afin de les adapter à la situation des outils de sertissage. Enfin, nous allons

déterminer un seuil d'acceptabilité pour pouvoir trancher définitivement les scénarios qui seront pris en compte dans l'élaboration de notre plan de continuité d'activité.

Avec l'équipe de travail, nous avons élaboré l'échelle de cotation représentée dans les tableaux ci-dessous (tableau28, tableau29) pour pouvoir hiérarchiser les scénarios. Elle a été réalisée en se basant sur l'expérience de chacun.

Note	Niveau	Définition de la probabilité
4	Fréquent	L'évènement peut se produire plusieurs fois par an
3	Probable	L'évènement peut se produire une fois par an
2	Possible	L'évènement s'est déjà produit une fois dans l'entreprise ou une installation similaire
1	Improbable	L'évènement est difficilement envisageable.

Tableau 28 : Définition de l'échelle de la probabilité

Note	Niveau	Définition de la gravité
4	Catastrophique	La situation entraîne : Un arrêt de l'activité sur un délai supérieur à la capacité du stock de sécurité Arrêt de la livraison des câbles Une perte de crédibilité vis-à-vis du client
3	majeure	La situation entraîne : Un arrêt de l'activité sur un délai inférieur à la capacité du stock de sécurité Baisse de la qualité de service
2	modéré	La situation entraîne : Arrêt de la production
1	Mineur	La situation entraîne : Une perturbation de la production sans conséquence notable

Tableau 29 : Définition de l'échelle de la gravité

Après avoir dressé les tables de cotation, nous allons maintenant établir une limite d'acceptabilité des scénarios. Elle a été déterminée après une réunion avec l'équipe de travail ce qui a donné :

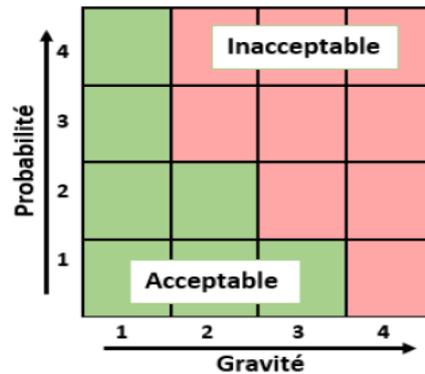


Figure 50 : Seuil d'acceptabilité des scénarios

4.4.2 Hiérarchisation des scénarios de risque :

Nous allons maintenant situer les scénarios déjà préétablis dans la grille G x P et les hiérarchiser.

Ces résultats ont été obtenus après plusieurs réunions avec l'équipe de travail et la figure suivante résume le résultat de cette étape de l'étude :

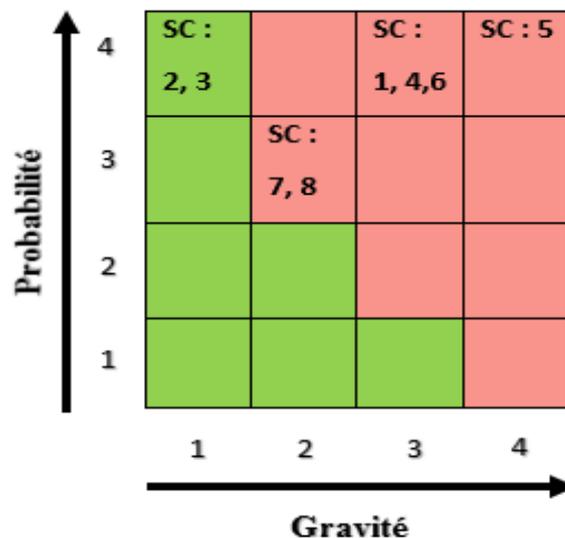


Figure 51 : Résultat de la hiérarchisation des scénarios

D'après cette analyse, les scénarios à traiter sont : 1, 4, 5, 6, 7, 8. Et d'après ces derniers, les événements qui représentent un grand risque pour la continuité d'activité des outils de sertissage sont :

- Endommagement des crimping dies
- Problème CFA

- Terminal incliné
- Arrêt Applicateur
- Mauvais réglage de l'applicateur

5. Plan de continuité d'activité des outils de sertissage

5.1 Endommagement des crimping dies

La figure suivante représente les tâches effectuées dans le cas d'endommagement des crimping dies :

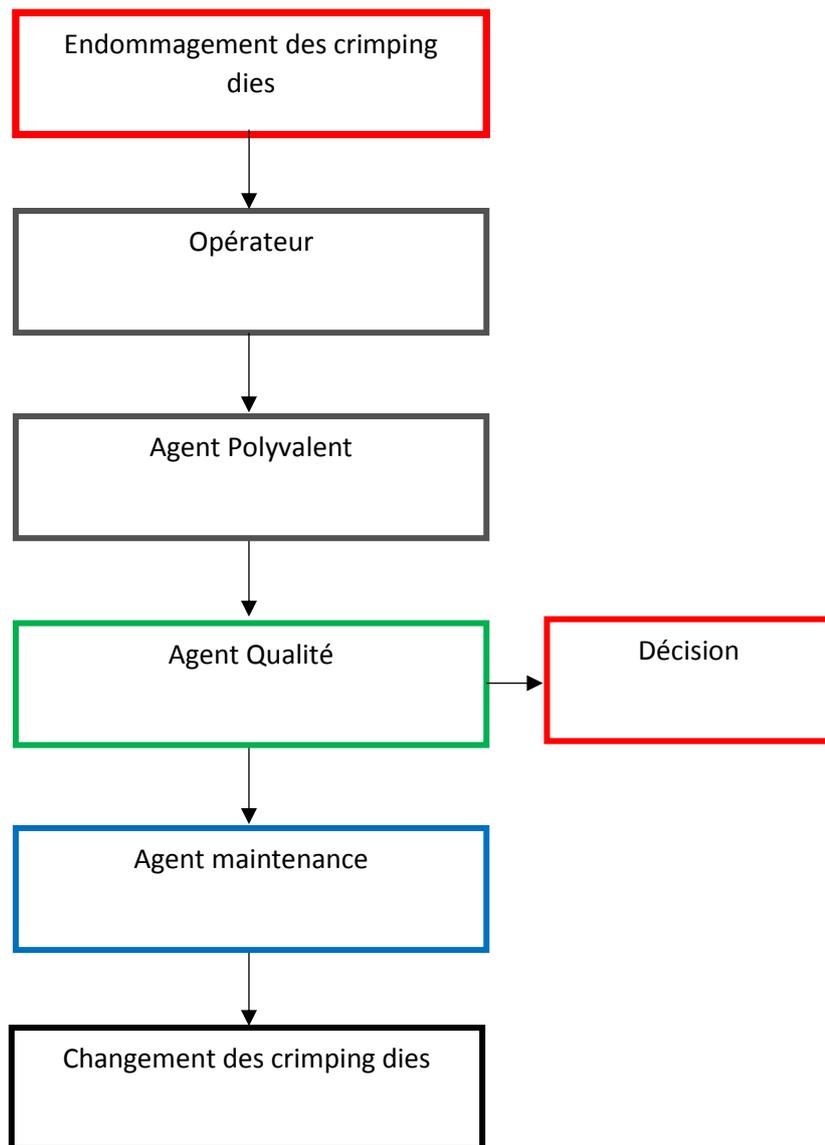


Figure 52 : Plan de continuité pour endommagement des crimping dies

5.2 Problème CFA

La figure suivante représente les tâches effectuées dans le cas du problème CFA :

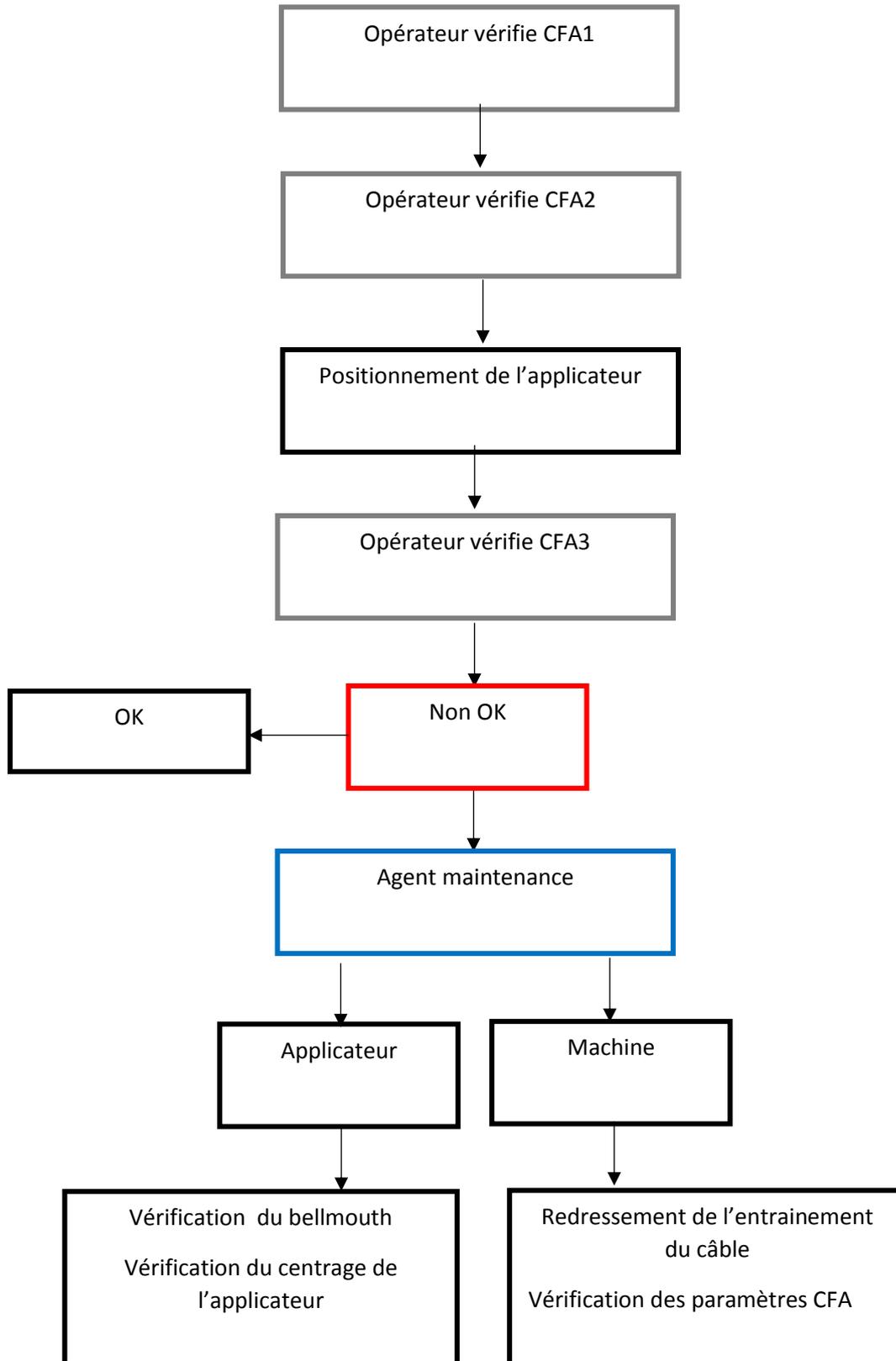


Figure 43 : Plan de continuité pour le problème CFA

5.3 Terminal incliné

La figure suivante représente les tâches effectuées dans le cas du terminal incliné :

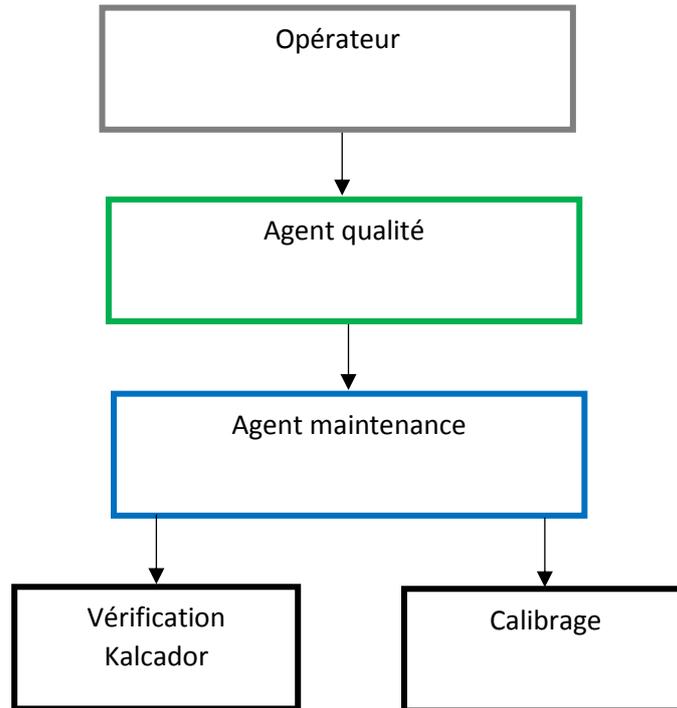


Figure 54 : Plan de continuité pour Terminal incliné

5.4 Arrêt Applicateur

La figure suivante représente les tâches effectuées dans le cas d'arrêt d'applicateur

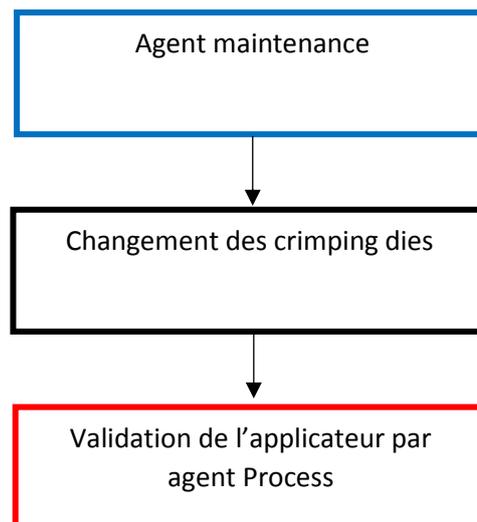


Figure 55 : Plan de continuité pour Arrêt Applicateur

5.5 Mauvais réglage applicateur

La figure suivante représente les tâches effectuées dans le cas d'un mauvais réglage de l'applicateur :

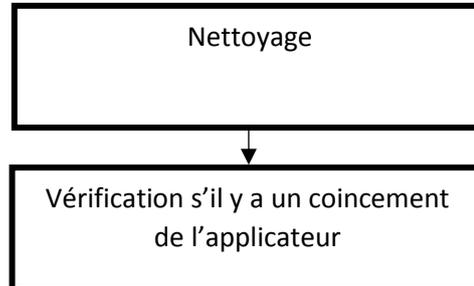


Figure 56 : Plan de continuité pour réglage de l'applicateur

Après avoir construit les plans d'action contenant les tâches que doivent être effectuées pour chaque problème qui affecte les outils de sertissage comme ça nous aurons pu diminuer les arrêts de ces derniers et augmenter leur sécurité.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes attaqués au plan de continuité d'activité des outils de sertissage. En effet, après avoir implémenté nos améliorations pour diminuer les arrêts de la maintenance, ce volet traite les arrêts dus à d'autres causes. Nous avons commencé une étude de risque en se basant sur la méthode MADS-MOSAR qui nous a permis de tirer les scénarios qui peuvent induire à des arrêts graves. Après avoir hiérarchisé ses scénarios nous avons choisi les plus critiques qui ont fait l'objet d'étude dans le plan de contingence. Après cela, nous avons réalisé un plan de continuité d'activité qui détermine le processus en cas des différents sinistres déjà établis.

Ainsi, le plan de contingence réalisé va permettre de débloquer la situation en cas d'arrêt des outils de sertissage et minimiser par la suite les pertes dus à la rupture de l'activité.

Conclusion générale

À l'issue de ce projet de fin d'étude on remarque que la maintenance représente un des leviers importants pour maîtriser la productivité d'une manière significative ainsi que l'amélioration de sa performance est essentielle pour préserver la sécurité et la fiabilité des outils de production.

Dans cette perspective nous rappelons que notre projet de fin d'études consiste à améliorer la performance de la gestion de la maintenance des outils de sertissage et déterminer les autres causes qui peuvent influencer les arrêts de ces outils autres que la maintenance en proposant des actions amélioratrices efficaces et pertinentes ainsi l'élaboration d'un plan de continuité optimal dans le but d'assurer une disponibilité maximale avec une meilleure sûreté de fonctionnement.

Dans l'atteinte de cet objectif nous avons procédé notre travail selon une démarche qui se résume en trois étapes :

Dans la première étape nous avons effectué une analyse de l'état actuel de la maintenance et la détermination des dysfonctionnements du service maintenance en se basant sur un audit qui suit la méthode d'YVES LAVINA (un questionnaire qui traite tout le fonctionnement du service maintenance). Et à travers cette démarche nous avons trouvé que nous devons travailler sur la gestion du stock des pièces de rechange, l'amélioration de la méthode de travail et l'amélioration de la documentation technique comme nous avons fait appel à une approche AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leur Criticité) pour lister les composants les plus critiques des outils de sertissage.

Dans la deuxième étape nous avons adapté une planification et une mise en œuvre des actions correctives sur les outils de sertissage sur laquelle nous avons implémenté des actions sur le terrain où nous avons élaboré une nouvelle politique pour gérer et sécuriser le stock des pièces critiques à l'aide de la méthode de point de commande. Ensuite, nous avons fait une amélioration de la méthode de travail sur laquelle nous avons réalisé des manuels de maintenance préventive et curative des applicateurs. Puis, nous avons élaboré une plateforme pour faciliter la recherche des pièces de rechange critiques des applicateurs.

Pour chaque solution proposée, nous avons calculé le gain afin d'évaluer sa rentabilité pour le service maintenance et le service production. Ces solutions ont diminué le temps des arrêts des outils de sertissage d'environ 19% en moyenne et le gain en budget globale sera de l'ordre de 461 154 Dh.

La troisième étape vise à élaborer un plan de contingence pour les outils de sertissage en suivant la méthode MADS-MOSAR qui consiste à identifier les sources et les scénarios des risques et à étudier la probabilité et la criticité des pannes les plus susceptibles de se produire. Et à la fin nous avons élaboré un plan qui a pour but de montrer et d'expliquer les tâches que doivent être effectuées pour chaque problème.

En guise de perspectives, nous proposons de généraliser les actions d'amélioration de la maintenance sur l'ensemble des équipements d'YMO, afin d'améliorer la performance totale de la gestion de la maintenance et réduire le taux d'arrêt et assurer une meilleure sécurité.

Bibliographie

Ouvrage

- [1] Documentation YAZAKI.
- [2] Eric METAIS, DEVINCI – *Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité*, Nantes, 2004.
- [3] P.Périlhon. *Eléments méthodologiques*. Revenue Phobus N.12, 1er trimestre 2000.
Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale- *Guide pour réaliser un plan de continuité d'activité*, Edition 2013, France
- [4] Yves LAVINA. *Audit de la maintenance*, Edition d'organisation, Paris, 1992.
- [5] F. PALISSON – Détermination des paramètres de Weibull à partir de la méthode de l'actuariat, Numdam. *Guide pour faire la modélisation de fiabilisation par la loi de Weibull*.

Webographie

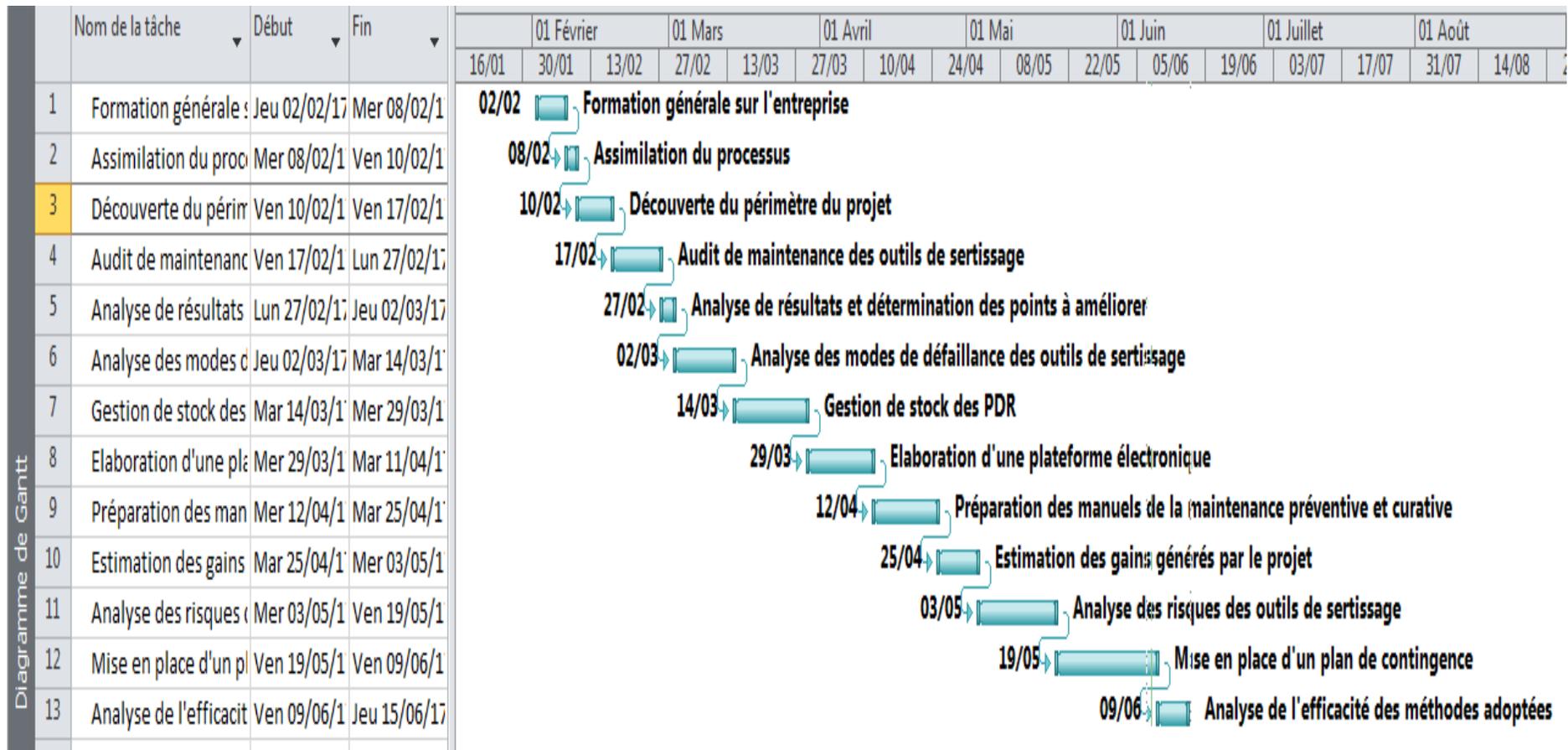
- [6] BP MEI – méthode de maintenance :
http://lpmei.com/cd_bac_mei/eleve/cours/gestion%20de%20maintenance/Livret%20Bac%20Pro%20MEI%20S5.pdf
- [7] Logistique Conseil - *Recherche, Information, Etude & conseil* :
<http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Methodes-optimisation/Pdca-roue-deming.htm>
- [8] Wikipédia
- [9] Revue de statistique appliqué, tome 37, n°4 (1989), p. 5 – 39
<http://www.numdam.org/item?id=RSA-1989-37-4-5-0>



ANNEXES

- **Annexe I** : Diagramme Gantt du planning du projet.
- **Annexe II** : Questionnaire de l'Audit de la maintenance YVE LAVINA.
- **Annexe III** : Analyse des modes de défaillances, leurs effets et leurs criticités des types des outils de sertissage.
- **Annexe IV** : Analyse PARETO des outils de sertissage.
- **Annexe V** : Résultats de la gestion de stock par la méthode point de commande.
- **Annexe VI** : Simulation de la consommation des pièces critiques des outils de sertissage.
- **Annexe VII** : Résultats de la modélisation de la fiabilisation des pièces critiques des outils de sertissage.
- **Annexe VIII** : Diagnostic réalisé lors de la maintenance curative.

Diagramme Gantt du planning de notre projet de fin d'étude durant quatre mois



Résultats de l'Audit de maintenance YVES LAVINA

A. Organisation générale	oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Est-ce que l'organisation de la fonction maintenance a été définie par écrit et approuvée ?	50	40	30	20	10	0
2. Les responsabilités et les tâches définies dans l'organisation sont-elles vérifiées ?	50	40	30	20	10	0
3. les responsabilités et les tâches des différents acteurs sont-elles clairement définies ?	50	40	30	20	10	0
4. Le personnel d'encadrement et de supervision est-il suffisant ?	50	40	30	20	10	0
5. L'activité de chaque intervenant est-elle encadrée par un budget de fonctionnement ?	50	40	30	20	10	0
6. Existe-t-il un responsable pour assurer la coordination des travaux, des approvisionnements, des études d'installation et de la formation ?	50	40	30	20	10	0
7. Existe-t-il des fiches de fonction pour chacun des postes d'exécutant ?	50	40	30	20	10	0
8. Les opérateurs disposent-ils de consignes écrites pour les tâches de maintenance du 1 ^{er} niveau ?	50	40	30	20	10	0
9. Vous réunissez-vous périodiquement avec les opérateurs pour examiner les travaux à effectuer ?	50	40	30	20	10	0
10. Les objectifs sont-ils écrits et sont-ils contrôlés régulièrement ?	50	40	30	20	10	0
11. Etes-vous consultés par les exploitants, ou par les services d'ingénierie à l'occasion de l'étude ou de l'installation de nouveaux équipements ?	50	40	30	20	10	0

B. Méthode de travail	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Pour les interventions importantes en volume d'heures et /ou répétitives, privilégiez-vous la préparation du travail ?	50	40	30	20	10	0
2. Utilisez-vous des supports imprimés pour préparer les travaux (fiches de préparation) ?	50	40	30	20	10	0
3. Disposez-vous de modes opératoires écrits pour les travaux complexes ou délicats ?	50	40	30	20	10	0
4. Avez-vous une procédure écrite définissant les autorisations de travail pour les travaux à risque ?	50	40	30	20	10	0
5. Conservez-vous et classez-vous de manière particulière les dossiers de préparation ?	50	40	30	20	10	0
6. Y a-t-il des actions visant à standardiser les organes et les pièces ?	50	40	30	20	10	0
7. Avez-vous des méthodes d'estimation des temps et des coûts de la fonction maintenance ?	50	40	30	20	10	0
8. Utilisez-vous les méthodes PERT pour la préparation des travaux longs ?	50	40	30	20	10	0
9. Avez-vous des méthodologies formalisées de dépannage ?	50	40	30	20	10	0
10. Réservez-vous des pièces en magasin, faites-vous préparer des kits en fonction de vos interventions ?	50	40	30	20	10	0
11. La documentation est-elle correctement classée et facilement accessible ?	50	40	30	20	10	0

C. Suivi technique des équipements	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Existe-il un inventaire des équipements par unité ?	50	40	30	20	10	0
2. Est-ce que chaque équipement possède-t-il un numéro d'identification unique autre que le numéro chronologique indiqué ?	50	40	30	20	10	0
3. Sur le site, tout équipement a-t-il son numéro d'identification clairement indiqué ?	50	40	30	20	10	0
4. Les modifications, nouvelles installations ou suppression d'équipements, sont-elles enregistrées systématiquement ?	50	40	30	20	10	0
5. Un dossier technique est-il ouvert pour chaque équipement ou installation ?	50	40	30	20	10	0
6. Possédez-vous un historique des travaux pour chaque équipement ?	50	40	30	20	10	0
7. Disposez-vous d'informations concernant les heures passées, les pièces consommées et les coûts équipement par unité ?	50	40	30	20	10	0
8. Y a-t-il un responsable de la tenue de l'historique des travaux ?	50	40	30	20	10	0
9. Assurez-vous un suivi formel des informations relatives aux comptes rendus des visites ou des inspections préventives ?	50	40	30	20	10	0
10. Les historiques sont-ils analysés une fois par an ?	50	40	30	20	10	0

D. Gestion de portefeuille des travaux	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Avez-vous un programme établi de maintenance préventive ?	50	40	30	20	10	0
2. Disposez-vous de fiches de maintenance préventive ?	50	40	30	20	10	0
3. Existe-t-il un responsable des actions de maintenance préventive ?	50	40	30	20	10	0
4. Les opérateurs ont-ils des responsabilités en matière de réglage et de maintenance de routine ?	50	40	30	20	10	0
5. Avez-vous un système d'enregistrement des demandes de travaux ?	50	40	30	20	10	0
6. Y a-t-il une personne particulièrement responsable de l'ordonnancement des travaux ?	50	40	30	20	10	0
7. Avez-vous défini des règles permettant d'affecter les travaux selon les priorités ?	50	40	30	20	10	0
8. Connaissez-vous en permanence la charge de travail en portefeuille ?	50	40	30	20	10	0
9. Existe-t-il un document « bon de travail » permettant de suivre toute intervention, qui soit utilisé systématiquement pour tout travail ?	50	40	30	20	10	0
10. Les responsables se rencontrent-ils sur une base régulière pour regarder les différents problèmes ?	50	40	30	20	10	0
11. Disposez-vous d'un planning journalier de lancement des travaux ?	50	40	30	20	10	0

E. Gestion de stock des PDR	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Disposez-vous d'un magasin pour stocker les pièces de rechange ?	50	40	30	20	10	0
2. Avez-vous le libre-service pour les articles à consommation courante ?	50	40	30	20	10	0
3. Tenez-vous à jour des fiches de stock ?	50	40	30	20	10	0
4. Eliminez-vous automatiquement les pièces obsolètes ?	50	40	30	20	10	0
5. Suivez-vous la consommation des articles par équipement ?	50	40	30	20	10	0
6. La valeur et le nombre d'articles en stock est-il facilement disponible ?	50	40	30	20	10	0
7. Les pièces sont-elles bien rangées et identifiées ?	50	40	30	20	10	0
8. A-t-on bien défini le seuil de déclenchement et les quantités à réapprovisionner pour chaque article en stock ?	50	40	30	20	10	0
9. Les pièces interchangeables sont-elles identifiées ?	50	40	30	20	10	0
10. Les procédures d'approvisionnement sont-elles suffisamment souples pour stocker au maximum chez le fournisseur ?	50	40	30	20	10	0

F. Organisation matérielle de l'atelier maintenance	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. L'espace atelier de maintenance est-il suffisant ?	50	40	30	20	10	0
2. Votre atelier pourrait-il être mieux situé par rapport aux équipements à entretenir ?	50	40	30	20	10	0
3. Les bureaux des superviseurs sont-ils de plein pied sur l'atelier ?	50	40	30	20	10	0
4. Votre atelier dispose-t-il de chauffage et d'air conditionné ?	50	40	30	20	10	0
5. Le magasin d'outillage et de pièces de rechange est-il au voisinage de votre atelier ?	50	40	30	20	10	0
6. Y a-t-il un responsable du magasin ?	50	40	30	20	10	0
7. Le magasin outillage est-il affecté exclusivement à la maintenance ?	50	40	30	20	10	0
8. Chaque intervenant dispose-t-il d'un poste de travail bien identifié ?	50	40	30	20	10	0
9. Les moyens de manutention de l'atelier sont-ils adaptés ?	50	40	30	20	10	0

G. Outillage	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Disposez-vous d'un inventaire d'outillage et d'équipement de test en votre possession ?	50	40	30	20	10	0
2. Cet inventaire est-il mis à jour régulièrement ?	50	40	30	20	10	0
3. Disposez-vous de tous les outillages spéciaux et équipements de test dont vous avez besoin ?	50	40	30	20	10	0
4. Exécutez-vous la maintenance préventive à l'aide d'équipements de test dont vous avez besoin ?	50	40	30	20	10	0
5. Les outillages et équipements de test sont-ils facilement disponibles et en quantité suffisante ?	50	40	30	20	10	0
6. L'étalonnage des appareils de mesure est-il bien défini et effectué ?	50	40	30	20	10	0
7. Avez-vous défini par écrit le processus de mise à disposition et d'utilisation de l'outillage ?	50	40	30	20	10	0
8. Chaque exécutant dispose-t-il d'une boîte à outils personnelle ?	50	40	30	20	10	0
9. Disposez-vous suffisamment de moyens de manutention sur le site ?	50	40	30	20	10	0

H. Documentation technique	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Disposez-vous d'une documentation technique générale et suffisante ?	50	40	30	20	10	0
2. Pour les équipements, disposez-vous de plans d'ensemble et de schémas nécessaires ?	50	40	30	20	10	0
3. Les notices techniques d'utilisation et de maintenance ainsi que la liste des pièces détachées sont-elles disponibles pour les équipements ?	50	40	30	20	10	0
4. Les plans des installations sont-ils facilement accessibles et utilisables ?	50	40	30	20	10	0
5. Les plans et schémas sont-ils mis à jour ?	50	40	30	20	10	0
6. Enregistrez-vous les travaux de modification des équipements et classez-vous les dossiers de préparation correspondants ?	50	40	30	20	10	0
7. Les contrats de maintenance sont-ils facilement accessibles ?	50	40	30	20	10	0
8. Les moyens de reprographie et classement sont-ils suffisants ?	50	40	30	20	10	0

I. Personnel et formation	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Le climat de travail est-il généralement positif ?	50	40	30	20	10	0
2. Les responsables encadrent-ils les travaux effectués par les ouvriers sous leur responsabilité ?	50	40	30	20	10	0
3. Les problèmes sont-ils souvent examinés en groupe incluant les opérateurs ?	50	40	30	20	10	0
4. Existe-il des entretiens annuels d'appréciation du personnel d'encadrement et exécutant ?	50	40	30	20	10	0
5. Les responsables et les opérateurs sont-ils suffisamment disponibles ?	50	40	30	20	10	0
6. Considérez-vous globalement que la compétence technique de votre personnel est satisfaisante ?	50	40	30	20	10	0
7. Dans le travail quotidien, estimez-vous que le personnel a l'initiative nécessaire ?	50	40	30	20	10	0
8. Les responsables assurent-ils le perfectionnement de leur personnel ?	50	40	30	20	10	0
9. Les responsables reçoivent-ils une formation aux nouvelles technologies ?	50	40	30	20	10	0
10. Votre personnel reçoit-il régulièrement une formation aux nouvelles technologies ?	50	40	30	20	10	0
11. La formation du personnel est-elle programmée et maîtrisée par le service maintenance ?	50	40	30	20	10	0
12. La qualification et habilitation du personnel sont-elles suivies rigoureusement ?	50	40	30	20	10	0
13. Avez-vous des pertes importantes de temps de production ?	50	40	30	20	10	0
14. La relation entre votre personnel et le service client est-elle bonne ?	50	40	30	20	10	0

J. Contrôle de l'activité	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Disposez-vous d'un tableau de bord permettant de décider des actions correctives à entreprendre ?	50	40	30	20	10	0
2. Existe-t-il des rapports réguliers de suivi des heures de travail, des pièces consommées et des coûts de main d'œuvre ?	50	40	30	20	10	0
3. les performances du service sont-ils suivies ?	50	40	30	20	10	0
4. L'efficacité de la personne maintenance est-elle contrôlée ?	50	40	30	20	10	0
5. Maîtrisez-vous votre charge de travail ?	50	40	30	20	10	0
6. Disposez-vous des coûts de maintenance équipement par équipement ?	50	40	30	20	10	0
7. Le service de maintenance dispose-t-il d'un outil de gestion informatisé de l'activité ?	50	40	30	20	10	0
8. Disposez-vous d'informations de synthèse dans un délai suffisamment court ?	50	40	30	20	10	0
9. Emettez-vous régulièrement un compte-rendu d'activité ?	50	40	30	20	10	0

K. EHS de la maintenance	Oui	Plutôt oui	Pas d'avis vers l'accord	Pas d'avis vers le désaccord	Plutôt non	Non
1. Pour tout équipement disposez-vous d'une cartographie des risques qui lui sont associés ?	50	40	30	20	10	0
2. La documentation est-elle mise à jour au fur et à mesure du développement des risques ?	50	40	30	20	10	0
3. Enregistrez-vous la totalité des incidents ?	50	40	30	20	10	0
4. Existe-t-il des plans de formation sur la sécurité pour les opérateurs de maintenance ?	50	40	30	20	10	0
5. Existe-t-il des systèmes anti-erreurs ?	50	40	30	20	10	0
6. Pensez-vous en compte l'aspect sécurité d'exploitation et de maintenance lors de l'achat des équipements ?	50	40	30	20	10	0
7. Existe-t-il un plan de maintenance des équipements de sûreté ?	50	40	30	20	10	0

Remarque : Dans le prochain annexe on va détailler seulement l'AMDEC d'un seul type celui de l'applicateur 04 car c'est le plus généralisé.

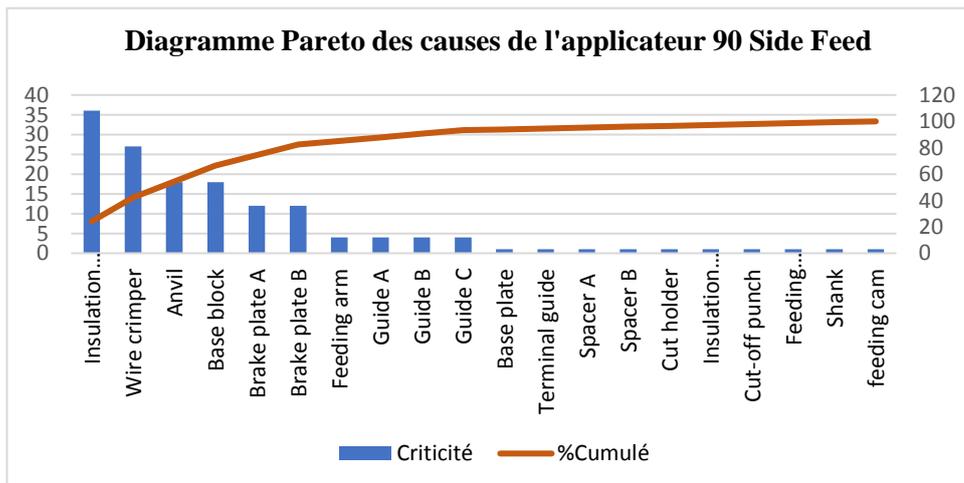
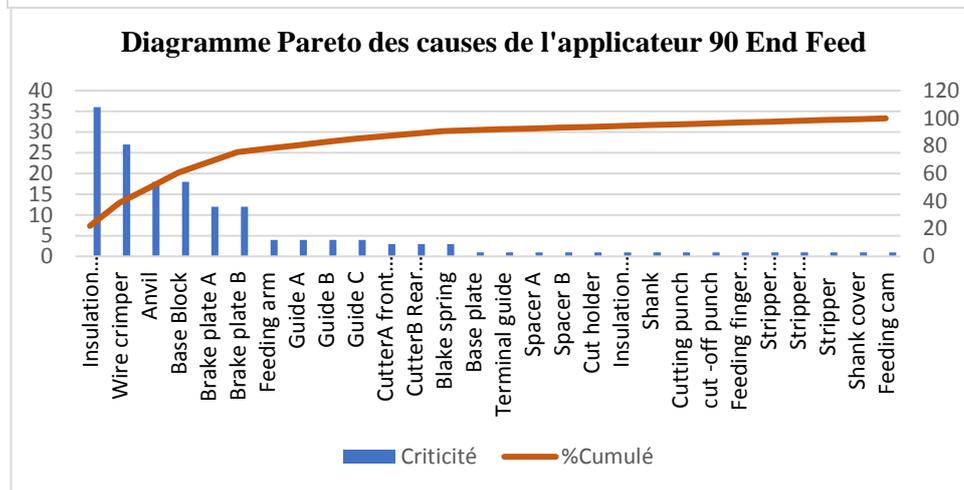
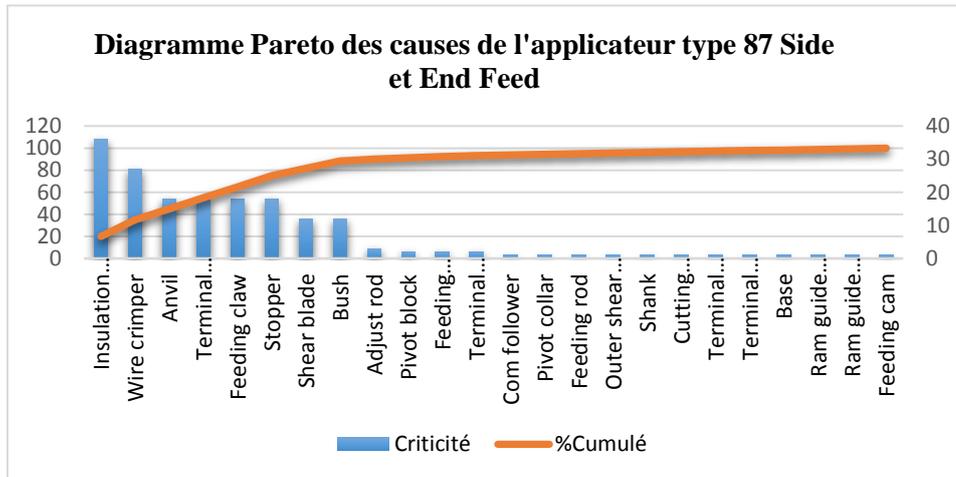
YAZAKI	Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités										
	Equipement : Applicateur 04 (Side feed)			Date de l'analyse : Mars 2017		Période : Du 1/03/2017 Au 10/03/2017					
RAM	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Actions correctives
							F	D	G	C	
	Insulation crimper	Assurer le sertissage au niveau de l'isolant	Usure	Monter l'insulation crimper en inverse -Mesure très basse du shank lors de non recours au cycle manuel.	-Variation de bellmouth -Mauvaise hauteur de la zone de contact avec l'isolant -Bouchon endommagé	Par la loupe Machine	4	3	3	36	Changement de la pièce
	Shank	Ajuster les mesures	Endommagement des ressorts	Discipline du travail	Endommagement des crimping dies	Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Cutting punch	Fixer le fil au moment du sertissage	Usure	-Anvil holder avancé ou reculé -Outer shear blade avancé ou reculé -Terminal bloqué	-Terminal torsé -Variation de bellmouth	Par la loupe Machine	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Feeding cam	Guider l'avancement du pas du terminal	Usure	-Mauvais centrage du terminal	Défaut de sertissage	Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Stopper	Donner un point référentiel pour le sertissage manuel	Endommagement	-Ressort du supporting stopper usé	-Avancement du fil par apport a sa position initiale -Sertissage non conforme	Visuelle	3	3	2	18	Changement de la pièce
	Wire crimper	Sertissage au niveau du filament	Usure	-Monter le wire crimper en inverse -Terminal mal positionné sur l'anvil -Mauvais calibrage du centre entre l'anvil et le wire crimper	-Variation de bellmouth -Mauvaise hauteur la zone de contact du filament	Par la loupe Machine	3	3	3	27	Changement de la pièce

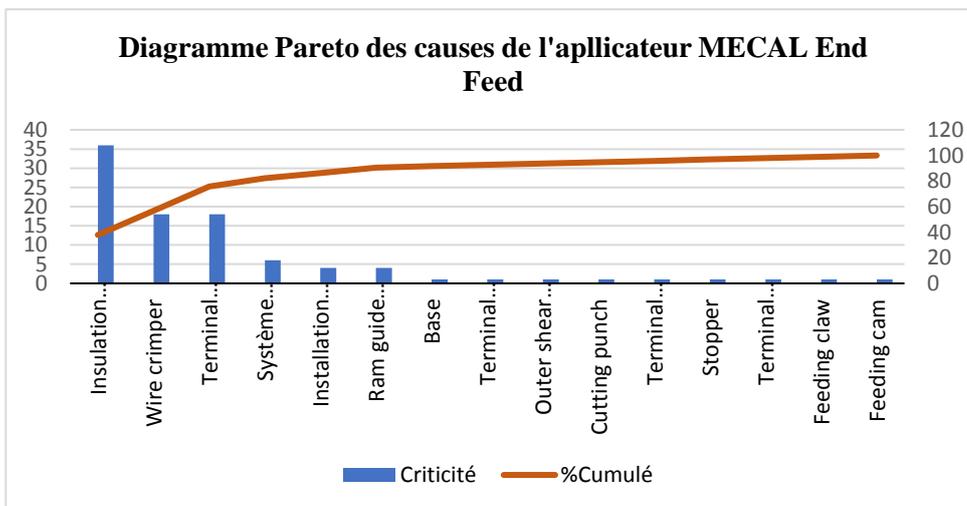
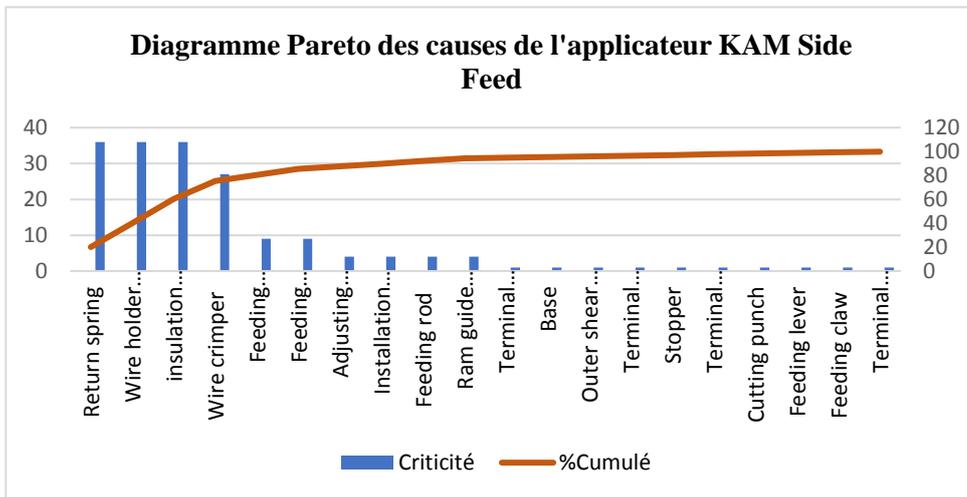
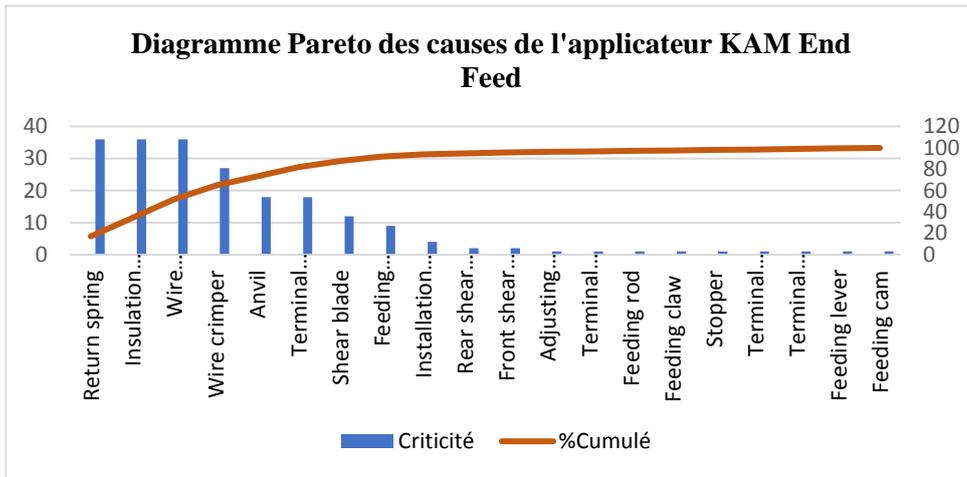
				-Non détection de la fin de la bande du terminal -Installation plate non fixé sur la base de la presse									
	Terminal scraper	Donner un point référentiel pour le sertissage automatique	Usure	-Contact entre le terminal scraper et les crimping dies lorsque l'insulation crimper est chanfreiné -Collision entre le terminal scraper et le supporting stopper lorsque l'insulation est non chanfreiné	-la zone de contact du filament déformée -Terminal incliné vers le haut	Visuelle	1	1	2	2			Changement de la pièce
	Busch	Donner un intervalle pour l'insulation pour ajuster les mesures de la zone de contact avec l'isolant	Perte	Discipline du travail	Variation des mesures de la zone de contact avec l'isolant	Visuelle	3	1	4	12			Changement de la pièce
Base	Base	Fixation des éléments de l'applicateur	Endommagement	Faire tomber l'applicateur	-Mauvais calibrage de l'applicateur -Usure des pièces de l'applicateur	Visuelle Machine	1	1	1	1			Changement de la pièce
	Terminal holder	Système de fixation de la bande de terminal	Perte	Endommagement des circlips	Mauvais avancement du terminal Décentrage du terminal	Visuelle	1	1	1	1			Changement de la pièce
	Anvil	Servir le support pour le sertissage	Usure	Mesures très basses du shank lors du non recours au cycle manuel	-Bavure -Zone de contact avec l'isolant déformée -Bouchon endommagé	La loupe Machine	3	2	3	18			Changement de la pièce
	Terminal guide plate A	Guider la partie du terminal entre le filament du terminal et l'isolant terminal	Usure	-Blocage du terminal. -Monter les crimping dies en inverse	-Variation de bellmouth -Ligament - endommagement des Crimping dies	Visuelle	3	2	3	18			Changement de la pièce

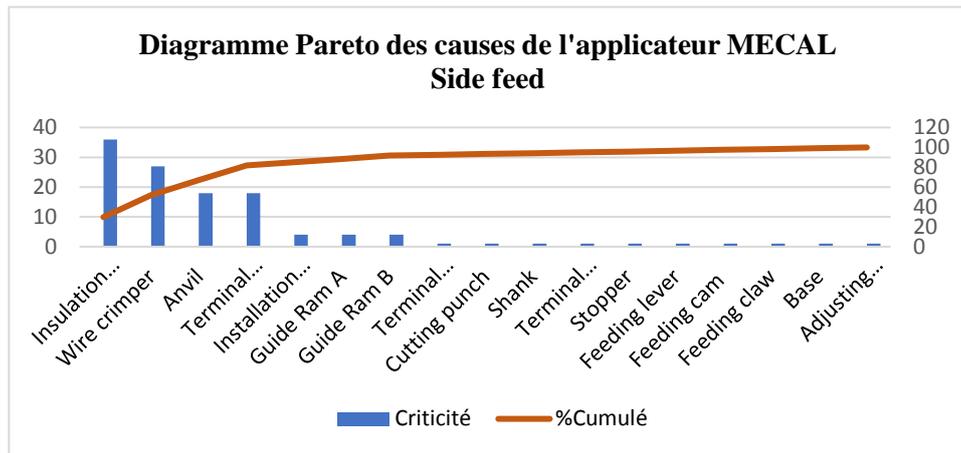
	Terminal guide plate B	Guider la bande de l'alimentation de terminal	Usure	-Blocage du terminal	-Terminal torsé -Défaut sertissage	Auditive Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Rear shear blade	Assurer le jeu de shear blade	Casse	-Augmentation du jeu -Problème au niveau de ligament	-Ligament incliné -Défaut de la coupe	Visuelle	2	1	2	4	Changement de la pièce
	Front shear blade	Assurer le jeu de shear blade	Casse	-Augmentation du jeu -Problème de ligament	-Ligament incliné -Défaut de la coupe	Visuelle	2	1	2	4	Changement de la pièce
	Shear blade	Couper la bande du terminal	-Déformation -Usure	-Terminal bloqué ou trop serré. -shear blade inversé. -crimping dies non serrés. - Absence du ressort de Shear blade ou Terminal Scraper n'est pas fixé.	-Bavure -Terminal incliné	Visuelle Machine	2	2	3	12	Changement de la pièce
FRAME	Ram guide plate A et B	Guider la RAM	Usure	-Chute du terminal -Manque de nettoyage	Effet direct sur la RAM	Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Feeding claw	Assurer l'avancement du terminal	-Pince feeding Pince feeding	-mauvais ajustement du mauvais ajustement du non avancement de la bande feeding claw. feeding claw.	Non avancement de la bande	Visuelle	3	2	3	18	Changement de la pièce
	Pivot block	Ajuster et centrer le terminal	Casse	Vis de serrage	Mauvais réglage de l'applicateur	Machine	1	1	2	2	Changement de la pièce
	Feeding rod	Aider le feeding lever à avancer ou retarder le terminal	Usure	Frottement	Casse de la cam follower	Visuelle	1	1	1	1	Changement de la pièce
	Feeding claw spring	Aider le feeding claw à retourner à sa position initiale	Casse Déformation Usure	Dépasser la durée de vie	Non-retour à la position initiale	Visuelle	1	1	3	2	Changement de la pièce

Ce qui concerne les autres AMDEC on a fait la même étude pour les types : Applicateur 90 End feed – Side feed, applicateur KAM End feed – Side feed, applicateur MECAL End feed – Side feed, Applicateur Câble batterie, Applicateur 87 End feed – Side feed.

Résultats de l'analyse PARETO de chaque type d'applicateur montrant les pièces de rechange les plus critiques







L'annexe suivante représente les résultats calculés pour chaque référence de chaque pièce de rechange la plus critique en utilisant la méthode point de commande pour déterminer la quantité économique et le point de commande

Matériel Number	Consommation annuelle (Ca)	Consommation pendant 45j	Ecart type (σ)	Stock de sécurité(Ss)	Point de commande	Prix unitaire (Pu)	cout de passation (Cl)	Quantité économique(Qe)
71164359XA = Anvil	4	1	0,1526	1	2	244	990	13
71141942XA = Anvil 981274602	7	1	0,1526	1	2	308	990	15
71125106XA = Anvil	309	36	3,5573	6	42	341	990	95
71164497XA = Anvil	3	1	0,1526	1	2	339	990	10
71144022XA = Anvil	3	1	0,1526	1	2	332	990	10
71144112XA = Anvil	2	1	0,1526	1	2	149	990	12
71144122XA = Anvil	2	1	0,1526	1	2	367	990	8
71164100XA = Anvil	4	1	0,1526	1	2	338	990	11
71164101XA = Anvil	1	1	0,1526	1	2	218	990	7
71164496XA = Anvil	104	12	1,0133	2	14	338	990	56
71166083DAN = Wire Anvil	1	1	0,1526	1	2	419	990	5
70041288DAN = Anvil Crimper	2	1	0,1526	1	2	407	990	7
71144142DDXA = Anvil	2	1	0,1526	1	2	359	990	8
71143298XAC = Anvil	1	1	0,1526	1	2	359	990	6
71168182XAC = Anvil	3	1	0,1526	1	2	347	990	10
72143522XA = Anvil	38	5	0,2713	1	6	338	990	34
72168979XAD = Anvil	3	1	0,1526	1	2	279	990	11
7116439502XA = Anvil	6	1	0,1526	1	2	254	990	16
71166955XAC = Anvil	80	10	0,8013	1	11	342	990	49
70041315DAN = Anvil	6	1	0,1526	1	2	388	990	13
71164866DDXA = Anvil	4	1	0,1526	1	2	177	990	15
71144417DDXA = Anvil crimper	23	3	0,0593	1	4	348	990	26
71165625DAN = Anvil crimper	7	1	0,1526	1	2	395	990	14

71166958XAC = Anvil	10	2	0,0466	1	3	338	990	18
71166957XAC = Anvil	9	2	0,0466	1	3	338	990	17
71164257XA = Anvil	21	3	0,0593	1	4	338	990	25
71161759XA = Anvil Crimper	4	1	0,1526	1	2	360	990	11
71162177XAC = Anvil Crimper	1	1	0,1526	1	2	373	990	6
7116439402XA = Anvil Crimping	5	1	0,1526	1	2	256	990	14
71165207XA = Anvil	8	1	0,1526	1	2	291	990	17
71164415XA = Anvil	55	7	0,4833	1	8	331	990	41
71167251RSAXAC = Anvil	30	4	0,1653	1	5	340	990	30
71169752KA = Anvil	3	1	0,1526	1	2	1414	990	5
73168096RSAXA = Anvil	13	2	0,0466	1	3	323	990	20
73168404KACM= Anvil Mecal 981273350	2	1	0,1526	1	2	642	990	6
71142198KACM = Anvil	2	1	0,1526	1	2	699	990	6
71167045RSAXAC = Anvil	30	4	0,1653	1	5	323	990	31
71167046RSAXAC = Anvil	11	2	0,0466	1	3	334	990	19
71167252RSAXAC = Anvil	42	5	0,2713	1	6	450	990	31
71147255RSAXAC = Anvil	9	2	0,0466	1	3	340	990	17
71144124KAM = Anvil Crimper	4	1	0,1526	1	2	673	990	8
71166954XAC = Anvil	1	1	0,1526	1	2	366	990	6
71167250XAC = Anvil	4	1	0,1526	1	2	364	990	11
71115076XAD = Anvil	3	1	0,1526	1	2	353	990	10
71165287XAD = Anvil	2	1	0,1526	1	2	261	990	9
71143304DADM = Anvil Crimper	3	1	0,1526	1	2	782	990	7
71143304DAN = Anvil Crimper	1	1	0,1526	1	2	419	990	5
71165208XAD = Anvil Crimper	2	1	0,1526	1	2	373	990	8

Résultats de la gestion de stock par la méthode point de commande

ANNEXE V

71165625DAPD = Anvil Crimper	5	1	0,1526	1	2	392	990	12
71165942KADM = Anvil Crimper	5	1	0,1526	1	2	583	990	10
71166083DAPC = Anvil Crimper	1	1	0,1526	1	2	419	990	5
71168020DAN = Anvil Crimper	2	1	0,1526	1	2	314	990	8
71172380XADM = Anvil Crimper	1	1	0,1526	1	2	746	990	4
71268646KAC = Anvil Crimper	8	1	0,1526	1	2	287	990	17
71165359XAC = Anvil Crimper	6	1	0,1526	1	2	338	990	14
71143319DAN = Anvil Crimper	3	1	0,1526	1	2	621	990	7
70095792DANM = Anvil Crimping	1	1	0,1526	1	2	757	990	4
70095501DAN/DAP = Anvil Crimping	2	1	0,1526	1	2	789	990	6
70041949DAN = Anvil Crimping	1	1	0,1526	1	2	410	990	5
70045200DAN = Anvil Crimping	1	1	0,1526	1	2	811	990	4
70037016MBAN = Anvil Crimping	9	2	0,0466	1	3	991	990	10
71168156RSAXAC = Anvil	14	2	0,0466	1	3	343	990	21
71960136XA = Anvil	4	1	0,1526	1	2	349	990	11
71169088TXA = ANVIL CRIMPER	2	1	0,1526	1	2	274	990	9
71163226KAM = Anvil Crimping	1	1	0,1526	1	2	398	990	5
71163285DAN = Anvil	2	1	0,1526	1	2	309	990	9
71142198KADM = Anvil Crimping	1	1	0,1526	1	2	666	990	4
71125081XA = Anvil	60	7	0,4833	1	8	340	990	42
71125089XA = Anvil	20	2	0,0466	1	3	341	990	25
71144415DDXA = Anvil	86	10	0,8013	1	11	339	990	51
71164288XA = Anvil	3	1	0,1526	1	2	347	990	10

Résultats de la gestion de stock par la méthode point de commande

ANNEXE V

71144815XA = Anvil	105	13	1,1193	1	14	337	990	56
71167055XAD = Anvil	18	3	0,0593	1	4	341	990	23
71125080XA = Anvil	3	1	0,1526	1	2	266	990	11
72143513XA = Anvil	2	1	0,1526	1	2	302	990	9
71164757RSAXAD = Anvil	4	1	0,1526	1	2	355	990	11
71165914KAD = Anvil Crimping	1	1	0,1526	1	2	731	990	4
71169972RSAKAM = Anvil	2	1	0,1526	1	2	506	990	7
71167319XAD = Anvil	1	1	0,1526	1	2	214	990	7

Matériel Number	Consommation annuelle	Consommation pendant 45 j	Ecart type (σ)	Stock de sécurité	Point de commande	Prix unitaire (Pu)	Cout de passation (Cl)	Quantité économique (Qe)
71166082PI = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	209	990	7
71165944XID = Insulation Crimper	3	1	0,27	1	2	217	990	12
71165941XID = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	407	990	5
71141941XI = Insulation crimper	7	1	0,26	1	2	267	990	17
71144121XI = Insulation crimper	3	1	0,27	1	2	127	990	16
71125081XI = Insulation Crimper	4	1	0,14	0	1	188	990	15
71164101XI = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	146	990	9
71164496XI = Insulation crimper	7	1	0,26	1	2	101	990	27
71144387T1XI = Insulation crimper	9	2	0,54	2	4	189	990	22
71144386XI = Insulation Crimper	5	1	0,002	0	1	328	990	13
71125082DDXI = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	345	990	6
71125089XI = Insulation Crimper	2	1	0,41	1	2	218	990	10
71125106XI = Insulation crimper	52	6	6,33	18	24	328	990	40
71164497XI = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	201	990	8
71144021XIC = Insulation crimper	4	1	0,14	0	1	345	990	11
71164100XI = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	272	990	7
71164230XI = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	140	990	9
71164619XIW = Insulation Crimper	3	1	0,27	1	2	318	990	10
71165359XIC = Insulation Crimper	5	1	0,002	0	1	289	990	14
71168182XIC = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	350	990	6
72143515XI = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	210	990	7

72143522XI = Insulation Crimper	6	1	0,13	0	1	114	990	23
71166955XIC = Insulation crimper	22	3	2,3	7	10	304	990	27
71144415XIV = Insulation crimper	22	3	2,3	7	10	128	990	42
71166958XIC = Insulation Crimper	5	1	0,002	0	1	327	990	13
71166957XIC = Insulation crimper	6	1	0,13	0	1	262	990	16
71164415XIW = Insulation crimper	33	4	3,77	11	15	301	990	33
71164257XI = Insulation crimper	4	1	0,14	0	1	175	990	16
71161759XI = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	257	990	7
71165207XI = Insulation Crimper	2	1	0,41	1	2	212	990	10
73168404KICM = Insulation Mecal 981452200	1	1	0,54	2	3	296	990	6
71167045RSAXIC = Insulation Crimper	3	1	0,27	1	2	217	990	12
71167046RSAXIC = Insulation Crimper	4	1	0,14	0	1	343	990	11
71167252RSAXIC = Insulation Crimper	2	1	0,41	1	2	111	990	14
71147255RSAXIC = Insulation Crimper	8	1	0,4	1	2	328	990	16
7116439402XI = Insulation Crimper	3	1	0,27	1	2	328	990	10
71144124KIM = Insulation Crimper	4	1	0,14	0	1	445	990	10
71167250XIC = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	342	990	6
71115076XID = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	349	990	6
71165287XID = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	229	990	7
71166083DIC = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	890	990	4
71169751KI = Insulation Crimper	3	1	0,27	1	2	430	990	9
71268646KIC = Insulation Crimper	5	1	0,002	0	1	122	990	21
71172380XIDM = Insulation Crimper	2	1	0,41	1	2	512	990	7

71169972KIM = Insulation Crimping	1	1	0,54	2	3	636	990	4
70095501DIM = Insulation 981452313	1	1	0,54	2	3	423	990	5
71960136XI = Insulation Crimper	3	1	0,27	1	2	323	990	10
71163285DIC = Insulation crimper	1	1	0,54	2	3	645	990	4
71143250KIC = Insulation crimper	2	1	0,41	1	2	318	990	8
72143513XI = Insulation Crimper	2	1	0,41	1	2	283	990	9
71167319XID = Insulation Crimper	1	1	0,54	2	3	201	990	8

Matériel Number	Consommation annuelle (Ca)	Consommation pendant 45j	Ecart type (σ)	Stock de sécurité (Ss)	Point de commande	Prix unitaire (Pu)	Cout de passation (Cl)	Quantité économique (Qe)
71166082PW = Wire crimper	1	1	0,0949	1	2	254	990	7
71165944XW = Wire crimper	7	1	0,0949	1	2	310	990	15
71165941XW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	349	990	8
71143250KW = Wire crimper	2	1	0,0949	1	2	432	990	7
71144121XW = Wire crimper	9	2	0,0142	1	3	267	990	19
7116439502XW = Wire Crimper	5	1	0,0949	1	2	378	990	12
71144111XW = Wire crimper	3	1	0,0949	1	2	159	990	14
71144387T1XW = Wire crimper	46	6	0,4506	1	7	375	990	35
71144386XW = Wire crimper	20	3	0,1233	1	4	385	990	33
71125082DDXW = Wire crimper	5	1	0,0949	1	2	346	990	12
71164285XW = Wire Crimper	3	1	0,0949	1	2	245	990	12
71164359XW = Wire Crimper	4	1	0,0949	1	2	254	990	13
71164288XW = Wire Crimper	3	1	0,0949	1	2	341	990	10
71164217XW = Wire crimper	14	2	0,0142	1	3	382	990	20

71164497XW = Wire Crimper	3	1	0,0949	1	2	339	990	10
71144022XW = Wire crimper	4	1	0,0949	1	2	380	990	11
71144112XW = Wire crimper	3	1	0,0949	1	2	156	990	14
71164100XW = Wire crimper	3	1	0,0949	1	2	399	990	9
71164101XW = Wire crimper	1	1	0,0949	1	2	396	990	5
71164104XW = Wire crimper	1	1	0,0949	1	2	392	990	6
71164233XWW = Wire crimper	4	1	0,0949	1	2	75	990	23
71164496XW = Wire crimper	49	6	0,4506	1	7	354	990	38
71166083DW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	859	990	4
71166083DAN = Wire Anvil	1	1	0,0949	1	2	419	990	5
71164618XWW = Wire Crimper	5	1	0,0949	1	2	318	990	13
71165359XW = Wire Crimper	7	1	0,0949	1	2	374	990	14
71168182XW = Wire Crimper	3	1	0,0949	1	2	453	990	9
72143515XW = Wire Crimper	7	1	0,0949	1	2	345	990	15
72143522XW = Wire Crimper	20	3	0,1233	1	4	378	990	23
72168979XW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	249	990	9
71161466DDPW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	379	990	8
71166955XW = Wire crimper	60	7	0,5597	2	9	386	990	40
70041315TDW = Wire	4	1	0,0949	1	2	859	990	7
71164866DDXW = Wire	7	1	0,0949	1	2	378	990	14
71144416DDXW = Wire crimper	56	7	0,5597	2	9	319	990	42
71166958XW = Wire Crimper	10	2	0,0142	1	3	284	990	19
71166957XW = Wire crimper	7	1	0,0949	1	2	378	990	14
71164257XW = Wire crimper	9	2	0,0142	1	3	314	990	17

71161759XW = Wire crimper	4	1	0,0949	1	2	320	990	12
71162177XW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	349	990	6
71167251RSAXW = Wire Crimper	19	3	0,1233	1	4	378	990	23
73168096RSAXW = Wire Crimper	15	2	0,0142	1	3	385	990	20
73168404KWM = Wire Mecal 981462433	1	1	0,0949	1	2	400	990	5
71142198KWM = Wire Crimper	3	1	0,0949	1	2	319	990	10
71167045RSAXW = Wire Crimper	20	3	0,1233	1	4	381	990	23
71167046RSAXW = Wire Crimper	6	1	0,0949	1	2	378	990	13
71167252RSAXW = Wire Crimper	15	2	0,0142	1	3	378	990	20
71147253RSAXW = Wire Crimper	20	3	0,1233	1	4	379	990	23
71143304DWM = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	449	990	7
71147255RSAXW = Wire Crimper	8	1	0,0949	1	2	386	990	15
7116439402XW = Wire Crimper	4	1	0,0949	1	2	368	990	11
71144124KWM = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	403	990	5
71143297XW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	349	990	6
71166954XW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	383	990	6
71167250XW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	393	990	8
71115076XW = Wire Crimper	4	1	0,0949	1	2	328	990	11
71165625DW = Wire Crimper	3	1	0,0949	1	2	828	990	6
71165942KWM = Wire Crimper	4	1	0,0949	1	2	405	990	10
71169751KW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	512	990	7
71268646KW = Wire Crimper	9	2	0,0142	1	3	341	990	17
71172380T1XWM = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	399	990	5

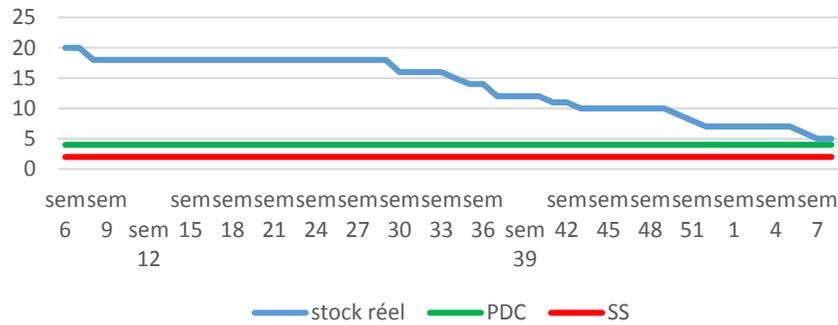
71168020DW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	644	990	6
70095792DWM = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	859	990	4
70037142BW = Wire Crimper	7	1	0,0949	1	2	704	990	10
70095501DWM = Wire Crimping 981462554	3	1	0,0949	1	2	411	990	9
70041949DW = Wire Crimping	5	1	0,0949	1	2	842	990	8
70045200DW = Wire Crimping	2	1	0,0949	1	2	814	990	5
70037016MBW = Wire Crimping	6	1	0,0949	1	2	651	990	10
71125081XW = Wire Crimper	52	6	0,4506	1	7	318	990	41
71168156RSAXW = Wire Crimper	9	2	0,0142	1	3	402	990	15
71144415XWW = Wire Crimper	74	9	0,7779	2	11	337	990	47
71960136XW = Wire Crimper	8	1	0,0949	1	2	342	990	16
71169088TXW = Wire Crimper	2	1	0,0949	1	2	309	990	9
71166959XW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	224	990	7
71163226KWM = Wire Crimping	2	1	0,0949	1	2	325	990	8
71125089XW = Wire crimper	18	3	0,1233	1	4	309	990	25
71144815XW = Wire Crimper	80	10	0,8871	3	13	316	990	51
71125080XW = Wire crimper	6	1	0,0949	1	2	333	990	14
72143513XW = Wire Crimper	4	1	0,0949	1	2	376	990	11
71164757RSAXW = Wire Crimper	4	1	0,0949	1	2	399	990	10
71169972RSAXW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	299	990	6
71167319XW = Wire Crimper	1	1	0,0949	1	2	241	990	7

Matériel Number	Consommation annuelle (Ca)	Consommation pendant 45j	Ecart type (σ)	Stock de sécurité (Ss)	Point de commande	Prix unitaire (Pu)	Cout de passation (Cl)	Quantité économique (Qe)
48A19017 = Feeding Claw	7	1	0	1	2	338	990	15
48A47013001 = Feeding Claw	4	1	0	1	2	376	990	11

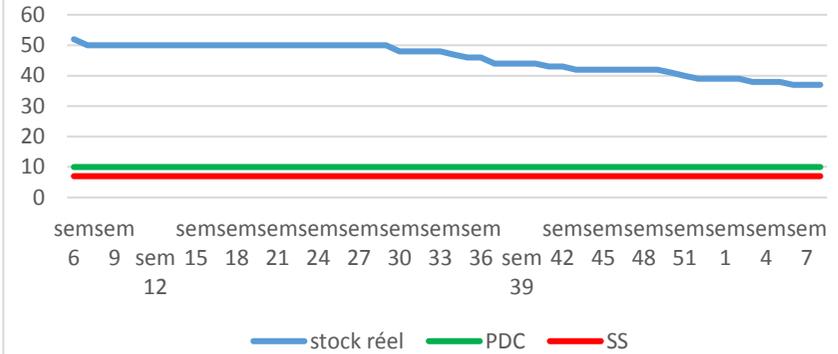
Matériel Number	Consommation annuelle (Ca)	Consommation pendant 45j	Ecart type (σ)	Stock de sécurité (Ss)	Point de commande	Prix unitaire (Pu)	Cout de passation (Cl)	Quantité économique (Qe)
48A19039A04 = Terminal Guide Plate	3	1	0	1,00	2	613	990	7
48A47020A03 = Terminal Guide Plate A	2	1	0	1,00	2	614	990	6
48A47020A05 = Terminal Guide Plate	5	1	0	1,00	2	617	990	9
48A47020A05 = Terminal Guide Plate	5	1	0	1,00	2	678	990	9
48A47020A06 = Terminal Guide Plate A	2	1	0	1,00	2	660	990	6

Matériel Number	Consommation annuelle (Ca)	Consommation pendant 45j	Ecart type (σ)	Stock de sécurité (Ss)	Point de commande	Prix unitaire (Pu)	Cout de passation	Quantité économique (Qe)
R000004780 = Supporting Stopper	19	3	0,75	1	4	24	990	89
48A47032001 = Supporting Stopper	14	4	0,25	0	4	24	990	76
48A20010 = Supporting Stopper	3	5	0,25	0	5	24	990	36
48A47032002 = Supporting Stopper	7	6	0,75	1	7	24	990	54

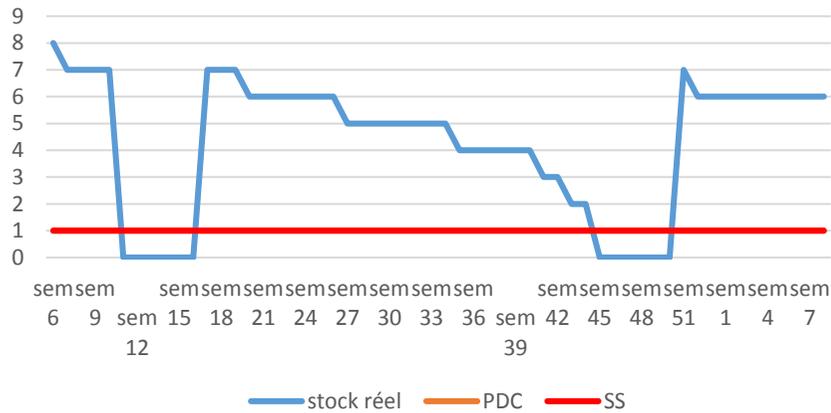
Simulation de la consommation de l'Insulation 71144415XIV avant l'amélioration



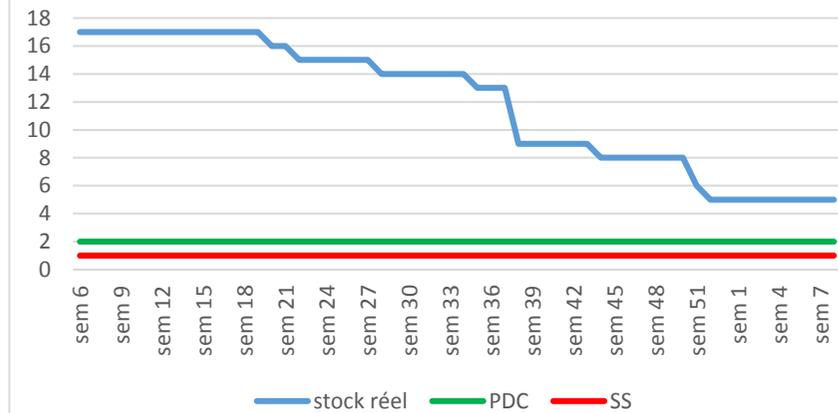
Simulation de la consommation de l'Insulation 71144415XIV après l'amélioration



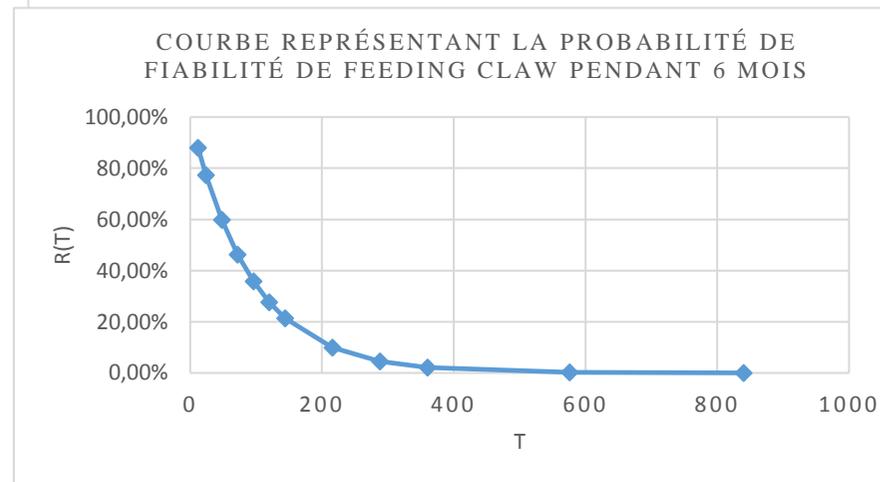
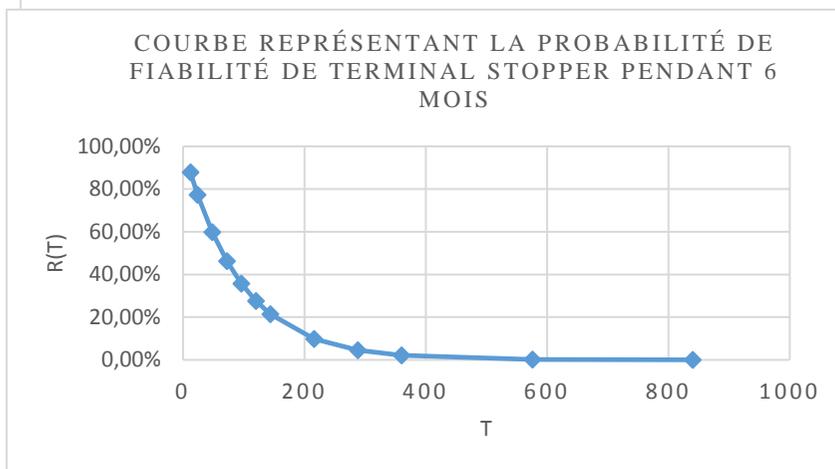
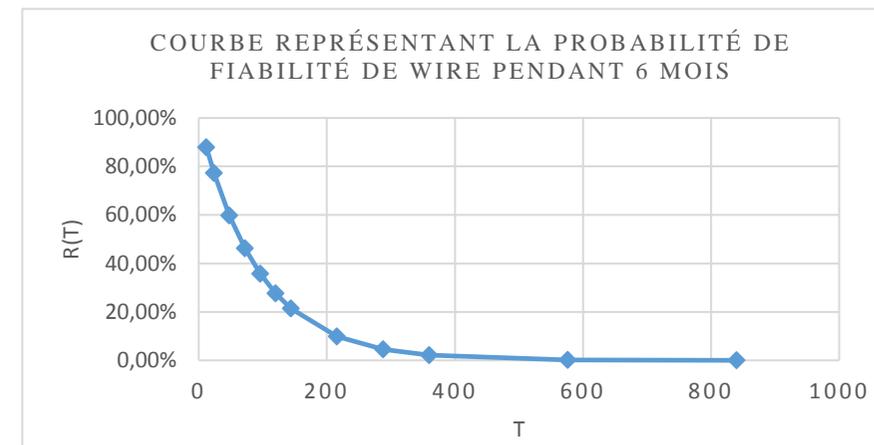
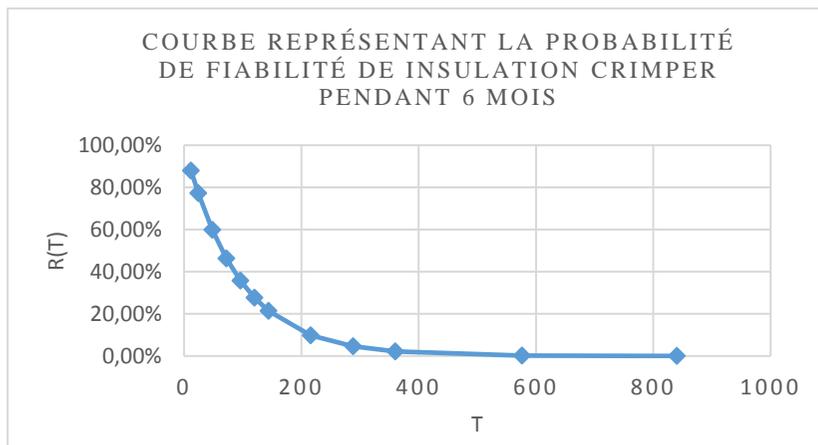
Simulation de la consommation du Feeding claw 48A19017 avant l'amélioration



Simulation de la consommation du feeding claw 48A19017 après l'amélioration

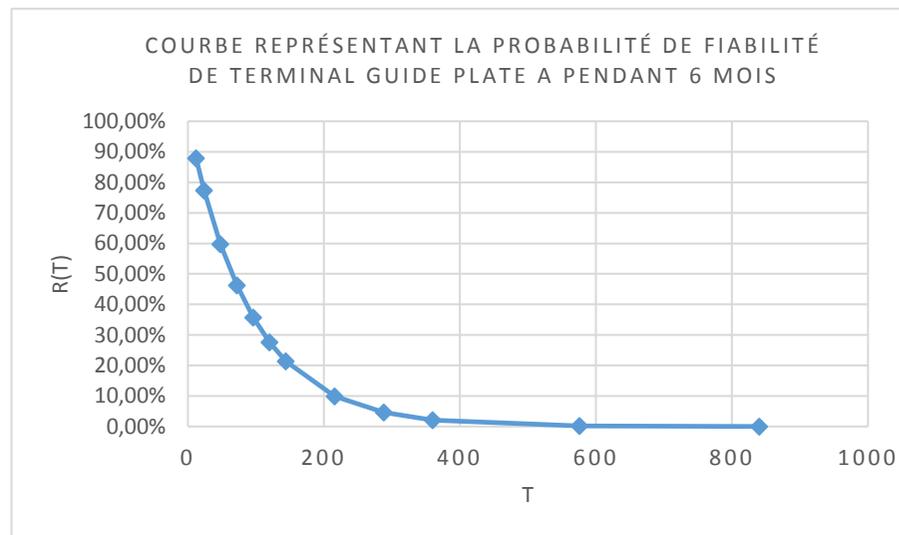


Courbes représentant le comportement de fiabilité de chaque pièce de rechange critique



Les PDR critiques	β	η	A	MTBF (en h)
Anvil crimper	0,5	73	2	146 h
Wire crimper	0,45	42	2,4786	104,10 h
Insulation crimper	0,4	127	3,3234	422,07 h
Terminal guide plate A	0,7	794	1,2638	1003,45 h
Stopper	0,6	782	1,5046	1176,59 h
Feeding claw	0,6	937	1,5046	1409,81 h

Les PDR critiques	Durée de vie
Anvil Crimper	48 min
Wire crimper	16,8 min
Insulation crimper	27 min
Terminal guide plate A	31,73 h
Stopper	18,27 h
Feeding claw	21,89 h

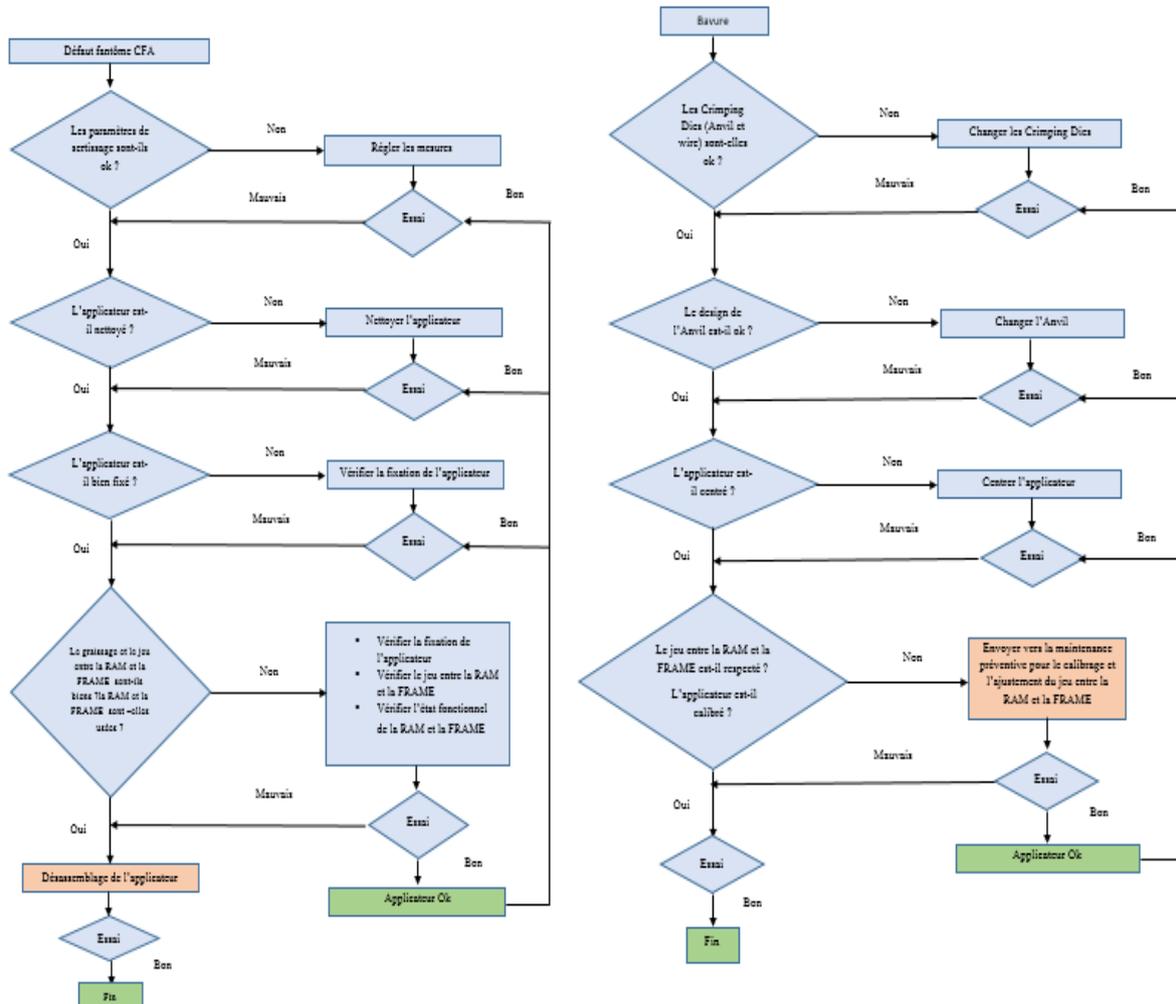


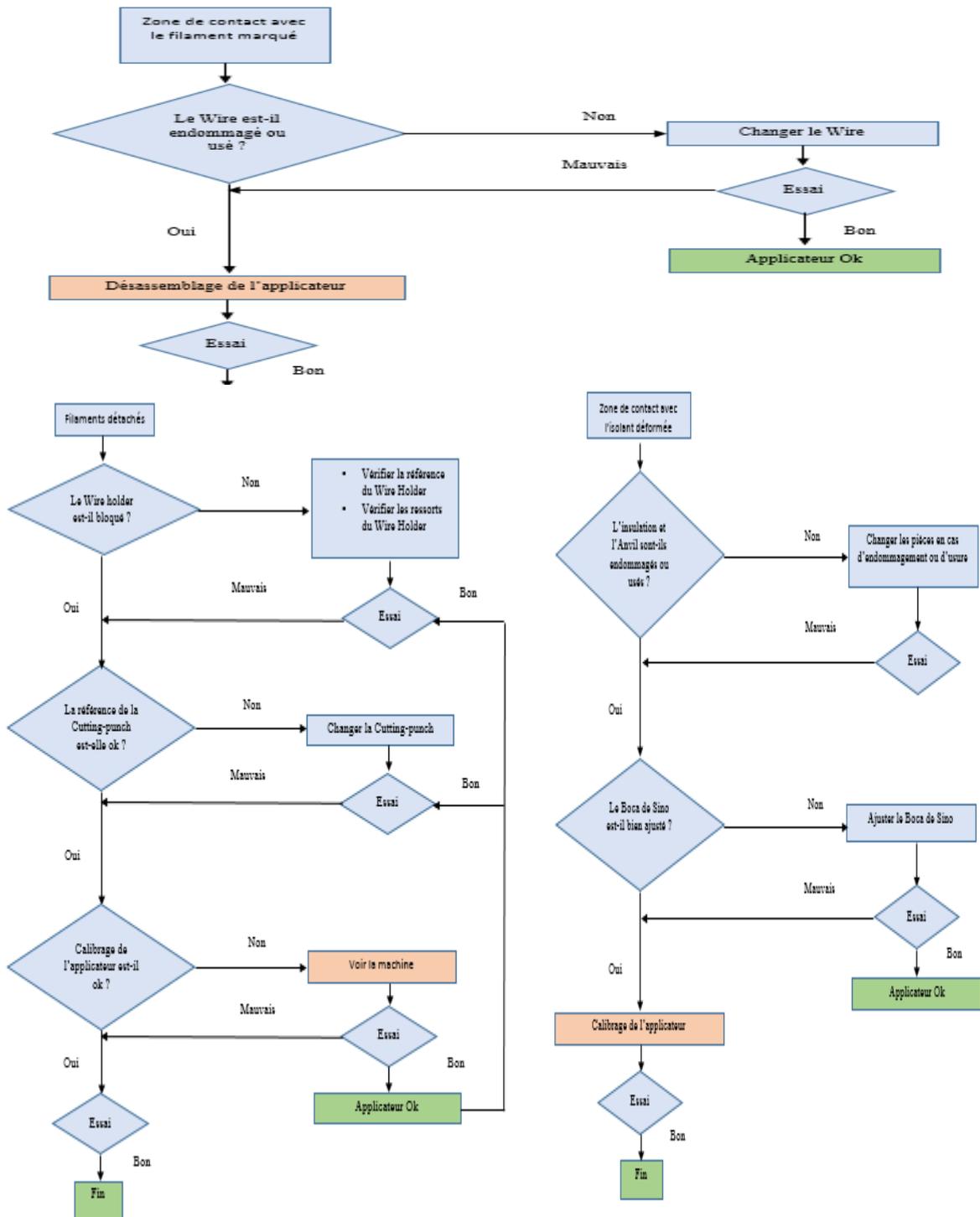
Les tableaux suivants représentent les valeurs des paramètres de la loi de Weibull β , η , γ trouvés par la modélisation sur Excel et les résultats calculés pour la détermination des MTBF puis les durées de vie de chaque pièce de rechange critique.

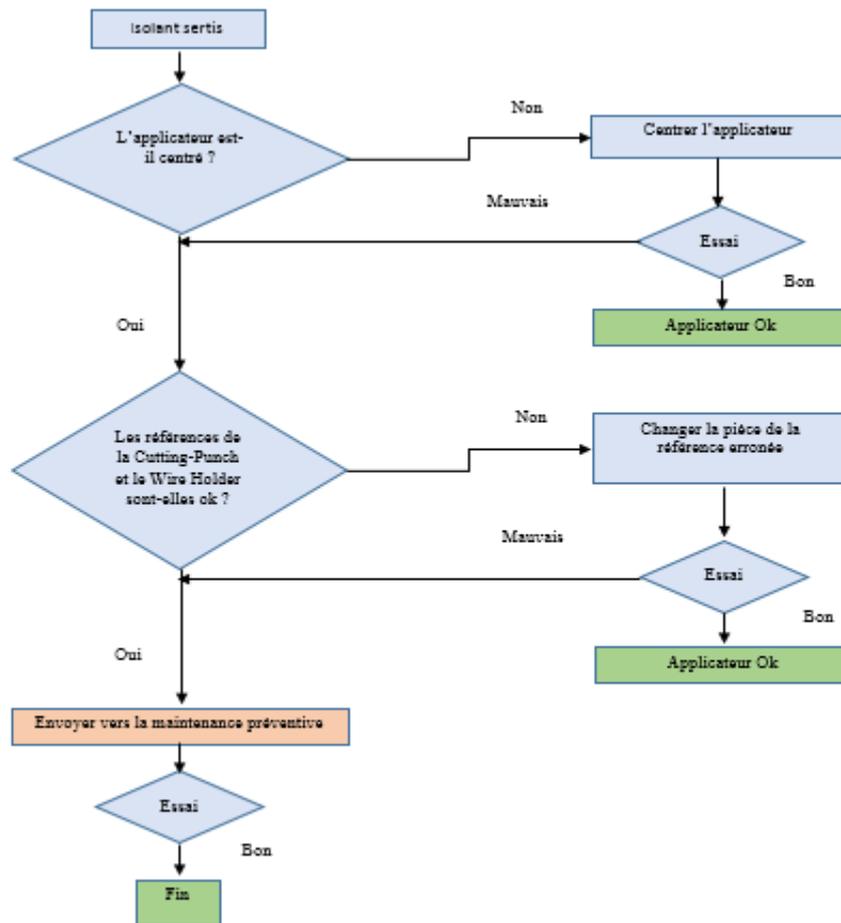
Tableau représentant les valeurs de la constante A selon les valeurs du paramètre β

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,2	120	1901	1,7	0,8922	0,540	4,4	0,9114	0,235
0,25	24	199	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9126	0,230
0,3	9,2605	50,08	1,8	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,35	5,0291	19,98	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,4	3,3234	10,44	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,9160	0,218
0,45	2,4786	6,46	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,5	2	4,47	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,210
0,55	1,7024	3,35	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,6	1,5046	2,65	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,65	1,3663	2,18	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,200
0,7	1,2638	1,85	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197

Logigrammes représentant le Diagnostic des problèmes affectant le Terminal lors de la phase de sertissage







Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES