



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Ingénierie Mécanique

Amélioration de la qualité de maintenance de la zone de coupe et la mise à niveau d'un plan de contingence pour la zone de coupe

Présenté par :

AIT YOUSSEF Ghassane

Encadré par :

- JABRI Abdelouahhab, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès
- JBARI Loutfi, Directeur technique de YAZAKI MAROC Meknès
- BENKOULOU Soufiane, Responsable de maintenance de la zone coupe et pré-assemblage de YAZAKI MAROC Meknès

Effectué à : YAZAKI MAROC Meknès

Soutenu le: 23 juin 2015

Le jury :

- Mr. JABRI Abdelouahhab, Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Mr. HARRAS Bilal, Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Mr. ABOUCHITA Jalil, Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Année Universitaire : 2014-2015

Dédicaces

À mes très chers parents

Dont les sacrifices quotidiens ont fait de moi ce que je suis.

Ils m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon parcours, ils ont supporté mes états d'âme, mes doutes et mes absences. Pour leur amour constant, je leur suis et leur resterai pour toujours obéissant.

J'espère être à la hauteur de l'image qu'ils se sont fait de moi.

Qu'ils sachent que je les associe entièrement à la réalisation de ce travail.

À la mémoire de ma défunte grand-mère

qui nous a quittés il y a quelques mois et qui demeurera dans mon cœur à jamais.

À mes frères bien aimés

Jamais un jour ne passent sans que je remercie Dieu de les avoir toujours à mes côtés, partageant mes plaisirs et mes peines.

À toute ma famille ...

À mes chers professeurs

Pour leur soutien

À mes très chers amis

Avec qui j'ai partagé de bons moments, qui m'ont offert l'occasion de sentir la valeur de la véritable amitié.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime,

Je dédie ce modeste travail

Remerciements

Avant d'aborder la présentation du fruit de ce travail, je tiens à exprimer mon énorme remerciement et mes respects les plus profonds à:

*Mon encadrant pédagogiques **Mr. JABRI Abdelouahhab**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour son encadrement, son conseil, son aide et son soutien tout au long du projet.*

*À **Mr. Loutfi Jbari**, Directeur technique de YAZAKI Meknès Maroc, pour m'avoir accueilli au sein de son service, ainsi que pour son support tout au long de ma période de stage.*

*À **Mr. Soufiane Benkoulou**, responsable de la maintenance de la zone de coupe et de prés-assemblage et mon tuteur de stage, pour son encadrement, sa disponibilité, ses directives, ses orientations et ses conseils précieux étaient décisifs pour la réussite de ce projet.*

*Aussi voudrais-je exprimer mes remerciements à **Mr Tarik Rebbaja**, **Mr. Marouane Ittioui** et **Mr. Mohcine Fouari**, techniciens de maintenance de la zone de coupe et de prés-assemblage pour leur disponibilité et leur soutien pendant toute la période de stage.*

Je tiens à remercier aussi l'ensemble du personnel de YAZAKI Meknès Maroc, pour leur chaleureux accueil, leur disponibilité et leur générosité intellectuelle.

J'exprime ma profonde gratitude à la direction de la faculté des sciences et techniques de Fès. Ainsi que tout le corps professoral et administratif pour ces années de formation enrichissante.

*Je voudrais également exprimer mon ample gratitude envers les membres de jury, **Mr. HARRAS Bilal** et **Mr. ABOUCHITA Jalil** qui ont bien voulu me donner l'honneur d'évaluer et d'apprécier ce travail.*

Résumé

Afin d'améliorer la productivité, il est nécessaire d'assurer une disponibilité maximale des machines 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 ses machines. C'est dans cette optique que le présent projet de fin d'études a été réalisé. Il s'agit d'améliorer la maintenance et le fonctionnement du parc machine et la mise à niveau d'une des zones 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 en amélioration de la maintenance du parc machines de la zone de coupe, en faisant appel à :

○ L'approche AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leur Criticité) pour savoir les composants des machines de la zone de coupe les plus critiques, à l'aide de l'analyse PARETO.

○ Le choix de la politique pour gérer et sécuriser le stock des pièces critiques.

○ L'amélioration de la méthode de travail.

- Nous constatons que les actions implémentées dans cette première partie sont efficaces. En effet, ils ont permis de diminuer le temps des arrêts des machines de coupe d'environ **33%** en moyenne.

❖ La deuxième partie vise à élaborer un plan de contingence pour la zone de coupe, en étudiant la probabilité et la criticité des pannes les plus susceptibles de se produire.

Mots clés : AMDEC, Analyse PARETO, Stock, Maintenance Préventive, Méthode de travail, Plan de contingence

Abstract

To improve productivity, it is necessary to ensure maximum of production machines availability. YAZAKI MORROCO Meknes is a new subsidiary of YAZAKI EUROPE Group, which seeks to maximize production while minimizing machines breakdowns. It is in this context that the present paper was achieved. In order to improve to the maintenance and operation of the park machine and upgrading of the company's production areas, given the criticality it represents for the entire workflow.

This Project Graduation is divided into two major parts:

❖ The first part consists of improving the maintenance of the cutting area of machines, by using:

- The approach FMEA (Failure Mode Effects and Analysis) to determine the components of the machines in cutting area by using the Pareto analysis.
- The choice of the policy to manage and secure the stock of critical parts.
- Improving the working method.
 - We find that the actions implemented in this first part are effective. Indeed, they have reduced the time stops cutting machines about **33%**.

❖ The second part is to develop a contingency plan for the cutting area by studying the probability and criticality of failures are most likely to occur in the cutting area.

Keywords: FMEA, Pareto, Stock, Preventive Maintenance, Work method, Contingency Plan.

ملخص

سعيًا لتحسين الإنتاجية في القطاع الصناعي، نجد أنه من الضروري التفكير في سياسة محكمة تضمن صيانة فعالة ودائمة. لذلك كان من الضروري أن ينصب موضوع أطروحتنا على البحث عن وسيلة فعالة لتحقيق ضمان وتحسين تسيير الصيانة والتدبير في منطقة التقطيع بشركة يازاكي.

وينقسم هذا المشروع إلى قسمين رئيسيين:

❖ الجزء الأول يهدف إلى تحسين صيانة آلات منطقة القطع، وذلك بالاستعانة بالوسائل التالية:

○ نهج AMDEC لتحديد مكونات الآلات الأكثر أهمية في منطقة القطع باستخدام

تحليل PARETO.

○ اختيار سياسة لإدارة وتأمين مخزون من الأجزاء الهامة.

○ تحسين أسلوب العمل.

وفعلاً، نلاحظ أن هذه الإجراءات المنفذة في الجزء الأول إيجابية وفعالة. خصوصاً

وأن هذه الإجراءات مكنت من تخفيض زمن توقف آلات القطع بنسبة حوالي 33%.

❖ الجزء الثاني يهدف إلى وضع خطة طوارئ خاصة بمنطقة القطع من خلال دراسة احتمال

وحرارية وقوع الأعطال الأكثر حساسية.

الكلمات الرئيسية : الأداء، الكفاءة، الصيانة الوقائية مخزون، خطة طوارئ، AMDEC، PARETO

Table des matières

Dédicaces	2
Remerciements	3
Résumé	4
Abstract	5
ملخص	6
Table des matières	7
Liste des figures	10
Liste des Tableaux	12
Liste des abréviations	14
Introduction Générale	15
CHAPITRE I : Contexte général du projet	
1. Introduction	17
2. Présentation du groupe YAZAKI	17
2.1. Généralités	17
3. YAZAKI MOROCCO MEKNES	18
3.1. Organigramme de l'entreprise	18
3.2. Présentation des départements	19
4. Processus de production de YAZAKI Morocco Meknès	19
4.1. Types de faisceaux électriques	20
4.2. Composants du câble électrique	20
4.3. Flux de production	21
5. Cadre général du projet	24
5.1. Contexte du projet	24
5.2. Cahier de charge	24
5.2.1. Expression du besoin:	24
5.2.2. Auteurs du projet:	24
5.2.3. Contexte pédagogique	25
5.2.4. Limite du sujet	25
5.2.5. La constitution du groupe de travail	25
5.2.6. Démarche du projet	25
5.2.7. Planning du projet	25
6. Recherche bibliographique :	26

6.1. Démarche d'amélioration PDCA :.....	26
7. Présentation détaillée de la démarche AMDEC.....	28
7.1. Définition générale	28
7.2. Les différents types d'AMDEC	28
7.3. Déroulement de la méthode	29
8. Présentation de l'analyse PARETO :.....	30
9. Méthodes de gestion de stock	31
9.1. Méthode de point de commande :.....	32
9.2. Méthode de reapprovisionnement :.....	33
10. Présentation de la démarche MADS-MOSAR	35
10.1. Structure de la méthode :.....	35
10.2. Etapes de la démarche MADS-MOSAR :	36
11. Présentation du coût de la défaillance:.....	37
12. Conclusion.....	38

CHAPITRE II : Amélioration de la maintenance préventive de la zone de coupe³⁹

1. Introduction.....	40
2. Analyse de l'existant et détermination des dysfonctionnements (Analyser-Déterminer) :	40
2.1. Audit de la maintenance :	40
2.1.1. Résultats de l'audit:	41
2.2. Dysfonctionnements du service maintenance.....	42
3. Planification et mise en œuvre des actions correctives sur le terrain (Plan-Do) :.....	42
3.1. Planification des actions correctives (Plan) :	42
3.2. Etude AMDEC des machines de coupe :.....	43
4. Implémentation des actions sur terrain (Do) :	54
4.1. Gestion de stock :.....	54
5. Contrôle des actions et amélioration continue (Check-Act) :	59
5.1. Contrôle des actions mises en place (Check) :	59
5.2. Gestion de stock :.....	59
5.3. Amélioration continue (Act) :.....	62
6. Estimation des gains générés par le projet :	63
6.1. Plan de maintenance préventive et rapport d'instruction :.....	63
7. Conclusion	64

CHAPITRE III : Plan de contingence de la zone de coupe P1

1. Introduction.....	67
2. Présentation de la notion de plan de contingence et flux de la matière dans la zone de coupe.....	67
2.1. Présentation de la notion de plan de contingence.....	67
2.2. Flux de matière circulant dans la zone de coupe.....	68
3. Analyse de risque MADS-MOSAR :	71
3.1. Décomposition du système étudié :	71
3.2. Identification des sources de risque	71
3.3. Identification des scénarios de risque.....	77
3.4. Scénarios.....	77
3.5. Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios.....	81
4. Plan de contingence de la zone de coupe :	84
4.1. Panne de courant.....	84
4.2. Panne pneumatique.....	85
4.3. Arrêt dû à un manque de pièces de rechanges.....	86
4.4. Panne de réseau	86
4.5. Nombre important d'arrêts dus à une mauvaise formation.....	87
4.6. Arrêt quelconque.....	87
4.7. Le plan de contingence global	88
5. Conclusion	88
Conclusion générale.....	89
Bibliographie.....	91

Liste des figures

Figure 1: Ventés globales par secteur du groupe YAZAKI	17
Figure 2: Les principaux clients de YAZAKI.....	18
Figure 3: Organigramme général de YAZAKI Morocco Meknès.....	18
Figure 4: Les différents types des faisceaux électriques	20
Figure 5: Fil électrique utilisé dans un faisceau	20
Figure 6: composants d'un terminal.....	20
Figure 7: connecteur électrique	21
Figure 8: accessoires du faisceau électrique.....	21
Figure 9: Flux de production d'un faisceau électrique.....	21
Figure 10: Applicateur de sertissage	22
Figure 11: JIG de la zone d'assemblage	23
Figure 12: Schéma des opérations de la zone d'assemblage.....	23
Figure 13: Roue de Deming	26
Figure 14: Démarche de travail PDCA	28
Figure 15: Evolution de stock dans une gestion par point de commande.....	32
Figure 16: Coefficient de sécurité en fonction du taux de service	33
Figure 17: Evolution de stock dans une gestion par reapprovisionnement.....	34
Figure 18: Les différentes étapes de la méthode MADS-MOSAR.....	35
Figure 19: Décomposition de l'entité complexe en sous unités.....	36
Figure 20 : Modélisation des boîtes noires	36
Figure 21: Graphe de probabilité-gravité.....	37
Figure 22: Radar récapitulatif des résultats de l'audit maintenance	41
Figure 23: Machine KOMAX 477.....	45
Figure 24:Diagramme Bête à Cornes de la machine de coupe.....	45
Figure 25:Diagramme de pieuvre de la machine de coupe.....	46
Figure 26: Module de sertissage MECAL	47
Figure 27 : Kit bouchon du module de douille KOMAX.....	48
Figure 28: Presse bouchon KOMAX	48
Figure 29: PARETO de pièces issues de l'AMDEC	53
Figure 30:Standard de choix des pièces à gérer en stock	56

Figure 31: Exemple de réglage d'ajustement des lames KOMAX.....	59
Figure 32: Simulation de la consommation des lames 0122668	60
Figure 33: Simulation de la consommation des lames 0122669	60
Figure 34: Simulation de la consommation de la courroie KOMAX	60
Figure 35: Temps d'arrêt des machines KOMAX avant et après implémentation des actions.....	62
Figure 36: démarche d'élaboration d'un plan de contingence	68
Figure 37: Interaction entre les différentes zones de YMM.....	69
Figure 38: Flux de la matière entre les différentes zones de YMM.....	70
Figure 39: décomposition de la zone de coupe en sous-système.....	71
Figure 40: Seuil d'acceptabilité des scénarios.....	83
Figure 41: Résultats de la hiérarchisation des scénarios	83
Figure 42: Tâches de l'agent de maintenance dans le cas d'une panne électrique	84
Figure 43: Tâches de l'agent IT dans le cas d'une panne électrique.....	85
Figure 44: Tâches de l'agent maintenance dans le cas d'une panne pneumatique.....	85
Figure 45: Tâches de l'agent maintenance en cas d'arrêt dû à un manque de pièces de rechanges.....	86
Figure 46: Tâches de l'agent IT dans le cas d'une panne de réseau.....	86
Figure 47: Tâches du formateur en cas d'un grand nombre d'arrêts dus au manque de formation.....	87
Figure 48: Tâches de l'agent de production dans le cas d'une panne quelconque	87
Figure 49: Tâches de l'agent qualité dans le cas d'une panne quelconque	88

Liste des Tableaux

Tableau 1: Planning du projet	25
Tableau 2 : Grille des modes de défaillance.....	30
Tableau 3: Méthodes de gestion de stock	31
Tableau 4: Tableau des sources de danger	36
Tableau 5: Résultat de l'audit de la maintenance	41
Tableau 6: Problèmes du service maintenance.....	42
Tableau 7: Démarche de l'étude AMDEC	43
Tableau 8: Machines de la zone de coupe	44
Tableau 9: Sous-systèmes de la machine KOMAX 477	45
Tableau 10: Fonctions de service du diagramme pieuvre KOMAX 477	46
Tableau 11: Sous-système du module de sertissage	47
Tableau 12: Décomposition du kit bouchon	48
Tableau 13: Décomposition de la presse bouchon KOMAX	49
Tableau 14: Sous-système de la machine de coupe SCHLEUNIGER.....	50
Tableau 15: Décomposition fonctionnelle de la machine METZNER	50
Tableau 16: Décomposition fonctionnelle de la machine ULMER.....	51
Tableau 17: Grilles de cotation des gravités cotées Breakdown de défaillances pour AMDEC.....	52
Tableau 18: Grilles de cotation des gravités cotées Qualité de défaillances pour AMDEC	52
Tableau 19: Grille de cotation des fréquences de défaillances pour AMDEC	52
Tableau 20: Grille de cotation de non détection de défaillances pour AMDEC	52
Tableau 21: Les pièces les plus critiques selon PARETO.....	53
Tableau 22: Consommation des courroies sur 8 mois	54
Tableau 23: Evolution du parc sur 8 mois et consommation par machine des courroies	55
Tableau 24: Paramètres de calcul pour la courroie KOMAX	55
Tableau 25: Paramètres de gestion de stock pour les courroies KOMAX	55
Tableau 26: Gestion de stock des pièces critiques	56
Tableau 27: Plan de maintenance préventif de la machine de coupe KOMAX	58

Tableau 28: Temps d'arrêt des machines KOMAX avant et après implémentation des actions.....	61
Tableau 29: Comparaison entre la durée de vie des roulements	62
Tableau 30: Processus du risque pour le SS1	73
Tableau 31: Processus du risque pour le SS2	74
Tableau 32: Processus du risque pour le SS3	74
Tableau 33: Processus du risque pour le SS4	75
Tableau 34: Processus du risque pour le SS5	76
Tableau 35: Processus du risque pour le SS6	77
Tableau 36: Définition de l'échelle de la probabilité.....	82
Tableau 37: Définition de l'échelle de la gravité.....	82

Liste des abréviations

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité

YMM : YAZAKI MOROCCO MEKNES

MOSAR : Méthode organisée systémique d'analyse des risques

PDCA : Plan, Do, Check, Act

ABC : Méthode d'analyse de Pareto ou du 20/80

SAP : Systems, applications, and products for data processing

CAO : Cutting Area Optimization

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 indépendant qui permet d'assurer l'activité en trois shift. Notre projet sera effectué dans la zone de coupe qui représente la première zone de production où les fils sont coupés et finis à une longueur donnée.

Le parc machine de la zone de coupe présente 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 qualité de maintenance de la zone de coupe et la mise en place d'un plan de contingence pour cette même zone.** En effet, au premier lieu, nous devons analyser la situation actuelle afin de déceler les problèmes de la zone, leur causes, et proposer par la suite des axes d'amélioration de la maintenance. Afin de réaliser cela, nous allons adopter une démarche PDCA qui nous permettra de bien structurer notre analyse et quantifier les résultats. De plus, il nous est demandé de réaliser un plan de secours de la zone 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 traiter dans le plan.

Ainsi, ce rapport sera réparti en trois grands chapitres dont le premier sera consacré à la présentation de l'entreprise, le cadre général du projet et la démarche de travail. Il comportera aussi une recherche bibliographique où on présentera les différents outils de travaux utilisés tout au long de l'étude. Ensuite le deuxième traitera le volet de l'amélioration de la maintenance préventive de la zone de coupe en adoptant la démarche PDCA et où on quantifiera les gains. Enfin le troisième chapitre focalisera sur la mise en place du plan de contingence de la zone de coupe afin de pallier aux arrêts inévitable et pouvoir débloquer la situation.



CHAPITRE I : Contexte général du projet

Ce chapitre traitera les points suivant :

- ❖ La description des activités de l'entreprise, les départements qui y existent ainsi que son processus de fabrication.
- ❖ Le cadrage du projet de fin d'étude à savoir la présentation de la problématique, du cahier des charges et de la méthodologie de travail adoptée.
- ❖ Une recherche bibliographique où on présentera les différents outils utilisés tout au long du projet.

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 méthodologie de travail adoptée. Et à la fin allons faire une recherche bibliographique où on présentera les différents outils utilisés tout au long du projet.

2. Présentation du groupe YAZAKI

2.1. Généralités

YAZAKI est une multinationale japonaise qui a été créée en 1941. Son activité principale est le câblage, la fabrication des composants électriques pour automobiles et instruments.

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.

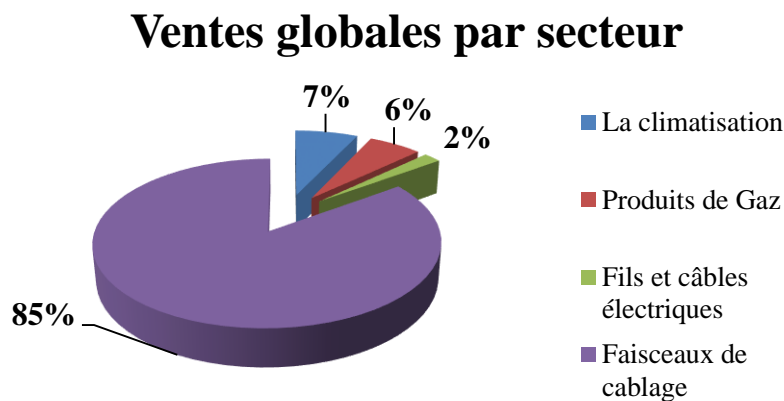


Figure 1: Ventes globales par secteur du groupe YAZAKI

Sur le marché du câblage, YAZAKI 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

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 verra le jour qu'en juillet 2015.

3.1. Organigramme de l'entreprise

L'organigramme suivant représente la structure hiérarchique générale de YMM, en ce qui me concerne, mon travail a été effectué au sein du département maintenance sous la direction de Mr Lotfi Jbari le manager de la maintenance :

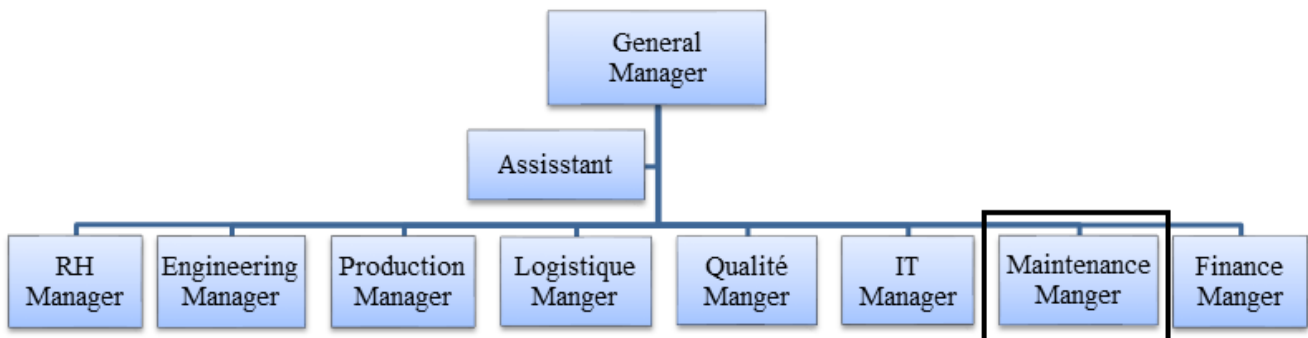


Figure 3: Organigramme général de YAZAKI Morocco Meknès

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).

3.2. 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 :

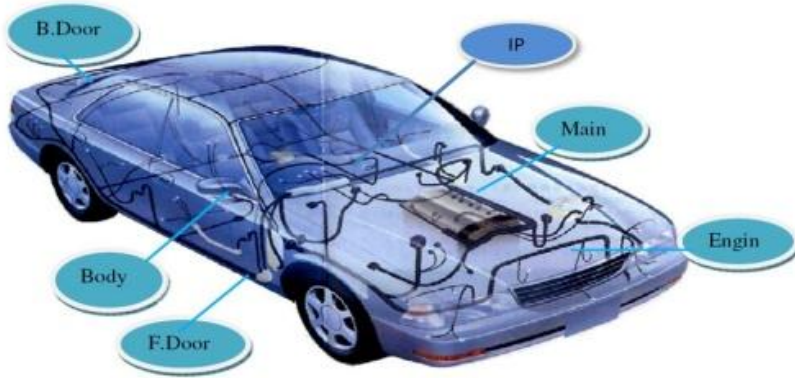
- **Département ingénierie** : il se charge d'adapter les procédés de fabrication aux nouveaux projets conformément aux règles définies par le Top Management.
- **Département logistique** : il gère l'approvisionnement, la réception, l'expédition et le stockage de la matière première. Il doit assurer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

Dans cette partie nous allons donner un aperçu général sur le processus de production dans YAZAKI Morocco Meknès. Dans un premier temps, nous allons présenter les types de câbles ou faisceaux fabriqués ainsi que les éléments qui entrent dans leur composition. Nous allons ensuite détailler le flux de production ainsi que la répartition des zones de fabrication des câbles dans l'usine.

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 :



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

Figure 4: Les différents types des faisceaux électriques

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.

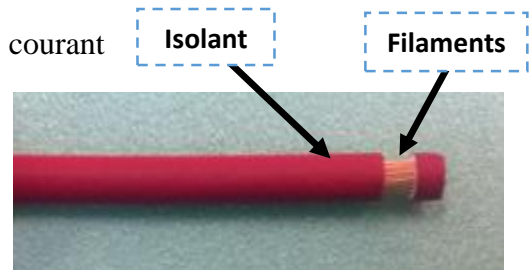


Figure 5: Fil électrique utilisé dans un faisceau

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

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

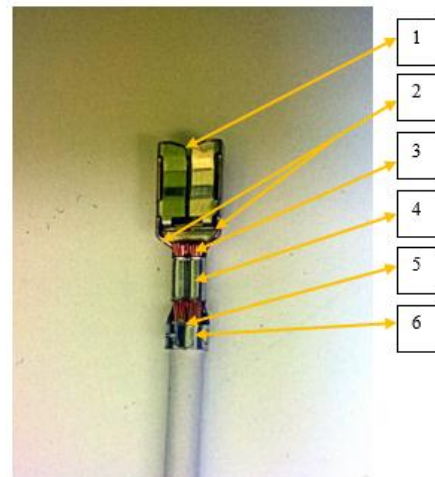


Figure 6: composants d'un terminal

- **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: 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'isolation, 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 8: accessoires du 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.

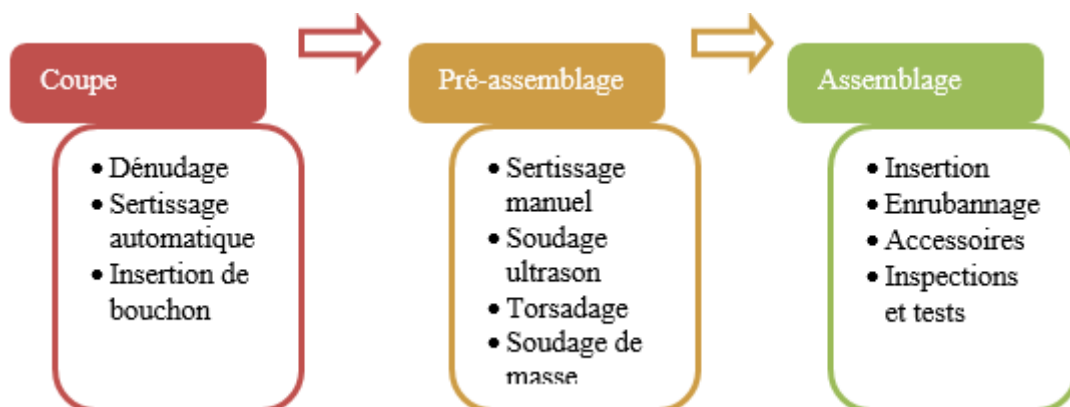


Figure 9: Flux de production d'un faisceau électrique

La zone de coupe P1 :

Cette zone contient les machines KOMAX et SCHLEUNIGER qui 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.



Figure 10: Applicateur de sertissage

La zone de préparation ou 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 ou de montage 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 11: 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 :

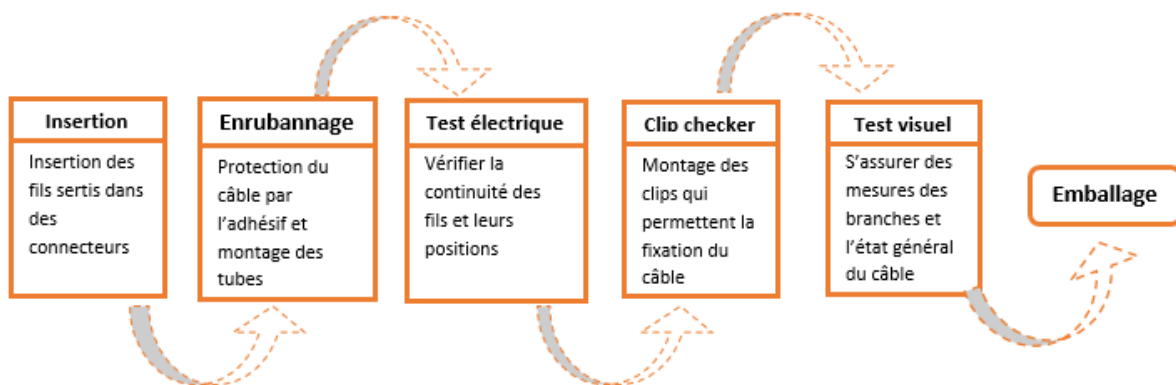


Figure 12: Schéma des opérations de la zone d'assemblage

5. Cadre général du projet

5.1. Contexte du projet

Aujourd'hui les entreprises cherchent à augmenter leur productivité, tout en assurant une disponibilité maximale de leurs moyens de production, ce qui met en relief l'importance de la maintenance pour éviter toute sorte de défaillance pouvant nuire à l'entreprise.

Afin de pouvoir améliorer la politique de maintenance et permettre qu'elle soit performante en termes d'indicateurs sans engendrer de dépenses excessifs, nous devons tout d'abord déterminer les anomalies de son fonctionnement en faisant un état des lieux. Ensuite nous devons chercher les causes de ce dysfonctionnement pour proposer des solutions qu'on mettra en œuvre pour améliorer la situation à court et long terme et cela en adoptant la démarche d'amélioration PDCA.

Notre projet consiste à améliorer la maintenance préventive des équipements tout en premier lieu et réaliser ensuite un plan de contingence qui permettra de débloquer la situation en cas d'arrêt majeur de la zone étudiée afin de limiter les pertes.

Ce projet concerne la zone de coupe P1 car c'est la zone la plus critique en terme de pannes.

5.2. Cahier de charge

L'élaboration du cahier des charges a pour but de bien définir le besoin du client, les objectifs que nous voulons atteindre et les contraintes imposées par l'organisme d'accueil.

5.2.1. Expression du besoin:

Amélioration de la maintenance préventive de la zone de coupe et réalisation du plan de contingence de cette même zone afin de paraitre aux situations d'arrêt d'urgence.

5.2.2. Auteurs du projet:

- ❖ Maître d'ouvrage : YAZAKI MOROCCO MEKNES une entreprise de câblage automobile.
- ❖ Maître d'œuvre : Faculté des Sciences et Techniques de Fès présenté par Ghassane AIT YOUSSEF et sous l'encadrement de :
 - Mr. Lotfi JBARI : Manager du département technique.
 - Mr. Soufiane BENKOULOU : Superviseur de la zone de coupe et la zone de pré-assemblage.
 - Mr. Abdelouahhab JABRI: Professeurs 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 Science et Technique, spécialité Ingénierie Mécanique délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

5.2.4. Limite du sujet

Lieu : La zone de coupe,

Durée : 4 mois du 03 Février 2015 au 03 Juin 2015.

5.2.5. La constitution du groupe de travail

Le groupe de travail est constitué de :

- Manager de maintenance,
- responsable de la zone de coupe et la zone de pré-assemblage
- Les techniciens superviseurs de la coupe,

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 et cela en adoptant une démarche PDCA.

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 planifié comme suit :

Nom	Date de début	Date de fin
● Assimilation du processus	03/02/15	04/02/15
● Decouverte du périmètre du projet	05/02/15	09/02/15
● Audit du système de maintenance de la zone	10/02/15	17/02/15
● Analyse des résultats et détermination des points d'amélioration	18/02/15	20/02/15
● Analyse des modes de defaillance des machines de coupe	23/02/15	12/03/15
● Optimisation de la gestion de stock	13/03/15	19/03/15
● Mise en place d'un standard de choix des pièces à gérer en stock	20/03/15	24/03/15
● Mise en place du plan de maintenance préventif pour KOMAX	25/03/15	27/03/15
● Réalisation d'un rapport d'instruction pour la maintenance de KOMAX	30/03/15	02/04/15
● Documentation sur le plan de contingence	03/04/15	06/04/15
● Déterminer le flux de la matière entre les machines	07/04/15	13/04/15
● Analyse de risque arrêt machine de la zone de coupe	14/04/15	06/05/15
● Classification des scénarios selon leur criticité	07/05/15	11/05/15
● Mise en place du plan de contingence de ces scénarios	12/05/15	25/05/15
● Analyse de l'efficacité des méthodes adoptées	26/05/15	01/06/15

Tableau 1: Planning du projet

Le diagramme GANTT (**Annexe 1**) détaille plus les durées et les tâches nécessaires pour l'accomplissement du projet.

6. Recherche bibliographique :

6.1. Démarche d'amélioration PDCA :

La méthode PDCA est une démarche cyclique d'amélioration qui consiste, à la fin de chaque cycle, à remettre en question toutes les actions précédemment menées afin de les améliorer.

PDCA tire son origine des premières lettres des mots qui la composent : Plan-Do-Check-Act.

Ces derniers peuvent être interprétés tel que :

- Plan : Préparer, Planifier ;
- Do : Développer, réaliser, mettre en œuvre ;
- Check : Contrôler, vérifier ;
- Act (ou Adjust) : Agir, ajuster, réagir.

Cette méthode a été rendue populaire suite à sa présentation dans les années 50 par le célèbre statisticien William Edwards Deming. Deming illustre le principe PDCA par une roue qui sera baptisée par la suite : La roue de Deming. (Logistique Conseil)

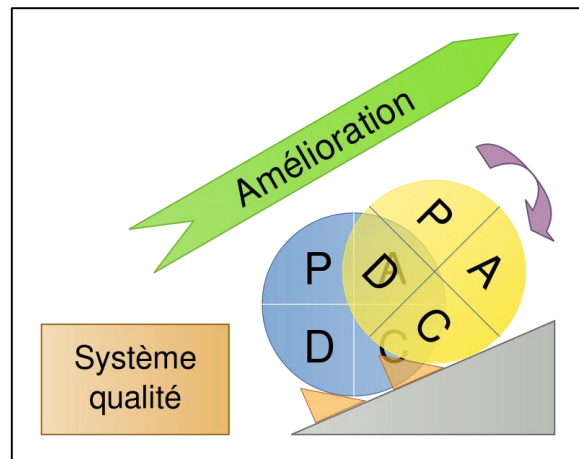


Figure 13: Roue de Deming

La roue de Deming est un cercle divisé en quatre portions et présenté sur la diagonale d'un triangle. Sur chacune des portions, est marquée une lettre P-D-C-A dans le sens des aiguilles d'une montre. Lorsqu'on tourne la roue dans le même sens, elle grippe sur la diagonale en passant sur chaque étape jusqu'à la fin du cycle. Ensuite, on recommence avec le cycle suivant. L'idée est de répéter les 4 phases : Plan - Do - Check - Act tant que le niveau attendu n'est pas atteint. (Wikipédia)

- La première étape du cycle (Plan) en français « Planifier », consiste à préparer et planifier ce que l'on va réaliser. Définir le cahier des charges et les tâches à réaliser, puis établir un planning (déterminer les dates de début et fin de chaque tâche).
- La seconde étape du cycle (Do) en français « faire » est la réalisation de l'œuvre. Elle consiste à déployer les ressources nécessaires et mettre en œuvre toutes les opérations correctives mentionnées dans le plan, ainsi que toutes les solutions retenues.
- La troisième étape (Check) en français « vérifier » consiste à contrôler que les ressources mises en œuvre dans l'étape précédente (Do) et les résultats obtenus correspondent bien à ce qui a été prévu (Plan)
- Enfin la dernière étape du cycle (Act) en français « agir », consiste à ajuster les écarts, rechercher des points d'améliorations. Ce qui amènera un nouveau projet à réaliser, donc une nouvelle planification à établir. Et ce sera le début d'un nouveau cycle.

Selon l'illustration de Deming, on représente une cale sous la roue pour éviter de revenir en arrière. Cette dernière symbolise l'entretien du système afin de maintenir la qualité et cela avec des procédures claires et continues dans le temps comme des audits par exemple.

La figure ci-dessous résume en général la démarche PDCA qu'on va adopter pour mener à bien ce projet :

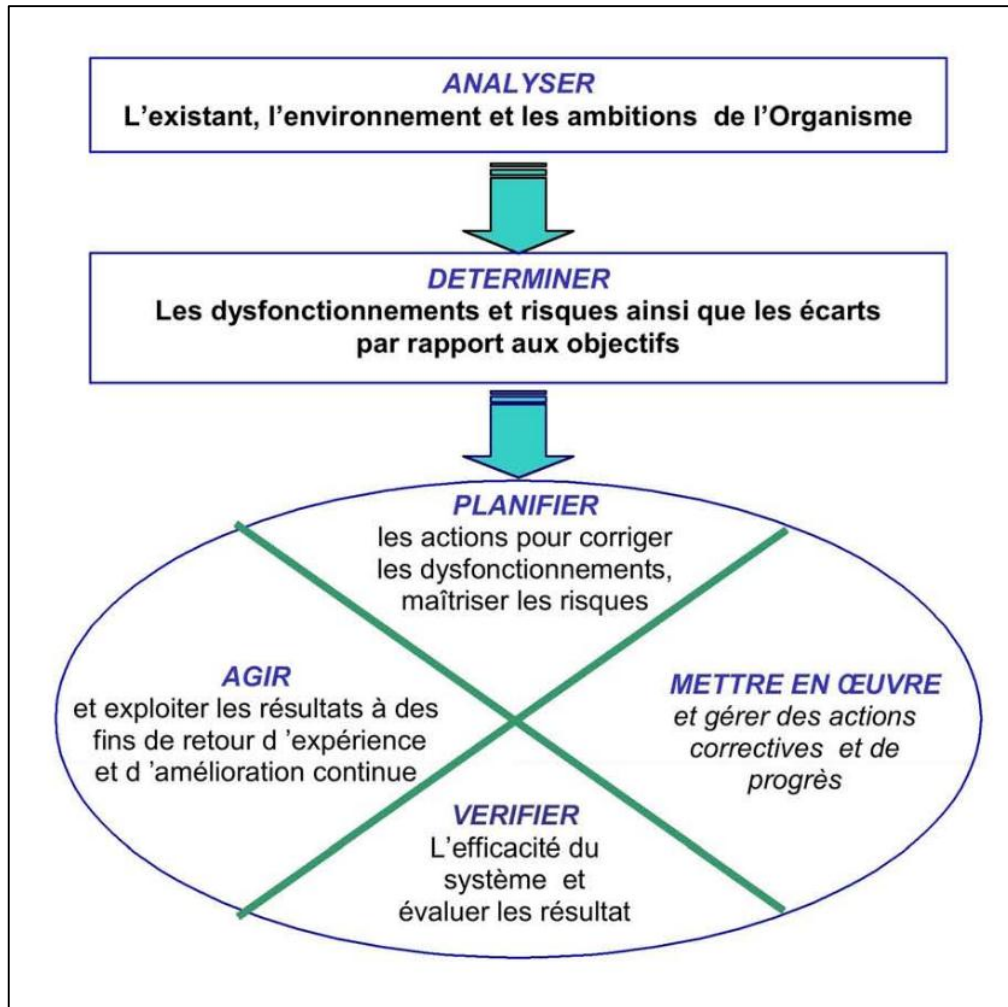


Figure 14: Démarche de travail PDCA

7. Présentation détaillée de la démarche AMDEC

7.1. Définition générale

L'Analyse des Modes de Défaillances leurs Effets et Criticité est une technique de travail en groupe exhaustive et rigoureuse, très efficace pour la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chacun des participants. Elle conduit à la mise en place des actions préventives. (Eric METAIS, DEVINCI ,2004)

7.2. Les différents types d'AMDEC

Il existe principalement trois types d'AMDEC :

- **AMDEC produit** : Elle s'applique en phase de conception du produit et vise l'amélioration de la fiabilité de celui-ci.

- **AMDEC processus** : Elle s'applique à la gamme de fabrication du produit et vise l'amélioration de la qualité de celui-ci.
- **AMDEC moyen de production** : Elle concerne le moyen de production (machines, installations,...) et vise le « zéro défaut, zéro panne » ; en agissant sur les causes pour augmenter la capacité et la fiabilité, tout en améliorant la maintenabilité, la disponibilité, la sécurité des opérations et en détectant le plus tôt possible les défaillances.

7.3. Déroulement de la méthode

Pour réaliser une AMDEC, il faut bien connaître le fonctionnement du système qui est analysé, pour cela, on peut diviser le travail en 5 étapes :

- **Présentation des équipements de la zone de coupe :**

Cette phase est consacrée pour identifier les différents équipements présents dans la zone.

- **Analyse fonctionnelle**

Son but est de fournir une description ainsi qu'une décomposition de chaque moyen de production, et établir une liste de toutes les fonctions principales et secondaires des équipements. Elle est subdivisée en deux types :

- Analyse fonctionnelle externe : Cette analyse permet de déterminer les fonctions qui lient le milieu extérieur au système.
- Analyse fonctionnelle interne : Permet de représenter les sous-ensembles et éléments nécessaires pour que les fonctions définies soient remplies.

- **Analyse des défaillances :**

Après la décomposition fonctionnelle, on sera amené à dégager les modes de défaillances, leur cause ainsi que leur effet sur chaque sous-système des machines de la zone.

- **Le mode de défaillance** : s'exprime par la manière dont un équipement vient à ne plus remplir sa fonction.
- **La cause de la défaillance** : correspond à l'anomalie initiale susceptible de conduire au mode de défaillance.
- **L'effet de la défaillance** : concrétise la conséquence du mode de défaillance.

Après la détermination des éléments précédent, nous allons fixer les critères de cotation des défaillances en se basant sur :

F : La fréquence d'apparition d'une défaillance.

G : La gravité de la défaillance.

D : La probabilité de non détection de la défaillance.

Ainsi nous pouvons calculer la criticité de la défaillance en multipliant les trois paramètres

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

Le tableau ci-dessous résume cette partie de la démarche :

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITES											
Composant	Localisation	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	D	G	C	Action

Tableau 2 : Grille des modes de défaillance

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

- **Hierarchisation des défaillances**

Le grand nombre de défaillances répertoriées précédemment nécessite d'être hiérarchisation afin de pouvoir isoler les plus critiques. On utilisera dans cette phase une analyse PARETO.

- **Détermination des actions à menées.**

Elle consiste à présenter des recommandations et dégager la politique de maintenance adéquate en se basant sur les indices de criticité des sous-ensembles :

8. Présentation de l'analyse PARETO :

L'analyse de PARETO consiste à déterminer la minorité des causes (20%) responsables de la majorité des effets (80%). La méthode de Pareto est appelée aussi pour les raisons précitées : méthode des 20/80 ou encore méthode ABC. On peut alors faire un plan d'action sélectif qui s'attaque aux éléments essentiels. On optimise par la suite l'action en ne s'intéressant qu'aux éléments qui sont responsables du plus grand effet.

Cette technique de découpage regroupe les modes de défaillance dans trois classes :

- **La classe A** est celle de la minorité des éléments (en général 20%) sont responsables de la majorité des effets (en général 80%).
- **La classe B** est intermédiaire. Elle est composée généralement des 30% des éléments sont responsables de 15% d'effets.

- **La classe C** est celle de la majorité des éléments (en général 50%) sont responsables de la minorité des effets (en général 20%).

Ou encore selon d'autres théories :

- **La classe A** : les 10 % des éléments sont responsables de 60 % des effets,
- **La classe B** : les 40 % des éléments sont responsables de 30 % des effets,
- **La classe C** : les 50 % des éléments sont responsables de 10 % des effets

9. Méthodes de gestion de stock

Il existe quatre méthodes d'approvisionnement de stock, qui se distinguent selon le type de choix fait pour les quantités et les délais, permettant d'éviter à la fois les ruptures de stock et les immobilisations financières engendrées par les surstocks. Le tableau ci-dessous résume ces quatre méthodes :

	Période fixe	Période variable
Quantité fixe	Calendrier d'approvisionnement	Point de commande
Quantité variable	Méthodes de reapprovisionnement	Modèle de Poisson

Tableau 3: Méthodes de gestion de stock

Ensuite, nous allons définir le principe des méthodes utilisées, leurs domaines d'application et les paramètres nécessaires pour leurs mises en œuvre.

9.1. Méthode de point de commande :

Elle consiste à commander une quantité économique quand le stock atteint un niveau critique appelé point de commande ou stock d'alerte. La figure suivante décrit le principe de cette méthode en supposant une évolution linéaire du niveau de stock :

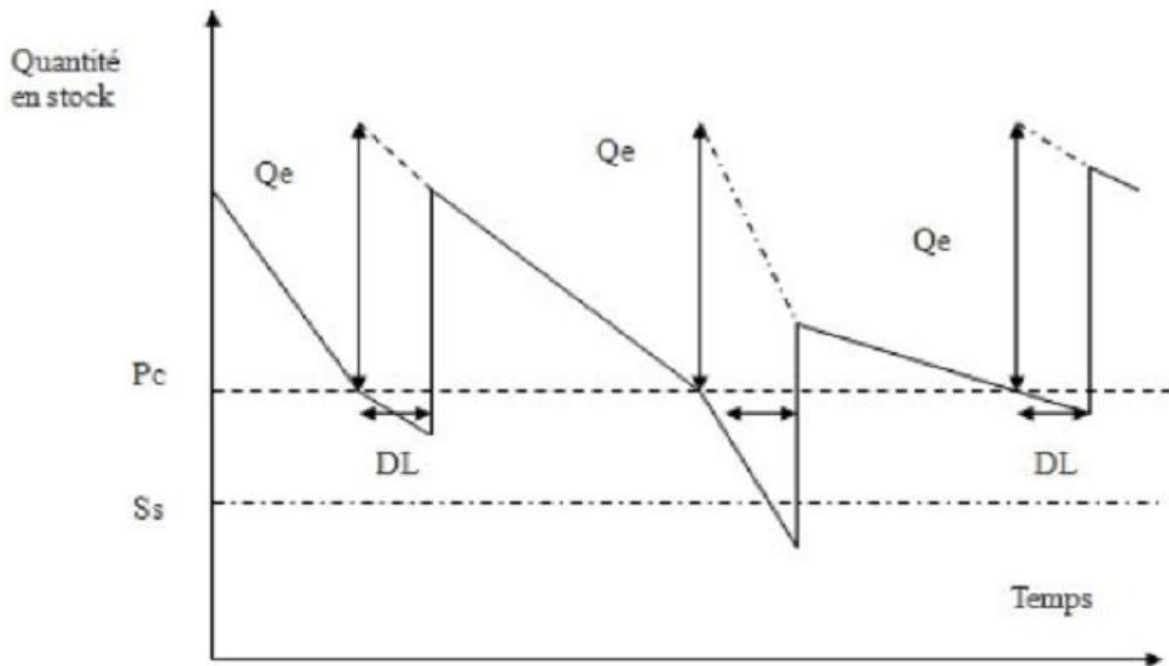


Figure 15: Evolution de stock dans une gestion par point de commande

Dans cette méthode, un stock de sécurité est prévu afin de faire face contre les aléas des délais d'approvisionnement et les fluctuations de consommation et éviter les ruptures de stock. Les quantités commandées, lors de franchissement de point de commande, sont déduites du calcul de la quantité économique par la formule

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 \cdot C_c \cdot D}{t \cdot P_u}} \quad (2)$$

Avec C_c : le cout de passation de commande

D : La demande annuelle

t : Le taux de possession du stock

P_u : Le prix unitaire de la pièce à gérer

Puisque elle surveille le niveau de stock le maximum possible, la méthode de point de commande est considérée plus adéquate aux articles constituant la classe A de l'analyse PARETO. Elle est caractérisée par son implantation simple et permet le bon suivi du stock

La mise en œuvre de cette méthode nécessite la détermination de deux paramètres la quantité de stock qui définit le point de commande et le stock de sécurité. Ils peuvent être déterminés par les relations suivantes :

Le point de commande est déterminé par la relation suivante :

$$PC = M + S_s \quad (3)$$

Avec M qui représente la consommation durant le délai d'approvisionnement et elle est calculée par la relation :

$$M = C_m \times DA \quad (4)$$

Avec C_m : La consommation moyenne

DA : Le délai d'approvisionnement

Le stock de sécurité S_s est calculé en tenant compte des aléas de consommation durant le délai d'approvisionnement et cela en utilisant la relation :

$$SS = Z \times \sigma_c \quad (5)$$

Tel que Z : Coefficient de sécurité déduit du taux de service

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

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

Figure 16: Coefficient de sécurité en fonction du taux de service

9.2. Méthode de reapprovisionnement :

Elle consiste à commander d'une manière régulière une quantité variable en gardant un niveau de stock maximal (Q_{max}) constant par le calcul de la quantité de réapprovisionnement ($Q_{max}-M$) sachant que M est le niveau de stock au moment de lancement de la commande.

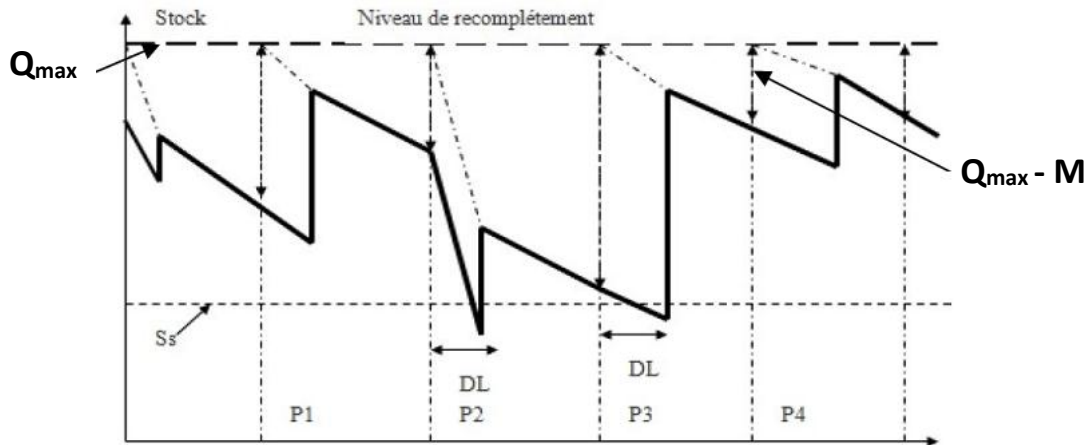


Figure 17: Evolution de stock dans une gestion par reapprovisionnement

Cette méthode permet la maîtrise des immobilisations financières tout en rendant la gestion de stock plus simple, mais elle ne s'adapte pas aux articles qui présentent des pics au niveau de la consommation car un cumul de stock ou une rupture de stock aura lieu comme conséquence. Elle est donc plus envisagée pour les articles en importance moyenne et qui sont, dans notre cas, ceux qui constituent la classe B de l'analyse PARETO.

La mise en œuvre de cette méthode nécessite la détermination de deux paramètres : la période de commande et le niveau de rétablissement.

- **Période de commande :**

La période optimale de commande est calculée à l'aide de la formule :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2.C_c.D}{t.P_u}} \quad (6)$$

Avec C_c : le coût de passation de commande

D : La demande annuelle

t : Le taux de possession du stock

P_u : Le prix unitaire de la pièce à gérer

Q_e : La quantité économique

- **Niveau de rétablissement :**

Il est défini comme la quantité de stock satisfaisant la demande et le niveau de service souhaité pendant $DA+T$, donc pour arriver à ce niveau, nous devons commander une quantité qui peut être consommée pendant ce temps en multipliant la consommation mensuelle par $DA+T_e$, ce qui va donner :

$$Q_c = C_m \times (DA + T_e) \quad (7)$$

Donc le niveau maximum du stock est calculé la relation suivante avec S_s le même que dans la méthode de point de commande sauf que l'ectype et pour $DA+T_e$

$$Q_{\max} = Q_c + S_s \quad (8)$$

10. Présentation de la démarche 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)

10.1. 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. Dans notre cas, on va se baser que sur le module A. Nous allons détailler dans ce qui suit les différentes étapes de la méthode. (Mémoire de Magister M. KHALIDI Mustapha A.U 2010/2011)

La figure ci-dessous détail les différentes étapes de la méthode :

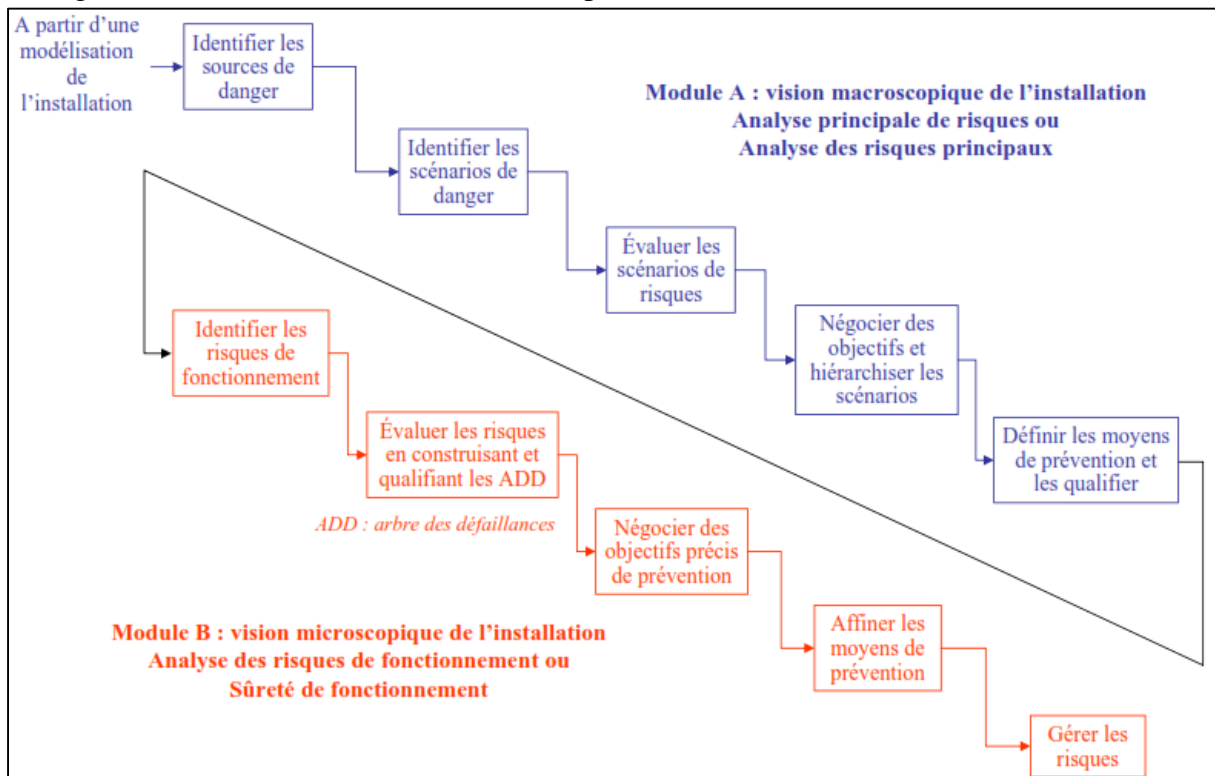


Figure 18: Les différentes étapes de la méthode MADS-MOSAR

10.2. 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.

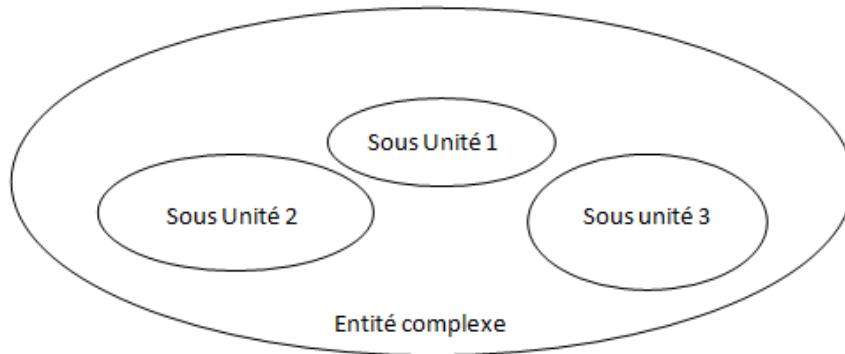


Figure 19: Décomposition de l'entité complexe en sous unités

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 4: 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.



Figure 20 : Modélisation des boîtes noires

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

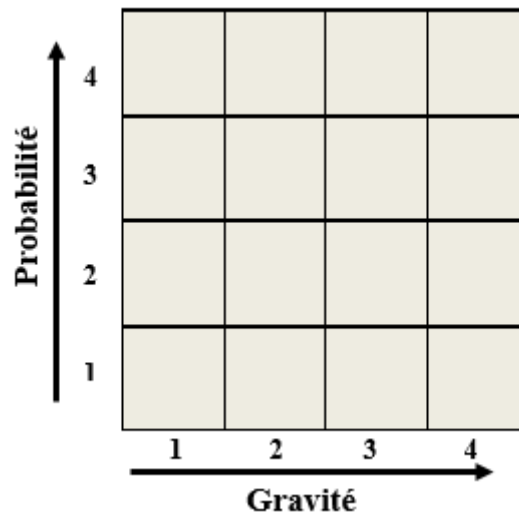


Figure 21: Graphe de probabilité-gravité

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

11. Présentation du cout de la défaillance:

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 :

$$C_{M_0} = (\text{Temps passé}) \times (\text{Taux horaire}) \quad (9)$$

- 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 :

$$C_M = C_{M_0} + C_F + C_S + C_C + C_{ST} \quad (10)$$

➤ 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 :

$$C_I = \text{nombre d'heures d'arrêt} \times \text{Taux horaire d'arrêt.} \quad (11)$$

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 :

$$C_D = C_M + C_I \quad (12)$$

12. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté le groupe YAZAKI MOROCCO MEKNES, ainsi que le contexte général du projet, le cahier de charge et la méthode de travail. Nous avons effectué aussi une recherche bibliographique pour présenter les outils nécessaire au bon déroulement du projet

Après cette brève présentation, on va s'attaquer à l'amélioration de la maintenance préventive en adoptant la démarche PDCA qui fera l'objet du prochain chapitre.



CHAPITRE II : Amélioration de la maintenance préventive de la zone de coupe

Ce chapitre traitera les points suivants :

- ❖ Un diagnostic et une analyse de l'existant afin de déterminer les causes menant aux arrêts machines de la zone de coupe (Analyser-Déterminer).
- ❖ La planification des actions à mettre en œuvre pour corriger les dysfonctionnements (Plan-Do).
- ❖ La vérification de l'efficacité des solutions mises en œuvre en mesurant l'écart entre la situation actuel et celle d'avant (Check-Act).
- ❖ Le chiffrage des améliorations implémentées afin de pouvoir estimer les gains du projet en Dirham.

1. Introduction

Dans la ce chapitre, premièrement nous allons faire un diagnostic et une analyse de l'existant afin de déterminer les causes menant aux arrêts machines de la zone de coupe (Analyser-Déterminer), après nous allons planifier des actions à mettre en œuvre pour corriger les dysfonctionnements (Plan-Do). Par la suite, nous allons vérifier l'efficacité des solutions mises en œuvre en mesurant l'écart entre la situation actuel et celle d'avant (Check-Act), et à la fin nous allons chiffrer les améliorations implémentées afin de pouvoir estimer les gains du projet en Dirham.

2. Analyse de l'existant et détermination des dysfonctionnements (Analyser-Déterminer) :

2.1. Audit de la maintenance :

Afin d'analyser l'état actuel de la maintenance ainsi que les failles existant au niveau du système tout entier, nous allons effectuer un audit qui permettra de révéler les points faibles de la politique de maintenance, ce qui constituera les axes principaux sur lesquels nous allons se baser afin de proposer des actions d'améliorations.

Pour évaluer la gestion de la maintenance au niveau de YMM, nous avons choisi la méthode d'**YVES LAVINA** qui se base sur le questionnaire présenté en **Annexe 2** qui traite tout le fonctionnement du service maintenance à travers les points suivants :

- **Organisation du service** : Elle couvre les procédures générales d'organisation du service et les éléments de la politique.
- **Méthode de travail** : Elle traite les processus du travail, les méthodes d'interventions, les estimations de temps.
- **Suivi technique du matériel** : Il regroupe toutes les actions d'analyse, et de traitement des informations concernant les installations.
- **Gestion de stock des pièces de rechange** : comment le service maintenance contrôle le flux et la consommation en pièces de rechange, et comment sont gérés les stocks ?
- **Outillage** : Les agents de la maintenance doivent être bien outillés et doivent disposer des moyens nécessaires à leurs interventions.
- **Documentation technique** : il faut avoir une documentation complète et accessible.
- **Personnel et formation** : Cette rubrique évalue les compétences du personnel et des conditions de leur travail. (Yves LAVINA, 1992)

2.1.1. Résultats de l'audit:

Le questionnaire contient les rubriques citées ci-dessus, qui sont composées d'une série de questions à choix multiple. Ce questionnaire a été proposé à l'équipe de travail, grâce aux réponses qu'ils nous ont données, nous avons pu avoir une idée globale sur l'organisation du service et dégager les points faibles à traiter, et par la suite avoir des pistes d'amélioration.

Les questions sont notées de 1 à 5, le score de chaque rubrique est calculé par addition des notes des différentes questions. Le score maximal est égal au nombre de questions fois cinq, 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 :

Points du questionnaire	Score obtenu	Score maximal	Pourcentage de satisfaction
Organisation du service	28	35	80%
Méthode de travail	36	50	72%
Suivi technique du matériel	40	45	89%
Gestion de stock des pièces de rechange	27	45	60%
Outillage	28	35	80%
Documentation technique	26	30	87%
Personnel et formation	41	50	82%
SCORE TOTAL	228	290	78%

Tableau 5: Résultat de l'audit de la maintenance

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

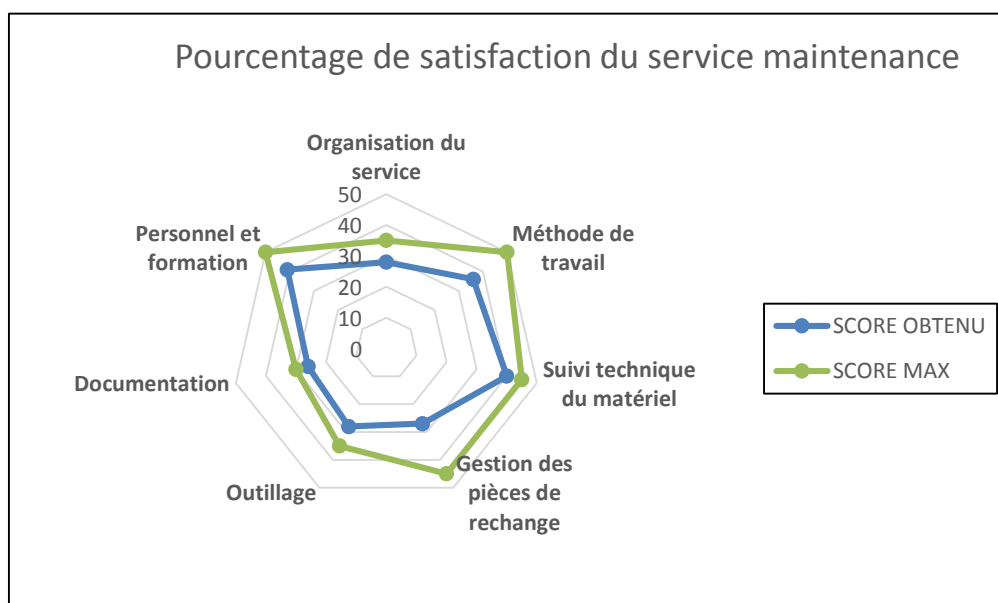


Figure 22: Radar récapitulatif des résultats de l'audit maintenance

On fixe le seuil acceptable comme étant le pourcentage de satisfaction global du service, c'est-à-dire 78%, les points qu'il faut améliorer dans le système maintenance sont ceux en dessous de ce seuil notamment :

- La gestion de stock des pièces de rechange
- Les méthodes de travail dans la zone de coupe

2.2. Dysfonctionnements du service maintenance

L'audit de la maintenance par la méthode LAVINA nous a donné une idée sur les écarts entre la situation actuelle et la situation de fonctionnement parfaite des différents organes du service maintenance. Cela nous a permis de trouver quelques points faibles sur lesquels on va axer notre étude pour pourvoir améliorer la situation actuel. Le tableau ci-dessous représente les anomalies constatées pour chaque point de travail :

Points faibles	Problèmes rencontrés
Gestion de stock	<ul style="list-style-type: none"> • Absence d'une politique fiable de gestion de stock • Absence de suivi des pièces critiques • Stock non sécurisé : stock zéro fréquent • Absence d'une politique de choix des pièces à gérer dans le stock
Méthodes de travail	<ul style="list-style-type: none"> • Absence d'un plan de maintenance préventive basé sur des méthodes de type MBF, AMDEC... • Les opérations de maintenance préventive ne sont pas assez détailler • Des recommandations de lubrification et d'autres opérations ne sont pas prises en compte lors de la maintenance préventive • La durée des interventions de maintenance n'est pas respectée

Tableau 6: Problèmes du service 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.

Après cette étude, nous allons initier la démarche PDCA en commençant la phase de **planification** des actions pour corriger les problèmes recueillis puis nous allons les **appliquer** sur le terrain afin constater les améliorations.

3. Planification et mise en œuvre des actions correctives sur le terrain (Plan-Do) :

3.1. Planification des actions correctives (Plan) :

Pour pallier aux problèmes tirés dans le volet précédent, nous allons travailler sur les points suivant :

- Etude AMDEC des machines de coupes afin de déterminer les composants critiques et déterminer par la suite les actions à adopter.
- Elaboration d'un plan de maintenance préventive détaillé des machines de coupes qui comporte la durée de chaque intervention en se basant sur la documentation technique, l'expérience du groupe de travail et l'étude AMDEC effectué.
- Réalisation d'un rapport d'instruction qui englobe tous les points à vérifier durant l'opération de maintenance.
- Mise en place d'une norme pour choisir les pièces à gérer dans le stock.
- Mise en place d'une nouvelle méthode de gestion de stock pour les pièces critiques afin d'éviter le stock zéro.

3.2. Etude AMDEC des machines de coupe :

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

Etapas de l'étude	Méthodes et outils
1. <u>Initialisation</u> <ul style="list-style-type: none"> • Orienter l'étude • Collecte des informations 	Rassembler les informations nécessaires au bon déroulement du projet (dessin de définition, caractéristique machine, historique des pannes)
2. <u>Analyse fonctionnelle du produit</u> <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 ou graphe des interactions
3. <u>Analyse des causes, des effets et estimation de la criticité</u> <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 critère (gravité, fréquence...) • établir des actions préventives de manière à diminuer cette criticité 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableau AMDEC • Grille de cotation des paramètres de criticité • Suivre des arrêts machine

Tableau 7: Démarche de l'étude AMDEC

3.2.1. Analyse fonctionnelle des équipements de la zone de coupe

La zone de coupe est équipée de 11 machines KOMAX destinées au découpage, dénudage et sertissage des fils. Ces machines sont disposées l'une à côté de l'autre, chaque machine est alimentée en fils par le Rack bobines et en terminaux par une bobine de terminaux.

De plus la zone dispose d'une machine ULMER utilisée pour la découpe des protections de câble notamment les tubes et adhésives ainsi qu'une machine METZNER qui permet de couper les tubes en prenant en considération la détection des crêtes.

La zone dispose aussi d'une machine SCHLEUNIGER pour la coupe et dénudage des grandes sections supérieures à 10 mm

Le tableau ci-dessous résume les différents types de machines présentes dans la zone :

Machine	Type	Quantité
KOMAX	Machine de coupe simple KOMAX 355	9
	Machine de coupe simple KOMAX 433	1
	Machine de coupe double KOMAX 477	1
SCHLEUNIGER	Machine de coupe SCHLEUNIGER	1
ULMER	Machine de coupe ULMER	1
METZNER	Machine de coupe METZNER	1

Tableau 8: Machines de la zone de coupe

➤ Machine KOMAX :

La KOMAX Alpha est une machine de coupe et sertissage automatique modulable pouvant recevoir plusieurs stations d'usinage individuelles.

Elle réalise :

- **La coupe des fils :** Il s'agit de couper les fils électriques selon des longueurs et des quantités déterminées. La coupe des fils se fait par des lames de coupe, qui sont entraînés par moteur électrique
- **Le dénudage des fils électriques :** C'est l'action d'enlever une partie de l'isolant du bout du fil électrique. Le dénudage se fait aussi par des lames qui sont fixés sur le bloque couteux qui est entraînés par le même moteur.
- **L'introduction des douilles dans le câble :** L'introduction du bouchon se fait par une installation appelée presse bouchon.

Il existe 3 types de machines KOMAX dans la zone qui effectuent les mêmes opérations sauf que la machine 477 permet d'effectuer un sertissage double, c'est-à-dire que les extrémités de deux fils sont introduites dans le même terminal. La machine comporte un module de plus que ses homologues et qui est le module de pince de pivotement.

Vu que les machines sont presque similaires, on ne présentera que la machine KOMAX 477 ci-dessous et les autres seront détaillées en **Annexe 3** :

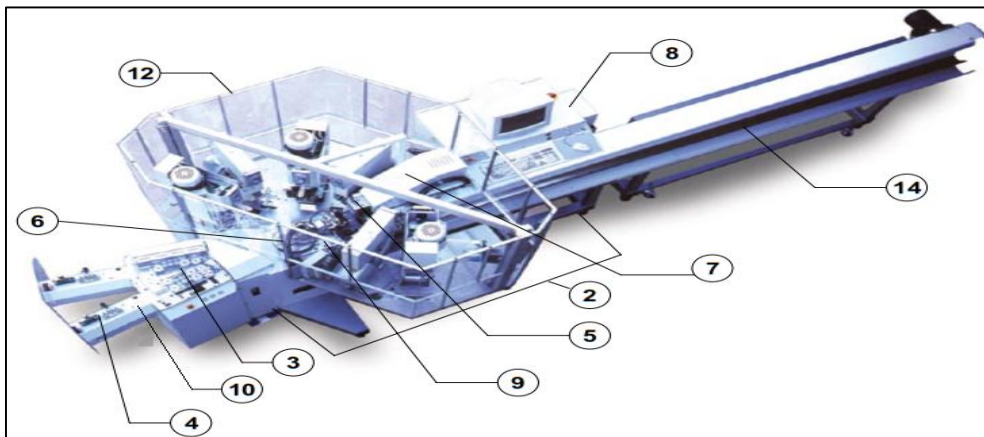


Figure 23: Machine KOMAX 477

Le tableau ci-dessous présente les différents sous-systèmes de la machine KOMAX 477, la décomposition totale de la machine est en **Annexe 4** :

Numéro	Sous-ensemble
2	Bâti de la machine
3	Entrainement des bandes doubles
4 et 10	Boîte d'unité de redressage
5	Tête de coupe
6 et 7	Module de dénudage pivotant 1 et 2
8	Armoire de commande
9	Unité de pince double
12	Recouvrement de protection transparent
14	Bande transporteuse

Tableau 9: Sous-systèmes de la machine KOMAX 477

La figure ci-dessous représente le diagramme bête à corne et le diagramme pieuvre des machines de coupe en général :

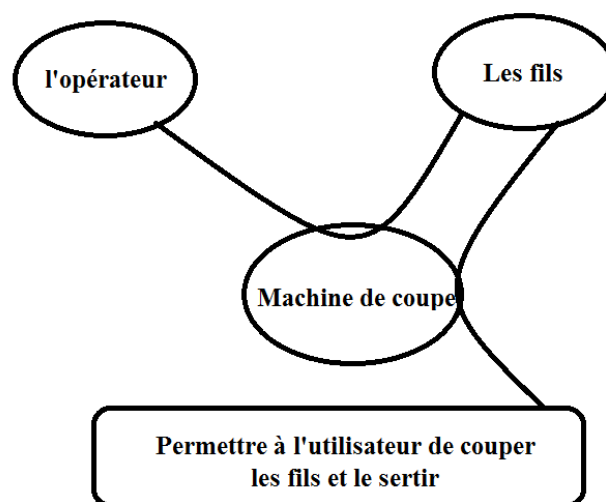


Figure 24: Diagramme Bête à Cornes de la machine de coupe

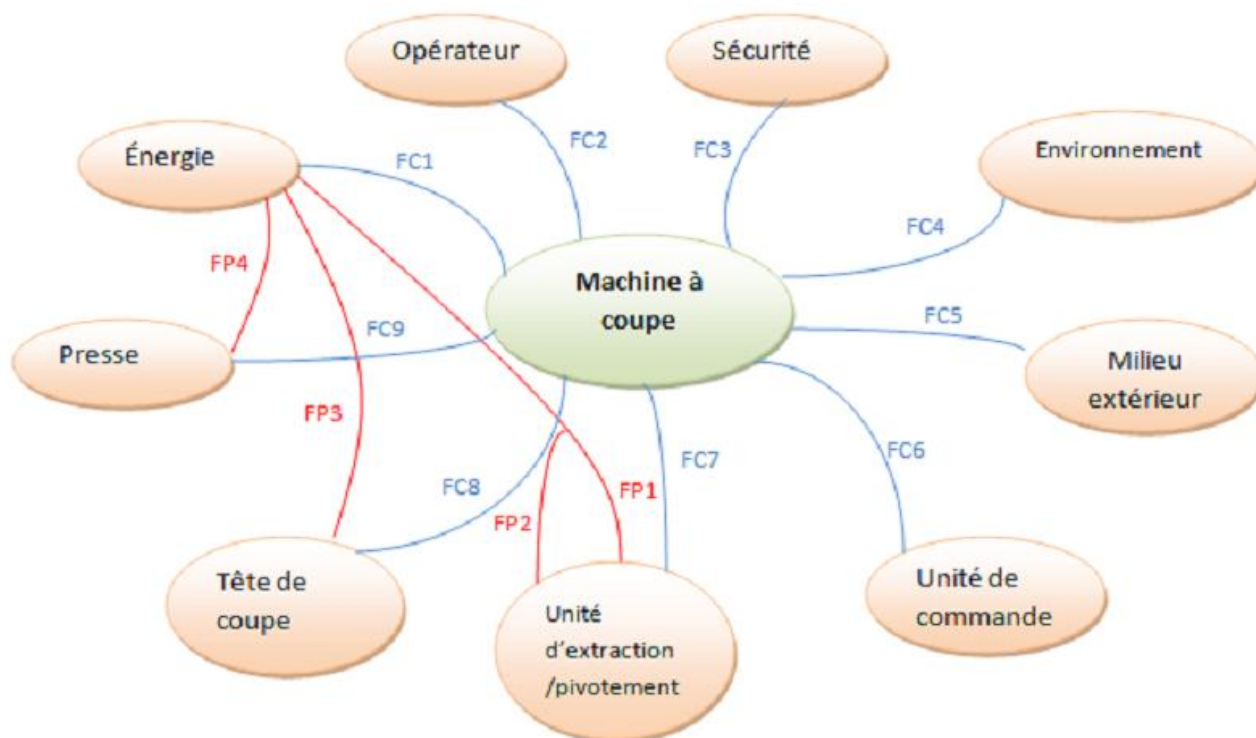


Figure 25:Diagramme de pieuvre de la machine de coupe

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

Fonction	Expression
FP1	transformer une énergie électrique en énergie mécanique de rotation
FP2	transformer une énergie électrique en énergie mécanique de translation
FP3	transformer une énergie électrique en énergie mécanique
FP4	transformer une énergie pneumatique en énergie mécanique
FC1	S'adapter aux énergies pneumatique et électrique
FC2	Permettre le réglage et la maintenabilité de la machine de coupe
FC3	Assurer la sécurité de l'opérateur
FC4	ne pas polluer l'environnement extérieur
FC5	résister à l'environnement extérieur
FC6	permettre le réglage des données + détection des dysfonctionnements
FC7	basculer le câble dans différentes positions
FC8	s'adapter aux différents types de fils
FC9	pouvoir utiliser différents types de presses

Tableau 10: Fonctions de service du diagramme pieuvre de la machine de coupe

Parmi les composants de la machine KOMAX que nous devons détailler et analyser, nous citons :

➤ Le module de sertissage MECAL :

La presse de sertissage permet le couplage entre le câble et le terminal via l'outil de sertissage. Le module est entraîné par un servomoteur, ce dernier amorce un système pignon crémaillère qui exécute le mouvement de levage de la presse. Les paramètres de sertissage sont transmis par le système de commande. Après l'exécution du sertissage le chariot revient à sa position initiale. La figure ci-dessous représente les différents sous-systèmes du module de sertissage :

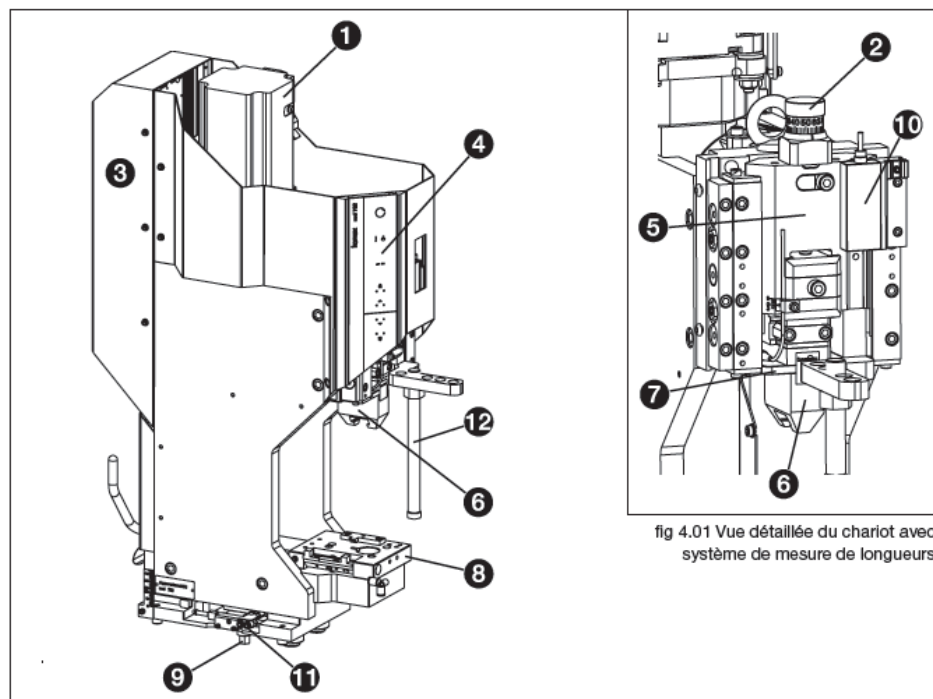


fig 4.01 Vue détaillée du chariot avec système de mesure de longueurs

Figure 26: Module de sertissage MECAL

Le tableau ci-dessous liste les différents sous-systèmes du module de sertissage :

Equipement	Composant	
MODULE DE PRESSE POUR KOMAX	(1)	Servomoteur
	(2)	Réglage de la hauteur de fermeture
	(3)	Commande
	(4)	Clavier tactile
	(5)	Chariot
	(6)	Logement d'outil, haut
	(7)	Détecteur RAM pour la détection de la force de sertissage CFA
	(8)	Logement d'outil, bas
	(9)	Réglage en hauteur de la ligne de câble
	(10)	Système de mesure de longueurs linéaire
	(11)	Vanne pour accessoires assistés par système pneumatique
	(12)	Dispositif de maintien en bas pour commande de pinces de câbles

Tableau 11: Sous-système du module de sertissage

➤ Module de douilles KOMAX

Le module de douilles KOMAX ou presse bouchon se charge du montage de ces derniers sur le fils. Le module est facilement montable sur la machine et ses paramètres de contrôle peuvent être modifiés via le logiciel TOPWIN qui gère les différentes opérations. On commence par remplir le tambour de douilles jusqu'à un niveau déterminé, une fois le module est activé le tambour commence à tourner et les douilles tombent sur la raille de transport. Par un système de vibration, les douilles commencent à se déplacer jusqu'à arriver à l'autre extrémité de la raille. A ce moment-là, commence le rôle de l'outil de montage qui descend pour enfiler la douille sur le croisillon, Ceci fait, ce dernier fait tourne de manière à déposer la douille dans le dévêtitseur puis arrive le fil à son niveau et par un mouvement d'avance, le bouchon est enfilé.

Le système ainsi que sa décomposition est représenté dans les figures (27,28) et tableaux (12,13) ci-dessous :

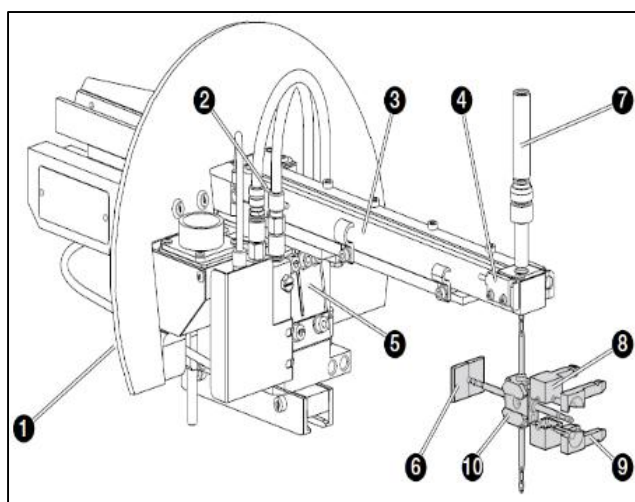


Figure 27 : Kit bouchon du module de douille KOMAX

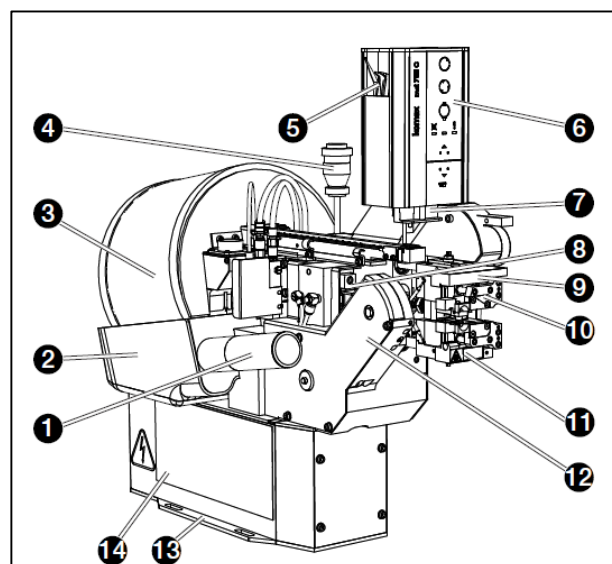


Figure 28: Presse bouchon KOMAX

Equipement	Sous ensemble	Composant	
Kit bouchon	Unité de transport	(1)	Levier de serrage
		(2)	Barrage photoélectrique, point de tri
		(3)	Rail de transport
		(4)	Barrage photoélectrique
		(5)	Convoyeur linéaire
	Outil de montage	(6)	Plaque d'enfilage
		(7)	Outil de séparation
		(8)	Dévêtitseur
		(9)	Manchon extensible
		(10)	Croisillon

Tableau 12: Décomposition du kit bouchon

(1)	Entraînement des tambours	(7)	Outil d'enfilage
(2)	Cuve de collecte	(9)	SPM (récepteur)
(3)	Tambour de réserve de douilles	(10)	Tête de montage
(4)	Raccordement électrique de l'unité de transport	(11)	SPM (émetteur)
(5)	Outils	(12)	Entraînement à croisillon
(6)	Clavier tactile	(13)	Plaque de base
(7)	Centrage de la presse	(14)	Commande

Tableau 13: Décomposition de la presse bouchon KOMAX

➤ Machine de coupe SCHLEUNIGE

La machine de coupe SCHLEUNIGER diffère de son homologue KOMAX. En effet elle ne permet que de couper les fils de grande section à une longueur donnée, et aussi le dénudage du fil à travers une tête de coupe munie de lames entraînés en translation par un système vis écrou.

Le Tableau ci-dessous représente les différents sous-systèmes de la machine de coupe SHLEUNIGER et la décomposition complète de la machine est représenté dans l'Annexe 5 :



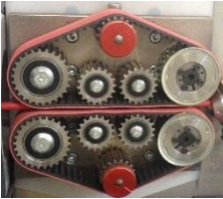
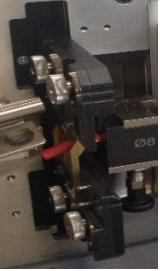
Sous-système	Illustration
PreFeeder	
Unité de redressage	
Entraînement de bandes	
Tête de coupe	



Tableau 14: Sous-système de la machine de coupe SCHLEUNIGER

➤ Machine de coupe METZNER

Elle permet de couper les protections des câble surtout les tubes, en effet un système d’entraînement avec chaîne permet de faire tourner le tapis à l’intérieur du PreFeeder qui entraine par la suite une bobine de tube jusqu’à l’entrait du module de coupe. Une fois devant, une roue à encoder permet de calculer la longueur voulue pour ensuite actionner un vérin qui entraine la lame de coupe. Un système de détection laser permet de programmer l’endroit de la coupe : en crête ou en saillie.

Le tableau ci-dessous représente la décomposition de la machine de coupe METZNER :



Equipement	Sous ensemble	Composant
MACHINE DE COUPE METZNER	Entrainement des tubes PreFeeder 	Tapis supérieur
		Tapis Inferieur
		Roue d’entée
		Moteur d’entraînement
		Rouleaux de chaines
		Roulement
		Ressort
		Vérin
		Système d’ajustement
		Boitier
	Support	
	Module de coupe des tubes 	Poulie
		Roulement
		Moteur
		Tige
		Vérin de coupe
		Lame de coupe
		Encodeur
		Capteur laser
		Système de commande
Protection de la machine		

Tableau 15: Décomposition fonctionnelle de la machine METZNER

➤ Machine de coupe ULMER

Tout comme la machine METZNER, elle permet de couper les protections de câble en tout genre mais elle ne dispose pas de système de détection des crêtes. Le produit est tiré d'une bobine et il est transporté sur un tapis roulant pour être coupé à une longueur donnée selon les exigences. Le système de coupe est composé d'une lame qui est actionnée par un vérin. Après la coupe, le produit est éjecté sur un tapis de sorti vers un bac de stockage.

Le tableau ci-dessous représente la décomposition fonctionnelle de la machine de coupe ULMER :




Equipements	Sous ensemble	Composant
MACHINE DE COUPE ULMER	L'entraînement du produit 	courroies
		Moteur
		Encodeur
		Guide produit
		Roulement
	Tête de coupe 	Lames inférieure
		Lame supérieure
		Protection
		Vérin pneumatique
	Transporteuse 	Tapie
		moteur
		Guide produit
		Protection

Tableau 16: Décomposition fonctionnelle de la machine ULMER

3.2.2. Etude AMDEC des équipements :

Les tableaux d'AMDEC ont été réalisés suite à une analyse approfondie des différents équipements constituant la zone de coupe. Cette analyse vise à identifier toutes les pannes possibles en déterminant les modes de défaillances des différentes pièces des sous-systèmes des machines, et identifier les effets relatifs à chaque mode, ainsi que leurs causes.

Les tableaux ci-dessous (17, 18, 19, 20) représentent les grilles de cotation que nous avons réalisées avec les membres de l'équipe pour apprécier les niveaux de Gravité, Probabilité, et Fréquence :

Niveau de gravité	Définition des niveaux
Gravité mineur 1	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production inférieur à 5 mn, • Aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative 2	<ul style="list-style-type: none"> • arrêt de production de 5 à 20 mn, • Remise d'état de courte durée qui nécessite une petite réparation
Gravité moyenne 3	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production de 20 mn à 1 heure, • Changement du matériel défectueux nécessaire
Gravité majeur 4	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production de 1 à 2 heures, • Intervention importante sur sous ensemble
Gravité catastrophique 5	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production supérieur à 2 heures, • Intervention nécessitent des moyens coûteux. • Problèmes de sécurité du personnel

Tableau 17: Grilles de cotation des gravités cotées Breakdown de défaillances pour AMDEC

Niveau de gravité	Définition des niveaux
1	Absence de risque qualité
2	Présence d'un risque qualité

Tableau 18: Grilles de cotation des gravités cotées Qualité de défaillances pour AMDEC

Niveau de fréquence	Définition des niveaux
Fréquence très faible 1	• Défaillance rare : Moins d'une défaillance par an
Fréquence faible 2	• Défaillance possible : Moins d'une défaillance par trimestre
Fréquence moyenne 3	• Défaillance fréquente : Moins d'une défaillance par semaine
Fréquence forte 4	• Défaillance très fréquente : plusieurs défaillances par semaine

Tableau 19: Grille de cotation des fréquences de défaillances pour AMDEC

Niveau de non détection	Définition des niveaux
Détection évidente 1	• Défaillance précocement détectable
Détection possible 2	• Défaillance détectable
Détection improbable 3	• Défaillance difficilement détectable
Détection impossible 4	• Défaillance indétectable

Tableau 20: Grille de cotation de non détection de défaillances pour AMDEC

Les tableaux d'AMDEC seront présentés de la manière suivante pour les quatre types d'équipements de la zone de coupe :

- ❖ Machine de coupe KOMAX :
 - Module de sertissage
 - Module de douilles
- ❖ Machine de coupe SHLEUNIGER
- ❖ Machine de coupe METZNER
- ❖ Machine de coupe ULMER

Les 6 tableaux d'AMDEC des équipements ci-dessus sont regroupés dans l'**Annexe 6**

3.2.3. Hiérarchisation des défaillances :

Après avoir effectué l'AMDEC, nous allons classer les pièces toutes machines confondues par ordre de criticité en utilisant une analyse PARETO afin de pouvoir tirer les 20% de pièces responsables de la majorité des problèmes et pouvoir par la suite optimiser leur gestion en stock. Le tableau **Annexe 7** représente les pièces des machines de la zone de coupes classées selon leur criticité, on va modéliser ces données dans le graphe PARETO ci-dessous :

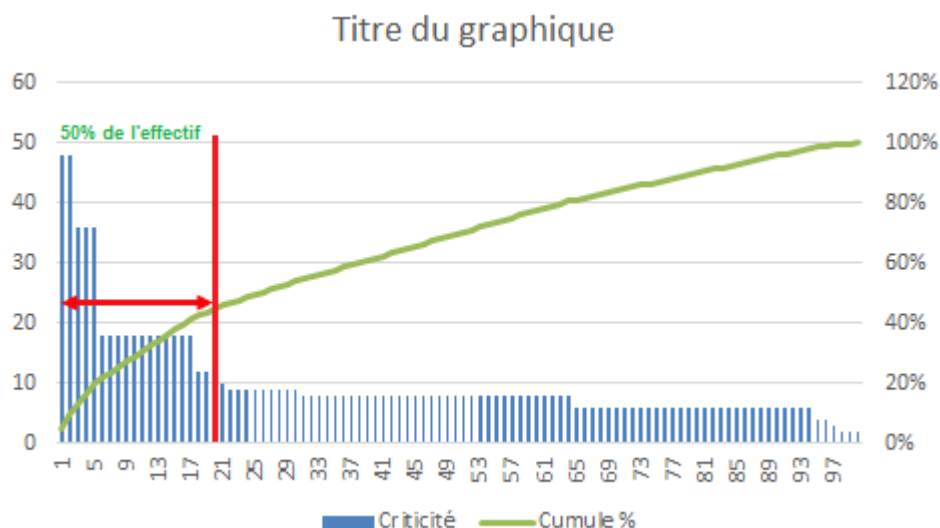


Figure 29: PARETO de pièces issues de l'AMDEC

A partir de l'analyse PARETO, nous pouvons tirer les 20% de pièces dont la criticité représente 50% de la criticité globale des composants des machines de la zone de coupe. Elles ont été regroupées par référence et sont représentées dans le tableau suivant :

N°	Composants
1	Lame de coupe 0122668
2	Lame de coupe 0122669
3	Roulement 608-2Z
4	Courroie d'entraînement KOMAX
5	Roulement 6205-2RS
6	Roulement 607-2Z
7	Roulement 6002-2Z
8	Roulement 6202-2RS
9	Roulement 6006-2RS
10	Roue dentée Z=18 3106
11	Roue dentée Z=32 D 3107
12	Roue dentée Z=32 G 3108
13	Roulement rainuré à billes

Tableau 21: Les pièces les plus critiques selon PARETO

Après avoir terminé l'étude AMDEC et déterminer les pièces critiques des machines de la zone de coupe, et planifier les actions correctives à effectuer, nous allons passer à la partie d'implémentation (Do) ou on va mettre en œuvre une nouvelle politique de gestion de stock de ces pièces qui doit être compatible avec le système SAP et qui permettra d'éviter le stock zéro.

4. Implémentation des actions sur terrain (Do) :

4.1. Gestion de stock :

Le système SAP et un système qui permet de visualiser les différentes activités de l'entreprise en temps réel. En effet, il permet à chaque instant de donner un aperçu sur les quantités de câbles produites, les niveaux de stock, les arrêts enregistré... Notre méthode de gestion de stock doit répondre aux exigences et être facilement implémentable sur SAP.

La méthode actuelle de gestion de stock consiste à toujours compléter le stock à son maximum quel que soit la consommation. En effet, le responsable rentre la donnée du stock maximum (reordre point) sur SAP et le système lui lance à chaque fois la quantité à commander quand des pièces sont consommées. Cette quantité représente la différence entre le reordre point et la quantité présente dans le stock.

Nous allons gérer le stock des pièces critiques en utilisant la méthode de 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. En effet le reordre point à rentrer sur SAP sera la valeur du point de commande et la quantité à commander sera la quantité économique.

4.1.1. Calcule par point de commande :

Afin de ne pas alourdir le rapport, nous allons détailler le calcule pour la courroie KOMAX et le reste sera calculer directement dans un tableau.

On commence tout d'abord par l'estimation de la demande annuelle. Pour cela, on s'est basé sur les historiques de consommation de stock sur 8mois : entre Aout et Mars. Lors de cette période, le parc machine a vu la venue de plusieurs machines d'où la nécessité d'avoir une idée sur la consommation des pièces par machine. Les tableaux ci-dessous représentent la consommation des courroies sur 8 mois et la consommation par machine en fonction du nombre de machine par période :

Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
4	4	2	4	4	6	10	6

Tableau 22: Consommation des courroies sur 8 mois

Consommation moyenne des courroies KOMAX									
Mois	8	9	10	11	12	1	2	3	
Nombre de machines	5			6			12		
Moyenne des consommations sur la période	3,3333			4			7,3333		
Consommation mensuelle par machine	0,667			0,667			0,61		

Tableau 23: Evolution du parc sur 8 mois et consommation par machine des courroies

La consommation mensuelle par machine est constante sur 8 mois ce qui est logique car le fonctionnement et les paramètres de coupes sont constants.

Pour estimer la demande annuelle en courroies KOMAX il suffit de multiplier la consommation mensuelle par le nombre de machines du parc puis la durée de 12 mois. On obtient alors une valeur de 96 courroies.

Après avoir estimé la demande annuelle, on commence par calculer la quantité économique, la consommation probable, le stock de sécurité ainsi que le point de commande en se basant sur les paramètres suivants :

	Courroie KOMAX
Coût de passation de commande	10Dh
La consommation annuelle	96
Le prix unitaire	321Dh
Le taux de possession de stock	0.2
Le coefficient de sécurité	1.95
L'écart type de la consommation durant le délai d'approvisionnement	1,73
La consommation moyenne	8
Le délai d'approvisionnement en mois	0.5

Tableau 24: Paramètres de calcul pour la courroie KOMAX

On obtient alors :

	Courroie KOMAX
La quantité économique Q_e	6
La consommation probable M	4
Le stock de sécurité S_s	4
Le point de commande P_c	8
Le stock maximal S_{max}	14

Tableau 25: Paramètres de gestion de stock pour les courroies KOMAX

Pour les autres pièces, on suit la même démarche de calcul on obtient les résultats suivants :

Composants	Demande annuelles	Prix unitaire(Dh)	Q_e	Délai de livraison	Point de commande
Lame de coupe 0122668	180	10.42	23	0.75	16
Lame de coupe 0122669	228	10.42	26	0.75	20
Roulement 608-2Z	28	19.1	7	0.25	3
Courroie KOMAX	96	321	6	0.5	8
Roulement 6205-2RS	54	37.2	9	0.25	8

Roulement 607-2Z	280	26.7	21	0.25	12
Roulement 6002-2Z	140	22.9	16	0.25	7
Roulement 6202-2RS	58	23.9	10	0.25	3
Roulement 6006-2RS	5	44.7	3	0.25	6
Roue d'entrée Z=18	80	117.2	8	0.5	10
Roue d'entrée Z=32 D	34	299.4	4	0.5	4
Roue d'entrée Z=32 G	34	368	3	0.5	4
Roulement rainuré	118	24.8	14	0.25	5

Tableau 26: Gestion de stock des pièces critiques

Le tableau ci-dessus représente le résultat de la gestion de stock des pièces critiques en utilisant la méthode de point de commande. Ces informations ont été communiqués au responsable de stock afin de d'implémenter les données sur SAP et le système est parfaitement opérationnel.

4.1.2. Standard de choix des pièces à gérer dans le stock

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 de choix :

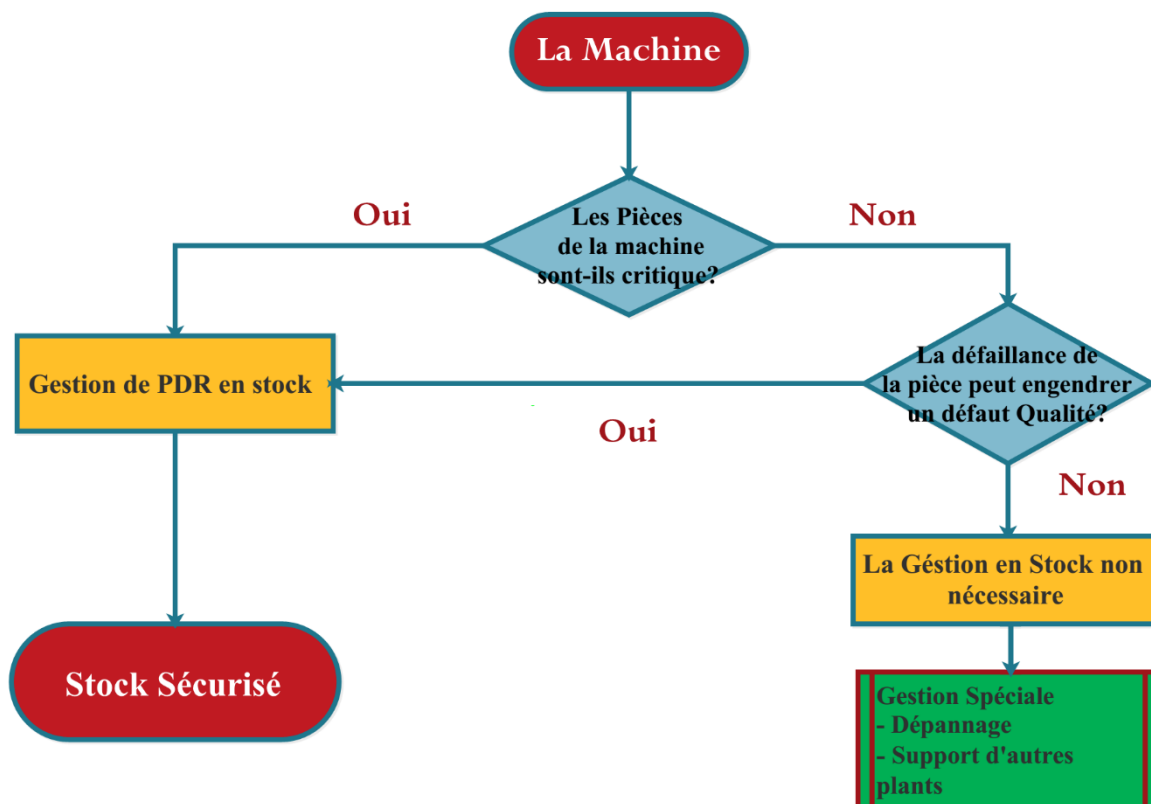


Figure 30:Standard de choix des pièces à gérer en stock

4.1.3. Plan de maintenance préventive :

Nous allons nous attaquer au plan de la machine KOMAX car les plans de METZNER et ULMER ne nécessitent pas de modification et la maintenance de la machine SHLEUNIGER est gérée par le constructeur.

Après avoir déterminé les modes de défaillances des machines de coupe et optimisé la gestion de stock des pièces critiques, nous allons proposer dans cette partie un plan de maintenance des machines KOMAX qui tient en considération l'analyse AMDEC effectué ainsi que les recommandations du constructeur et l'expérience acquise en interne.

Ce plan entre dans le cadre de l'amélioration des méthodes de travaux qui vont devenir plus ciblées et dispatché selon des plages horaires.

Le tableau ci-dessous présente le plan de maintenance des machines KOMAX dispatché en tâches mensuelles, trimestrielle, semestrielles, et annuelles :

Opération de maintenance	M	T	S	A
Vérification générale				
Vérifier la pression d'alimentation en air de la machine 6 bar +/- 0.5 bar	X	X	X	X
Vérifier le niveau d' huile de la machine	X	X	X	X
Vérifier l'état des filtres à air de la machine	X	X	X	X
Vérifier le fonctionnement des moteurs de l' enrouleur papier	X	X	X	X
Vérifier l'état des fixations de la bobine terminal et lubrifier la liaison	X	X	X	X
Vérifier la visserie générale de la machine	X	X	X	X
Unité de redressage de fil				
Nettoyage complet de l'unité de redressage	X	X	X	X
Vérifier l'état des bagues céramiques	X	X	X	X
Vérifier l'état des roulements et changer si nécessaire		X	X	X
Vérifier l'état des ressorts du boîtier de l'unité de redressage			X	X
Nettoyage complet du système de détection d'épissures			X	X
Vérifier l'état du système de détection d'épissures	X	X	X	X
Vérifier l'état des galets de détection	X	X	X	X
Vérifier le bon fonctionnement du système complet	X	X	X	X
Système d'entraînement de bandes				
Nettoyage complet du système d'entraînement de bandes	X	X	X	X
Vérifier les roues dentées et changer si nécessaire	X	X	X	X
Vérifier l'état de l' encodeur	X	X	X	X
Vérifier et nettoyer les arbres de guidages des roues dentées		X	X	X
Vérifier l'état des courroies d'entraînement ainsi que leurs tensions <ul style="list-style-type: none"> • 240Hz +/- 10Hz pour la courroie avec 6 roues dentées • 170Hz +/- 10Hz pour la courroie avec 5 roues dentées 	X	X	X	X
Vérifier la pression de contact des courroies d'entraînement 1.5bar +/- 0.15bar	X	X	X	X
Vérifier l'échauffement des moteurs d'entrainements			X	X
Vérifier l'état de la courroie motrice ainsi que sa tension <ul style="list-style-type: none"> • 95Hz +/- 5Hz au point de mesure 			X	X
Vérifier le bon fonctionnement du système complet	X	X	X	X
Module de dénudage pivotant coté A et B				
Nettoyage complet du module de dénudage	X	X	X	X

Vérifier et nettoyer le tube de guidage du fil	X	X	X	X
Vérifier l'état des pincés de guidage de câble	X	X	X	X
Vérifier l'état et graissage des engrenages de fermeture des pincés		X	X	X
Vérifier l'état de la courroie de pivotement ainsi que sa tension • 250Hz +/- 10Hz au point de mesure			X	X
Nettoyage de la crémaillère et vérification de l'état des pignons			X	X
Graissage du bras de pivotement	X	X	X	X
Vérifier l'échauffement des moteurs d'entrainements			X	X
Vérifier la rigidité du mouvement du bras pivotant	X	X	X	X
Vérifier le bon fonctionnement du système complet	X	X	X	X
Tête de coupe				
Nettoyage complet de la tête de coupe	X	X	X	X
Vérifier l'état des lames du couteau inférieur et supérieur	X	X	X	X
Nettoyage complet de l' élévateur de fils			X	X
Nettoyage de la graisse usagé dans la crémaillère de l'élévateur de fils		X	X	X
Graisser la tête de coupe	X	X	X	X
Graisser la liaison glissière de l'élévateur de fils		X	X	X
Graisser la crémaillère et le pignon moteur de l' élévateur de fils		X	X	X
Vérifier l'échauffement du moteur d'entrainement de l'élévateur de fils			X	X
Vérifier le fonctionnement du souffleur bloc dénudage	X	X	X	X
Mettre de l' adhésif entre le bloc couteau et le canal d' évacuation du vinyle pour éviter sa dispersion dans la machine			X	X
Vérifier le fonctionnement du système complet	X	X	X	X
Presse de sertissage coté A et B				
Nettoyage complet de la presse de sertissage	X	X	X	X
Vérifier le fonctionnement du détecteur RAM	X	X	X	X
Graisser la presse de sertissage		X	X	X
Calibrer la presse avec PRESSE ANALYSER			X	X
Recouvrement de protection				
Nettoyage complet du couvercle de protection	X	X	X	X
Vérifier l'état du vérin élévateur			X	X
Vérifier l'état du roulement linéaire et de la raille de guidage				X
Lubrifier la liaison glissière			X	X
Vérifier le fonctionnement du système complet	X	X	X	X
Armoire de commande				
Nettoyage complet de l'armoire de commande	X	X	X	X
Vérifier l'état des onduleurs	X	X	X	X
Vérifier le système de refroidissement de la machine	X	X	X	X
Vérifier le fonctionnement des senseurs sur TOPWIN		X	X	X
Convoyeur				
Nettoyage complet du convoyeur	X	X	X	X
Vérifier l'état des vérins de basculement de la goulotte			X	X
Vérifier l'état des tapis d'entrainement			X	X
Vérifier l' alignement du convoyeur			X	X
Vérifier l'état des roulements de l'axe moteur et changer si nécessaire				X
Nettoyer et vérifier l'échauffement des moteurs d'entrainement	X	X	X	X
Vérifier le fonctionnement complet de la machine				

Tableau 27: Plan de maintenance préventive de la machine de coupe KOMAX

Une version du plan a été implémenté dans l'entreprise début avril elle est dans l'**Annexe 8**.

4.1.4. Rapport d'instruction de la maintenance :

Après avoir détaillé le plan de maintenance global des machines de coupe KOMAX, nous avons rassemblé toutes les recommandations de lubrification et de réglages des différentes parties de la machine dans un rapport présenté en **Annexe 9**. (Documentation YAZAKI)

La figure ci-dessous représente un exemple qui montre comment régler l'ajustement des lames de coupe :

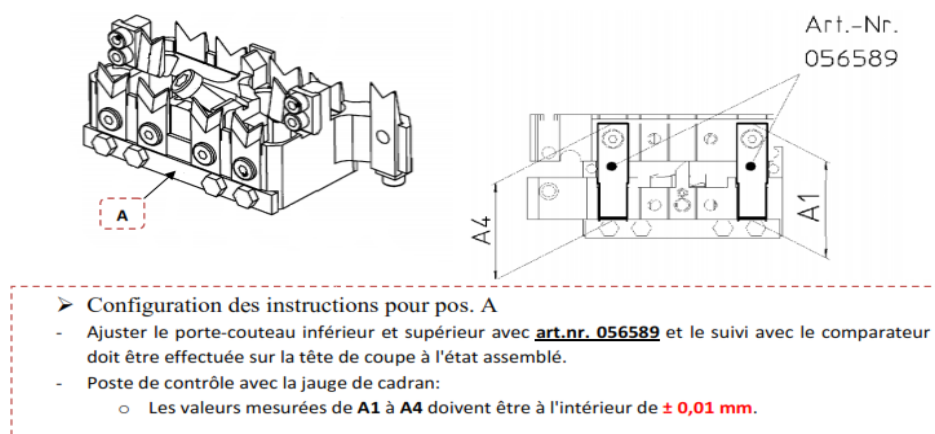


Figure 31: Exemple de réglage d'ajustement des lames KOMAX

5. Contrôle des actions et amélioration continue (Check-Act) :

5.1. Contrôle des actions mises en place (Check) :

Dans cette partie de notre démarche PDCA, nous allons nous intéresser à l'efficacité des actions implémentés. 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.

5.2. Gestion de stock :

Afin de juger l'efficacité de notre politique de gestion stock, nous allons effectuer une petite simulation. Nous allons nous intéresser aux pièces critiques qui tombaient en stock zéro à savoir les lames 0122668 et 0122669 ainsi que la courroie KOMAX et leur appliquer notre démarche. La simulation se basera sur les données réelles de consommation de ces pièces sur une période de 8 mois. Les graphes ci-dessous représentent les résultats obtenus :

On remarque d'après la simulation qu'on n'a pas eu de stock zéro durant les 8 mois alors qu'on réalité le stock s'est épuisé durant la semaine 37, 46 et 5 pour la lame 0122668, durant les semaines 49 et 9 pour la lame 0122669 et durant les semaines 45, 3 et 12 pour la courroie KOMAX. A partir de ces résultats, les actions effectuées au niveau du stock sont concluantes.

5.2.1. Plan de maintenance préventive et guide d'instruction :

Il est difficile d'évaluer l'efficacité de ces actions car elles ne sont pas quantifiable directement. Pour cela nous allons comparer le temps des arrêts des machines KOMAX avant la mise en place de notre plan de maintenance et notre guide d'instruction (Février et Mars), et le temps des arrêts après l'implémentation (Avril et Mai). Le tableau ci-dessous représente une comparaison entre les deux temps ainsi que le pourcentage d'amélioration :

Machines	Temps d'arrêt AVANT (H)	Temps d'arrêt APRES (H)	Pourcentage d'amélioration
KOMAX N° 1	46,2	27,32	41%
KOMAX N° 2	22,43	15,65	30%
KOMAX N° 3	16,51	11,27	32%
KOMAX N° 4	8,76	5,12	42%
KOMAX N° 5	11,43	7,89	31%
KOMAX N° 6	13,42	8,91	34%
KOMAX N° 7	12,78	9,35	27%
KOMAX N° 8	14,13	9,67	32%
KOMAX N° 9	9,61	7,23	25%
KOMAX 433	48,35	30,45	37%
KOMAX 477	21,76	13,32	39%

Tableau 28: Temps d'arrêt des machines KOMAX avant et après implémentation des actions

Le graphe ci-dessous illustre bien ces résultats :

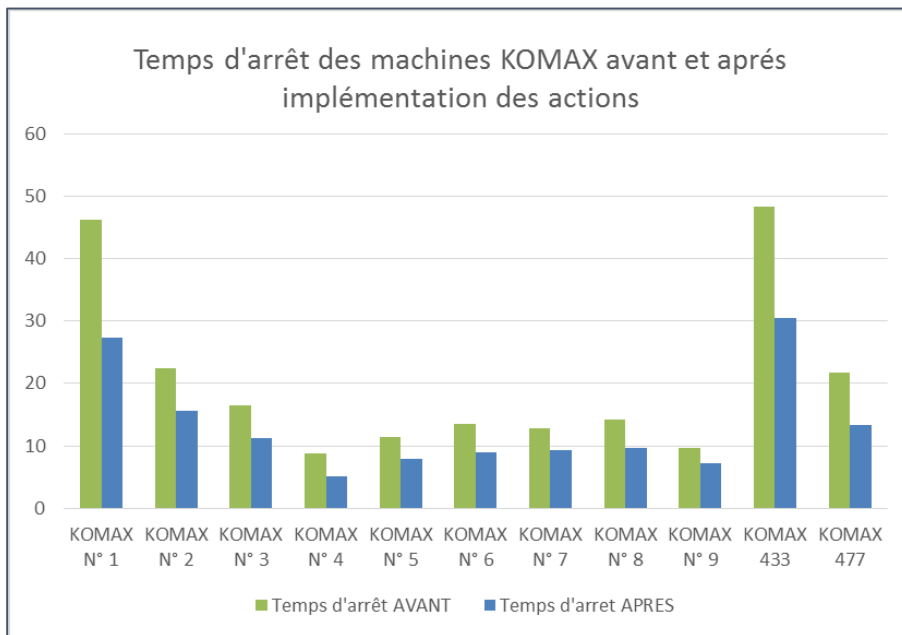


Figure 35: Temps d'arrêt des machines KOMAX avant et après implémentation des actions

Ainsi nous constatons que les actions implémentées sont efficaces. En effet, ils ont permis de diminuer le temps des arrêts des machines de coupe KOMAX d'environ **33%** en moyenne

5.3. Amélioration continue (Act) :

Dans ce dernier volet de la démarche PDCA, 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.

5.3.1. Roulement 6202-2RS du système d'entraînement :

En effet, nous avons remarqué que le roulement 6202-2RS du système d'entraînement s'usait rapidement et causait des arrêts fréquents pour être changé. Nous avons alors étudié le système et calculé la durée de vie théorique du roulement (**Annexe 10**) puis nous avons proposé de le remplacer avec un roulement de qualité supérieur 6302-2RS. Le tableau ci-dessous résume la durée de vie de chaque référence de roulement dans les conditions de travail :

	Roulement B	Roulement C
Durée de vie du roulement 6202-2RS	105 Jours	365 Jours
Durée de vie du roulement 6302-2RS	370 Jours	

Tableau 29: Comparaison entre la durée de vie des roulements

Ainsi en utilisant la référence 6302-2RS pour le roulement B et la référence 6202-2RS pour le roulement C, les roulements seront changés annuellement et on économisera par la suite 6 roulements par machine et par an.

5.3.2. Courroie KOMAX

La courroie KOMAX a pour rôle d'entraîner les fils par adhérence avec sa surface extérieur. Nous avons remarqué que cette surface s'use et la courroie est changer alors que sa denture est presque intacte. Pour augmenter la durée de vie, nous avons proposé à l'entreprise d'effectuer un revêtement de la surface extérieur de la courroie dont l'épaisseur permettra d'égaliser l'usure entre la denture et cette même surface. Cette modification n'a pas été traitée faute de temps mais elle reste comme une bonne recommandation à long terme.

6. Estimation des gains générés par le projet :

6.1. Plan de maintenance préventive et rapport d'instruction :

Après avoir mis en place les actions amélioratives, nous avons pu baisser le taux des arrêts de 33%. 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 la zone, nous avons enregistré $H_{Ar} = 225,38$ heures d'arrêts.

6.1.1. Coûts directe de la maintenance :

Dans cette partie nous allons calculer le coût direct de la maintenance C_M 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, deux techniciens s'occupent des machines de la zone de coupe. Donc :

$$C_{M0} = 225,38 \times 24 \times 2 = 10818,24 \text{ Dh}$$

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

$$C_c = 21658,3 \text{ Dh}$$

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

$$C_M = 10818,24 + 21658,3 = 32476,54 \text{ Dh}$$

6.1.2. Coût indirecte 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 / (H_{Ar} x nombre d'opérateurs).

La zone de coupe comporte 11 opérateurs donc on peut chiffrer les pertes à :

$$C = 120,33 \times 11 \times 225,38 = 298334,6 \text{ Dh}$$

Pour les pertes de production, la cadence moyenne d'une machine de coupe KOMAX est de 1500 fils/Heure, et le parc comporte 11 machines, donc le nombre de fils qui devait être produit dans les heures d'arrêts est de :

$$N = 1500 \times 11 \times 225,38 = 3718770 \text{ fils.}$$

La valeur ajoutée des opérations sur la machine KOMAX 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 à :

$$C_P = 0,16 \times 3718770 = 595003,2 \text{ Dh}$$

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

$$C_I = 595003,2 + 298334,6 = 893337,8 \text{ Dh}$$

6.1.3. Gain global

Vu que nous avons baissé le temps des arrêts de 33% les gains générés par les actions implémentées dans le mois d'Avril et Mai s'élèvent à :

$$G = C_I \times 33\% = 294\ 802 \text{ Dh}$$

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité la problématique de l'amélioration de la maintenance en adoptant la démarche PDCA ou roue de Deming. En effet nous avons commencé par une analyse de l'existant afin de jauger les écarts entre la situation actuelle et la situation de fonctionnement parfaite. A partir de cela nous avons pu déterminer les problèmes qui se résumaient dans la gestion de stock et les méthodes de travail. Nous avons commencé le volet : « **Plan** » de l'analyse en proposant les points à améliorer à savoir la gestion de stock, et les plans de maintenance préventive. On a commencé ensuite l'étude AMDEC afin de tirer les pièces les plus critiques qu'on a hiérarchisées. Dans le volet : « **Do** », nous avons proposé une méthode de gestion de stock par point de commande et nous avons proposé aussi un plan de maintenance préventive qui tient en considération l'étude AMDEC. Dans le volet « **Check** » de la démarche PDCA, nous avons contrôlé les actions mises en œuvre au sein de YMM. Elles étaient concluantes et ont permis de sécuriser le stock et baisser les arrêts des machines de coupe de 33%. Dans le dernier volet « **Act** », nous avons proposé quelques améliorations à long terme afin d'améliorer le travail à savoir remplacer le roulement 6202-2RS par la référence 6302-2RS et faire le revêtement extérieur des courroies KOMAX.

Dans ce chapitre nous avons traité l'amélioration de la maintenance préventive de la zone de coupe afin de diminuer les arrêts. Sauf que cette zone peut subir des arrêts dont les causes sont autres que la maintenance, d'où la nécessité d'avoir un plan de secours pour parer à cette éventualité et débloquer la situation. Le prochain chapitre s'attaquera à cette thématique afin de sécuriser complètement la zone de coupe.



CHAPITRE III : Plan de contingence de la zone de coupe P1

Ce chapitre traitera les points suivants :

- ❖ Dans une première partie, nous allons faire une présentation de ce que c'est un plan de contingence ainsi que les flux de matière circulant dans la zone de coupe.
- ❖ 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 de la zone de coupe.
- ❖ Dans la troisième partie, nous allons prendre en considération les scénarios déjà établies afin de dresser notre plan de contingence.

1. Introduction

Dans ce chapitre en premier lieu, nous allons faire une présentation détaillée de du plan de contingence en parlant de ses objectifs ainsi que les flux de matière circulant dans la zone de coupe. 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 de la zone de coupe. 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 établies afin de dresser notre plan de contingence.

2. Présentation de la notion de plan de contingence et flux de la matière dans la zone de coupe

2.1. Présentation de la notion de plan de contingence

Le plan de contingence ou plan de continuité d'activité, décrit la stratégie de continuité adoptée pour faire face, par ordre de priorité, à des risques identifiés selon la gravité de leurs effets et leur plausibilité. Il décline cette stratégie en termes de ressources et de procédures documentées qui vont servir de références pour répondre, rétablir, reprendre et retrouver un niveau de fonctionnement prédéfini, lorsque celui-ci a été interrompu à la suite d'une perturbation importante.

Toute personne en charge d'une action relevant d'un Plan de contingence doit connaître précisément son rôle et ce qu'elle doit faire concrètement en cas de sinistre. Elle doit également comprendre la finalité recherchée, afin d'inscrire son action dans la cohérence globale de l'organisation. Cet impératif est un gage de flexibilité et d'efficacité.

Il est par conséquent recommandé que le plan de contingence comprenne 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.

- **La stratégie de continuité d'activité :** Etablir le plan de secours en tenant compte des scénarios retenues afin de pouvoir débloquer la situation d'arrêt en minimisant les pertes dues à l'interruption de l'activité.
- **Le rôle des différents responsables :** Les procédures de mise en œuvre du plan de contingence et les moyens nécessaires doivent être explicités. En effet, chaque responsable doit savoir ses obligations en cas de sinistre. (Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale 2013)

La figure ci-dessous résume les différentes étapes de l'élaboration d'un plan de contingence ou plan de continuité d'activités :

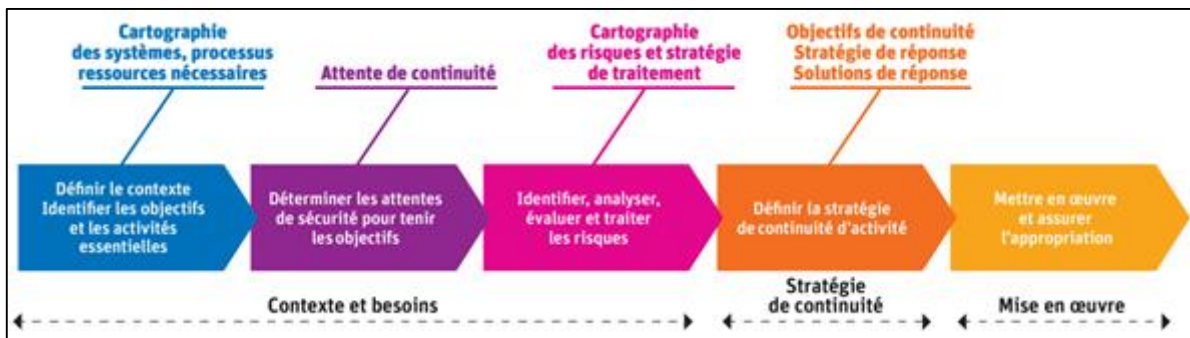


Figure 36: démarche d'élaboration d'un plan de contingence

2.2. Flux de matière circulant dans la zone de coupe

Dans cette partie, nous allons présenter le flux de matière circulant dans les trois zones de production de YMM et nous allons nous intéresser par la suite à la zone de coupe.

La figure ci-dessous montre de manière grossière le flux de la matière entre les différentes zones de production. Elle montre aussi les personnes en interaction avec ce flux :

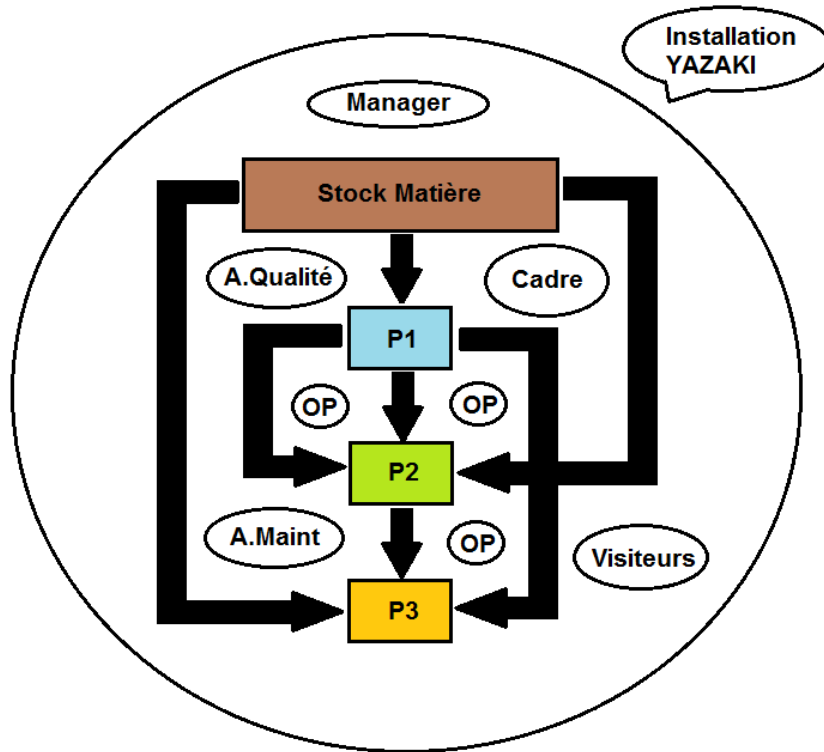


Figure 37: Interaction entre les différentes zones de YMM

La figure ci-dessous montre le flux détaillé de la matière circulant entre les différentes machines de la zone de coupe et de pré-assemblage jusqu'à alimenter la zone d'assemblage.

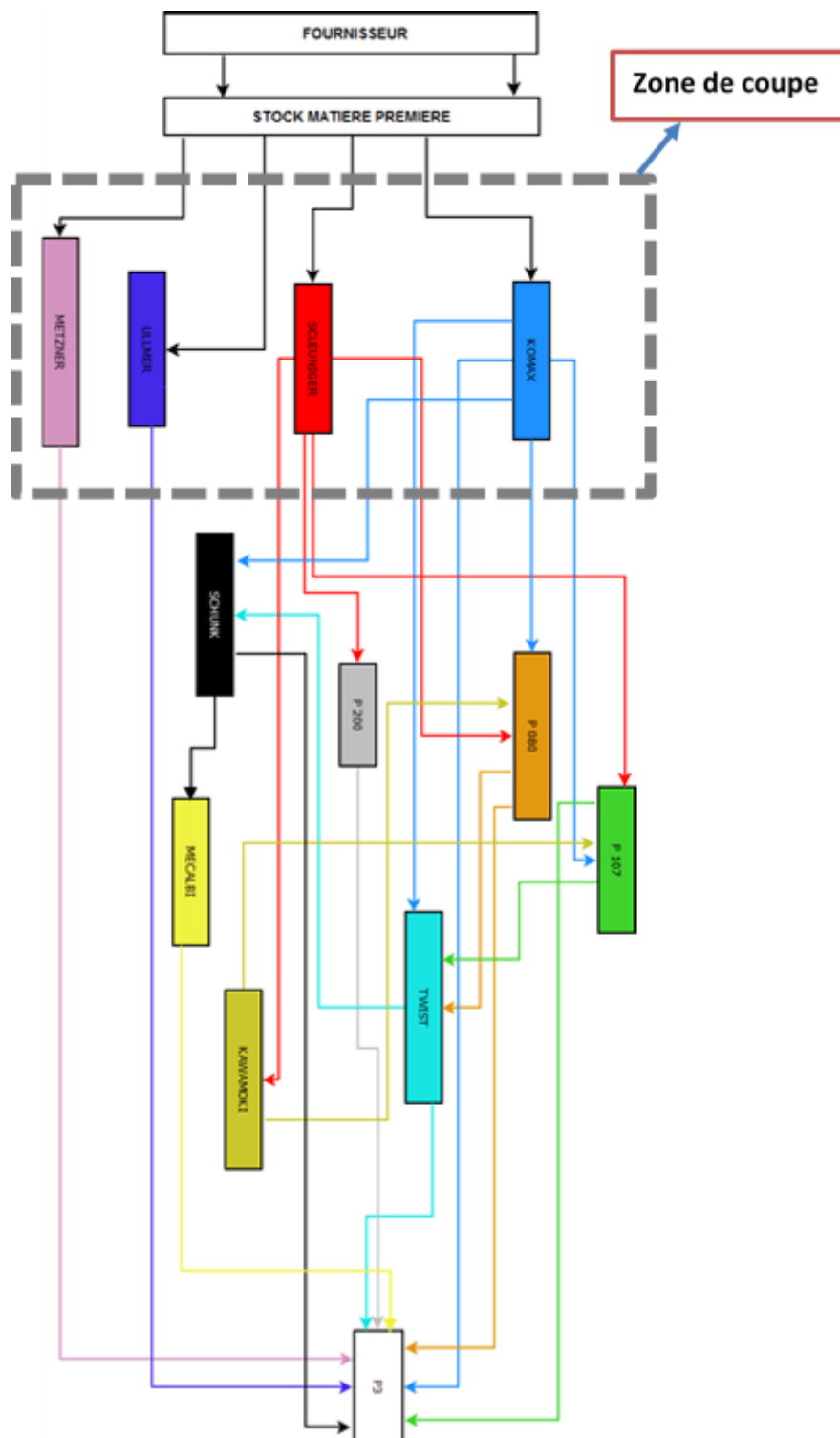


Figure 38: Flux de la matière entre les différentes zones de YMM

Après avoir présenté le plan de contingence et listé le flux de la matière circulant dans la zone de coupe, on va commencer une analyse de risque par la méthode MADS-MOSAR afin de déterminer les scénarios les plus critiques pouvant causer un arrêt de la zone de coupe.

3. Analyse de risque MADS-MOSAR :

3.1. Décomposition du système étudié :

Donc et selon les fonctions nécessaires dans le procédé de production de la zone de coupe, on peut décomposer cette zone en 6 sous-systèmes :

- Sous-système matériel : Comporte les machines de coupes de la zone P1 notamment
 - SS1 : Machine de coupe KOMAX ;
 - SS2 : Machine de coupe SCHLEUNIGER ;
 - SS3 : Machine de coupe ULMER ;
 - SS4 : Machine de coupe METZNER ;
- Sous-système vivant : Comporte le personnel présent sur le site de production
 - SS5 : Vivant ;
- Sous-système environnement : Comporte l'environnement de travail
 - SS6 : Environnement ;

La figure ci-dessous résume cette décomposition de la zone de coupe :

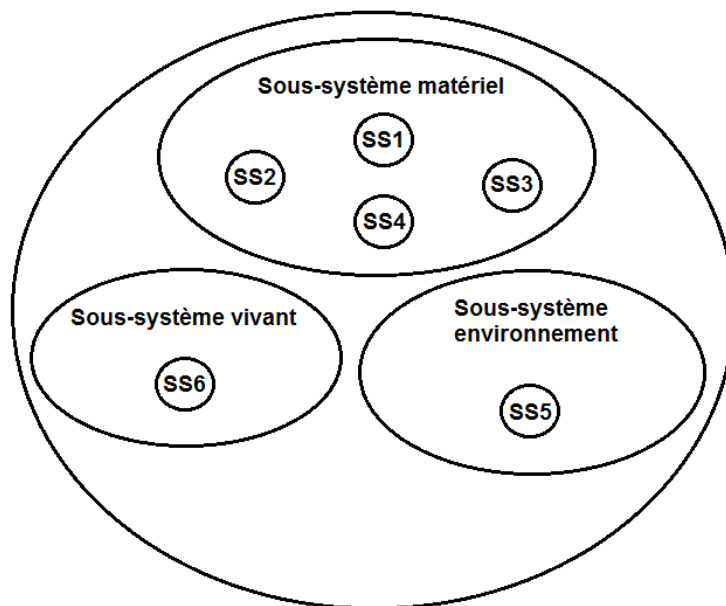


Figure 39: décomposition de la zone de coupe en sous-système

3.2. 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 (Machine de coupe KOMAX)					
Sous-système et ses composants	Source de risque				Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS1 :	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Système de redressement	Corps étranger sur le système	Fin de la durée de vie des roulements	Réglage du redressement incorrect	Fil non tendu	Mauvais redressement
			Blocage		
Système d'entraînement	Corps étranger dans la transmission	Pression de contact inadéquate	Glissement des courroies	Glissement du fil	Patinage
		Courroie usée			
	Surtension	Moteur grillé	Surchauffe du moteur		Blocage / arrêt
Bras pivotants	Corps étranger dans la transmission	Mauvais réglage	Message sur le moniteur	Problème de sertissage	Problème de positionnement
		Courroie usée	Glissement		Fils mal coupés
		Glissière endommagée	Bruit		
	Surtension	Moteur grillé	Surchauffe		
Tête de coupe	Chute de vinyle sur le chemin de la glissière	Lames mal ajustés	Bruit anormal au niveau de la glissière	Fils mal coupés	Usure des lames
		Pas d'étanchéité vis-à-vis du vinyle			Blocage mécanique
Convoyeur	Surtension	Moteur grillé	Surchauffe	Fils non guidés à la sortie	Blocage mécanique
	Coincement du fil dans la transmission				
	Choc	Vibrations		Fils endommagés	Désalignement
Topwin	Problème IT	Problème dans le logiciel	Fonctionnement anormal		Arrêt système
Cartes électroniques	Surtension	Court-circuit interne	Fonctionnement anormal		Carte électronique grillé
		Arrêt du système de refroidissement			
Machine	Matière première	Problème de réglages	CFA	Pincement	Produit non conforme
	Opérateur	Lames usées		Fils mal coupé	

Système et alimentation pneumatique	Arrêt du compresseur	Défaillance du circuit	Fuite		Panne Pneumatique
		Manque d'huile pneumatique			
Machine	Choc violent		Fonctionnement anormal		Défaillance Structurale de la machine
Bouton d'arrêt d'urgence	Défaillance structurelle	Problème d'alimentation	Risque d'accident		Norme de sécurité non appliqué

Tableau 30: Processus du risque pour le SS1

Tableau II : Processus de risque pour le SS2 (Machine de coupe SCHLEUNIGER)					
Sous-système et ses composants	Source de risque				Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS2 :	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Prefeeder		Défaillance du circuit		Fil mal tendu	Mauvais redressement
	Surtension	Usure de la roue motrice	Surchauffe du moteur	Problème d'entraînement	Blocage
	Panne pneumatique		Glissement du guidage de la bobine		
Système de redressement	Corps étranger sur le système	Fin de la durée de vie des roulements	Réglage du redressement incorrect	Fil non tendu	Mauvais redressement
					Blocage
Système d'entraînement	Corps étranger dans la transmission	Tension de la courroie non respectée	Glissement des courroies	Glissement du fil	Patinage
	Surtension	Surchauffe du moteur	Moteur grillé		Blocage / arrêt
Tête de coupe	Surtension	Usure des lames	Lames mal ajustés		Fils mal coupés
Tête de coupe rotative	Corps étranger dans la transmission		Surchauffe du moteur	Moteur grillé	
Convoyeur	Surtension	Surchauffe	Moteur grillé	Fils non guidés à la sortie	Blocage mécanique
	Coincement du fil dans la transmission				
	Choc	Vibrations		Fils endommagés	Désalignement
Cartes électroniques	Surtension	Court-circuit interne	Fonctionnement anormal		Carte électronique grillé
		Arrêt du système de refroidissement			
Système et alimentation pneumatique	Arrêt du compresseur	Défaillance du circuit	Fuite		Panne pneumatique
		Manque d'huile pneumatique			

Bouton d'arrêt d'urgence	Défaillance structurelle	Problème d'alimentation	Risque d'accident		Norme de sécurité non appliqué
--------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------	--	--------------------------------

Tableau 31: Processus du risque pour le SS2

Tableau III : Processus de risque pour le SS3 (machine de coupe ULMER)					
Sous-système et ses composants	Source de risque				Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS3 : ULMER	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Tapis d'entraînement du produit	Chute du produit	Usure des pinions	Bruit		Blocage du tapis roulant
		Fin de la durée de vie des roulements			
Moteur grillé		Surchauffe			
Tapis de sortie du produit		Fin de la durée de vie des tapis	Glissement du tapis	Variation de la longueur	
Tête de coupe	Chute du produit	Blocage mécanique	Bruit	Produit mal coupé	Blocage de la lame
		Usure de la glissière de la lame			
Moteur d'entraînement	Couple résistant important	Blocage mécanique	Bruit		Moteur grillé
		Problème d'alimentation	Echauffement du moteur		
Carte électronique	Surtension	Court-circuit interne	Fonctionnement anormal		Carte électronique grillé
		Arrêt du système de refroidissement			
Machine	Matière première		Blocage	Référence non OK	Produit non conforme
	Problème de communication			Variation de la longueur	
Système et alimentation pneumatique	Arrêt du compresseur	Défaillance du circuit	Fuite		Panne pneumatique
		Manque d'huile pneumatique			
Machine	Choc violent		Fonctionnement anormal		Défaillance structurelle de la machine
Bouton d'arrêt d'urgence	Défaillance structurelle	Problème d'alimentation	Risque d'accident		Norme de sécurité non appliqué

Tableau 32: Processus du risque pour le SS3

Tableau IV : Processus de risque pour le SS4 (Machine de coupe METZNER)					
Sous-système et ses composants	Source de risque				Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS4 :	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Tapis d'entrainements		Usure des pignons et des chaînes	Bruit	Produit mal entraîné	Blocage du tapis roulant
		Fin de la durée de vie des roulements			
		Moteur grillé	Surchauffe		
		Fin de la durée de vie des tapis	Glissement du tapis		
Détecteur laser de crêtes	Poussière	Défaillance structurelle	Fonctionnement anormal		Problème qualité
	Chutes de produit				
Vérin d'avance		Défaillance structurelle	Fonctionnement anormal	Produit mal coupé	Défaillance du vérin
		Fuite d'air			
Lame de coupe	Défaillance du vérin	Lame mal ajustée	Bruit		Usure de la lame
					Blocage
Cartes électroniques	Surtension	Court-circuit interne	Fonctionnement anormal		Carte électronique grillé
		Arrêt du système de refroidissement			
Système et alimentation pneumatique	Arrêt du compresseur	Défaillance du circuit	Fuite		Panne pneumatique
		Manque d'huile pneumatique			
Bouton d'arrêt d'urgence	Défaillance structurelle	Problème d'alimentation	Risque d'accident		Norme de sécurité non appliqué

Tableau 33: Processus du risque pour le SS4

Tableau V : Processus de risque pour le SS5 (Sous-système vivant)					
Sous-système et ses composants	Source de risque				Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
SS5 :	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
Agents de production	Mauvaise communication	Mauvaise planification	Mauvaise décision		Aggravement des conséquences
Operateurs	Manque de concentration		Paramétrage incorrect		Arrêt de la production
	Manque de formation		Câble avec défauts		
	Absence		Arrêt		

Manager et cadres	Mauvaise concertation		Flottement dans la prise de décision		Aggravement des conséquences
Agents de maintenance	Personnel mal formé	Mauvais formateur	Mauvais diagnostique des pannes	Temps des arrêts important	Arrêts maintenance
Agent de qualité	Personnel mal formé	Mauvais formateur		Manque d'efficacité	Problème qualité
Formateur		Mauvaise maîtrise du processus de formation	Manque d'efficacité		Personnel mal formé
Sous- traitant	Mauvaise information	Confusion	Retard de livraison		Arrêt de production
	Non-respect de la commande	Délai séré	Commande erronée		
Fournisseur	Mauvaise qualité	Mauvaise planification	Problème qualité		Arrêt de production
	Rupture du stock		Manque de matière première		
Stagiaire	Manque d'expérience	Absence de parrain		Manque d'efficacité de l'équipe	Mauvaise décision
Visiteur	Mauvais control des visiteurs	Malveillance		Terrorisme	Insécurité

Tableau 34: Processus du risque pour le SS5

Tableau VI : Processus de risque pour le SS6 (Sous-système environnement)					
Sous-système et ses composants	Source de risque				Evènements Principaux
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		
	Externe	Interne	Lié au contenant	Lié au contenu	
L'usine	Négligence	Court-circuit		Mégot	Incendie
	Malveillance	Négligence			
	Maladresse	Maladresse			
Matière première	Rupture dans le marcher	Stock mal géré	Baisse anormale du niveau de stock	Augmentation de la production	Rupture de stock
	Problème de communication	Demande anormale			
Pièces de rechange	Rupture dans le marcher	Stock mal géré	Consommation anormale	Augmentation du parc machine	Rupture de stock
	Problème de communication	Demande anormale			
Installation électrique	Problème ONE	Surcharge du réseau	Message d'information de l'ONE	Disjoncteur déclenché	Coupure d'électricité
		Différentiel inadéquat			
Installation pneumatique	Moteur grillé	Filtre colmaté	Surtension	Baisse de pression	Panne pneumatique

Installation réseau	Problème Maroc Telecom	Nombre important d'équipements en réseau	Message d'information de Maroc Telecom	Baisse de la qualité du réseau	Panne de réseau
---------------------	------------------------	--	--	--------------------------------	-----------------

Tableau 35: Processus du risque pour le SS6

3.3. Identification des scénarios de risque

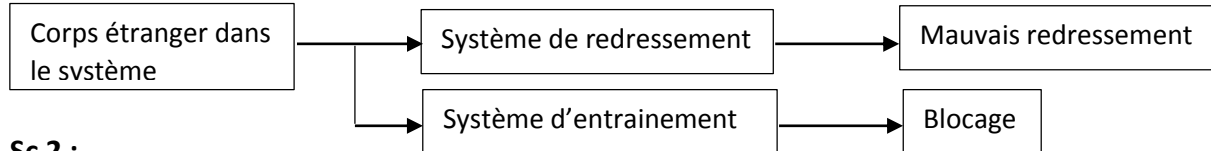
Dans cette partie, nous allons considérer les sous-systèmes étudiés comme des boîtes noires avec comme entrées les événements initiateurs et comme sortie les événements principaux. Cette opération n'est qu'une autre manière de représenter les tableaux mais permet de combiner les événements entre eux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

Les représentations **Annexe 11** représentent les boîtes noires de chaque sous-système avec toutes les liaisons possibles entre ses entrées et ses sorties.

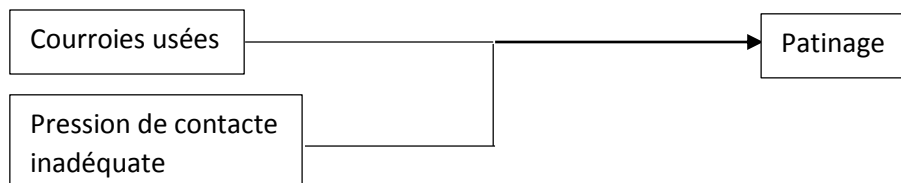
3.4. Scénarios

Après avoir modélisé les sous-systèmes en boîte noire 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.

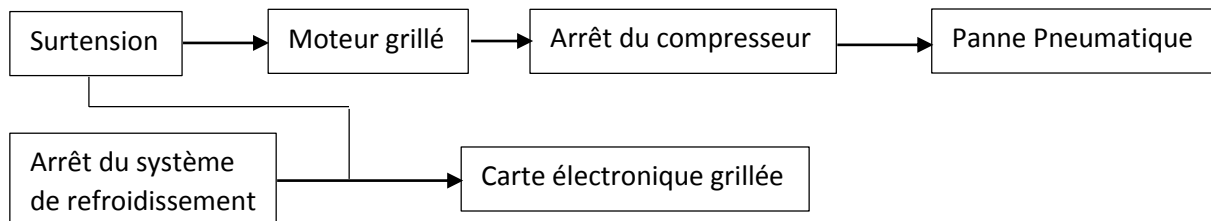
Sc 1 :



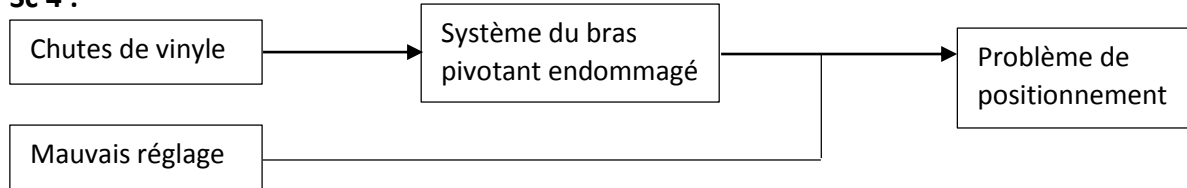
Sc 2 :



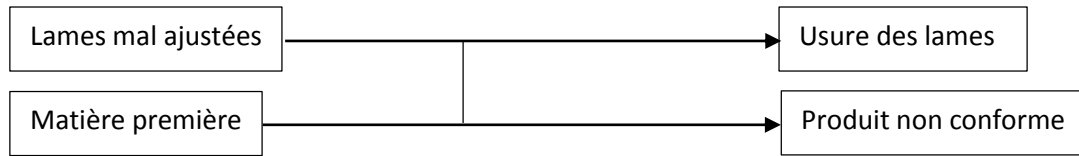
Sc 3 :



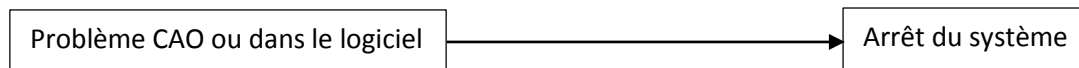
Sc 4 :



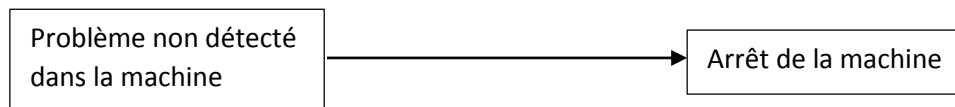
Sc 5 :



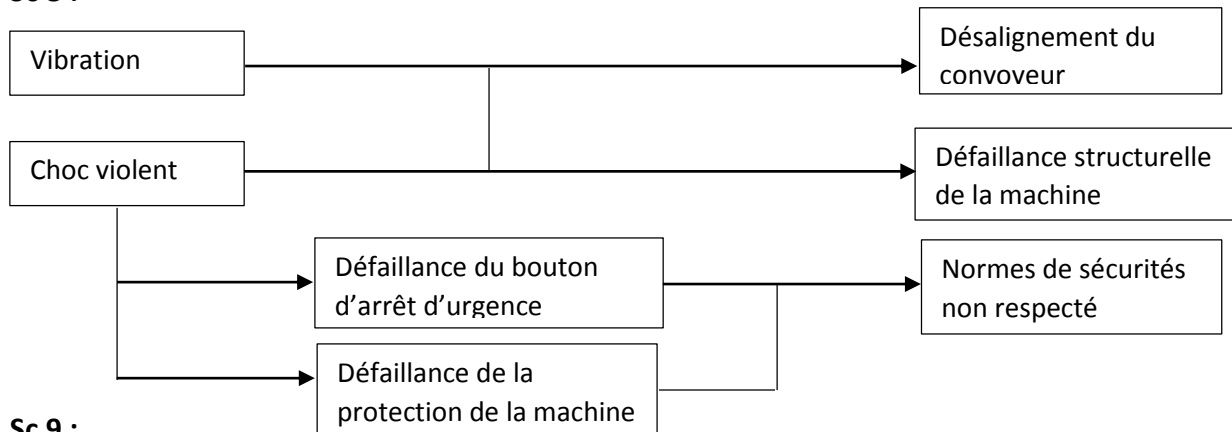
Sc 6 :



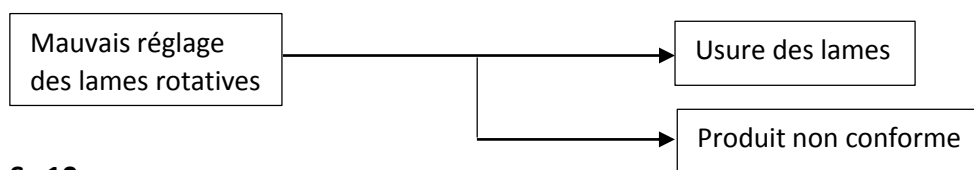
Sc 7 :



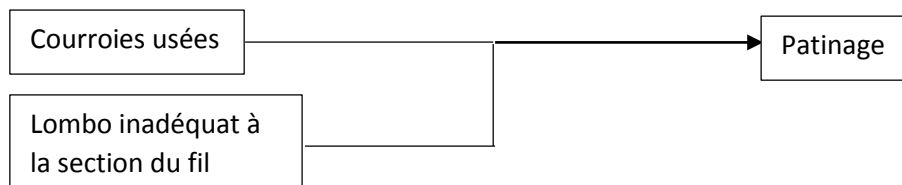
Sc 8 :



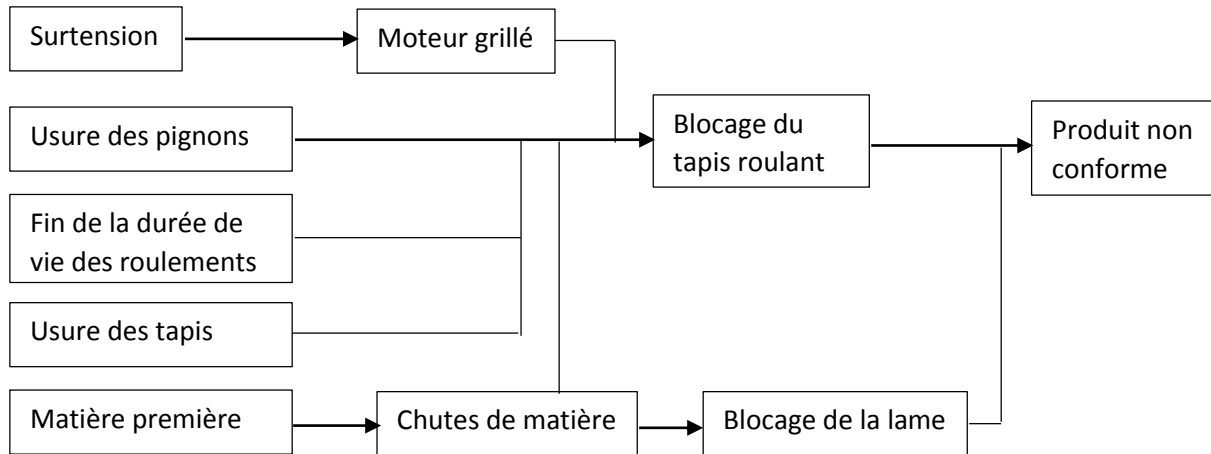
Sc 9 :



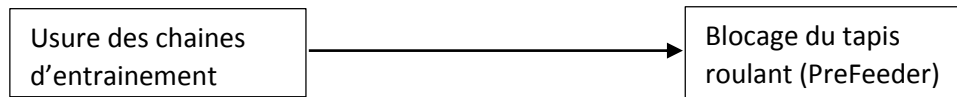
Sc 10 :



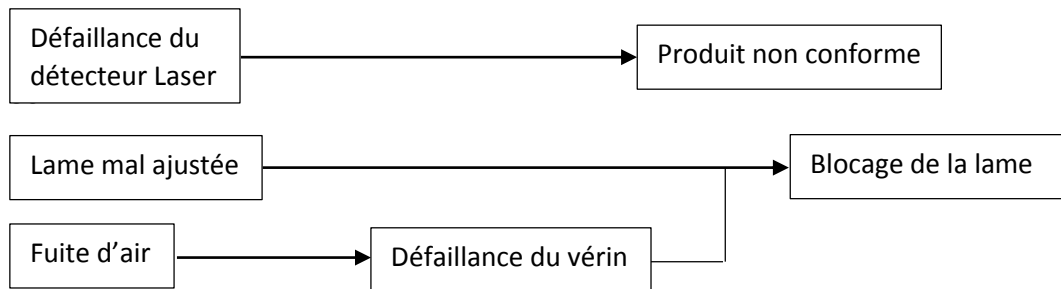
Sc 11 :



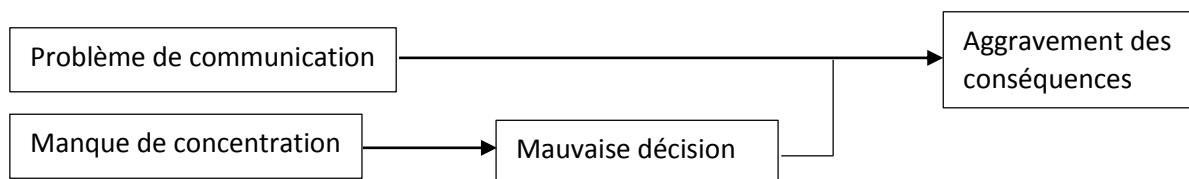
Sc 12 :



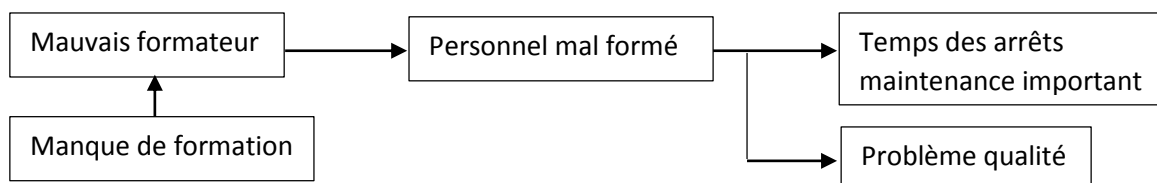
Sc 13 :

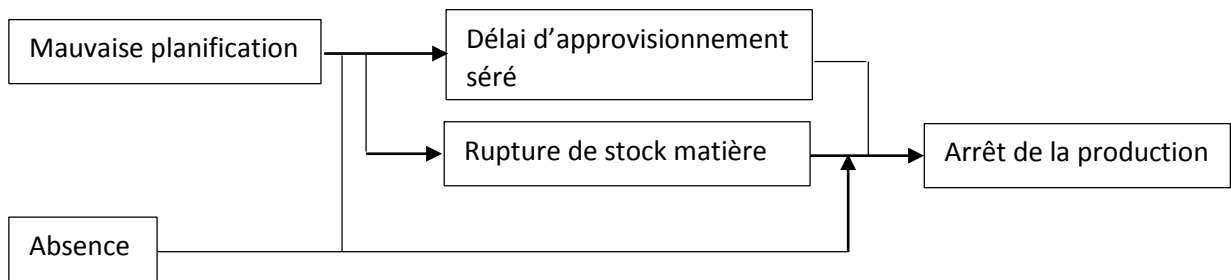
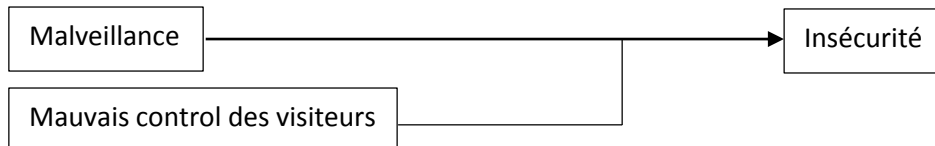
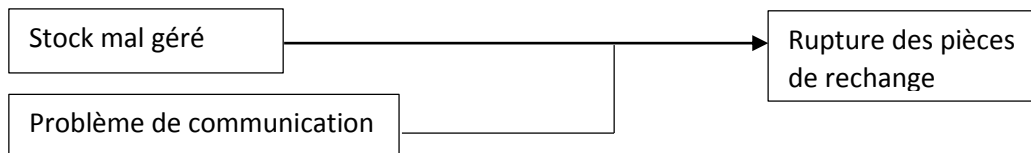
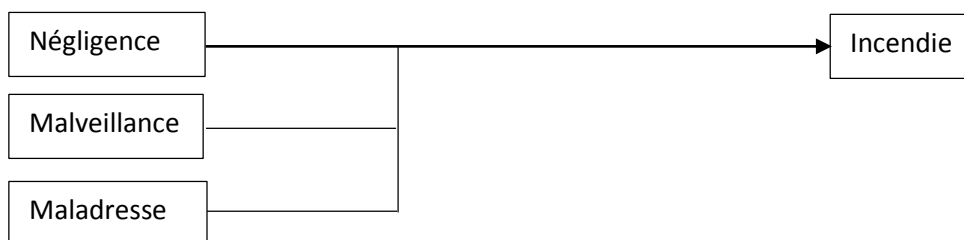
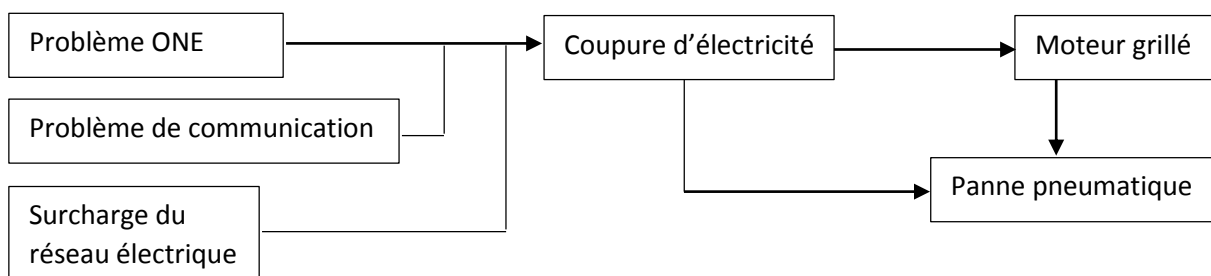
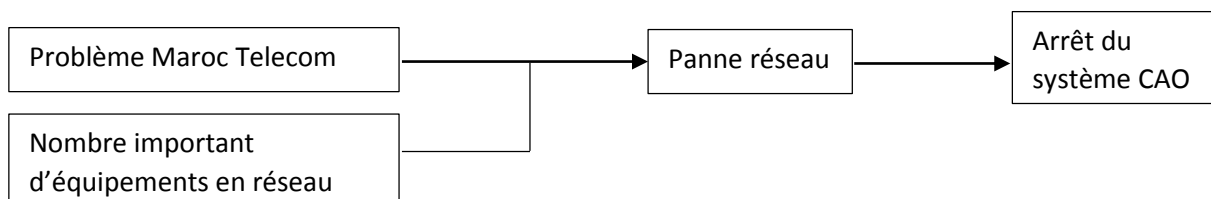


Sc 15 :

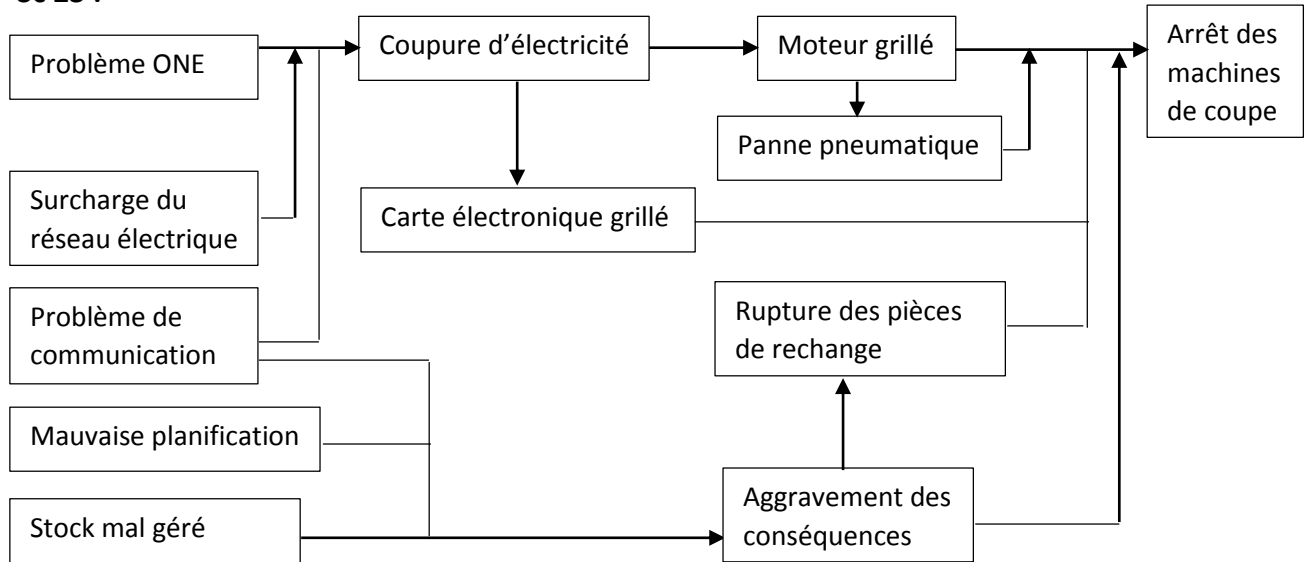
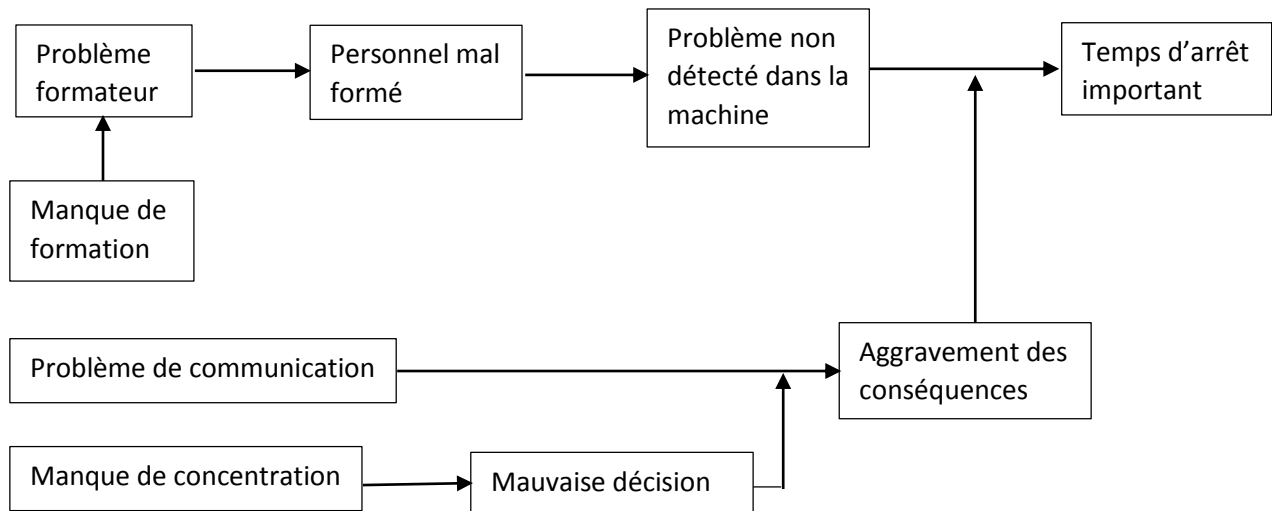


Sc 16 :



Sc 17 :**Sc 18 :****Sc 19 :****Sc 20 :****Sc 21 :****Sc 22 :**

Maintenant que nous avons déterminé quelques scénarios courts qui peuvent engendrer des arrêts, nous allons envisager des scénarios longs. Si on met toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements ou aussi scénarios principaux.

Sc 23 :**Sc 24 :**

3.5. Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios

3.5.1. 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 choisie 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 de la zone de coupe. Enfin, nous allons

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

Avec l'équipe de travail, nous avons élaboré l'échelle de cotation représentée dans les tableaux ci-dessous (tableau 36, tableau 37) 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. Il n'a jamais été observé dans l'entreprise ou les installations similaires

Tableau 36: Définition de l'échelle de la probabilité

Note	Niveau	Définition de la gravité
4	Catastrophique	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> ➤ 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	Majeur	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Un arrêt de l'activité sur un délai inférieur à la capacité du stock de sécurité ➤ La vente de câble se poursuit ➤ Baisse de la qualité du service
2	Modéré	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Arrêt de la production ➤ Des frais de remise en état
1	Mineur	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Une perturbation de la production sans conséquence notable

Tableau 37: 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 :

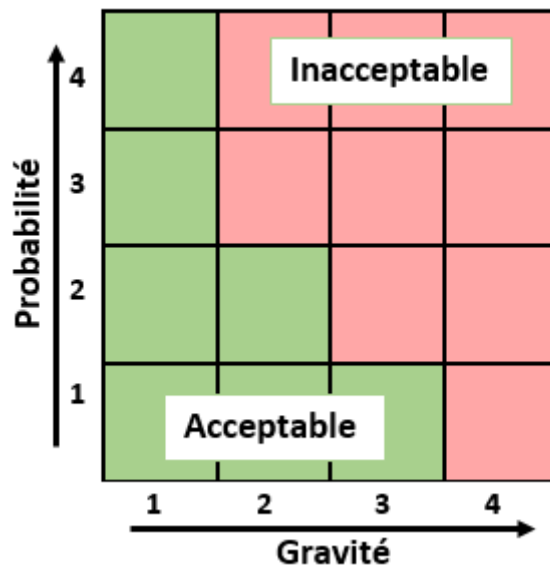


Figure 40: Seuil d'acceptabilité des scénarios

3.5.2. Hiérarchisation des scénarios de risque

Nous allons maintenant situer les scénarios déjà préétablies dans la grille G x P et les hiérarchiser. Le tableau **Annexe 12** représente la probabilité et la gravité de chaque scénario, 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 :

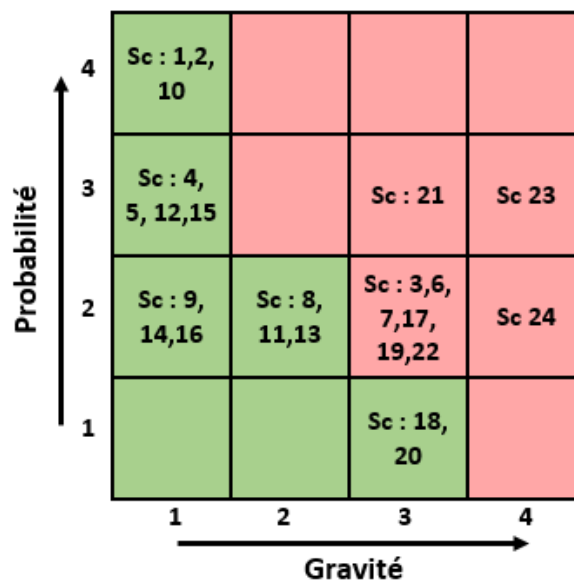


Figure 41: Résultats de la hiérarchisation des scénarios

D'après cette analyse les scénarios à traiter sont : 3, 6, 7, 17, 19, 21, 22, 23, 24. Et d'après ces scénarios, les évènements qui présentent un grand risque pour la continuité d'activité de la zone de coupe sont :

- Les pannes de courant
- Les pannes pneumatiques
- Les pannes de réseau
- Les arrêts dus à un manque de pièce de rechange
- Les arrêts dus à une mauvaise formation

4. Plan de contingence de la zone de coupe :

Pour débloquer la situation dans la zone de coupe si un des risques déjà cité se concrétise, nous avons élaboré un plan qui a pour but de montrer et d'expliquer les tâches que doivent effectuer chaque responsable dans la zone et ces responsables sont :

- Les agents de maintenance,
- Les agents de production,
- Les agents de qualité,
- Les agents d'IT,
- Les formateurs

Nous allons déterminer pour chaque panne ou arrêt, les actions que doit effectuer chacun de ces agent :

4.1. Panne de courant

4.1.1. Agent maintenance :

La figure suivante représente les tâches de l'agent de maintenance dans le cas d'une panne électrique.

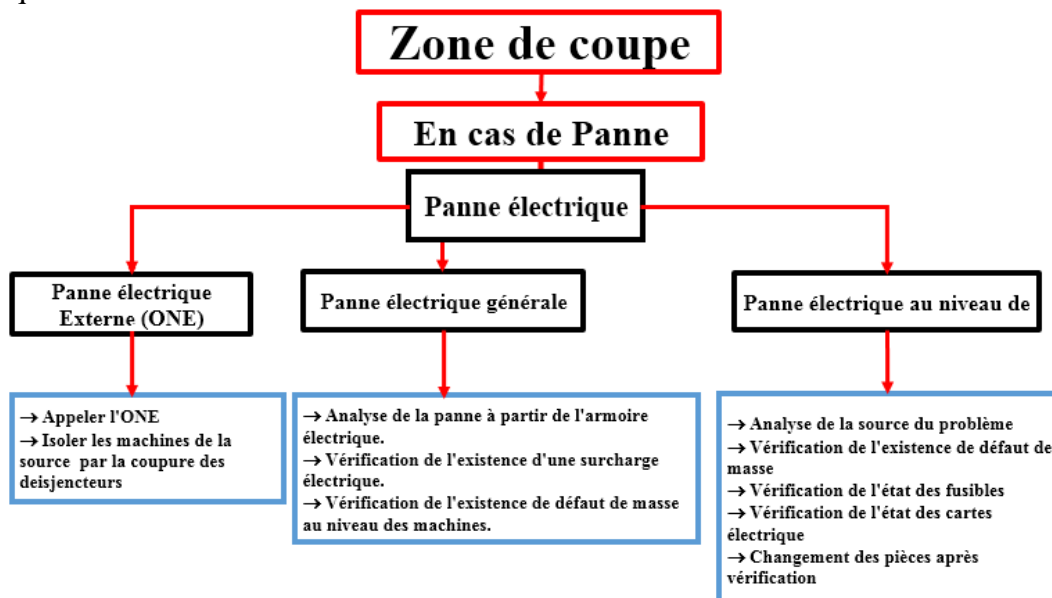


Figure 42: Tâches de l'agent de maintenance dans le cas d'une panne électrique

4.1.2. Agent IT

La figure suivante représente les tâches de l'agent d'IT dans le cas d'une panne électrique.

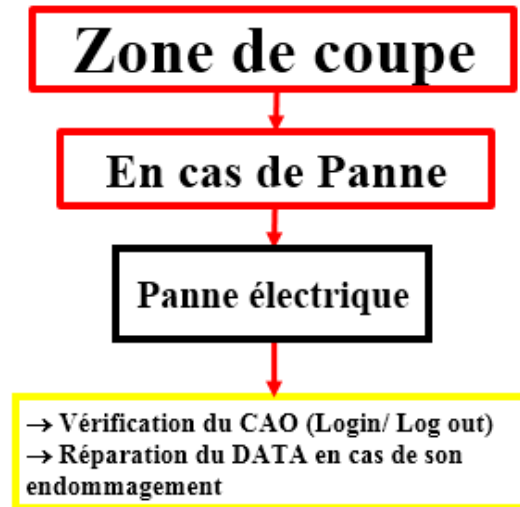


Figure 43: Tâches de l'agent IT dans le cas d'une panne électrique

4.2. Panne pneumatique

4.2.1. Agent maintenance

La figure suivante représente les tâches de l'agent de maintenance dans le cas d'une panne pneumatique.

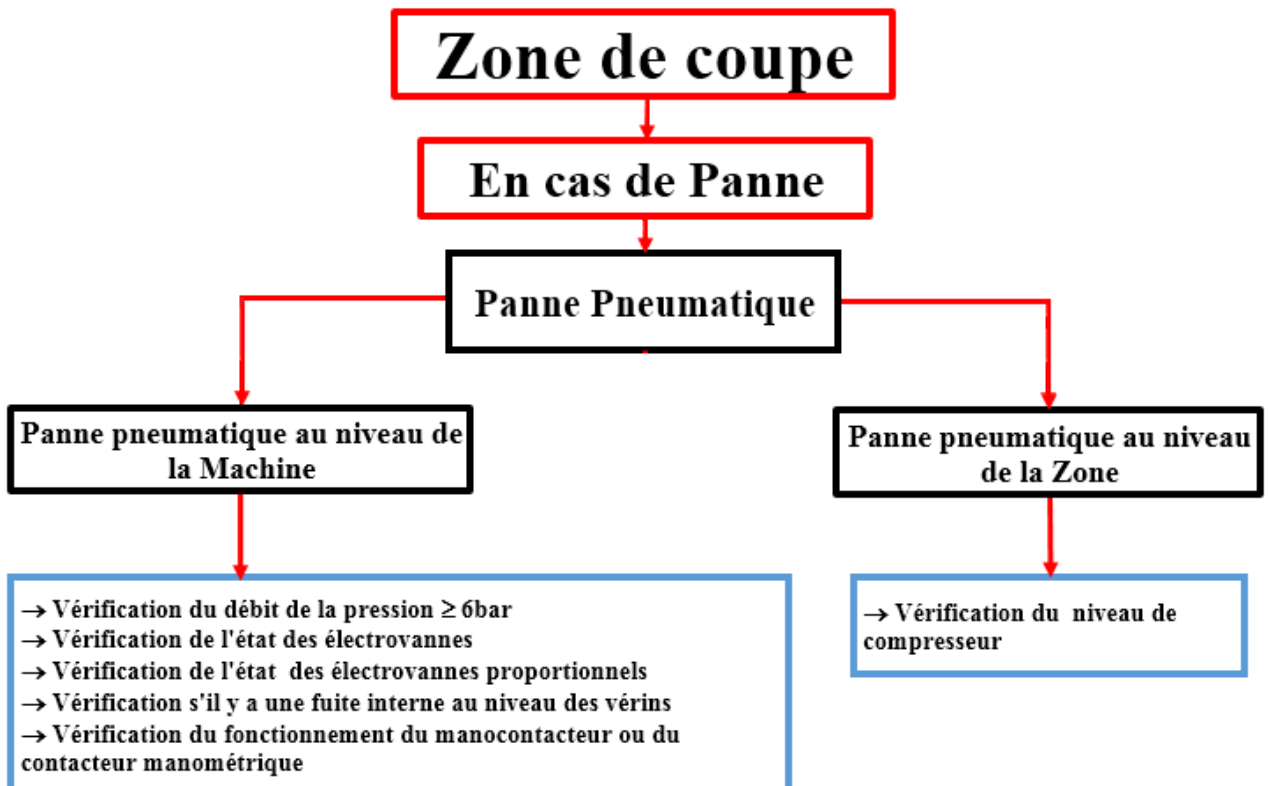


Figure 44: Tâches de l'agent maintenance dans le cas d'une panne pneumatique

4.3. Arrêt dû à un manque de pièces de rechanges

4.3.1. Agent maintenance

La figure suivante représente les tâches de l'agent de maintenance dans le cas d'un arrêt dû à un manque de pièces de rechange :

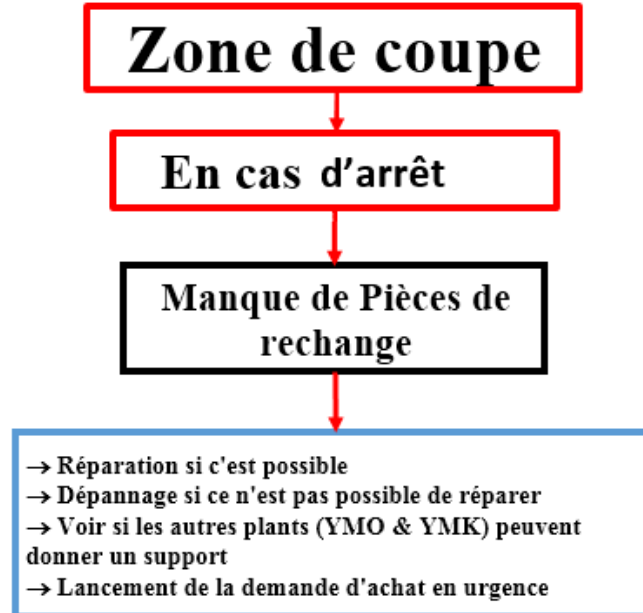


Figure 45: Tâches de l'agent maintenance en cas d'arrêt dû à un manque de pièces de rechanges

4.4. Panne de réseau

4.4.1. Agent IT

La figure suivante représente les tâches de l'agent IT dans le cas d'une panne de réseau :

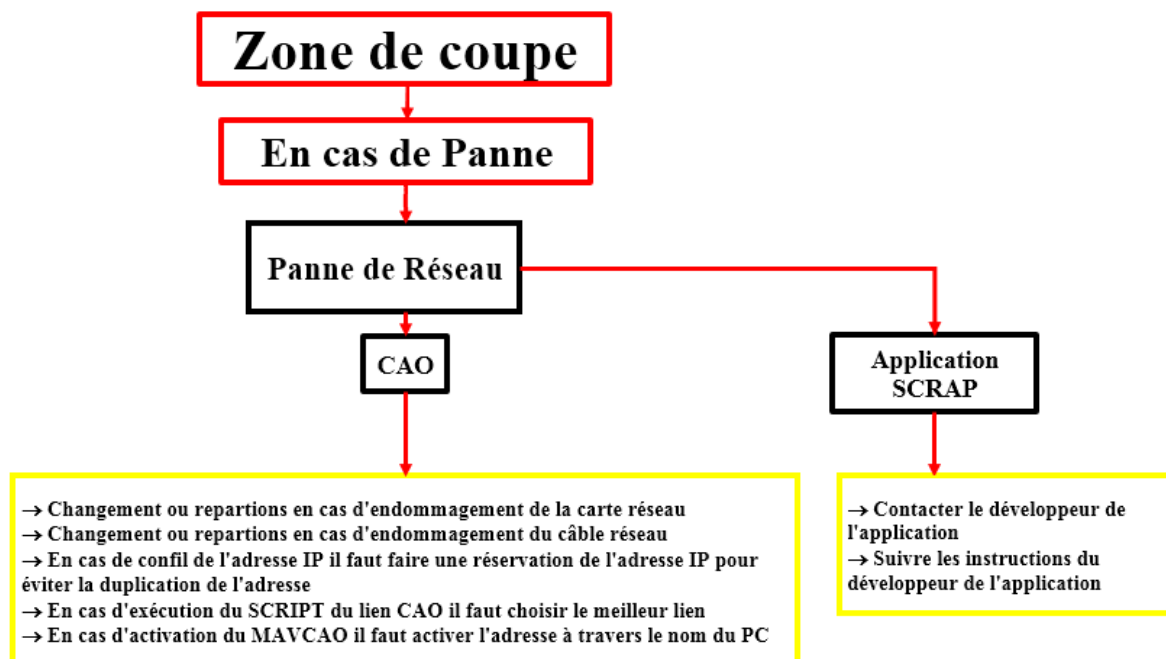


Figure 46: Tâches de l'agent IT dans le cas d'une panne de réseau

4.5. Nombre important d'arrêts dus à une mauvaise formation

4.5.1. Formateur

La figure suivante représente les tâches du formateur dans le cas d'un nombre important d'arrêts dus à un manque de formation :



Figure 47: Tâches du formateur en cas d'un grand nombre d'arrêts dus au manque de formation

4.6. Arrêt quelconque

4.6.1. Agent de production

La figure suivante représente les tâches de l'agent de production dans le cas de n'importe quelle panne :

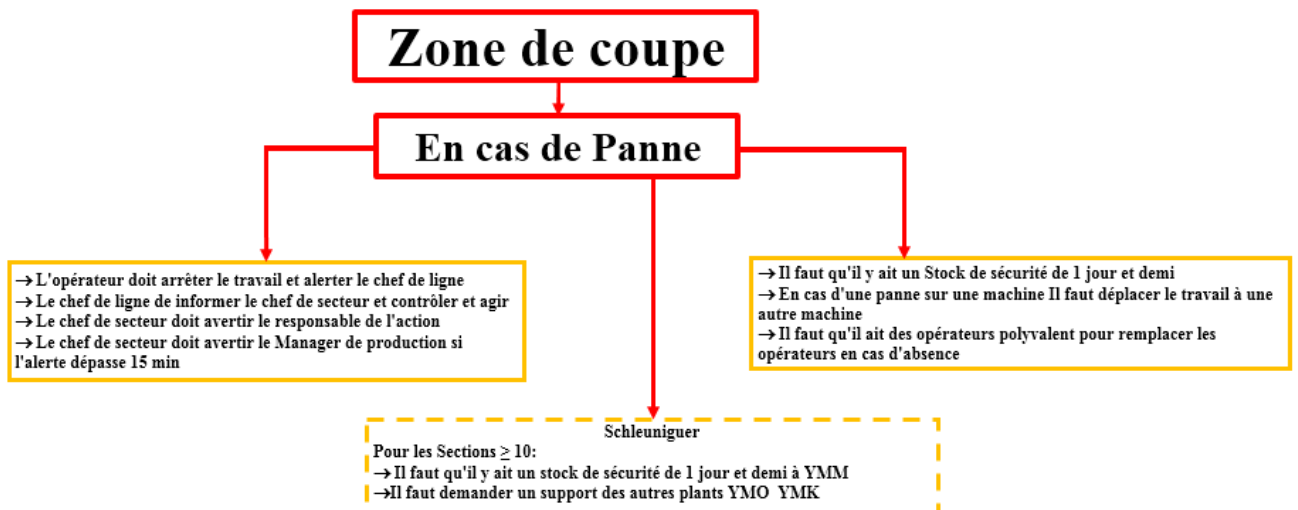


Figure 48: Tâches de l'agent de production dans le cas d'une panne quelconque

4.6.2. Les tâches de l'agent de qualité

La figure suivante représente les tâches de l'agent de qualité dans le cas d'une panne quelconque :

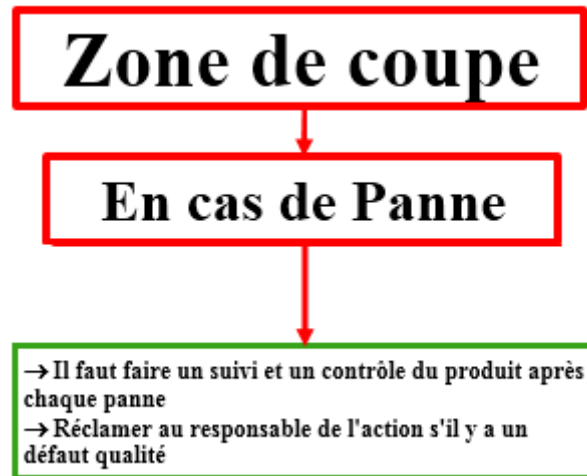


Figure 49: Tâches de l'agent qualité dans le cas d'une panne quelconque

4.7. Le plan de contingence global

Après avoir déterminé pour chaque panne ou arrêt, les actions que doit effectuer chacun de ces agents nous avons construit un plan qui a pour but de montrer et d'expliquer les tâches que doivent effectuer chaque responsable dans la zone. (**Annexe 13**)

5. Conclusion

Dans ce chapitre, on s'est attaqué au plan de contingence de la zone de coupe. En effet, après avoir implémenté nos améliorations afin de diminuer les arrêts maintenance, ce volet traite les arrêts dus à d'autres causes.

Nous avons commencé tout d'abord par déterminer le flux de la matière circulant dans la zone de coupe, ensuite 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 la tâche de chaque responsable en cas des différents sinistres déjà établie.

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

Conclusion générale

La maintenance dans la zone de coupe a démontré, à travers ce projet de fin d'étude, qu'elle représente un des leviers importants pour maîtriser la productivité d'une manière significative. La démarche, représentée dans rapport, rationnelle et structurée exige, de la part des responsables de maintenance, une vision globale et systématique pour inclure tous les facteurs contribuant à une implantation de succès d'un programme de maintenance optimisé.

Nous rappelons que ce projet industriel de fin d'étude a consisté en amélioration de la maintenance et du fonctionnement du parc machine de la zone qui se charge du découpage et du sertissage automatique des fils.

Dans l'objectif d'améliorer les performances des différents équipements de la zone ainsi que mettre en place un plan de maintenance optimal et efficace nous avons procédé selon une démarche qui se résume en 3 étapes essentielles :

La première étape consiste en amélioration de la maintenance du parc machines de la zone de coupe, à l'aide de la démarche d'amélioration PDCA « Plan-Do-Check-Act » dont nous avons effectué en premier lieu 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 et l'amélioration de la méthode de travail.

Dans la deuxième étape, nous avons adapté une planification et une mise en œuvre des actions correctives sur la zone de coupe sur laquelle 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 machines de la zone. Ensuite nous avons implémenté des actions sur le terrain où nous avons élaboré une politique pour gérer et sécuriser le stock des pièces critiques à l'aide de la méthode de point de commande et la méthode de reapprovisionnement et nous avons fait une amélioration de la méthode de travail sur laquelle nous avons implanté un nouveau plan de maintenance préventive des machines KOMAX. Après avoir détaillé le plan de maintenance global des machines de coupe KOMAX, nous avons rassemblé toutes les recommandations de lubrification et de réglages des différentes parties de la machine dans un rapport d'instruction.

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 machines de coupe KOMAX d'environ 33% en moyenne et le gain en budget globale sera de l'ordre de 294 802 Dh.

La troisième étape vise à élaborer un plan de contingence pour la zone de coupe 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 effectuer chaque responsable dans la zone.

Comme perspective, toujours dans le même contexte de notre projet, nous proposons d'aborder les problèmes de Réparation des équipements défaillants, ceci inclut les appareils de découpe du terminal et les andons lights, ensuite lors de la mise en place des plans nouveaux plans préventives, il faut les évaluer systématiquement et ceci en se basant sur le retour d'expérience. Et à la fin nous avons proposé d'utiliser les logiciels de GMAO afin de mieux gérer la maintenance et ses alliés.

Bibliographie

Ouvrage :

Documentation YAZAKI.

Eric METAIS, DEVINCI – *Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité*, Nantes, 2004.

Mémoire de Magister M. KHALIDI Mustapha – *Diagnostic et surveillance du procédé industriel lié au GNL-étude de cas GLIZ* – Ecole doctorale Gestion des Risques industriels et environnement- université d’Oran, 2010/2011

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

Yves LAVINA. *Audit de la maintenance*, Edition d’organisation, Paris, 1992.

Webographie:

BP MEI – méthode de maintenance :

http://lpmei.com/cd_bac_mei/eleve/cours/gestion%20de%20maintenance/Livret%20Bac%20Pro%20MEI%20S5.pdf

Logistique Conseil - *Recherche, Information, Etude & conseil* :

<http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Methodes-optimisation/Pdca-roue-deming.htm>

Wikipédia - *Roue de Deming* : http://fr.wikipedia.org/wiki/Roue_de_Deming