



**Université Sidi Mohamed
Ben Abdellah**

**Faculté des Sciences et
Techniques de Fès**

**Département Génie
Electrique**

Amélioration des performances d'une machine de coupe et sertissage

Préparé par :

Mlle ElHaqqy Meryem

Encadré par :

M. Lamhamdi Tijani

Projet fin d'étude

2014/2015

REMERCIEMENTS

Louange à DIEU TOUT PUISSANT de nous avoir accordé la force d'accomplir cet humble travail.

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements, à ceux qui nous ont beaucoup appris au cours de ce stage, et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.

Nos remerciements s'adressent également et particulièrement à M. Lamhamdi notamment pour son encadrement, ses conseils prodigués, son soutien et sa disponibilité tout au long du déroulement de notre stage, qu'il trouve ici le témoignage de notre admiration la plus profonde et de notre estime le plus grand, ainsi que tous les autres responsables de département qui ont contribué de près ou de loin au bon acheminement de cette formation.

Nous tenons à remercier vivement et à exprimer notre gratitude la plus sincère à M. Elouizi pour son encadrement, ses efforts inestimables consentis à notre profit, pour nous assurer une formation de qualité, susceptible de qualifier à l'entrée au marché de l'emploi, ainsi que tous le personnel de la société LEONI Wiring Systems Bouskoura qui ont tissé une amitié sincère nous somme reconnaissant pour le temps qu'ils nous ont consacré tout au long de l'expérience enrichissante qu'ils nous ont permis, sachant répondre à nos questions.

Enfin que tous ce qui a contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, trouvent ici, l'expression de notre sympathie la plus cordiale.

DÉDICACE

A nos chers parents, que dieu les préserve, leurs assure longue vie, prospérité et santé, en témoignage de nos cœurs, notre affection et notre gratitude, pour les sacrifices qu'ils n'ont cessé de consentir à notre profit depuis notre naissance.

A M. N.Elouizi et tout le personnel de la Leoni Wiring Systems.

A M. T.Lamhamdi notre encadrant, nos professeurs, enseignants, formateurs et tout le personnel de la Faculté de Science et Technique de Fès.

On dédie ce modeste travail

SOMMAIRE

- INTRODUCTION.....	4
- Liste des figures.....	5
- Liste des TABLEAUX.....	6
- Liste des abréviations / Glossaire.....	7
- Bibliographie/Webographie.....	8
I. Présentation de l'organisme d'accueil	9
1. <i>Introductio</i>	10
2. <i>Missions de LEONI Bouskoura</i>	11
3. Organigramme de LEONI.....	12
II. Description des activités de Leoni.....	14
<u>Partie 1 : Description des services</u>	15
1. <i>LES DIVISIONS DE LEONI-BOUSKOURA</i>	15
2. PROCESSUS DE FABRICATION :.....	15
<u>Partie 2 : Cadre général du projet</u>	17
1. Activité de la machine Gamma 333.....	17
2. Identification du besoin.....	25
III. Analyse de l'existant et recherche des causes racines.....	27
<u>Partie 1 : Démarche qualité de projet</u>	28
1. Démarche qualité LEONI Bouskoura.....	28
2. Outil qualité.....	30
<u>Partie 2 : Analyse de l'existant</u>	34
1. Mesure de la situation actuelle.....	34
2. Etude diagnostique du problème.....	36
IV. Présentation des solutions.....	45
<u>Partie 1 : Plans d'actions</u>	46
1. Amélioration OEE.....	46
2. Réduction des rebuts.....	50
<u>Partie 2 : Les résultats obtenus</u>	52
1. OEE.....	52
2. Rebuts.....	54
V. Conclusion.....	56

LISTE DES FIGURES

Figure1	Les familles des faisceaux électriques fabriquées au sein de LEONI	Page10
Figure2	Organigramme de LEONI	Page11
Figure3	La Gamma 333 PC	Page16
Figure4	Aperçue de la machine Gamma 333 PC	Page17
Figure5	Interface TopWin	Page18
Figure6	Caractéristique typique d'une CTN	Page18
Figure7	Emplacement bobine	Page19
Figure8	Forme d'une grappe	Page19
Figure9	Produit à la sortie de la machine	Page17
Figure10	La machine globale Gamma 333 PC et epsilon	Page22
Figure11	Schéma synoptique des Komax	Page23
Figure12	The QRQC concept	Page27
Figure13	Principe PDCA	Page28
Figure14	Diagramme d'Ishikawa	Page29
Figure15	Méthode des 5 pourquoi	Page30
Figure16	OEE losses	Page31
Figure17	Suivie mensuel du taux d'adhérence	Page32
Figure18	Suivie mensuel de rebuts	Page33
Figure19	Nombres de commandes urgentes	Page34
Figure20	Diagramme d'Ishikawa rebuts	Page35
Figure21	Gemba de collecte rebuts	Page35
Figure22	Why why analysis des rebuts	Page36
Figure23	Why why analysis de performance	Page37
Figure24	Fiche OEE	Page39
Figure25	Diagramme de Pareto	Page41
Figure26	Schéma synoptique d'une machine de coupe	Page44
Figure27	Schéma synoptique d'une machine de coupe	Page45
Figure28	Paramètre interne de performance	Page46
Figure29	Graphe de données OEE	Page52
Figure30	Graphe de données performance et disponibilité	Page52
Figure31	Graphe de données rebuts	Page53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1	Liste des activités pour PSA et SI	Page12
Tableau 2	Fonctions de la machine Gamma 333 PC	Page17
Tableau 3	<i>Equipe de travail</i>	Page25
Tableau 4	<i>Le PDCA adapté</i>	Page39
Tableau 5	<i>Suivi des arrêts</i>	Page40
Tableau 6	<i>Standardisation des paramètres de performance</i>	Page48
Tableau 7	<i>Tableau de données OEE</i>	Page51
Tableau 8	<i>Tableau de données rebuts</i>	Page53

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- **LWSB:** LEONI Wiring System Bouskoura
- **PSA:** Peugeot Société Anonyme.
- **SI :** supplier international
- **OEE:** Overall Equipment Effectiveness
- **PEE :** Process Production Engineering.
- **LTPM :** Leoni Total Production Management.
- **OAM :** Operation Area Morocco.
- **TRS :** Taux de Rendement Synthétique
- **SMED:**Single Minute Exchange of Die
- **NCR :** Network Cutting Room
- **CMJ :** Consommation Moyenne Journalière
- **MP:** Matière Première
- **WIP:** *Work in Process*
- **PCR:** Plant cost rate
- **OF:** ordre de fabrication

GLOSSAIRE

- **Agrafe** : c'est un élément de bridage qui sert pour fixer le câblage sur le véhicule et référencer le positionnement dans le véhicule.
- **ALPHA** : machine qui assure la coupe des fils petites sections, leur dénudage, leur sertissage, ainsi que le montage des joints.
- **Boitage** : la mise en place des fils dans des boitiers pour protéger les connexions et assurer le verrouillage. Les boitiers ou connecteurs assurent la liaison entre les fils et appareils et l'interconnexion entre les différents câblages.
- **Boitier** : équipement électrique du véhicule automobile.
- **Carousel** : c'est un ensemble de planches identiques qui se déplace en rotation périodique à une vitesse réglable selon la cadence voulue; et chaque planche représente une phase de montage.
- **Défalquer** : déduire, retrancher les quantités rebutées des entrées c.-à-d. des quantités des matières premières.
- **Encliquetage** : insertion de la connexion dans les voies du boitier.
- **Enclume** : pièce de fer aciérée sur laquelle on sertie à froid les cosses.
- **Enrubannage** : opération qui consiste à habiller les fils par des rubans afin de les protéger mécaniquement et/ou thermiquement et/ou acoustiquement et/ou esthétiquement.
- **LAD** : ligne d'assemblage dynamique. C'est un ensemble de planches organisées en chaîne de production, chaque planche représente une étape dans le montage d'un faisceau.
- **PDEK** : Carte d'enregistrement des données de processus sert à documenter le processus et le contrôle du processus.
- **Team speaker** : superviseur des opérateurs.
- **GEMBA**: Un GEMBA Walk est un tour d'usine ou d'atelier durant lequel le responsable se rend sur le terrain. (It refers to the act of making observation of the process in action)

INTRODUCTION

Les enseignements supérieurs ont pour but d'orienter les étudiants non seulement à la recherche scientifique mais à la vie professionnelle, raison pour laquelle, il est prévu un stage à la fin des études.

Notre choix a été porté à la société multinationale Leoni Wiring Systems, plus précisément le département de maintenance.

Plus largement, ce stage a été l'opportunité pour nous d'appréhender au sein du service maintenance différents aspects de ce domaine, que ce soit l'amélioration du processus industriel, ou le dépannage des équipements matériels.

Certes il s'agit d'un stage projet fin d'études on a cherché à appliquer des plans d'actions sur une machine afin d'améliorer ses performances et mesurer l'efficacité de la production.

Dans un premier temps comme il est de coutume on va présenter l'organisme de l'entreprise.

Dans un second temps, on présentera les différentes activités de la société à savoir les services, les processus de fabrications et le cadre général de notre projet.

Et enfin, la troisième partie sera consacrée à la phase problématique, les solutions proposées, la réalisation du projet sera citée dans une quatrième partie.

Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil



1. Introduction

LEONI est le fournisseur mondial de câbles, fibre optique, câble et systèmes de câblage ainsi que des services de développement liés à des applications dans le secteur automobile et d'autres industries.

LEONI concentre ses activités sur les principaux marchés automobiles, l'industrie, la communication, l'infrastructure, les appareils électrique ainsi que les fils et torons.

La société a une chaîne de valeur de produits, ce qui est unique dans le secteur et qui offre des synergies et du potentiel de valeur.

Par ailleurs, la clientèle de LEONI comprend des sociétés bien connues telles que : BMW, Yazaki, FIAT, IBM, Jaguar et Land Rover, Mercedes-Benz, Peugeot Citroën, Philips, Porsche, Nissan, Renault, Shell, Siemens et Volvo

Le site produit des faisceaux électriques pour automobile à partir des câbles électriques, de boîtiers et de connections qui sont stockés dans le magasin de la matière première, Les différentes familles de faisceaux électriques fabriquées sont :

>Faisceaux principaux

> Faisceaux porte

> Faisceaux planche de bord

> Faisceaux moteurs

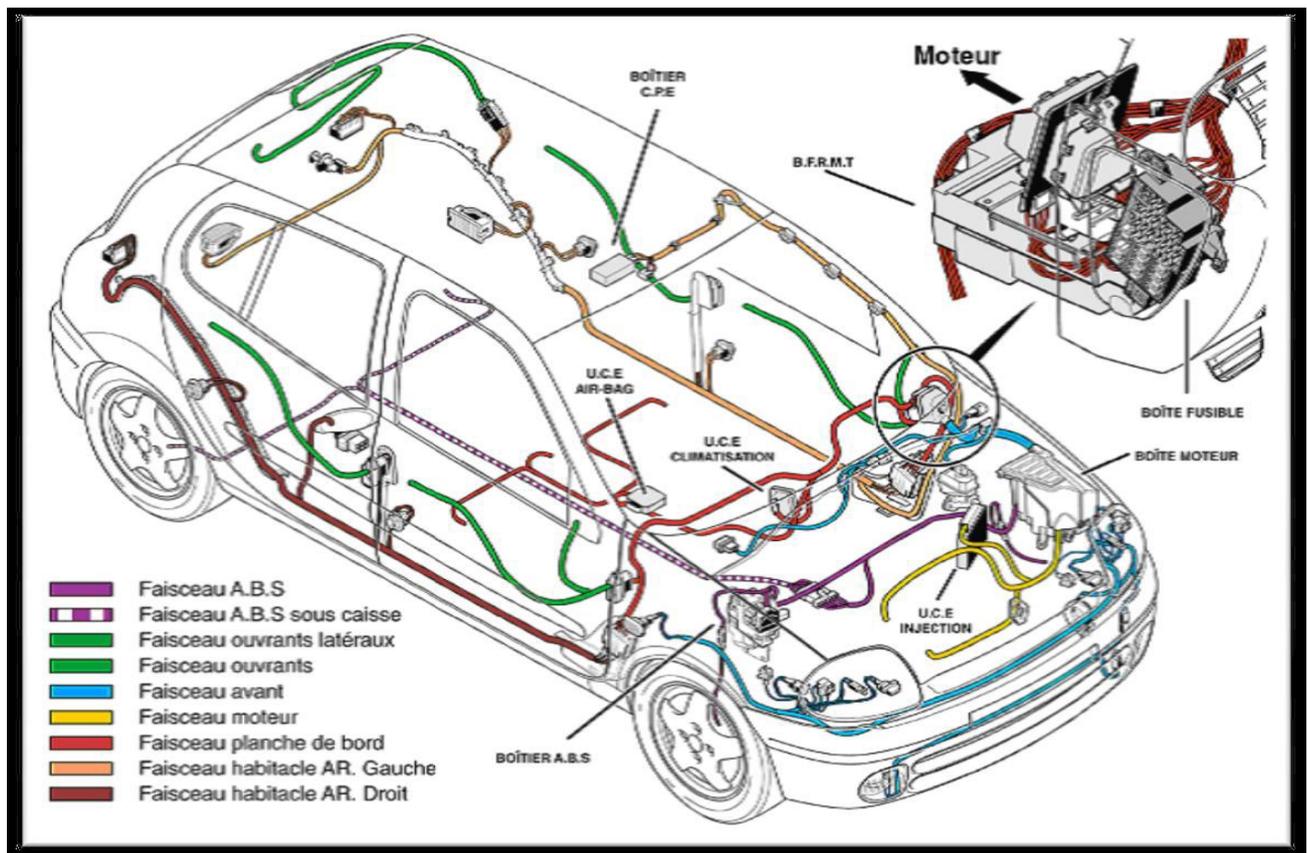


Figure1 : les familles des faisceaux électriques fabriqués par LEONI

2. Missions de LEONI Bouskoura

LEONI a acheté le groupe VALEO électronique et systèmes de liaison (VECS Valeo Electronique & Connective System) au MAROC. Elle possède cinq sites : un pour la recherche et développement (VERDI) et quatre pour la production : Ain sebaa, deux à Berrechid, et Bouskoura qui est le troisième site Valeo installé au Maroc, il est spécialisé en fabrication des faisceaux électriques pour véhicules automobile sa production est destinée à 100% pour l'export.

LEONI-BOUSKOURA adopte une structure fonctionnelle. En effet, elle est composée de deux divisions, en plus des départements ressources humaines, logistique, management de la qualité, LPS plus, et financier.

3. Organigramme de LEONI

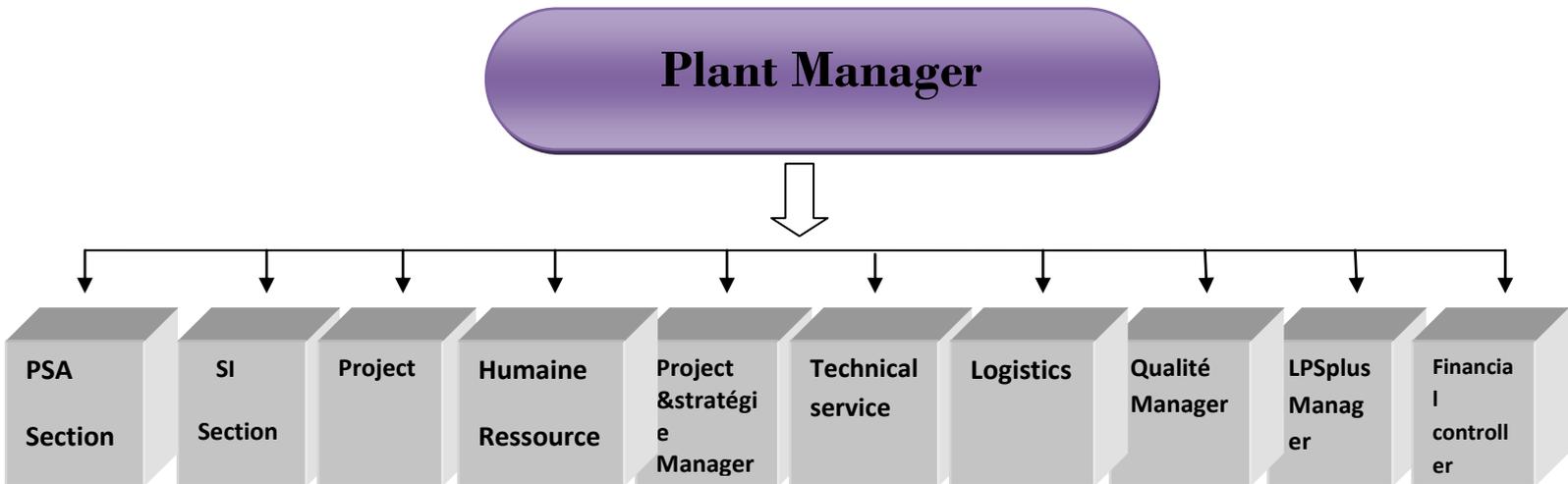


Figure2 : Organigramme de LEONI

Le site rassemble les productions de deux activités dépendantes de deux différentes divisions :

- DCP (Division Peugeot Citroën) ou PSA (Peugeot Société Anonyme).
- DEP (Division Equipementiers) ou SI (Supplier International).

Chaque activité est une entité à part entière, ayant une organisation indépendante et autonome.

Activité pour PSA	Activité pour SI
8 plates-formes de livraisons PSA (Poissy, Etupes, Rennes, Sochaux, Mulhouse, Ontigola, Ottmarsheim, Trnava)	10 Clients (Auto Liv, RSA, Siemens, Faurecia, BMW, Yazaki, Delphi, Valeo...);
8500 heures par jour	2200 heures par jour
14500 Fx par jour	5500 Fx par jour
2 300000 sertissages par jour	2 300000 sertissages par jour
5 segments	2 délocalisés 2 segment
1200 personnes affectées	444 personnes affectées
1 centre industriel de 18 personnes	1 centre industriel de 4 personnes

Tableau1 : Liste des activités pour PSA et SI

Chapitre II :

Description de l'activité de **LEONI**

Dans ce premier chapitre on va définir le contexte général du projet.

En premier lieu, on va faire un aperçu sur les divisions et les services de LEONI Bouskoura, ainsi que la description du processus de fabrication des câbles. Enfin on va présenter la problématique traitée durant le stage.

PARTIE 1 : DESCRIPTION DES SERVICES

1. Les divisions de Leoni Bouskoura :

L'unité de production est répartie sur 6 unités (segments) principales, selon le type de faisceaux à produire, on trouve :

- **Segment 1, segment 2 et segment 4** : Ils sont spécialisés dans la fabrication des faisceaux qui sont destinés surtout à la motorisation du véhicule.

Segment 3 ou unité de sous-traitance: il fait la sous-traitance des faisceaux électriques destinés à la motorisation du véhicule pour LEONI Bouskoura.

- **Segment 5** : cette unité est destinée pour la réalisation des opérations de coupe et préparations, elle assure l'alimentation de l'ensemble des segments.

- **Segment 6** : cette unité est destinée à la fabrication des faisceaux d'accessoires, et des équipements de sécurité. Parmi ses clients on peut citer Mercedes, Volkswagen, BMW...

2. Processus de fabrication des faisceaux :

On va définir les différentes étapes de fabrication des faisceaux :

✓ La coupe

C'est l'opération qui consiste à découper le fil selon la longueur mentionnée dans la gamme de coupe.

✓ Le dénudage

Consiste à enlever l'isolant du câble, de façon à libérer la partie conductrice.



✓ Le sertissage

C'est l'opération qui rassemble le câble avec la connexion, elle a pour but d'assurer la liaison électrique. En effet, le câble est constitué de :

- Le brin : partie métallique en cuivre qui assure la conduite électrique.
- L'isolant : gaine isolante en PVC pour protéger le brin.

La connexion est l'élément de base qui assure le raccordement électrique entre le fil et l'orange qui doit recevoir la tension électrique nécessaire pour son fonctionnement, la photo ci-dessous présente un câble serti des deux terminaux par deux connexions différentes.



✓ La préparation

C'est l'ensemble des opérations qui ne peuvent pas être effectuées pendant la coupe :

- Le torsadage : un fil torsadé permet d'éviter l'effet indésirable du champ électromagnétique. Il est conçu pour les freins, air bag, bielle...le pas de torsadage dépend de la fonction à assurer.
- l'étamage : c'est l'opération qui consiste à déposer de l'étain sur les cosses, pour offrir une bonne conductibilité électrique et améliorer la soudabilité.
- l'épissurage : c'est l'opération de soudage de deux ou plusieurs fils pour construire un nœud. Son principe est de placer les extrémités à souder dans un siège d'enclume qui assure l'énergie de soudage (température et pression), et ensuite assurer l'isolation par le biais d'un joint ayant une appellation Manchon.

✓ La finition

- Le surmoulage : sert pour la mise en forme du câblage et assure une fonction d'étanchéité entre le compartiment moteur et l'habitacle.

✓ Le montage

Le montage d'un faisceau peut être fait soit sur une planche fixe, une LAD (ligne d'assemblage dynamique) ou un carrousel, où sont tracés les cheminements du fils, le positionnement des différents composants montés sur le faisceau. A ce niveau est effectué les opérations suivantes : encliquetage des fils dans les boîtiers, enrubannage, mise en place d'agrafes, mise en place de frettes.

✓ Les contrôles

- Le contrôle électrique : ce type de vérification consiste à contrôler la conductivité et la continuité du courant à travers tout le faisceau.

- Le contrôle final : c'est un contrôle visuel à 100% qui consiste à contrôler la qualité, la forme et les dimensions du faisceau avant son conditionnement.

✓ **Le conditionnement**

Cette étape permet le positionnement du faisceau dans un contenant normalisé (carton, bac plastique) afin de le protéger et faciliter sa manutention.

PARTIE 2 : CADRE GÉNÉRALE DU PROJET

I. Activité de la machine Gamma 333 Epsilon :

On va décrire les fonctions de deux machines : Gamma 333 PC et epsilon.

1. Gamma 333 PC standard



Figure3 : La Gamma 333 PC

a. Aperçue

Ici on trouve les différents éléments de la machine Gamma : (réf [1])

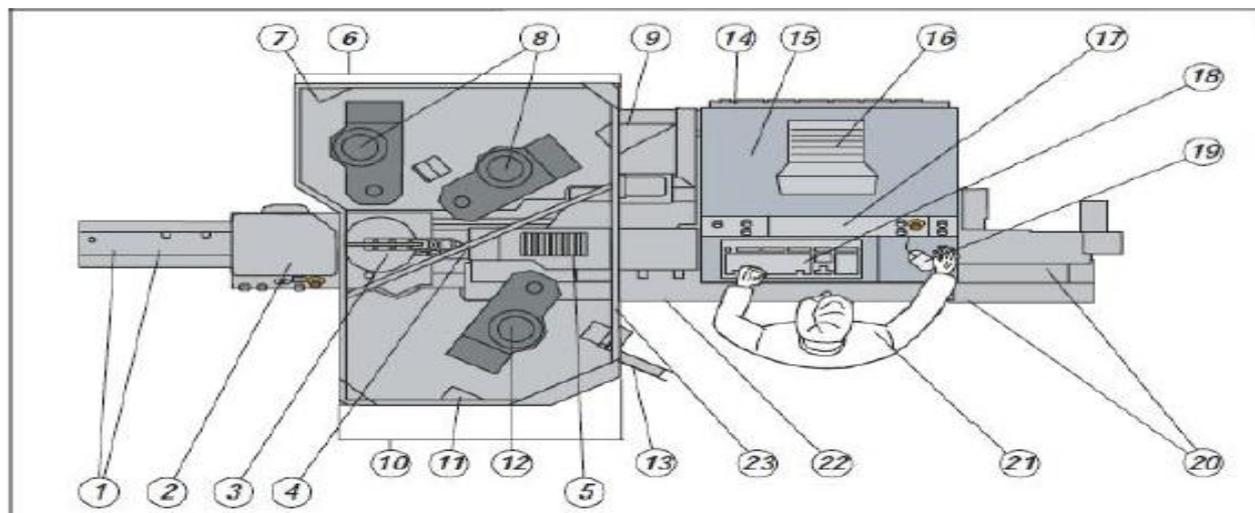


Figure4 : Aperçue de la machine Gamma 333 PC

1	Unité de redressage	12	Station de traitement, coté 2
2	Rouleau d'entraînement	13	Alimentation du connecteur coté 2, alimentation latérale
3	Unité de pivot et avance coté 1	14	Connexion d'alimentation
4	Tête de coupe	15	Cabinet de contrôle
5	Unité de pivot et avance coté 2	16	Moniteur
6	Coté 1 de la machine	17	Station de l'opérateur
7	Alimentation du connecteur coté 1, alimentation latérale	18	Clavier
8	Station de traitement, coté 1	19	Souris
9	Alimentation du connecteur coté 1, alimentation arrière	20	Convoyeur avec un système de dépôt de fil et de séparation de lot
10	Coté 2 de la machine	21	Opérateur
11	Alimentation du connecteur coté 2, alimentation arrière	22	Alimentation en air comprimé
23	Couvercle de sécurité		

Figure2 : Fonctions de la machine Gamma 333 PC

b. TopWing :

L'intégralité des fonctions qu'assure la machine GAMMA 333 PC sont pilotées par un logiciel nommé « TopWing » dont Komax est le concepteur. Il permet une installation et configuration rapide, détection des emplacements des erreurs, faire des statistiques, afficher des images en temps réel, conduire la machine en mode production...

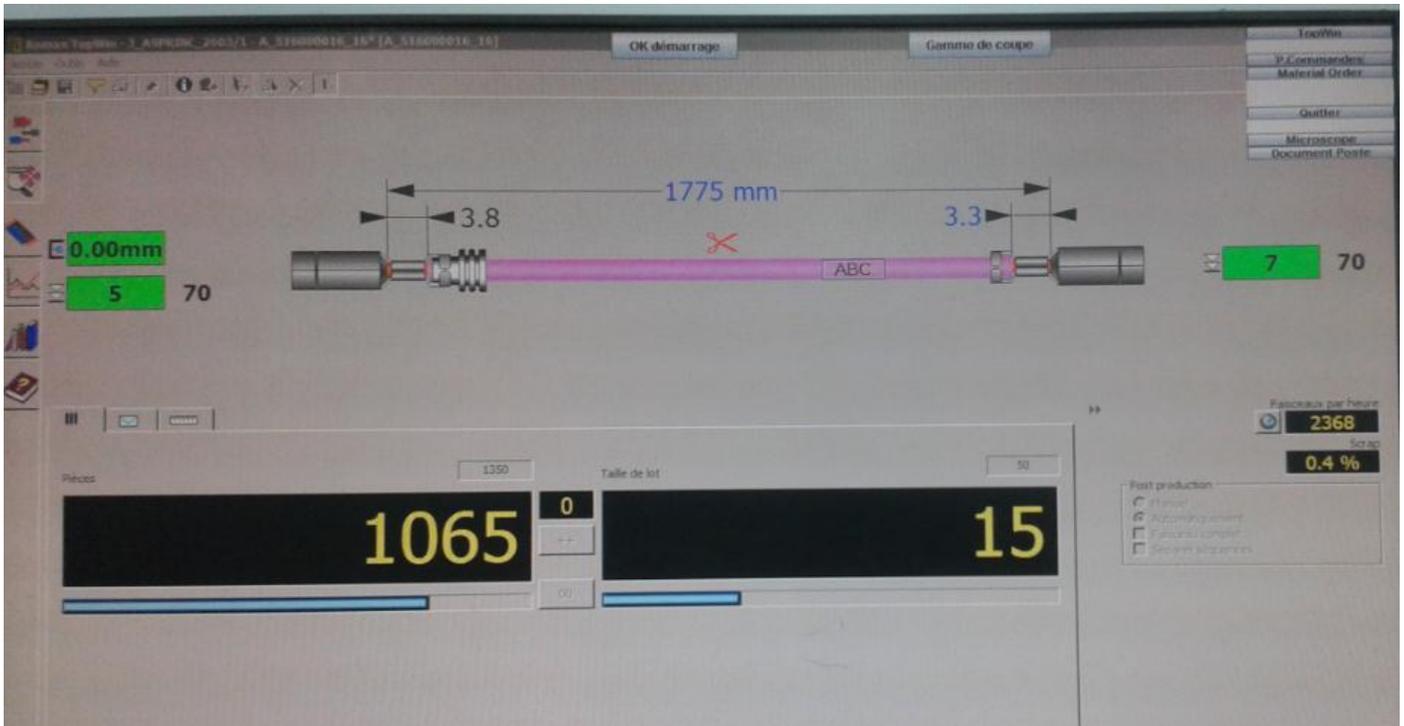


Figure5 : Interface TopWin

c. Matière première :

i. La CTN :

Il existe deux types à l'usine de Bouskoura, une de revêtement de couleur **jaune** et une de revêtement **bleu**, dans les deux cas, les connecteurs sont très fragiles ! La différence entre les deux types réside essentiellement dans la valeur de la résistance nominale ainsi qu'à la température nominale. Ces dernières sont des thermistances dont la résistance diminue de façon uniforme quand la température augmente et vice-versa. (réf [6])

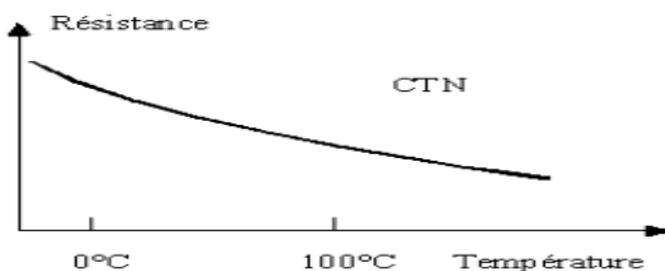


Figure6 : Caractéristique typique d'une CTN

On trouve son utilité dans les climatiseurs des voitures.

ii. Les bobines :

Les bobines sont importées de l'Europe. Elles sont enroulées dans des rouleaux coniques, ce qui impose leur positionnement vertical, ceci résulte des problèmes dus à un mauvais refroidissement lors de leur fabrication de la part du fournisseur. Ce qui provoque des problèmes de collage et de redressement du fil.



Figure7 : Emplacement bobine

iii. Les grappes :

Les grappes plastiques sont généralement utilisées afin de fixer un produit donné, surtout s'il est fragile. Ici, elles permettent non seulement de protéger les conducteurs de la CTN, mais aussi de fixer la distance entre celles-ci pour un usage optimal. De plus, elles permettent de garder un centrage conforme de la thermistance et de la préparer pour le surmoulage. (réf [2])



Figure8 : Forme d'une grappe

d. Produit à la sortie de la machine :

La partie spécifique de la machine Gamma 333 epsilon, assure deux fonctions principales : le sertissage entre la CTN et le câble et l'insertion de l'ensemble dans la grappe correspondante. Le produit obtenu est alors transmis aux moules de surmoulage ou il subit un surmoulage suivant les spécifications du client (l'empreint d'insertion de la CTN dans une voiture donnée).

Le produit obtenu à la sortie de cette dernière est le suivant : (réf [2])

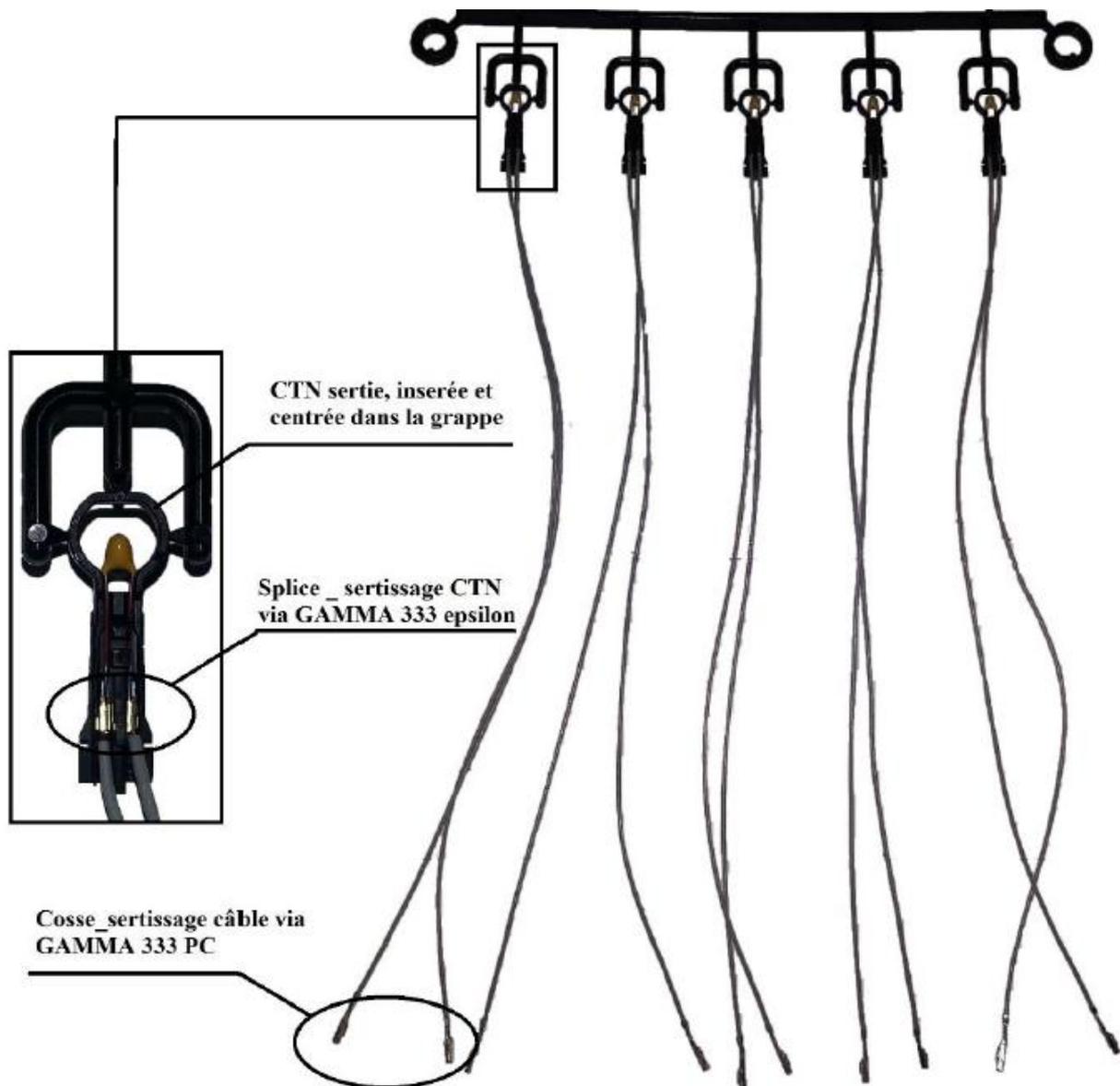


Figure9 : Produit à la sortie de la machine

A noter que le « cosse » est une connexion, alors que le « Splice » est une jonction entre la CTN et le câble. Les deux sont soumis au même principe du sertissage.

2. Gamma 333 PC standard epsilon

a. Aperçue

Comme on l'a déjà mentionné, la Gamma 333 epsilon assure deux fonctions principales, à savoir :

- Un double sertissage des deux conducteurs de la CTN avec les deux bouts de deux câbles dénudés.
- L'insertion de l'ensemble {CTN + câble} dans la grappe correspondante.

De ce fait, la machine se décompose en trois grandes parties, chacune avec ses propres modules clés :

- Alimentation en CTN :
 - Dérouler CTN
 - Système d'avance de la CTN
 - Press
 - Outil de coupe
- Manipulation de la CTN :
 - Unité pivotement CTN
 - Transfert CTN
- Insertion CTN-grappe :
 - Unité transfert câble
 - Transfert grappe
 - Insertion CTN

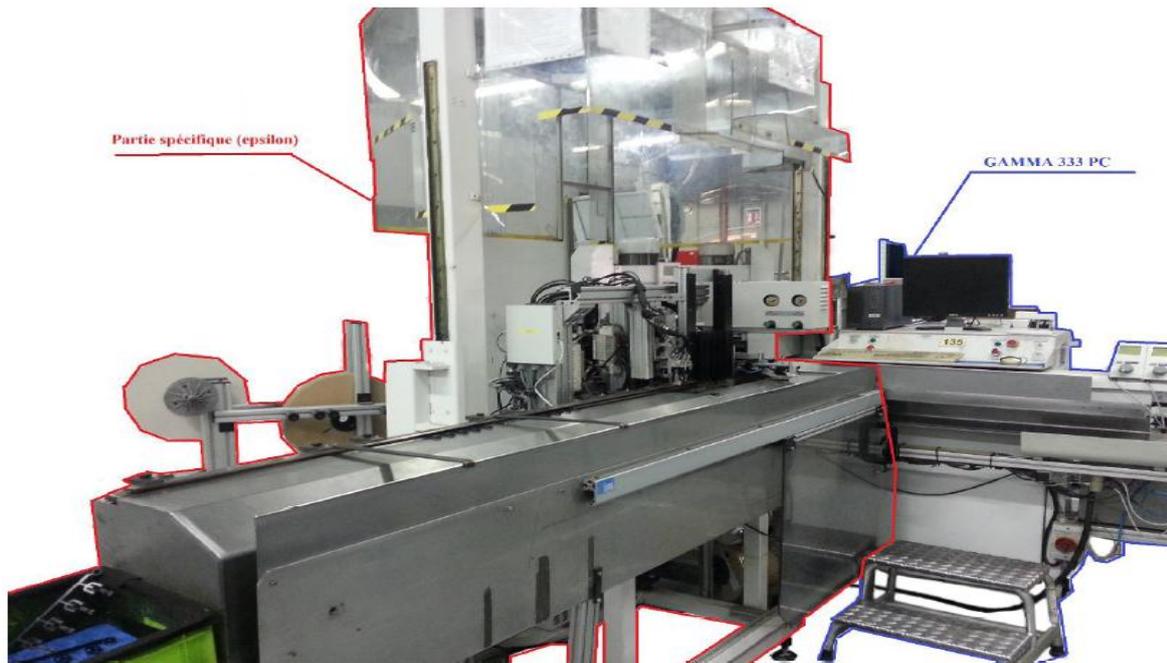


Figure10 : La machine globale (Gamma 333 PC et epsilon)

A ajouter que pour cette machine, une chambre de refroidissement est consacrée pour la bobine à l'entrée. Celle-ci étant difficilement redressable (diamètre petit, risque de dilatation du cuivre, problème du collage de l'isolent), le fil doit être refroidit pour qu'il garde une position plus ou moins droite lors de sa manipulation.

b. Schéma synoptique :

Toute les machines KOMAX se caractérisent par le schéma synoptique général ci-dessous. Seul le programme géré par la carte BIO change d'une machine à autre, selon la fonction de cette dernière. Les autres cartes servent d'interfaces. Ainsi, tout le système est géré via ces cartes. (réf [2])

Avec :

- PCC : Il s'agit d'une carte intégrée avec le PC. Elle sert à la communication entre les différentes cartes avec l'unité centrale du PC.
- MRS : Raccordements électriques des stations d'usinage. Elle permet de raccorder simplement différents modules mci
- BIO : « Basic Input Output » dispose d'entrées/sorties dynamiques servant aux applications et aux options. Selon qu'un module mci ou une autre station d'usinage a été sélectionnée, la fenêtre avec le MRS ou le BIO apparaît lors de la configuration des entrées/sorties.

- RCS : « Redundant Control System » est un système de sécurité. Il permet de passer d'un fonctionnement normal à la gestion d'un arrêt d'urgence ou autre procédure de sécurité.

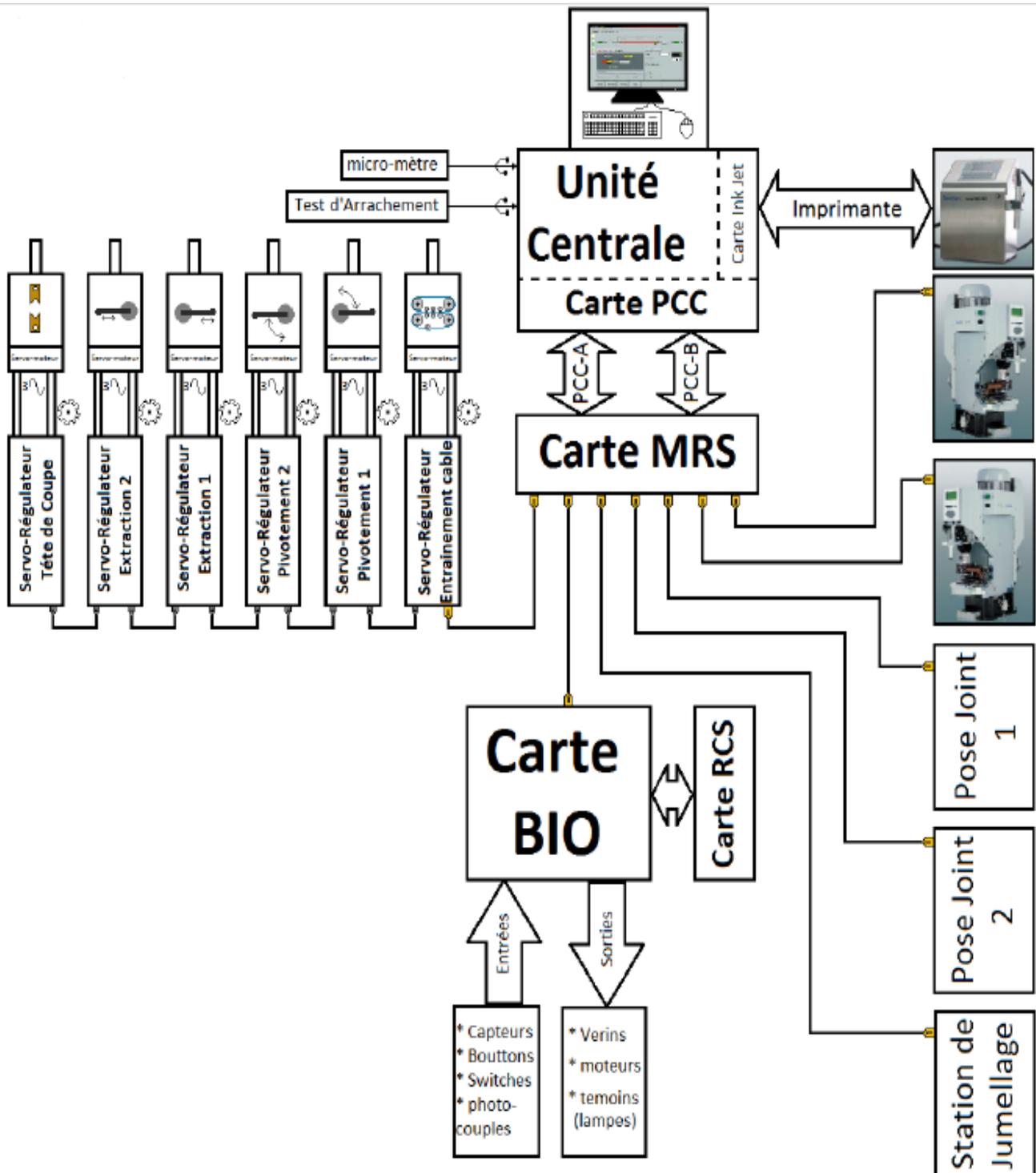


Figure11 : Schéma synoptique des KOMAX

II. Identification de besoin :

1) Cahier de charge du projet :

Leoni Bouskoura dispose d'un parc de 30 machines de coupe dont particulièrement la machine Gamma 333 spécialisé en coupe et sertissage des CTN.

Le besoin client est de 9750faisceaux/jour, la machine Gamma est capable dans les conditions actuelles de production de 8500faisceaux/jour, ce qui nécessite le travail en heures supplémentaires etdurant les heures de poses pour satisfaire le besoin client.

Pour pouvoir répondre au besoin client actuel et satisfaire des besoins futurs à la hausse, il est nécessaire d'ouvrir un chantier d'amélioration des performances de notre machine.

2) Validation du besoin :

Pour valider le besoin il faut répondre aux questions suivantes :

→ Pourquoi notre projet fin étude existe il ?

Pour augmenter le rendement et réduire les rebuts au niveau de la machine Gamma 333

→ Qu'est ce qui pourrait le faire évoluer ?

- Les interventions préventives et correctives des agents de service maintenance et PPE
- L'amélioration de la disponibilité

→ Qu'est ce qui pourrait le faire disparaître ?

Atteindre l'objectif : minimiser les arrêts machines, améliorer le rendement et maximiser l'utilisation de ces machines, et réduire les rebuts.

Résultat :

On peut conclure d'après les réponses aux questions posées que le besoin est justifié et que ce projet est nécessaire et apporte de la valeur ajoutée.

3) Groupe du projet :

Equipe de travail
L'encadrant
Responsable OEE
Les techniciens maintenance
Team speaker
Les opérateurs
Stagiaire

Tableau3 : Equipe de travail

III. Conclusion :

Après avoir présenté la machine Gamma 333 et les objectifs de notre projet, on passera par la suite au troisième chapitre qui sera consacré aux outils et méthodes dédiés à sa réalisation.

Chapitre III :

Analyse de l'existant et recherche des causes racines

Le troisième chapitre s'étale sur deux parties. La première partie est consacrée à la description de la démarche qualité de Leoni, la deuxième partie concerne le diagnostic des causes racines qui provoquent un taux de rebuts élevé et un rendement faible.

PARTIE 1 : DÉMARCHE QUALITÉ DU PROJET

Le succès d'une entreprise dépend de sa manière et capacité d'assurer un rendement efficace, la réduction des rebuts, et l'élimination des pièces défectueuses.

I. Démarche Qualité Leoni :

1) La démarche QRQC :

Le QRQC(Quick Response Quality Control) est une des innovations majeures dans le domaine du management de la qualité. C'est un mélange de management et d'attitude permettant de résoudre, de façon simple et logique, la plupart des problèmes industriels et fonctionnels. Les objectifs du QRQC sont : **(Réf [5])**

- ✓ Ne plus envoyer de pièces mauvaises au client
- ✓ Eradiquer les incidents récurrents
- ✓ Améliorer la réactivité des fournisseurs
- ✓ Améliorer la pertinence des analyses de fond et de plan d'action



Figure12 : The QRQC concept

2) La démarche PDCA (Plan Do Check Adjust) :

La démarche comporte quatre étapes, chacune entraînant l'autre, et vise à établir un cercle vertueux. Sa mise en place doit permettre d'améliorer sans cesse la qualité d'un produit, d'une œuvre, d'un service.... (Réf [5])

- **Plan** : consiste à planifier la réalisation, par exemple l'écriture du cahier des charges et l'établissement d'un planning.
- **Do** : c'est la construction, la réalisation de l'œuvre.
- **Check** : consiste à contrôler que le travail (Do) correspond bien à ce qui était prévu (Plan). Cette étape utilise des moyens de contrôle divers, tels qu'indicateurs de performance...
- **Act** : consiste à rechercher des points d'améliorations, et amènera un nouveau projet à réaliser, donc une nouvelle planification à établir.

Il s'agit donc d'un cycle que l'on représente à l'aide d'une roue. De plus, pour éviter de revenir "en arrière", on représente une cale sous la roue qui empêche de redescendre et qui symbolise par exemple un système d'audits réguliers, ou un système documentaire qui capitalise les pratiques ou les décisions.

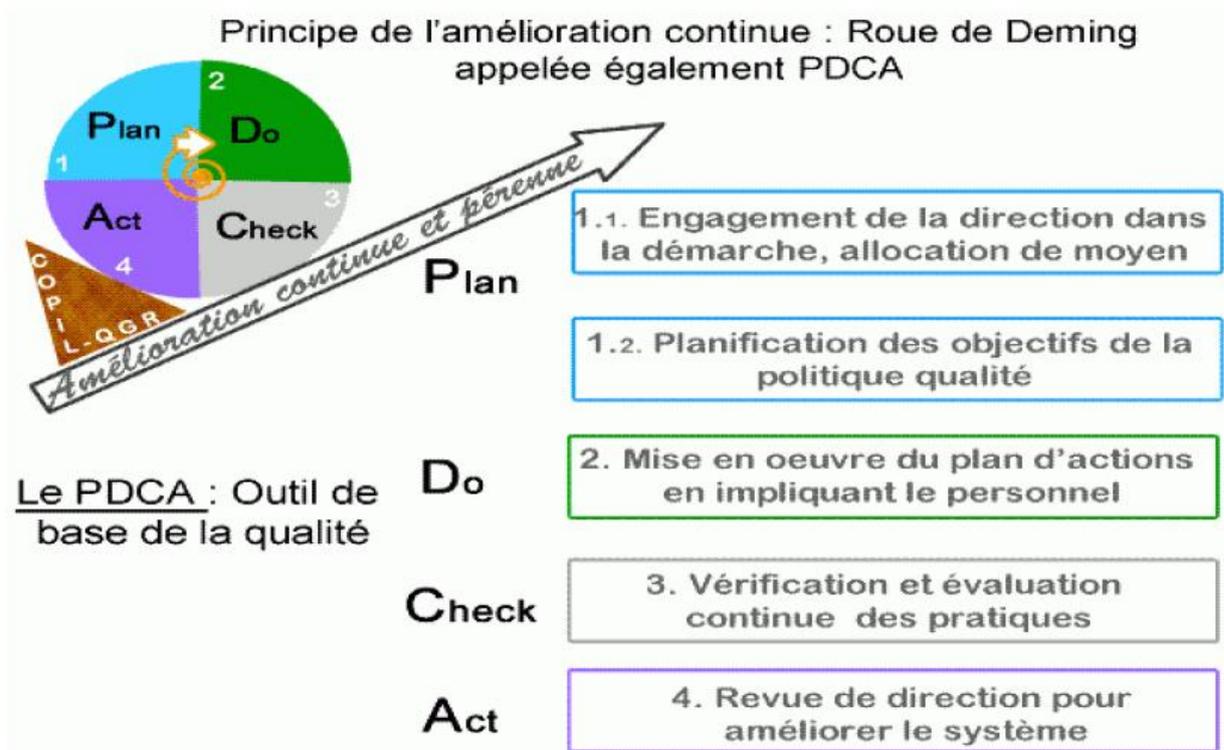


Figure13 : Principe PDCA

II- Outil qualité :

Pour résoudre notre problème, on a suivi la même démarche que celle adoptée par LEONI-Bouskoura, en utilisant les outils suivants :

1. Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. Ce diagramme est sous forme d'un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes. La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision.

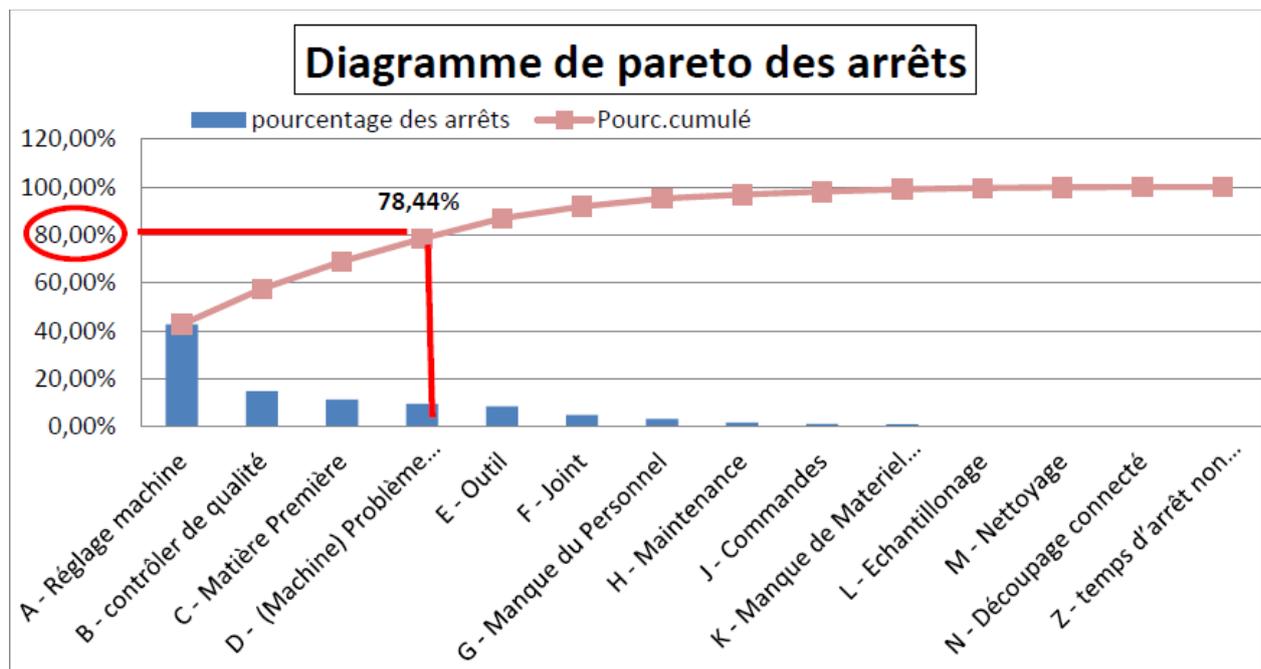


Figure14 : Diagramme Pareto

2. Diagramme d'Ishikawa

Les diagrammes d'Ishikawa, ou diagramme en arête de poisson, sont des diagrammes où les différentes causes d'une erreur sont représentées d'une manière hiérarchique. Au niveau supérieur on distingue cinq « domaines standards » de causes chacun d'eux est développé jusqu'à niveau des causes élémentaire, sont : La matière, le matériel employé dans la machine, le milieu, les méthodes, la main d'œuvre. (Réf [7])

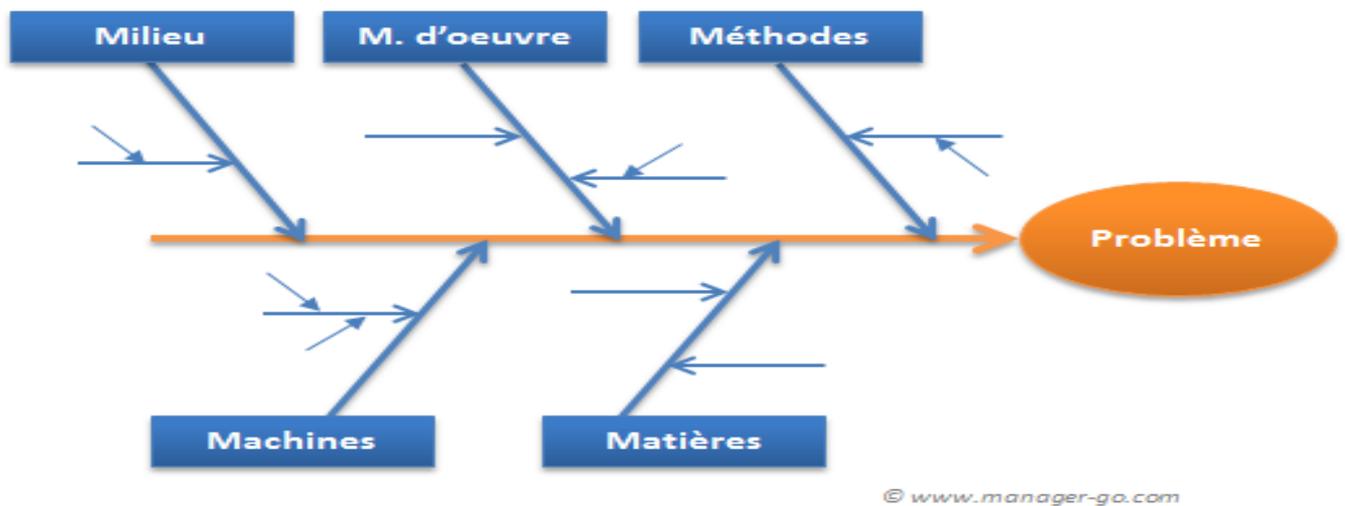


Figure14 : Diagramme d'Ishikawa

3. Méthode de 5s :

Les 5 S sont les cinq initiales de mots japonais qui ont pour objectif de systématiser les activités de rangement, de mise en ordre et de nettoyage dans les lieux de travail. On part du principe, qu'éliminer les pertes constitue un gain. Il n'y a pas d'amélioration réelle de productivité ou de qualité si, par ailleurs, subsistent des gaspillages. **(Réf [8])**

Etape	Traduction	Signification	Objectif
Seiri	Séparer et éliminer	Séparer le nécessaire de l'inutile	Pour avoir un regard plus clair sur l'environnement de travail
seiton	Ranger	Disposer les objets de façon à pouvoir trouver ce qu'il faut quand il faut	Améliorer l'efficacité et augmenter la productivité en éliminant le temps perdu
Seiso	Nettoyer	Éliminer les déchets et les sources de salissures pour une propreté irréprochable	Comprendre que nettoyer c'est détecter plus rapidement les anomalies
Seiketsu	Standardiser	Définir les règles communes au secteur 5S, à partir des résultats acquis	Mettre en place des règles de management pour que les 5s deviennent une habitude
shitshuke	Respecter et faire respecter	Faire participer tout le monde par l'exemplarité	cherchant l'amélioration permanente

Tableau4 : Définition de 5s

4. Méthode des 5 pourquoi ?

Les 5 pourquoi est une méthode qui permet de rechercher les causes d'un problème, d'un dysfonctionnement. La plupart des problèmes sont résolus en moins de 5 questions. Souvent la cause qui paraît logique n'est que la conséquence d'autres anomalies. Cette méthode est régulièrement utilisée par LEONI, c'est pratiquement son outil de travail. **(Réf [8])**

❖ Principe :

- Enoncer clairement de façon précise le problème.
- Répondre à la question par « pourquoi »
- la réponse obtenue devient le nouveau problème et ainsi de suite.
- Apporter la solution au problème

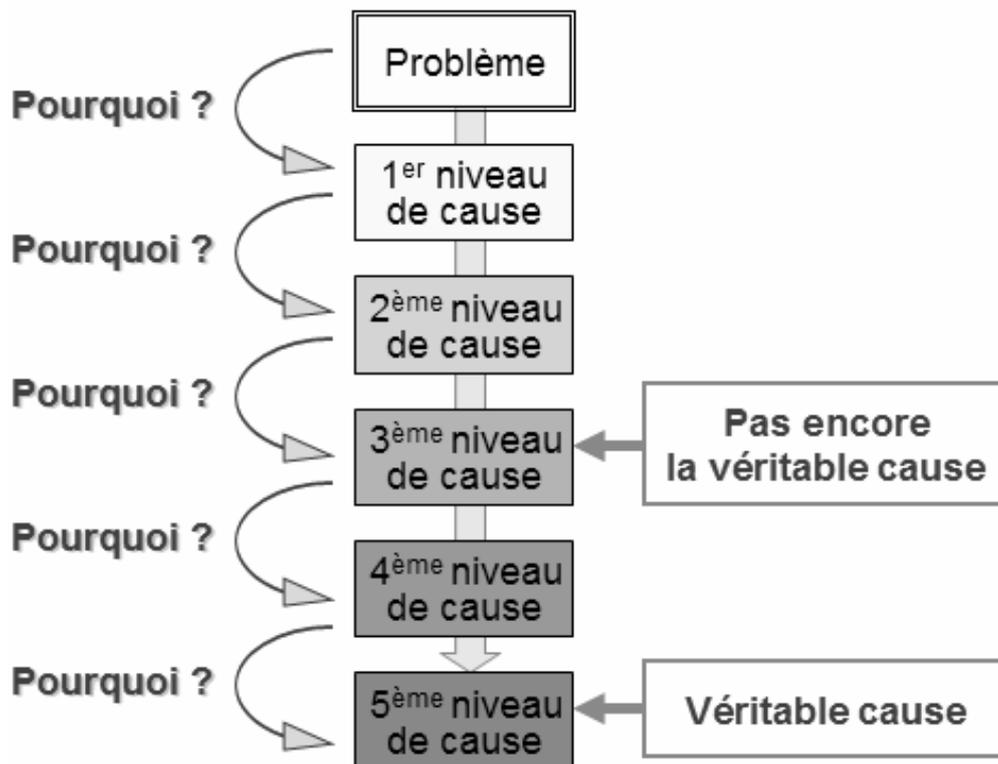


Figure15 : Méthode des 5 pourquoi

5. Indicateur OEE :

L'OEE (Overall Equipment Effectiveness): c'est un indicateur de performance destiné à suivre le taux d'utilisation de machines et de mesurer l'efficacité d'une ligne de production. Il est défini par la formule suivante : **(Réf [9])**

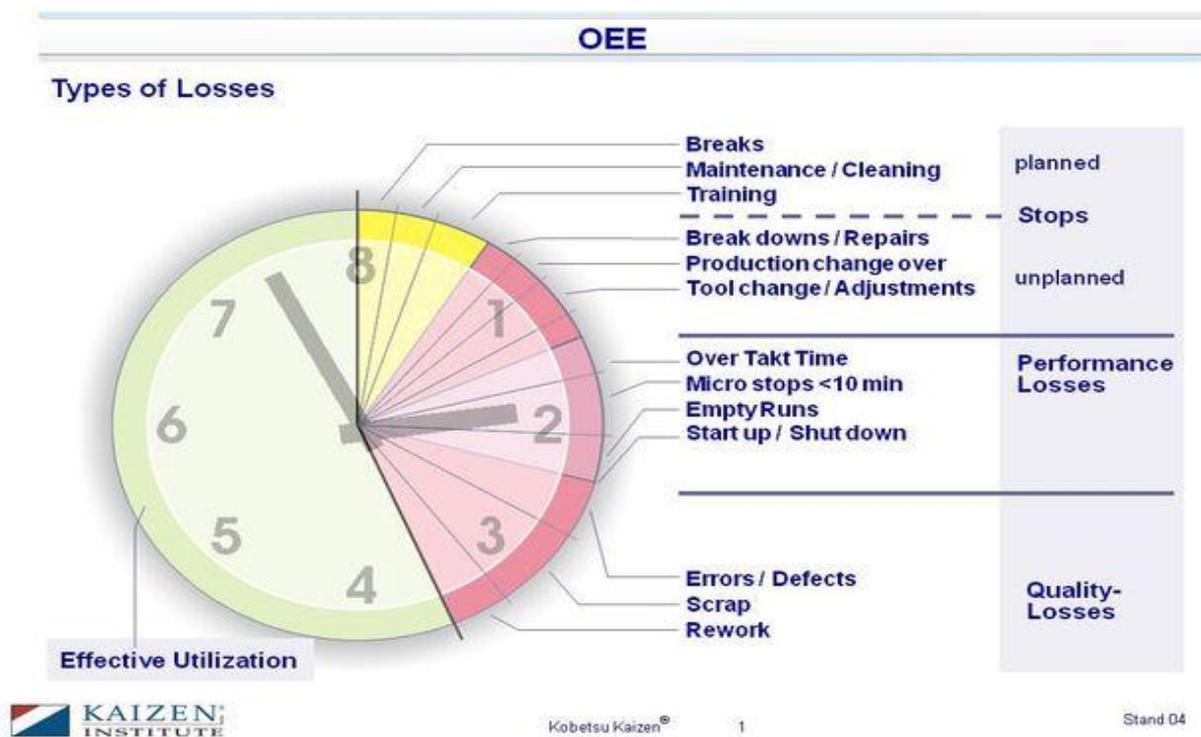
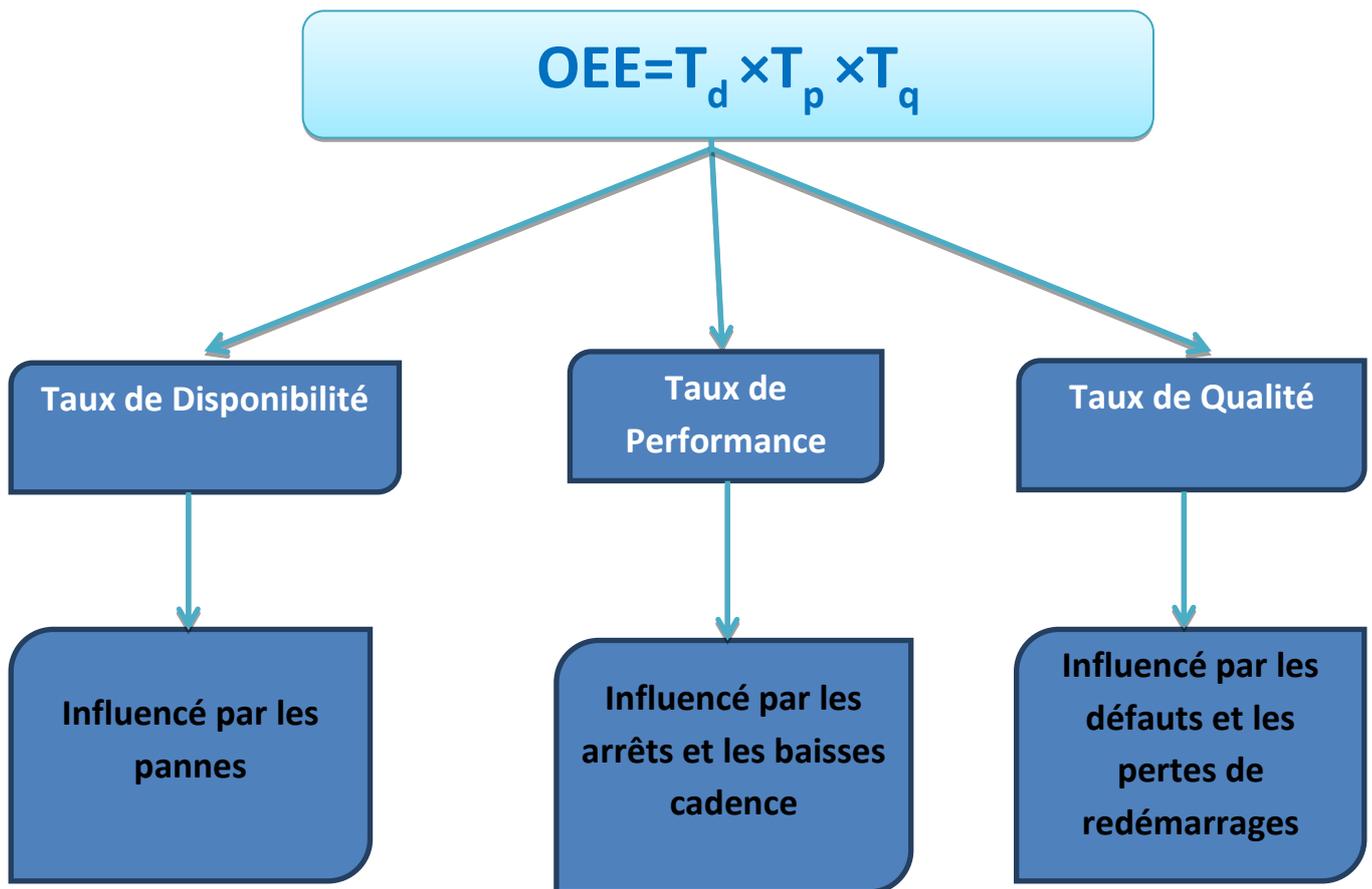


Figure16 : OEE losses

PARTIE 2 : ANALYSE DE L'EXISTANT

Après avoir vu les outils de la démarche qualité Leoni-Bouskoura, dans cette partie on va décrire l'état actuel de système de traitement de collecte et de suivi de la machine pour bien cerner et définir les objectifs du projet.

I. Mesure de la situation actuelle (rendement & rebuts):

1. Mesure du taux d'adhérence :

Cet indicateur permet de découvrir l'écart entre le besoin déclaré dans la coupe et celui déclaré par l'assemblage. Il assure le suivi de la production et le taux d'exécution du planning en production. Il se définit par la formule suivante :

$$TA = \frac{\text{Quantité produite}}{\text{Quantité planifiée}}$$

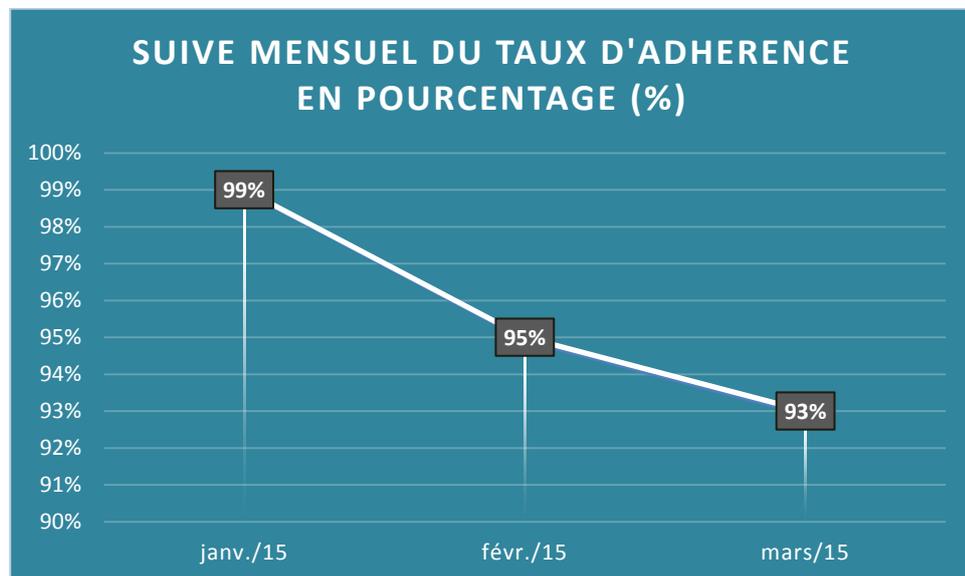


Figure17 : Suivie mensuel du taux d'adhérence

D'après l'historique de trois mois précédents, le graphique ci-dessus montre que le taux d'adhérence de la machine s'éloigne de l'objectif (100%). Nous pouvons dire que la machine de coupe produit moins que les quantités planifiées.

2. Mesure des rebuts :

Les données des historiques de suivi des rebuts au niveau de la machine sonde sont illustrées par le graphe suivant :

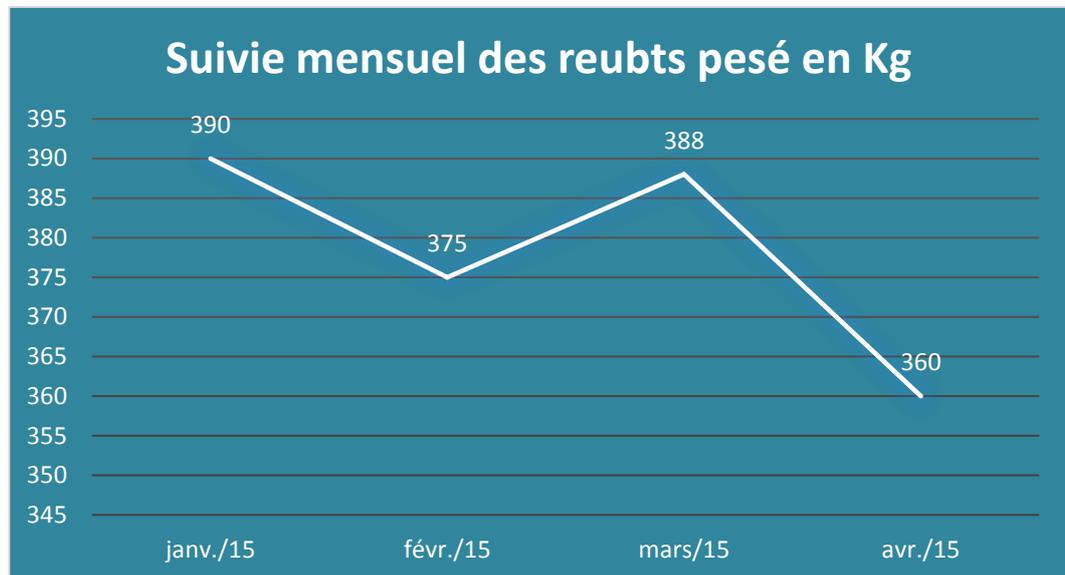


Figure18 : Suivie mensuel de rebuts

On constate que le taux de rebuts est très élevé, ce qui limite la production des faisceaux.

Les heures produites dans LEONI sont autour de 500 heures par mois.

On peut écrire :

$$30\text{j}370\text{Kg} = \frac{390+375+388+360}{4} \longrightarrow$$

$$1\text{j}12,33\text{Kg} \longrightarrow$$

Pour mesurer la situation actuelle on va prendre en considération l'indicateur de masse des rebuts en (g/h).

$$\frac{12,33 * 1000}{500} = 24,66 \text{ g/h}$$

II. Etude et diagnostique du problème

1. Recherche des causes racines :

a) Analyse des causes de baisse du Taux d'adhérence :

Normalement pour satisfaire la demande du montage, le taux d'adhérence de la coupe doit atteindre les 100%. Pour cela, il faut que la quantité planifiée par les ordonnanceurs soit égale à la quantité produite (coupé). Malheureusement, il existe un décalage entre eux et cela est dû au non-respect de l'OF (Ordre de fabrication) qui est causé par l'existence des commandes urgentes. A ce stade, nous sommes face à deux scénarios :

- L'opérateur est obligé d'arrêter l'OF qu'il produisait afin d'entamer celui qui est en urgence pour que la LAD (ligne d'assemblage dynamique) ne s'arrête pas.
- L'opérateur annule l'OF (Ordre de fabrication) qu'il devait produire afin d'entamer celui qui est en urgence et en attendant le NCR (Network Cutting Room) fait remonter un OF plus urgent et ainsi de suite jusqu'à ce que l'OF annulé atteigne un stock critique et passe en commande urgente.

On présente dans la figure suivante l'historique de 9 semaines de l'année 2015.

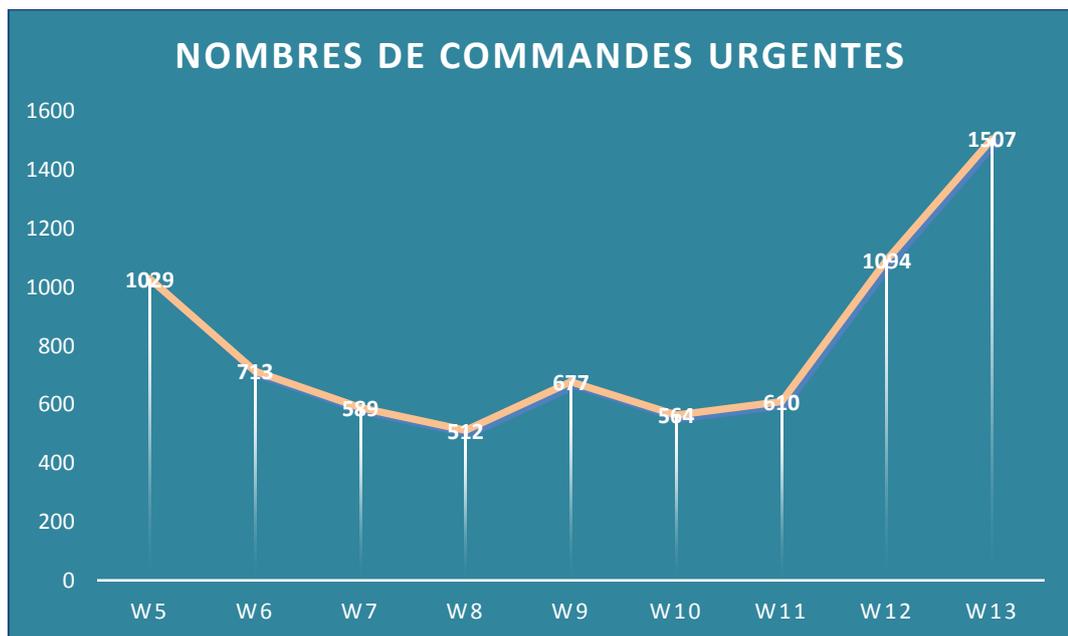


Figure19 : Nombre de commandes urgentes

Nous remarquons que la semaine 13 a connu une hausse importante de nombre de commandes urgentes.

b) Analyse des causes de baisse des rebuts :

Le diagramme de cause à effet ou diagramme d'Ishikawa est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou d'un défaut. Pour identifier les causes de notre problème on présente le diagramme suivant :

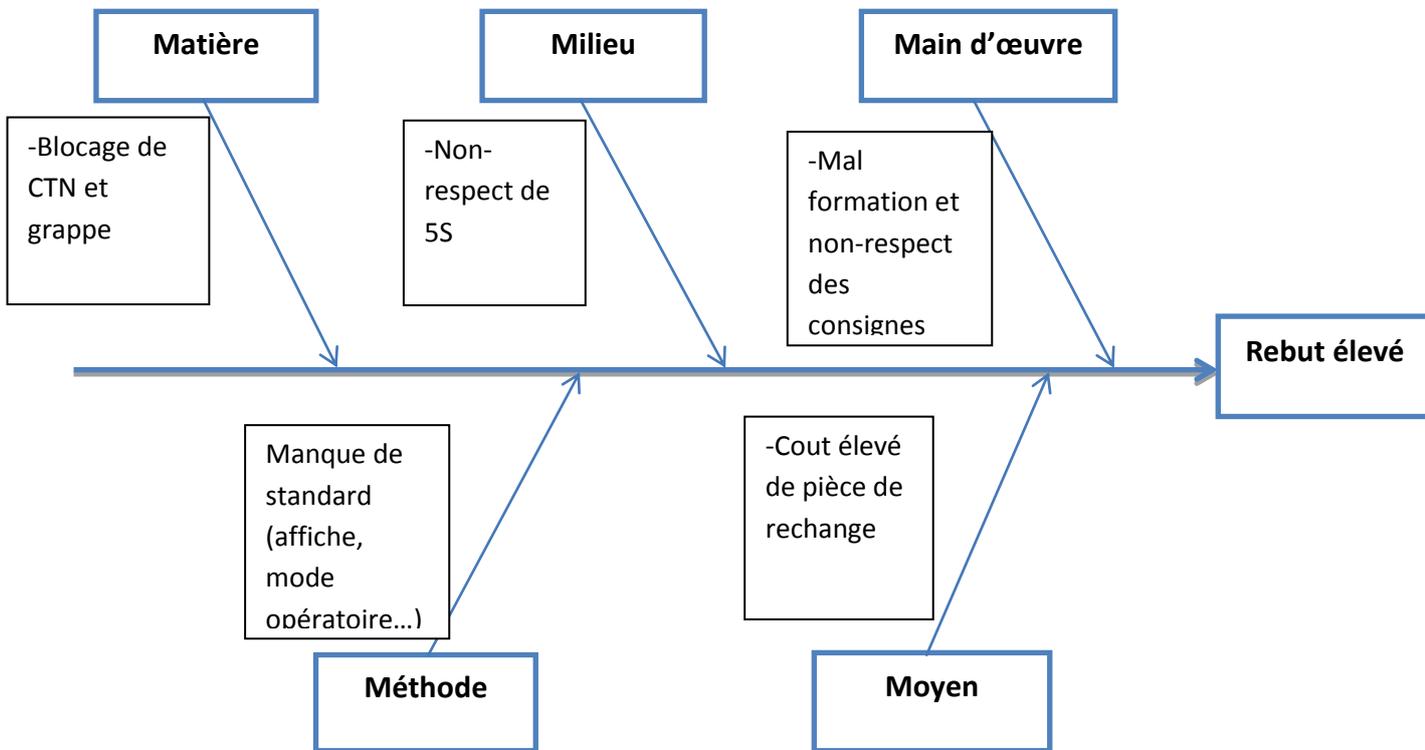


Figure20 : Diagramme d'Ishikawa de rebuts

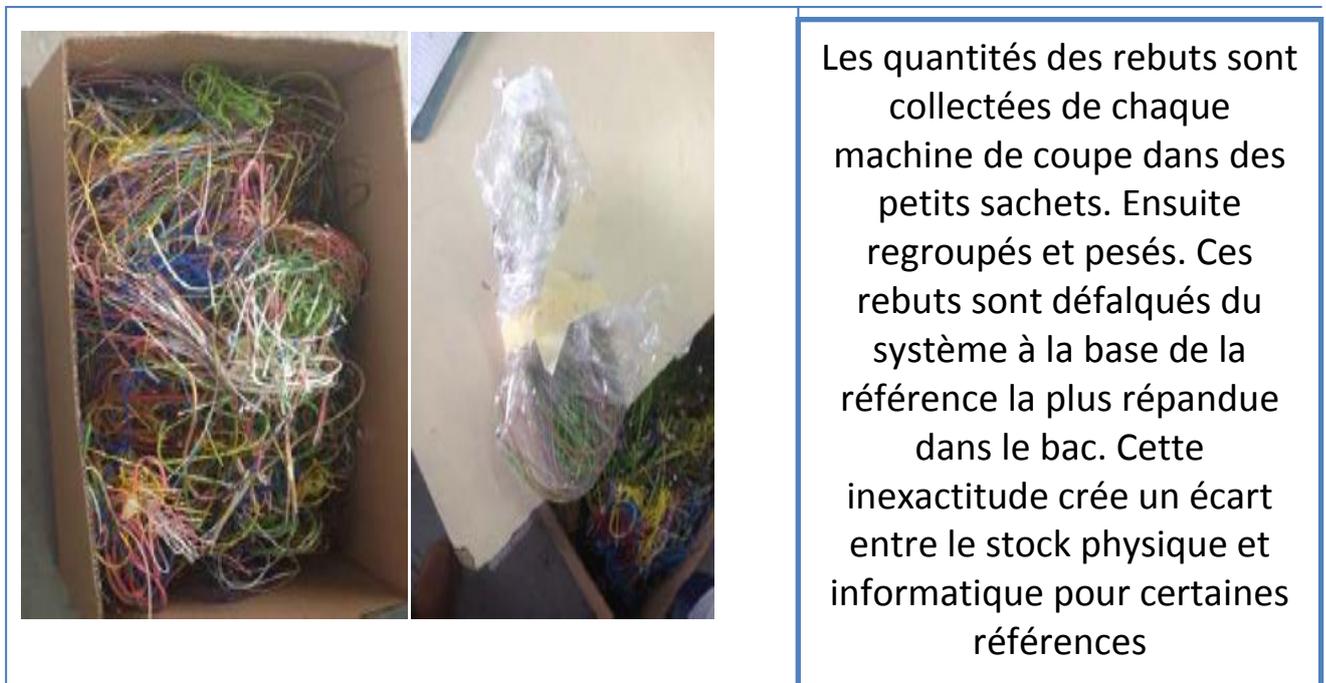


Figure21 : Gemba de collecte rebuts

Et pour mieux déterminer les causes qui entraînent ces défauts, et proposer des actions correctives optimales on a identifié les causes racines à l'aide des 5 POURQUOI :

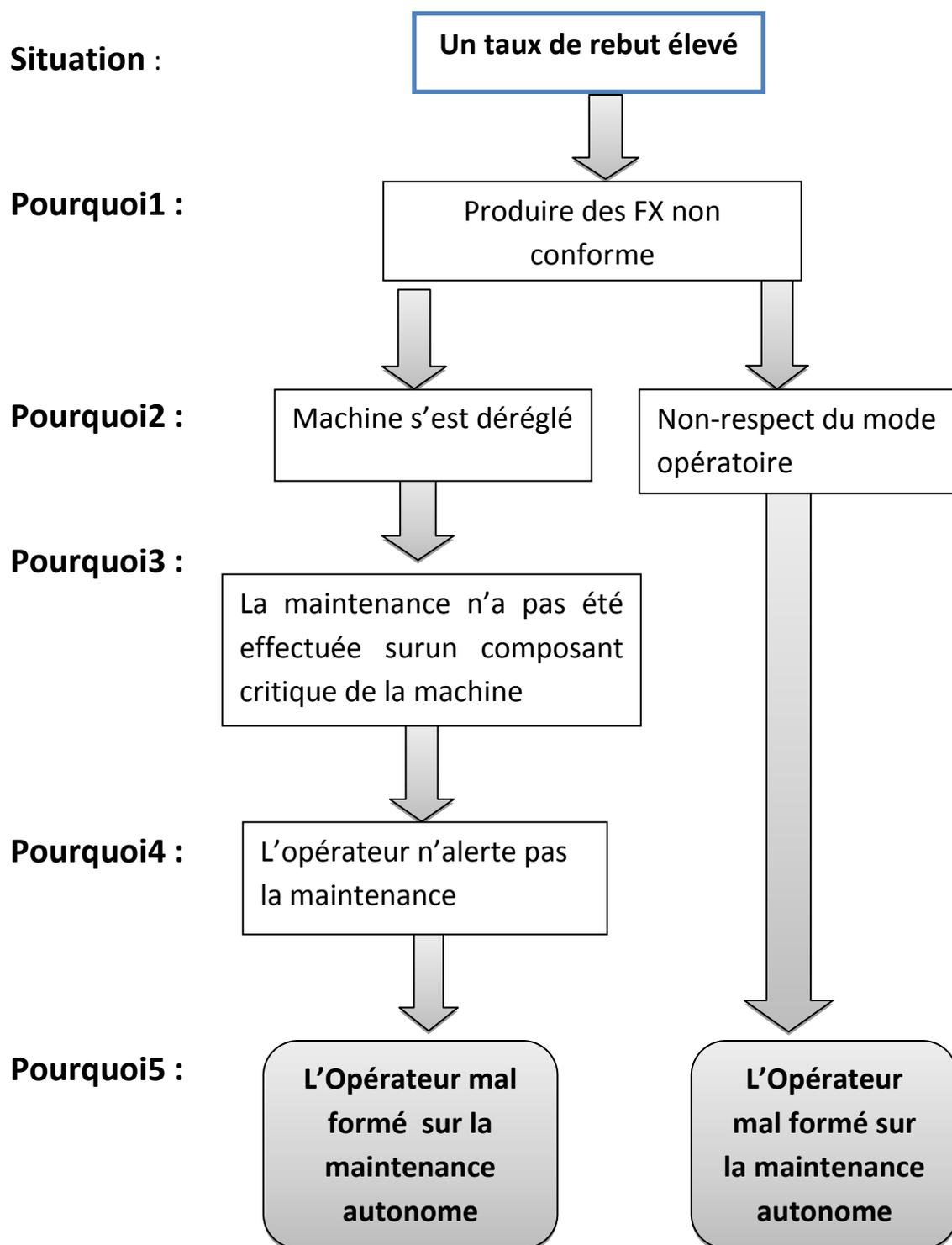


Figure22: Why why analysis des rebus

c) Analyse des causes de baisse de performance :

La formule utilisée par la base de données pour calculer la performance est :

$$T_p = \frac{\text{nbr de fils coupé} * \text{temps souhaité}}{\text{temps réalisé}}$$

Après quelques GEMBA (un tour d'observation dans l'usine) sur le terrain, nous avons eu recours au Why why analysis pour illustrer le graphe des causes :

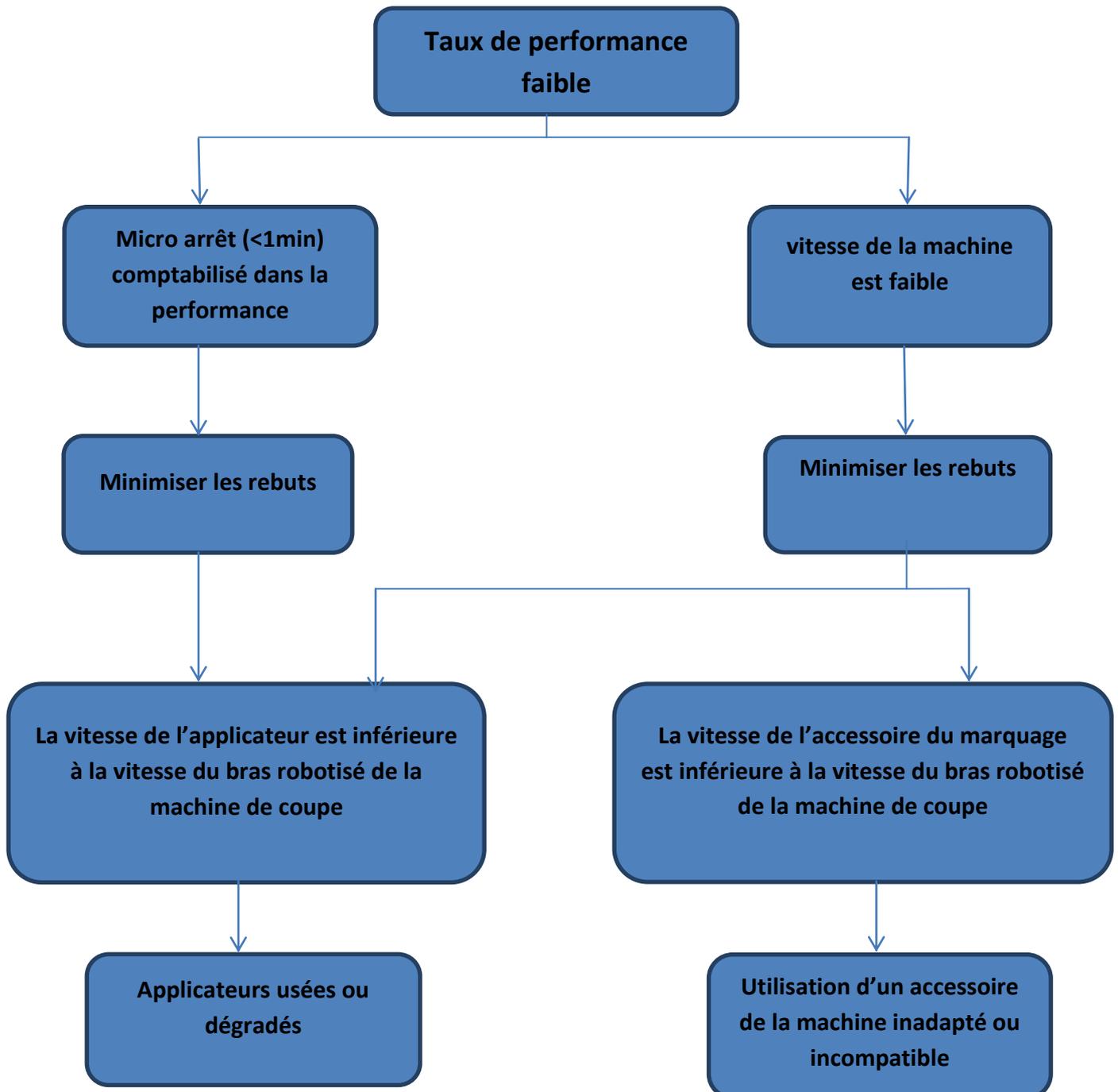


Figure23: Why why analysis de performance

D'après l'analyse que nous avons faite, nous avons abouti aux causes racines du problème du taux de performance faible :

- Appicateurs usées ou dégradés : l'opérateur est obligé de réduire la vitesse de la machine pour qu'elle suive le mouvement du processus de fabrication.
- Utilisation d'un accessoire de la machine inadapté et incompatible : quelque version de KOMAX n'avait pas d'options de marquage. Pour avoir une traçabilité, Leoni a été contrainte d'ajouter une imprimante de marquage mais malheureusement il s'avère que cet accessoire ne peut suivre la vitesse de la machine, et c'est le même problème pour la partie spécifique ajoutés dans la machine.

d) Analyse des causes de baisse de disponibilité :

La formule utilisée par la base pour calculer la disponibilité est :

$$T_d = \frac{\text{Temps totale de travail} - \text{Somme des arrêts}}{\text{Temps total de travail}}$$

D'après la formule nous constatons que si le taux de disponibilité baisse, cela est dû aux temps d'arrêts qui sont élevés. Ainsi, pour analyser le taux de disponibilité, il faut d'abord analyser les temps d'arrêts.

Comme indiqué au début, la machine Gamma 333 rencontre plusieurs arrêts gênant, donc nous allons analyser les temps d'arrêts, puis on va appliquer la loi de Pareto.

Pour bien cerner notre objectif, un PDCA (Plan Do Check Act) a été réalisé, une problématique générale a été développée après accord des différents membres de projet :

Il existe des machine dont le remplissage d'OEE est automatique il est intégré dans le système TopWing, c'est plus rapide, efficace et plus exacte.

✓ **Suivie & mise en place des codes des arrêts :**

On a fait un suivi de trois semaines, pour collecter les différents arrêts que la machine rencontre. Ceci est représenté sous forme de tableau suivant :

Code	Type arrêt	Cumul d'arrêts (min)	Pourcentage (%)	Cumul des pourcentages (%)
A7	Problème d'insertion CTN	265	49	49
A9	Opérateur arrête suite au manque de peinture sur CTN	85	16	65
A6	Problème transfert de grappe	80	15	80
A4	Mauvais déroulage du fil	60	11	91
A1	Splice collé dans l'outil 601	30	5	96
A3	Jumelage du fil dans Splice	20	4	100
A5	Changement poinçon-enclume 601	0	0	100
A8	Opérateur arrête suite au défaut d'insertion CTN	0	0	100
A2	Décalage Splice dans outil 601	0	0	100
A10	Opérateur arrête suite aux défauts divers de qualité	0	0	100
A11	Arrêts divers (réunion, formation...)	0	0	100

Figure5 : Suivie des arrêts

✓ Réunion kick Off :

Après le suivi et la collecte des arrêts et la mise en place des codes, on a fait une réunion kick Off, avec le chef segment, le responsable OEE, les teams speaker, les superviseurs, les opérateurs, afin d'expliquer notre objectif et pour faire un OK démarrage du projet.

✓ Formation des opérateurs :

On a fait une réunion avec les opérateurs, pour but de les former sur la manière de remplissage des fiche OEE.

✓ Récolte de données :

Après le kick Off, les opérateurs ont commencé le remplissage. Pendant deux semaines on prend les fiches chaque jour chez le service qui saisit ces données dans une base et fait les calculs nécessaires.

✓ Résultat Pareto :

Notre analyse et recherche des causes est fondé sur les résultats du suivi par machine qui s'est étalé sur trois semaines afin d'identifier les arrêts les plus fréquents et de pouvoir mener la résolution du problème efficacement. Et pour mieux exploiter ces résultats, nous avons utilisé le diagramme de Pareto pour bien classer les arrêts par ordre d'importance :

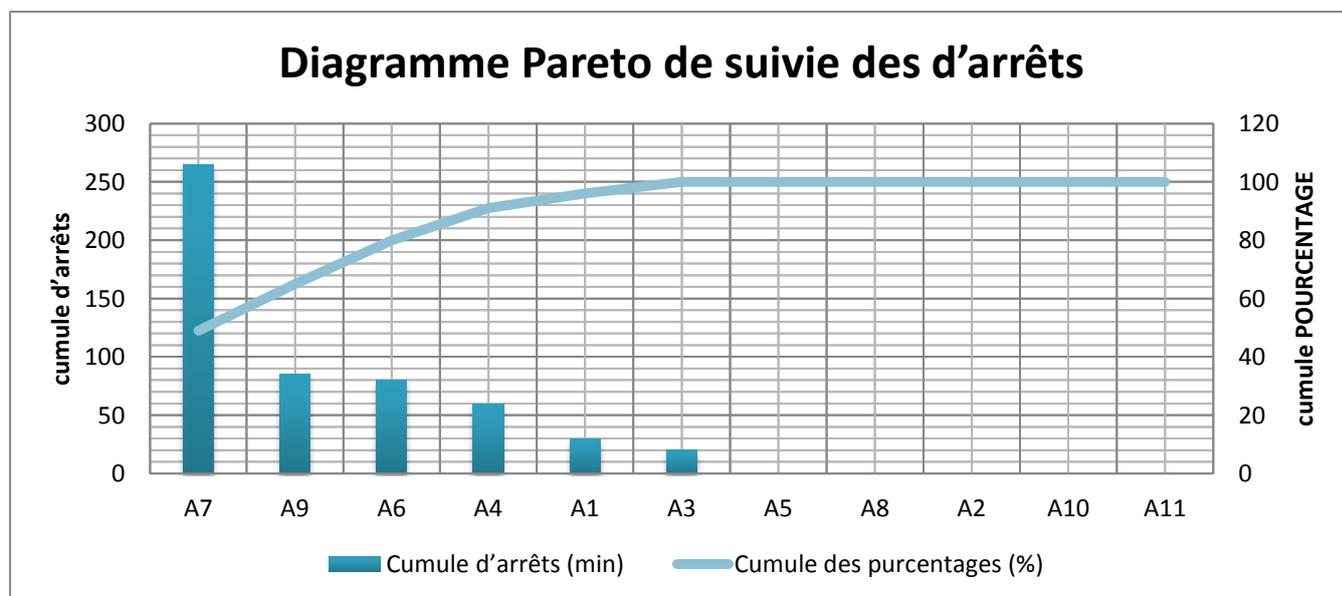


Figure25 : Diagramme de Pareto

Vu les nombres, on ne s'intéressera qu'aux problèmes dont les codes sont : A7, A9, A6, A1, A3.

La machine rencontre d'autres problèmes qui ne sont pas liés à la machine, mais plutôt à la bobine, à savoir :

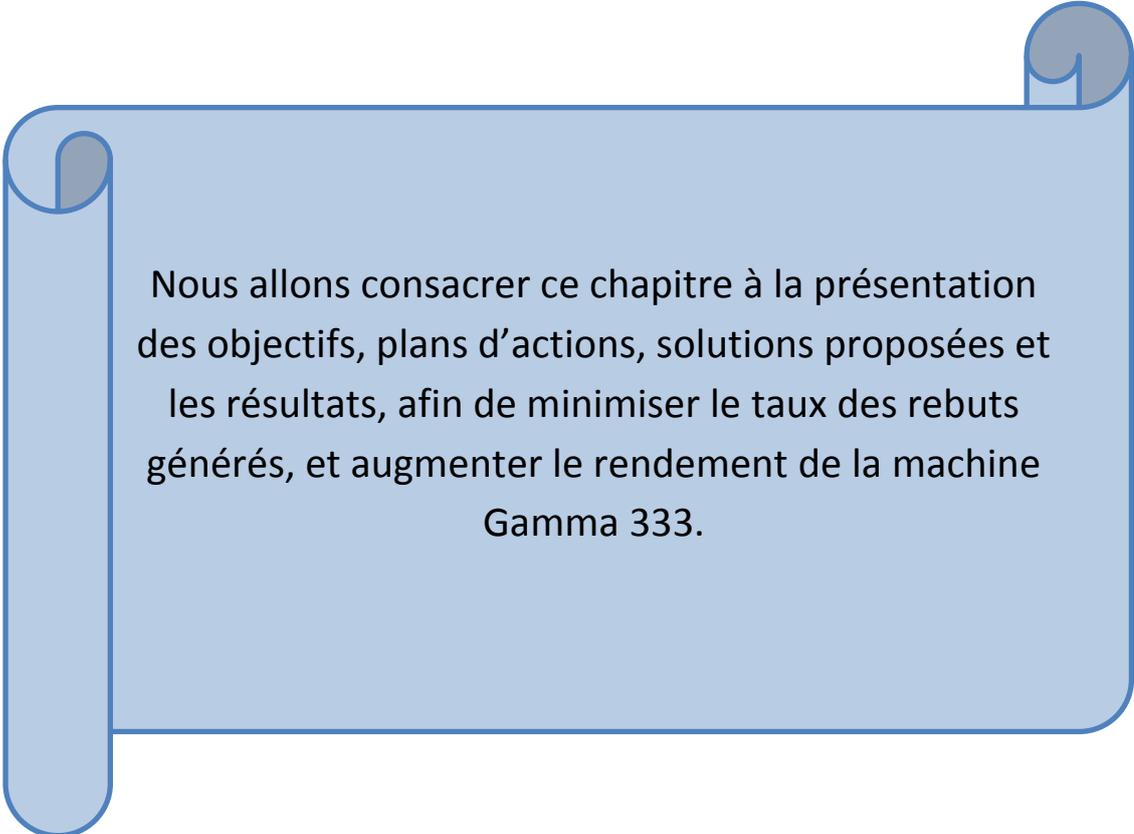
- Collage du fil
- Problème de redressement du fil
- Mauvais déroulage du fil

✓ Réunion 5min/Jour :

Comme on l'a déjà mentionnée, une fois l'étape de la réalisation est achevée, on entame cette étape qui consiste à contrôler que notre travail correspond bien à ce qui était prévue. On fait une réunion de 5min chaque jour avec l'équipe pour contrôler le travail de chaque membre du groupe.

Chapitre IV :

Présentation des solutions et leur impact économique



Nous allons consacrer ce chapitre à la présentation des objectifs, plans d'actions, solutions proposées et les résultats, afin de minimiser le taux des rebuts générés, et augmenter le rendement de la machine Gamma 333.

PARTIE 1 : PLANS D' ACTIONS

Dans cette partie toute l'importance sera consacrée aux problèmes les plus critiques cités avant, et nous allons proposer des solutions d'amélioration, afin de trouver d'éventuelles solutions.

I. Amélioration d'OEE :

Nous avons fixé, dans un premier temps, un objectif de : OEE=45%. On va considérer juste les deux paramètres : **la disponibilité** et **la performance**. La qualité sera prise égale à 100%. Soit :

- Disponibilité= 58%
- Performance= 78%

1. La performance

Le schéma synoptique d'une machine de coupe : **(Réf [3])**

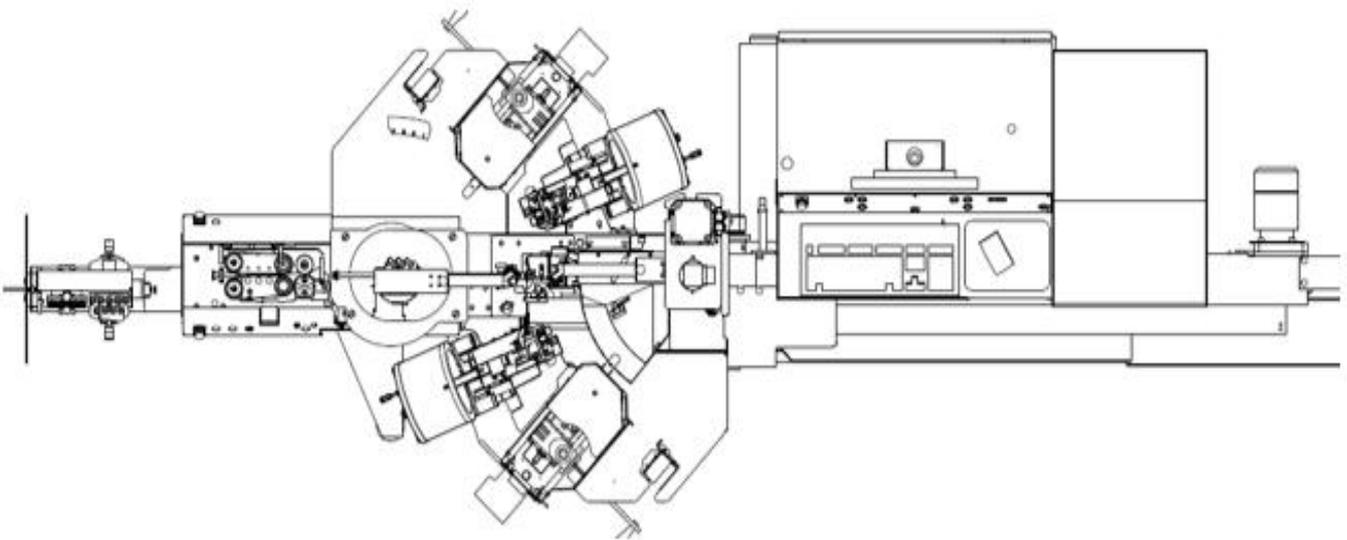


Figure26 : Schéma synoptique d'une machine de coupe

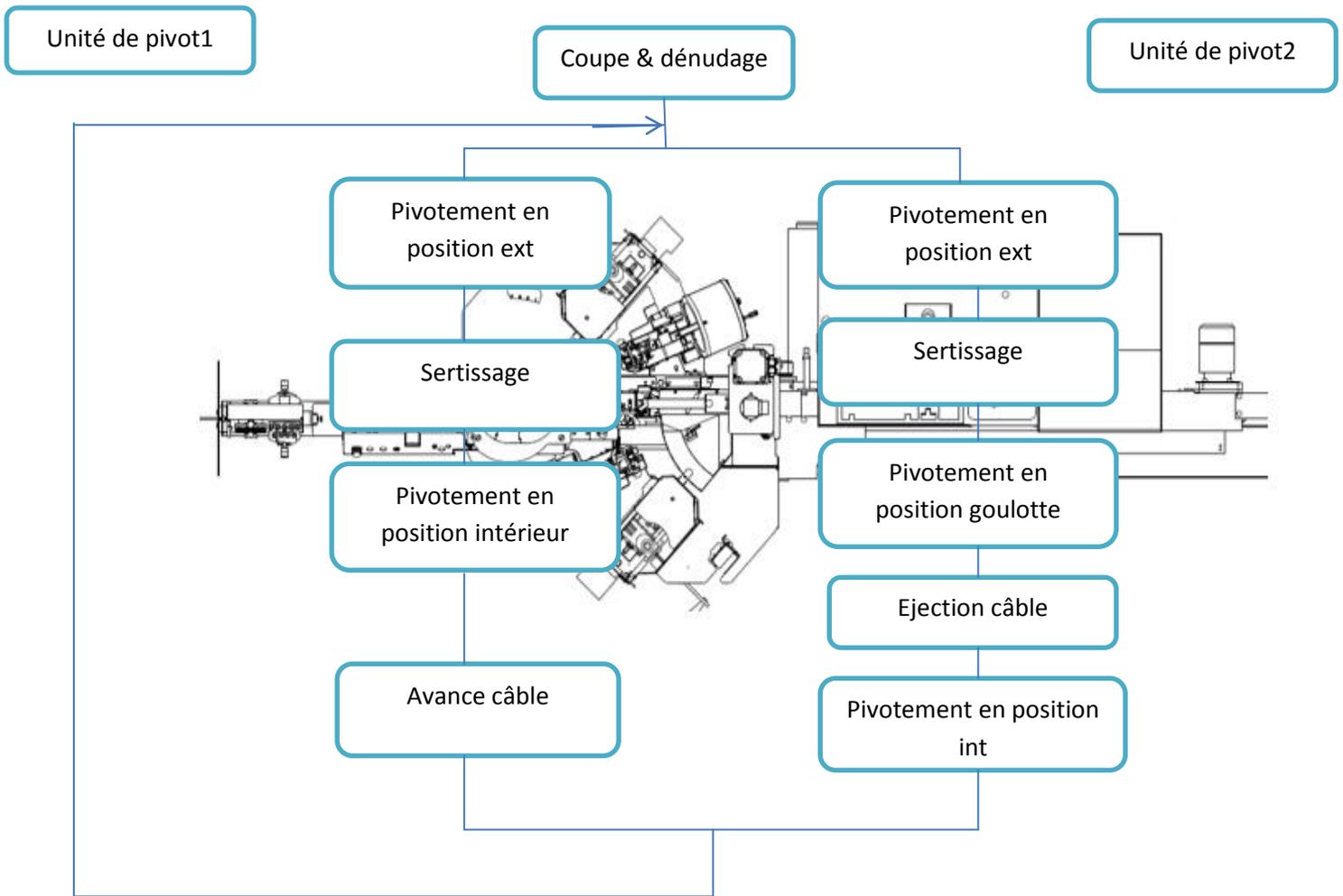


Figure27 : Schéma synoptique d'une machine de coupe

Voilà le système interne qui gère la coupe, et conduit la machine en mode production :

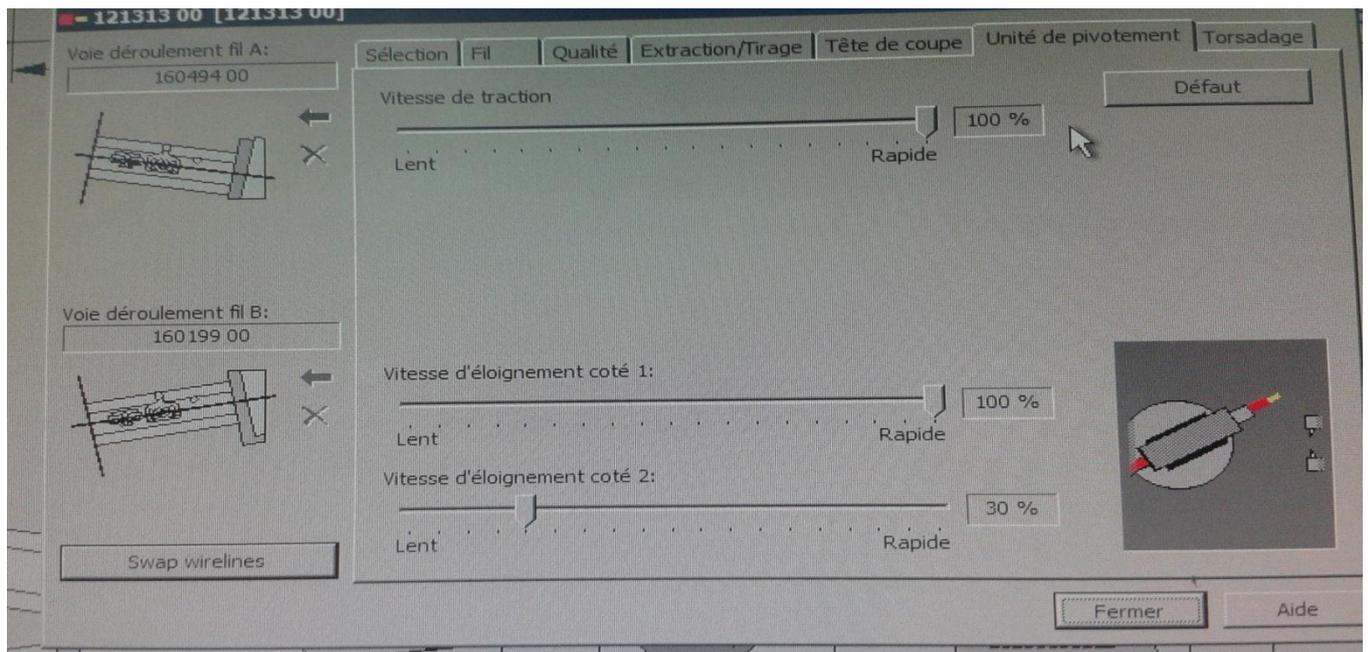


Figure28 : paramètres internes de performance

On a fait une étude expérimentale pour déterminer les paramètres ayant une influence sur la performance. On a pris un câble de référence définie avec une longueur de 1080 cm. La valeur mesurée sans modification est 2800 faisceaux pour une équipe.

On a proposé de faire des changements précis dans le système interne du logiciel TopWing, voilà ce que nous avons trouvé :

Les actions	Nombre de faisceaux
Vitesse & accélération à 100%	2840
Vitesse & accélération à 100% + Optimisation des Press	2976
Vitesse & accélération à 100% + Optimisation des Press + Temps d'attente pince=0	3120
Vitesse & accélération à 50% + Optimisation des Press + Temps d'attente pince=0	3120
Vitesse & accélération à 100% + Optimisation des Press + Temps d'attente pince=0 + Recoupe fil désactivé	3430
Vitesse & accélération à 100% + Optimisation des Press + Temps d'attente pince=0 + Recoupe fil activé + Double marquage désactivé	3500
Vitesse & accélération à 100% + Optimisation des Press + Temps d'attente pince=30ms + Recoupe fil activé + Double marquage désactivé	3100

Tableau6 : Etude expérimental

Vue cette observation, on peut déduire :

- Pas d'influence lorsque la vitesse est de 50%
- Qualité marquage désactivé rembourse +300 fils
- Temps d'attente rembourse + 400 fils
- Optimisation des Press rembourse +100 fils
- Recoupe désactivé rembourse +400 fils

→ Plan d'action :

Vue à la faible cadence connue par la machine Gamma, pour améliorer sa performance, on a cherché à standardiser les paramètres du processus interne de coupe avec l'aide des agents de PPE (Process Production Engineering) et maintenance :

			Vitesse	Temps d'attente
CÂBLE	ENTRAINEMENT	Accélération	100%	NA
		Temporisation	100%	NA
		vitesse	85%	NA
				NA
	TÊTE DE COUPE	Temporisation après la fermeture pince	NA	0 ms
		Temporisation après coupe de l'isolant	NA	0 ms
		Temporisation après coupe fils	NA	0 ms
		Coupe brins	NA	Activé
	UNITE DE PIVOTEMENT 1	Vitesse traction	100%	NA
		Vitesse d'éloignement côté 1	100%	NA
		Temps d'attente avants ouverture		0ms
		Temps d'attente après ouverture		30 ms
	UNITE DE PIVOTEMENT 2	Vitesse traction	100%	
		Vitesse d'éloignement côté 1	100%	
		Temps d'attente avants ouverture	NA	0ms
		Temps d'attente après ouverture	NA	30 ms
Terminal (co)	PRESSE DE SERTISSAGE COTE 1	Optimisation presse		on
		Vitesse de départ après traitement	100%	NA
		Vitesse de processus	100%	NA
		Vitesse de cycle	100%	NA
	PRESSE DE SERTISSAGE COTE 2	Optimisation presse		on
		Vitesse de départ après traitement	100%	NA
		Vitesse de processus	100%	NA
		Vitesse de cycle	100%	NA
Joint	POSE JOINT	Vitesse de départ après traitement	100%	NA
		Mode slow	NA	off
		Temps d'attente	NA	200ms
Imprimant	Imprimante	Vitesse de cycle	75%	NA
		Double qualité de marquage	NA	OFF

Tableau 5 : Standardisation des paramètres performance

2. La disponibilité :

Dans LEONI, les agents de maintenance n'assument pas seulement une fonction « curative » ils doivent de plus en plus anticiper les dysfonctionnements et prévenir les pannes...une première mission essentielle car elle vise finalement à réduire les coûts de production.

Deuxième mission, l'agent assure le dépannage et les réparations. Lorsqu'une panne survient, il suit un protocole strict. Il commence par couper l'alimentation électrique, puis il s'efforce de déceler l'origine du dysfonctionnement et d'analyser avec recul le problème, enfin il effectue, si c'est possible, la réparation nécessaire. Tout au long de son activité, l'agent a également une préoccupation importante : améliorer les modes d'intervention. C'est pour cela on a fait un suivi qui nous a permis de collecter les majeurs problèmes qui limitent le processus de la machine, ce qui permet aux agents de maintenance d'intervenir d'une manière plus rationalisée, et mettre un plan d'action organisé afin de proposer des solutions pour renforcer la sécurité et la disponibilité de la machine et satisfaire le besoin client.

II. Réduction des rebuts

On sait que dans l'état actuel, le taux de rebuts est 12,33 Kg pour un jour, et ceci est loin du taux normale fixé par la société :chaque machine de coupe a un taux de rebut 8 Kg par jour à ne pas dépasser.

Tout d'abord nous avons fixé un objectif de 10 Kg, et on a séparé les rebuts :

- **Rebuts machine**
- **Rebuts de préparation**
- **Rebuts de non conforme**

Puis on a met le plan d'action suivant :

Objectif : Gestion et réduction rebut 12,33Kg → 10Kg

Etape 1 : Analyse et traitement rebut machine

- ❖ Afficher un suivi et définir l'objectif
- ❖ Former les teams speaker
- ❖ Faire un cahier d'enregistrement rebut par team speaker
- ❖ Séparer les rebuts d'essais et rebuts machine afin de traiter les problèmes machine
- ❖ Définir un seuil d'alerte rebut par machine

Etape 2 : Analyse et traitement rebut préparation

Suite à une première analyse, le seul problème qui génère les rebuts c'est les essais qualité avec des fils bons

- ❖ Créer une gamme de coupe pour les essais avec une longueur bien définie et voir la possibilité de travailler avec les bobines stock mort
- ❖ Equiper chaque machine avec un support pour les essais

Etape 3 : Analyse et traitement rebut des non conforme

- ❖ Préparer un rack à trois casiers pour traitement du non conforme de chaque équipe.
- ❖ Equiper chaque casier d'un dossier de traitement

PARTIE 2: LES RÉSULTATS OBTENUS

Après avoir proposé les solutions, on a collaboré avec les agents de maintenance, et on a commencé d'appliquer les plans d'actions cités avant.

1. OEE

➤ **Tableau de donnée OEE :**

On a fait un suivi de 18 jours, on trouve ci-dessous les résultats obtenus.

	OEE	Disp	Perf
04-mai	41.7%	55.9%	74.6%
05-mai	41.9%	55.8%	75.2%
06-mai	42.7%	55.4%	77.2%
07-mai	42.1%	54.7%	77.0%
08-mai	44.9%	59.6%	75.4%
11-mai	40.9%	60.4%	67.8%
12-mai	41.1%	56.4%	73.0%
13-mai	41.2%	55.0%	75.0%
14-mai	41.3%	54.9%	75.3%
15-mai	42.1%	54.0%	78.0%
18-mai	42.7%	57.1%	74.9%
19-mai	44.1%	61.1%	72.3%
20-mai	42.8%	56.7%	75.6%
22-mai	41.0%	54.2%	75.8%
25-mai	43.4%	57.7%	75.3%
26-mai	45.1%	58.5%	77.2%
27-mai	44.5%	57.8%	77.0%

Tableau 6 : Les données OEE

➤ **Graphe de données :**

On a convertit les données du tableau six en graphes pour bien constater notre évolution.

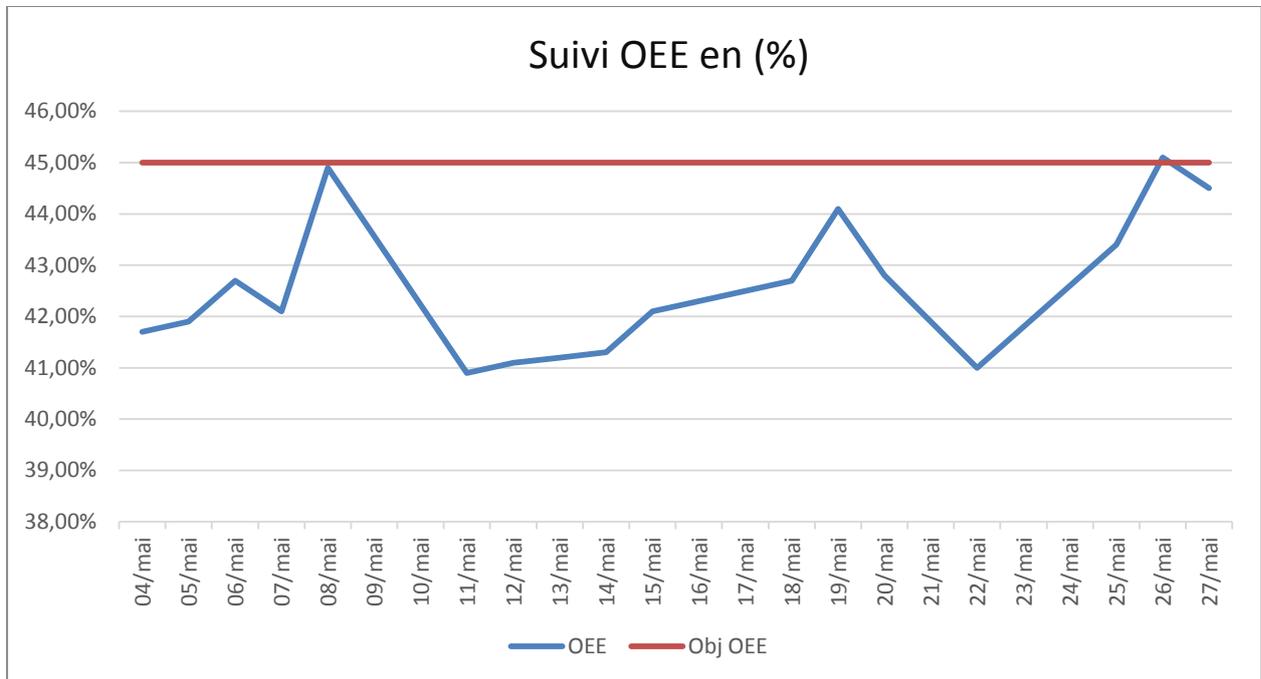


Figure29 : Graphe de données OEE

Nous constatons que la machine a pu atteindre l'objectif mais il n'est pas stable.

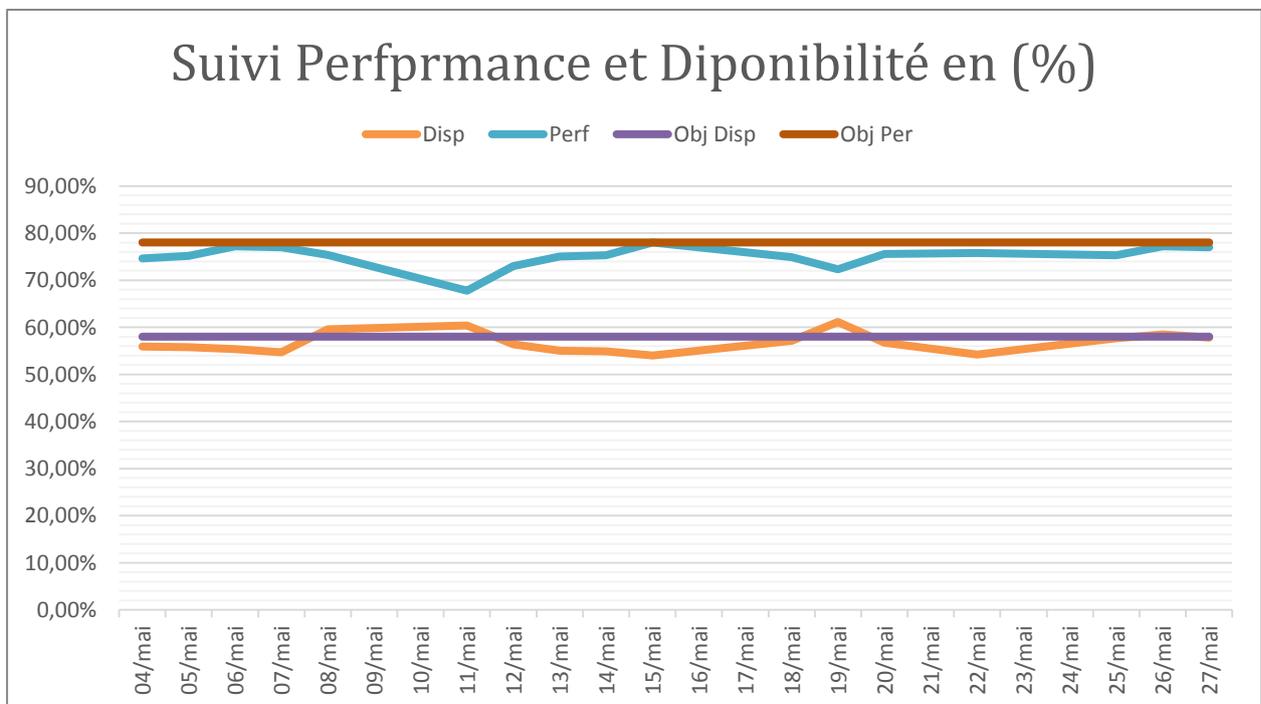


Figure30 : Graphe de données disponibilité & performance

On remarque que les deux indicateurs sont proches de l'objectif.

2. Les rebuts

➤ **Tableau de données rebuts :**

On a pu à l'aide des teams speaker de collecter et pesé les rebuts pour chaque équipe pendant les 18 jours de suivi. Les données sont illustrées dans le tableau suivant :

Date	Pesé en Kg
04-mai	12
05-mai	12,2
06-mai	11,8
07-mai	11,6
08-mai	11,9
11-mai	11,2
12-mai	10,9
13-mai	10,6
14-mai	10,2
15-mai	9,7
18-mai	10,6
19-mai	10,3
20-mai	9,8
21-mai	10
22-mai	10,1
25-mai	9,7
26-mai	10,1
27-mai	9,8

Tableau7 : Les données rebuts

On a trouvé des difficultés pour la récolte de données en weekend, c'est pour cette raison on a concentré notre étude juste dans les jours stables de la semaine

➤ Graphe de données rebuts :

Ces données sont convertit en graphe suivant :

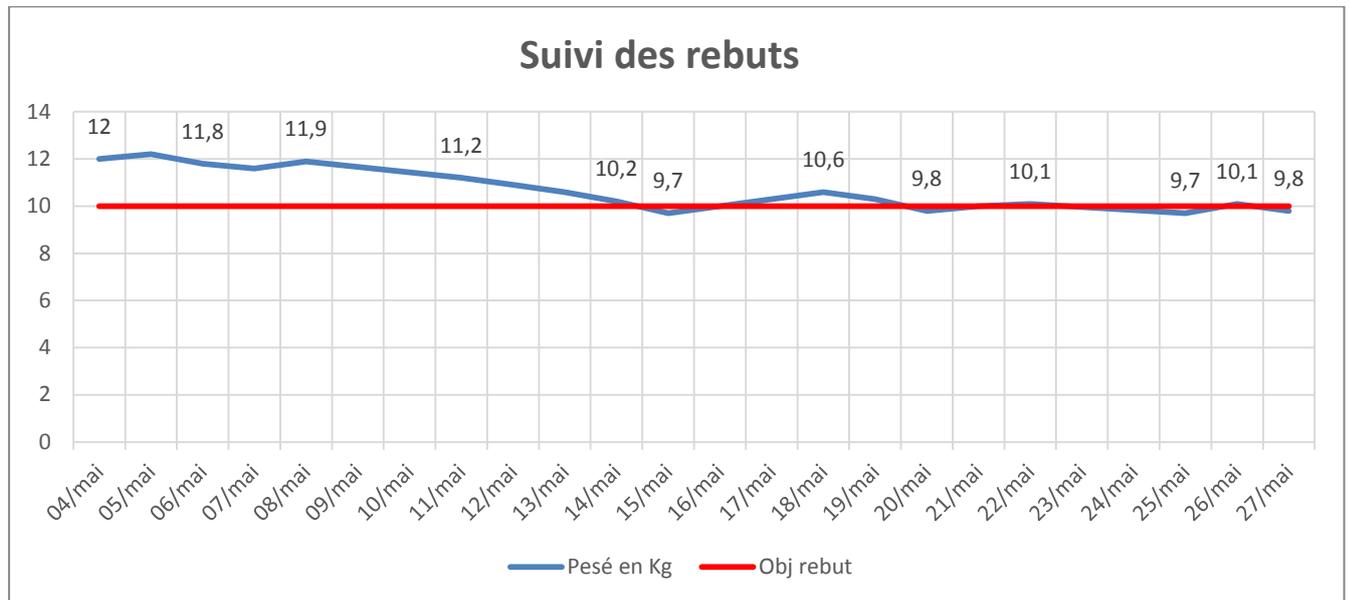


Figure31 : Graphe de données rebuts

Comme synthèse nous avons pu réaliser une diminution du taux rebuts de 12 Kg à 9,8Kg.

Pour chiffrer le gain apporté par les actions proposées, on a traduit les rebuts réduits en termes d'argent. D'après le service financier : 1 g/h génère une perte de 257DH /mois.

Notre indicateur a passé de 24g /h à 19,6g/h, alors les pertes mensuelles sont réduites de 19,2%.

On a 24g/h → 6168 DH/mois

Donc 19,2g/h → 4934,4 DH/mois

➔ Les gains annuels réalisés sont :

$$(6168-4934,4)*12= 14803,2 \text{ DH/an}$$

Conclusion & perspective

Leoni adopte une stratégie de qualité et de maintenance bien déterminée afin d'assurer la conformité de leurs produits livrés et de réduire la quantité des câbles rebutés. A cette fin s'oriente notre sujet réalisé au service maintenance. L'objectif du projet consiste à réduire le taux des rebuts et améliorer la performance et la disponibilité au niveau de la machine Gamma 333. En collaboration avec les responsables de la maintenance et de PPE, nous avons pu soulever les causes racines des problèmes, et par la suite proposer des solutions qui ont amélioré l'indicateur OEE, et qui ont réduit l'indicateur de rebut de 24g/h à 19,2g/h. Il faut penser à implanter une TPM (total productivité maintenance) au niveau de la ligne concernée, en formant les opérateurs sur la nécessité de la maintenance autonome et les appliquant dans la généralisation des actions amélioratrices sur tous les moyens de la ligne.

WEBOGRAPHIE ET BIBLIOGRAPHIE

- « *GAMMA 333 PC/PC-B, Large processing range* », KOMAX Wire. [1]
- « *Operating Instructions, Fully Automatic Crimping Machine, Gamma 333 PC* », Komax AG. [2]
- « *EP 1 231 692 B1* », Brevet Européen : Dispositif pour dénuder un câble, KOMAX HOLDING AG. [3]
- <http://www.productivix.com>[4]
- <http://www.automationworld.com>[5]
- <http://www.manager.go.com>[6]
- <http://www.studyrama.com>[8]
- <http://www.qualité-entreprise.blogspot.com>[9]