

# Table des matières

Tables des figures	
Tables des tableaux	
Listes des abréviations	
Glossaire	
Introduction.....	1
<b>Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil, de projet et l'état de l'existant</b>	
I. Présentation de YAZAKI Morocco Kenitra.....	3
I.1 Aperçu sur YMK.....	3
I.2 Fiche signalétique.....	4
I.3 Organigramme et missions de département Ingénierie .....	4
a. Organigramme d'YMK.....	4
b. Département Ingénierie .....	5
II. Câblage d'automobile .....	5
II.1 Généralités .....	5
II.2 Types de câbles.....	6
a. La réception :.....	7
b. La coupe :.....	7
c. Le pré-assemblage :.....	8
d. Le montage :.....	8
e. L'expédition .....	9
Conclusion .....	9
<b>Chapitre 2 : Application de la première étape de la démarche DMAIC – Définir</b>	
I. Présentation du projet .....	11
I.1 Introduction.....	11
I.2 Cahier de charges du projet .....	11
a. Contexte .....	11
a. Objectif du projet .....	12
b. Equipe du projet.....	12
c. Contraintes du projet .....	12
I.3 Planification du projet dans le temps.....	13
I.4 Méthodologie de travail .....	13
II. Présentation du concept Lean Manufacturing et DMAIC .....	14
II.1 DMAIC.....	15
III. Mise en situation .....	15
IV. Problématique.....	16
IV.1 Conception de la ligne.....	18
IV.2 Définition équipe/effectif.....	19
IV.3 Identification des caractéristiques clés.....	19

IV.4 Elaboration de la charte du projet : .....	20
IV.5 Description du flux de production dans les zones P2 et P3 .....	22
Conclusion .....	24

### **Chapitre 3 : Application des étapes de la démarche DMAIC : Mesurer-Analyser**

I. Introduction.....	26
II. Evolution de la productivité et l'efficiency.....	27
a. Les 5 pourquoi (5 why's) .....	28
III. Chronométrage par la méthode YAMAZUMI .....	30
III.1 Définition.....	30
III.2 YAMAZUMI ligne P1MO-PASSENGER.....	31
a. Analyse des postes goulots .....	33
b. Analyse des temps et Conclusion .....	34
IV. Etude des arrêts de la ligne .....	36
IV.1 Etat de l'existant.....	36
IV.2 Analyse des causes d'arrêts .....	38
a. Diagramme ISHIKAWA.....	38
b. Manque de la matière première .....	39
c. Panne de Test électrique.....	39
V. Présentation des défauts qualités.....	40
V.1 Analyse du défaut circuit croisé (AW40) :.....	41
V.2 Diagramme ISHIKAWA du défaut terminal détaché (AB36) .....	42
VI. MUDA .....	42
VI.1 Généralité.....	42
VI.2 Définition des MUDAs.....	43
a. Processus excessif : .....	43
b. Transport : .....	43
c. Mouvements : .....	43
d. L'attente : .....	43
e. Stock : .....	43
f. La surproduction :.....	43
g. La non-qualité :.....	44
VI.3 Identification des MUDAs .....	44
VI.4 Cartographie VSM actuelle de la chaîne de valeur : .....	45
a. La philosophie de la VSM .....	46
b. Cartographie actuelle de la ligne PASSENGER.....	46
Conclusion : .....	48

### **Chapitre 4 : Application des étapes de la démarche DMAIC : Innover et contrôles des améliorations**

I. Introduction :.....	50
------------------------	----

II. Equilibrage des postes.....	50
III. Plan d'action des défauts de qualité .....	60
II.1 Circuit croisé(AW40).....	60
II.2 Circuit manquant(AB36) .....	61
IV. Plan d'action des arrêts de la ligne.....	61
IV.1 Manque de la Matière :.....	61
IV.2 Test électrique.....	62
Conclusion : .....	65
V. Comparaison entre l'état précédent et l'état après l'amélioration .....	65
V.1 Yamazumi .....	66
V.2 Défaut de qualité.....	67
V.3 Productivité .....	67
Conclusion .....	68

**Conclusion Générale**

**Annexe**

**Bibliographie**

**Webographie**

# Table des Figures

Figure 1 :la zone industrielle de YAZAKI Morocco Kenitra .....	3
Figure 2 : Clients d'YMK.....	3
Figure 3 :Organigramme général du groupe YAZAKI.....	5
Figure 4 :Câble électrique.....	5
Figure 5 :Les différents types de câblage .....	6
Figure 6 : Les principaux les composants. ....	6
Figure 7 : Flux de production des câbles. ....	7
Figure 8 : Machines de Sertissage manuel, de Shunk et de Twist successivement. ....	8
Figure 9 : Postes d'insertion, d'enrubannage et du test électrique successivement .....	9
Figure 10 : diagramme de Gantt. ....	13
Figure 11 : La maison de Lean Manufacturing .....	14
Figure 12: Chaîne de production PASSENGER.....	18
Figure 13 : diagramme CTQ.....	20
Figure 14 : SIPOC, flux physique du processus de production. ....	23
Figure 15 : Evolution productivité-Efficience hebdomadaire .....	27
Figure 16: méthodologie 5 pourquoi. ....	29
Figure 17: Yamazumi chart week 8 .....	32
Figure 18: graphe des postes goulôts.....	33
Figure 19: Taux d'occupation. ....	35
Figure 20: diagramme temps d'arrêts.....	37
Figure 21 : Le diagramme des arrêts global. ....	38
Figure 22: <i>Diagramme ISHIKAWA du Matière Première</i> .....	39
Figure 23 <i>Diagramme ISHIKAWA du Matière Première</i> .....	39
Figure 24 : Evolution de DPM.....	40
Figure 25 : Diagramme Ishikawa de circuit Croisé. ....	42
Figure 26 : Diagramme ISHIKAWA du défaut AW26. ....	42
Figure 27 : Chaîne de création de valeur d'un produit. ....	46
Figure 28 : Carte VSM du processus.....	47
Figure 29 : Poste shunk avant et après changement. ....	50
Figure 30 : Sliding system. ....	52
Figure 31 : résultat du changement réalisé au poste 9.....	53
Figure 32 : Résultat d'équilibrage de poste 21 avant et après le changement.....	54
Figure 33 : Les composants de poste 27. ....	55
Figure 34 : Résultat d'équilibrage du poste 28.....	56
Figure 35 : Résultat d'équilibrage du poste 45.....	58
Figure 36 : Résultat d'équilibrage des postes 44 et 46. ....	59
Figure 37 : Résultat d'équilibrage du poste 42.....	59
Figure 38 : aide visuelle. ....	60
Figure 39 : Aide visuelle sur les contres pièces. ....	61
Figure 40 : Standard d'identification.....	61
Figure 41 : Avant application de 2-bin system. ....	62

Figure 42 : Après application de 2-bin system. ....	62
Figure 43 : la représentation du poste test électrique ancien et nouveau. ....	63
Figure 44 : chronométrage des postes. ....	66
Figure 45 : Evolution DPM. ....	67
Figure 46 : productivité et efficience des 4 mois. ....	68

## Table des Tableaux

Tableau 1 :Fiche signalétique de YAZAKI Morocco Kenitra .....	4
Tableau 2 : méthode QQQQCP.....	17
Tableau 3 : Effectif de la ligne PASSENGER .....	19
Tableau 4 : Charte du projet.....	21
Tableau 5 : Application des 5 pourquoi.....	29
Tableau 6 : Répartition de temps de travail dans les postes goulots.....	34
Tableau 7 : Les causes racines des arrêts durant 3 Mois. ....	37
Tableau 8 : Les défauts qualités majeures. ....	41
Tableau 9: Identification des Mudass. ....	45
Tableau 10 : La modification au niveau du schéma et Base de données.....	51
Tableau 11: Déplacement de P2.....	52
<b>Tableau 12: Elimination du MUDA de Poste 9.....</b>	<b>53</b>
Tableau 13 : mise à jours des PM et BOM.....	54
Tableau 14 : Action d'équilibrage des postes 27 et 28. ....	55
<b>Tableau 15 : Fiche d'amélioration des Postes 27 et 28 .....</b>	<b>56</b>
Tableau 16 : Action équilibrage du poste 40.....	56
Tableau 17 : Action équilibrage P45.....	57
Tableau 18 : Action équilibrage P46.....	58
Tableau 19 : Action équilibrage du P42.....	59
Tableau 20 : Action de diminution de AW40. ....	60
Tableau 21 : exemple type de boîte des composants.....	62
Tableau 22 : plan d'action de test électrique.....	65
Tableau 23 : Productivité de 3 dernières semaines.....	67

## Liste des Abréviations

**ATT** : Actuel Takt Time

**BMPV** : B-segment Multi Propose Vehicul

**CT**: Cycle Time

**C.C** : Clip Checker

**CAO** : Cutting Area Optimization

**DPM** : Défaut Par Mille

**GM** : General Motors

**MH** : Man Hour

**NYS** : New Yazaki System

**P1MO** : Meriva Opel

**P1** : La zone de coupe

**P2** : La zone de Pré-assemblage

**P3** : La zone d'Assemblage

**SPS** : Sub-assembly Production System.

**T.E** : Test Électrique

**T.V** : Test Visuel

**TT** : Takt Time

**TVA** : Temps à Valeur Ajoutée

**TVNA** : Temps à Non-Valeur Ajoutée

**YMK** : Yazaki Morocco Kénitra

**WH** : Wire House

## Glossaire

**Efficienc**e : Capacité de produire le maximum de résultats avec le minimum d'effort, de dépense, d'énergie. Elle peut être évaluée à l'aide du rapport Résultats atteints / Ressources mobilisées. Il est important de noter que l'efficienc

**Productivité** : Permet de mesurer le degré de contribution d'un ou de plusieurs facteurs de production (facteurs matériels consommés ou facteurs immatériels mis en œuvre) à la variation du résultat final dégagé par un processus de transformation.

**DPM** : est un indicateur de la performance de qualité. Il permet d'évaluer la qualité d'usine à répondre aux besoins des clients, leurs attentes et leurs exigences au sujet du produit fourni. Ainsi, il permet à l'usine d'obtenir des statistiques sur la qualité de son produit. L'évaluation est exprimée en défaut par mille.

**Processus** : Ensemble des ressources et des activités liées qui transforment des éléments entrants en éléments sortant.

**Main Body** : le câble principal de la voiture est parmi les familles de l'usine.

**Front End** : le câble qui lie l'avant et l'arrière de la voiture.

**Jig-Board (TJIG)** : Planche en bois comprenant le schéma du faisceau, elle sert à assembler les câbles.

**Lay-Out** : Schéma en dimensions réelle du faisceau mettant en évidence ces différents constituants.

**Man-Hour** : Homme-heure, temps nécessaire à un opérateur seul pour effectuer une certaine tâche.

**SCRAP** : le déchet qui est couteux pour l'entreprise représentés par les non-conformités des câbles, en générale ils sont présentés par les défauts qualité.

**Poste goulot** : représenté par le poste le plus chargé dont le temps de cycle dépasse le temps de Takt.

**Shift** : Equipe qui travail une durée de 7,67 h.

**Takt Time** : Le « Takt Time » est la vitesse à laquelle les pièces doivent être produites pour satisfaire la demande client.

**Cycle time** : le temps réel que passe chaque opérateur pendant l'exécution de ses tâches, il est obtenu par chronométrage.

**TE** : le temps élémentaire nécessaire pour effectuer les tâches du poste sans aucune perte, c'est le temps que paye le client.

**TD** : le temps de déplacement ce sont les déplacements que fait l'opérateur, par exemple pour amener la matière première, c'est-à-dire les tâches utiles sans valeur ajoutée (non payé par le client).

**Pertes** : toute tâche sans valeur ajoutée est incluse dans ce terme comme les attentes.

**KSK** : Knuden Spezifischer Kabelsafb dont la traduction française « Câblage électrique Spécifique du Client » n'a rien d'autre que la traduction du juste à temps et du juste en séquence, plus adapté au domaine du câblage automobile. C'est un système de production tiré par le client dont le principe est de produire ce que le client a commandé juste au bon moment ni en avance.

## Introduction

Le développement de marché automobile à imposer aux différentes sociétés fabricant des faisceaux de câbles de s'adapter à l'évolution de domaine par la recherche continue de la minimisation des couts de production, qualité...

A l'insatisfaction des responsables de **projet GM** de retard d'atteindre les objectifs, j'ai été assigné au département **ingénierie** afin de répondre aux objectifs pour atteindre une **productivité de 80%**.

A la première semaine de stage, la **productivité** des câbles variait entre **30 % et 35 %**, ce qui est loin d'être l'objectif fixé avant. Pour y répondre, nous avons adapté la méthode **Lean Manufacturing** afin d'éliminer tous les type de muda et d'équilibrer la répartition de la charge de travail tout en améliorant le processus.

Le travail que nous avons effectué vient de répondre à la réduction de tous gaspillages du projet General Motors qui est un projet managé par la société **YAZAKI Morocco Kénitra (YMK)**. La répartition de mon rapport comporte cinq grands chapitres présentant la démarche DMAIC suivie pour la mise au point et l'organisation de cette mission.

**Le premier chapitre** décrit l'organisme d'accueil en présentant le système de production, ses objectifs et les moyens utilisés pour son déploiement.

**Le deuxième chapitre** expose le contexte général du projet en définissant la problématique et le cahier des charges, le concept du projet, les états des lieux et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs prescrits de ce stage.

**Le troisième chapitre** sera consacré au mesure et à l'analyse de l'existant, pour cela nous devons avoir une idée très précise des sources d'insatisfaction et des paramètres à modifiés pour atteindre la performance attendue.

**Le quatrième chapitre** décrit les déférents actions d'améliorations appliqué pour résoudre les problèmes que j'ai déterminé dans le chapitre précédent, plus je vais montrer les résultats obtenus par l'application de ses actions.

# Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil, de projet et l'état de l'existant

Ce chapitre comportera une esquisse sur le lieu du projet de fin d'études à travers une description du groupe **YAZAKI**, et en particulier **YAZAKI Marzocco Kenitra (YMK)**.

# I. Présentation de YAZAKI Morocco Kenitra

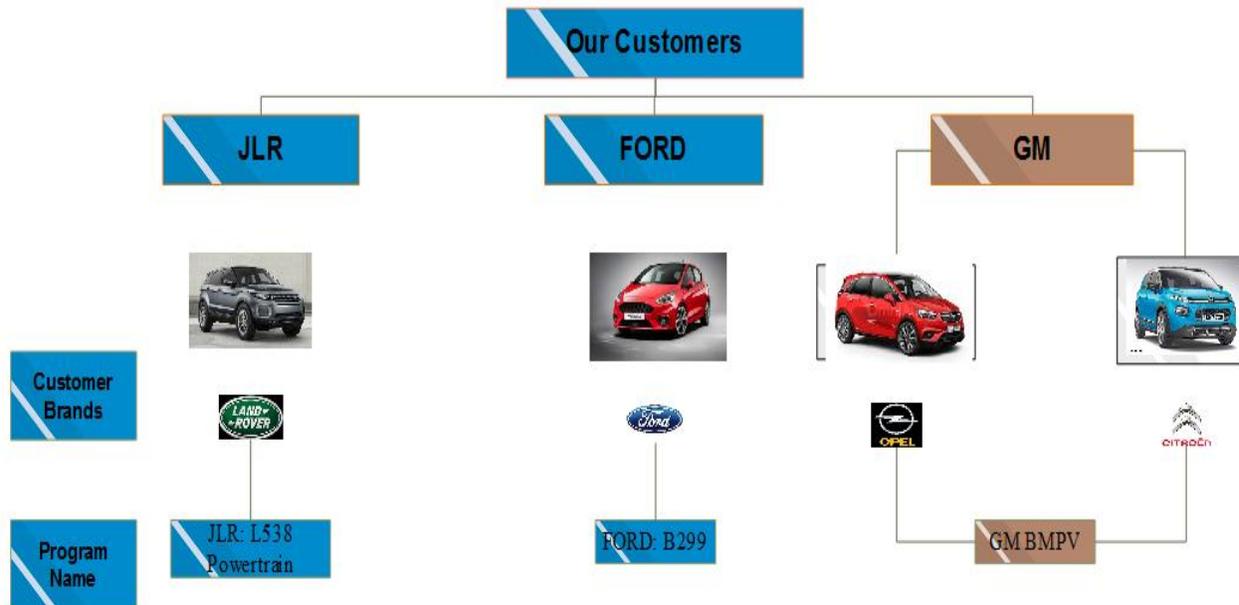
## I.1 Aperçu sur YMK

Le groupe YAZAKI a installé un deuxième site de câblage automobile au Maroc à Kenitra, figure 1, qui devient de plus en plus un pôle industriel spécialisé particulièrement dans la fabrication d'équipements pour l'automobile.



**Figure 1 : la zone industrielle de YAZAKI Morocco Kenitra**

YMK est le deuxième site du YAZAKI au Maroc après celui situé dans la zone franche de Tanger. Son activité principale est le câblage pour automobile et que la totalité de sa production de câbles électriques est destinée pour l'équipement des marques Jaguar, Land Rover, Opel Meriva et PSA. Les clients de YMK sont présentés dans la figure 2 :



**Figure 2 : Clients d'YMK.**

## I.2 Fiche signalétique

La fiche signalétique de la société Yazaki de Kenitra est donnée dans le tableau 1.

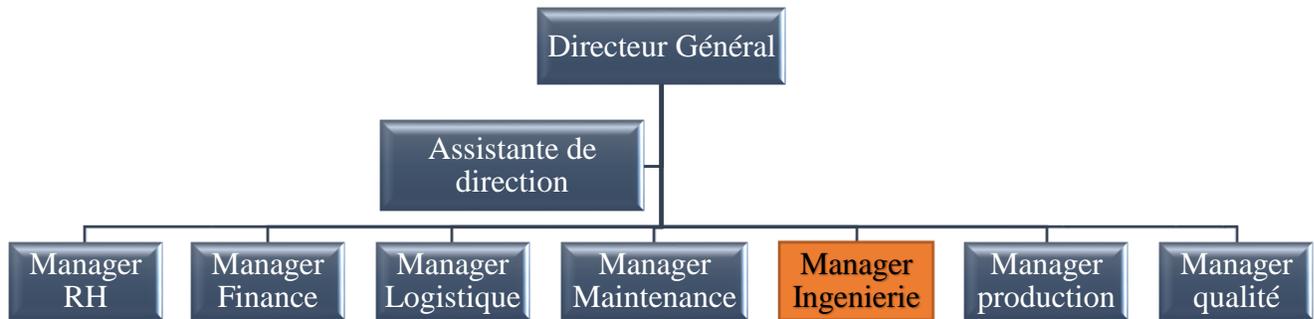
<b>Fiche signalétique de YAZAKI Kenitra</b>	
<b>Création</b>	Juillet 2010
<b>Statut juridique</b>	S.A : Société Anonyme avec un capital de 90 000 000 Dhs
<b>Activité principale</b>	Fabrication de faisceaux de câbles pour l'automobile.
<b>Directeur Général</b>	Abdeslam BENJELLOUN
<b>Effectifs</b>	3500
<b>Clients</b>	Land Rover, Ford, Jaguar électrique, General Motors (GM) ...
<b>Fournisseurs</b>	COFICAB, NEXANS...
<b>Chiffre d'affaire</b>	500 à 1000 Millions Dhs
<b>Coordonnées</b>	<b>Adresse :</b> Route de Tanger km. 9, Nkhakhssa - 14000 Kenitra <b>Téléphone :</b> 05 37 36 96 00 <b>Site internet :</b> <a href="https://www.yazaki-group.com/global/">https://www.yazaki-group.com/global/</a>

**Tableau 1 :Fiche signalétique de YAZAKI Morocco Kenitra**

## I.3 Organigramme et missions de département Ingénierie

### a. Organigramme d'YMK

Un aperçu sur les liens fonctionnels, organisationnels et hiérarchiques d'YMK est schématisé dans la figure 3.



**Figure 3 :Organigramme général du groupe YAZAKI.**

### b. Département Ingénierie

Il a pour mission la gestion et l'implantation des nouveaux projets, le suivi des changements demandés par les clients, ainsi que l'adaptation des procédés des fabrications conformément aux règles définies par les Directions Engineering et qualité du groupe.

## II. Câblage d'automobile

### II.1 Généralités

Le câblage électrique d'un véhicule est un ensemble de fils assemblés, figure 4, permettant de :

- Relier l'ensemble des composants électriques et électroniques du véhicule.
- Alimenter en énergie l'ensemble des équipements et assurer la distribution électrique.
- Transmettre les commandes entre les différents équipements électriques.

L'architecture du câblage est définie par son parcours au sein du véhicule, elle peut être aussi complexe que variée.

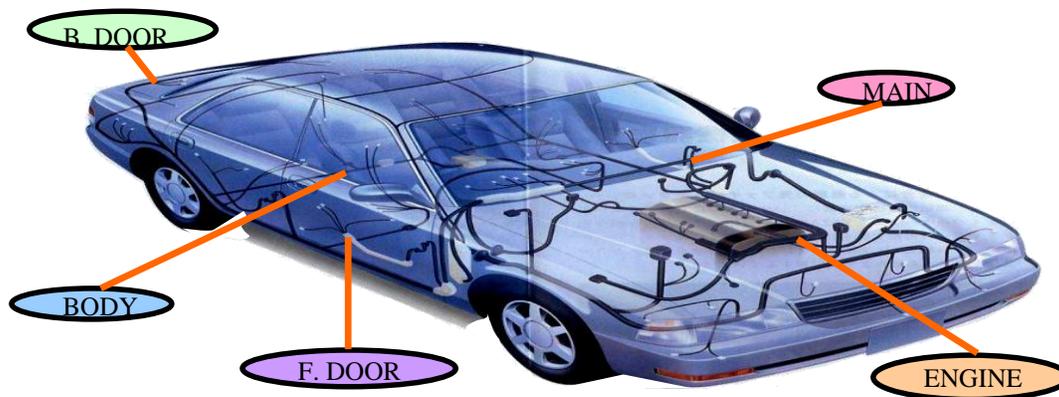


**Figure 4 :Câble électrique**

## II.2 Types de câbles

Dans une voiture, plusieurs types de câbles peuvent être distingués entre eux, figure 5. Cette **différence** est très utile pour faciliter certaines tâches de montage et de réparation en cas de panne électrique dans l'automobile. Ainsi, on peut distinguer entre plusieurs familles de câbles :

- ✓ Câblage principal (Main).
- ✓ Câblage moteur (Engine).
- ✓ Câblage sol (Body).
- ✓ Câblage portes (Doors).
- ✓ Câblage toit (Roof).



✓

**Figure 5 : Les différents types de câblage**

Les principaux composants d'un faisceau électrique sont présentés dans la figure 6.

	<p><b>Fil conducteur</b> Assure la continuité du courant électrique d'un point à un autre.</p>		<p><b>Matériel de protection</b> Protège le câble et ses composants des surcharges du courant</p>
	<p><b>Terminal</b> Assure une bonne connexion entre fil(s) électrique(s) et</p>		<p><b>Clips et Agrafes</b> Sert à la fixation du câble à la carrosserie d'automobile</p>
	<p><b>Connecteur</b> Recueille les terminaux dans un circuit débranchable, accouplé et isolé.</p>		<p><b>Accessoires</b> Permettent une protection et une isolation du câble</p>

**Figure 6 : Les principaux les composants.**

Le processus de production des câbles d'automobile est composé des grandes étapes schématisées dans la figure 7.

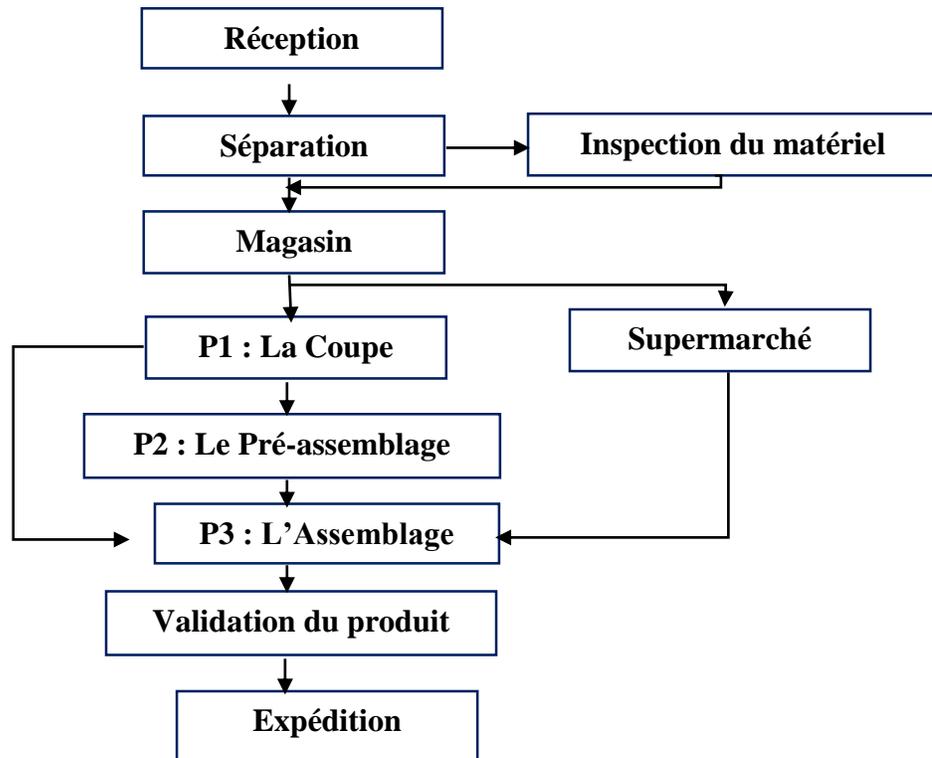


Figure 7 : Flux de production des câbles.

a. La réception :

La Matière première, reçue auprès des fournisseurs des bobines des fils amant, des composants, des outils et outillages, est passée par une séparation et une inspection avant d'être stockée dans le magasin.

b. La coupe :

C'est la première phase dans le processus de production effectuée dans la zone dite P1. Elle consiste à découper les fils électriques réceptionnés sous forme de bobines selon l'ordre lancé par le système CAO suivant le principe du Kanban. La coupe est réalisée à l'aide de deux types de machines à savoir la :

**KOMAX** : est la plus utilisée pour la coupe des fils de petites et moyennes sections (5 à 20 mm).

**SHELINGUER** : utilisée pour la coupe des fils de grande section (25 mm).

Les opérations assurées par ces machines sont :

- **La coupe** : Consiste à couper les fils suivant les longueurs désirées.
- **Le dénudage** : Consiste à enlever l'isolant à l'extrémité du fil afin de dégager les filaments.
- **Le sertissage** : Consiste à réaliser la jonction d'un terminal-fil(s) conducteur(s).
- **L'insertion des bouchants** : A l'extrémité des fils afin d'assurer l'étanchéité lors du contact terminal-connecteur.

c. **Le pré-assemblage :**

C'est la 2<sup>ème</sup> phase traitant une partie des fils coupés dans une séquence d'opérations à savoir :

- **Le sertissage manuel des terminaux** : Pour les fils de grande section, figure 8.
- **Le soudage ultrason (Shunk)** : Consiste à réaliser des épissures unissant un ou plusieurs fils.
- **Le torsadage (Twist)** : des deux fils pour les protéger des variations des champs magnétiques, figure 8.
- **L'insertion des accessoires** : Tels que les bouchants...



**Figure 8 : Machines de Sertissage manuel, de Shunk et de Twist successivement.**

d. **Le montage :**

Dite aussi phase d'assemblage des différents composants afin d'obtenir le câble final, figure 9. Elle est accomplie généralement par l'exécution des trois grandes phases dont les opérations varient selon la nature et la famille du câble **préparé**, et qui sont :

- **L'insertion** : Consiste à insérer les terminaux des circuits dans les connecteurs qui leurs correspondent manuellement suivant des normes d'opération disponibles pour les opérateurs.
- **L'enrubannage** : Consiste à recouvrir les fils une fois insérés par des rubans et des protecteurs sur un convoyeur linéaire (QE ligne : Quality Efficiency line) ou rotatif (Carrousel) en fonction de la taille et de la complexité du câble.

- **L'inspection et le test** : Les tests standards réalisés sur le câble sont le :
  - Test électrique : en testant la continuité électrique tout au long du câble, figure 9.
  - Clip Checker : une insertion et une vérification des clips.
  - Test vision : pour l'assemblage des boîtes fusibles.
  - Test visuel : d'une cadence d'une à deux fois afin de vérifier les longueurs...



**Figure 9 : Postes d'insertion, d'enrubannage et du test électrique successivement**

**e. L'expédition :**

Une fois emballés à la fin de chaque ligne d'assemblage, les câbles sont mis par huit dans des cartons. Ces cartons sont transportés par palettes vers la zone d'expédition qui s'occupe du transfert de la marchandise vers l'entrepôt mondial de **YAZAKI** en Belgique puis vers ses clients finaux.

## Conclusion

Nous clôturons ce chapitre en ayant décrit le groupe **YAZAKI** et particulièrement le site fraîchement inauguré de Kenitra (**YMK**).

# C

## hapitre 2 : Application de la première étape de la démarche DMAIC – Définir

Ce chapitre sera dédié à la première étape de la démarche **DMAIC** : Définir, où nous allons d’abord définir le contexte général du projet en définissant la problématique et le cahier de charge, ensuite la problématique, les limites de remise en cause, l’équipe de travail...

Et pour bien mener cette étape, on va utiliser les outils suivants :

- ✓ Formulation du problème par la méthode **QOOQCP**.
- ✓ Mieux comprendre les attentes clients à l’aide du diagramme **CTQ**.
- ✓ Identifier le processus et son environnement :  
Diagramme **SIPOC**.

## I. Présentation du projet

### I.1 Introduction

De plus en plus, les exigences des clients augmentent, surtout dans le domaine automobile, cette réalité pousse les sociétés de câblage à présenter le meilleur de leurs produits. De ce fait, **YMK** vise en permanence à lancer des projets d'améliorations dans les différents secteurs afin d'optimiser et maîtriser son système de production et améliorer sa productivité et son efficacité.

Afin de livrer le bon produit en respectant le coût, délai et qualité, un projet de fin d'études qui porte sur « Amélioration de la productivité de la ligne **PIMO** du projet **GM** » a été décidé.

Ce projet se déroule dans les zones P2 (pré-assemblage) et P3(Assemblage) du projet **GM (OPEL MERIVA)**. Ce client est exigeant concernant la qualité des produits, la date de livraison ainsi que la quantité demandée. Le système de production actuel rencontre plusieurs problèmes de qualités dans ces deux zones ce qui gêne les objectifs de la productivité, l'efficacité et augmente le taux de rebut (SCRAP).

Dans ce contexte, l'entreprise est obligée de définir clairement sa stratégie et fixer les orientations générales en fonction notamment des évolutions des technologies et des marchés. Il doit aussi, analyser les processus de production et se lancer dans une démarche d'amélioration continue et de progrès. Pour cette raison les indicateurs de performance qui rendent compte du fonctionnement des lignes de production, apparaissent comme des outils essentiels pour évaluer leur performance et améliorer leur pilotage. Mais, quels sont les facteurs influençant la productivité et l'efficacité, et comment peut-on les augmenter ?

### I.2 Cahier de charges du projet

#### a. Contexte

Ce projet de fin d'études a pour but d'étudier et d'analyser tous les problèmes concernant les indicateurs de performance de la ligne PASSENGER du projet «**GM (OPEL MERIVA)** » dans les phases d'assemblage et pré-assemblage tout en se focalisant sur la valeur ajoutée du produit, en produisant au juste, avec l'élimination de tous les gaspillages afin de :

- Améliorer la productivité et l'efficacité.
- Réduire les gaspillages, (attentes, déplacements, DPM...).
- Mettre en œuvre les méthodes de Lean Manufacturing.

### a. Objectif du projet

L'objectif de notre projet consiste à proposer des actions amélioratives, pour cela notre étude doit comporter les points suivants :

- Améliorer la qualité du produit.
- Améliorer la productivité et l'efficacité.
- Eliminer les **MUDA** (Gaspillages).
- Mettre en œuvre les méthodes de Lean Manufacturing.
- Atteindre un taux d'efficacité de 90%, et un taux de productivité de 80%.
- Réaliser un câble dans une durée de 2,4h.
- Temps d'arrêts qui ne dépasse pas 20 min

Pour piloter efficacement ce projet, on va le traiter selon les axes que l'étude doit intégrer :

- Faire connaître tous les flux physiques de la production des produits de câble client.
- Chronométrer tous les types d'arrêts.
- Détecter les causes qui affectent la productivité à travers les différents outils.
- Analyser chaque problème détecté.
- Proposer des actions d'amélioration.
- Appliquer le plan d'action.
- Faire le suivi des actions réalisées.

### b. Equipe du projet

Le groupe du présent projet est constitué de :

- Responsable produit Mme ASSOUL Hanane.
- Le professeur encadrant à la Faculté des Sciences et Techniques Fès : Mr. CHAMAT Abderrahim.
- Le stagiaire élève EL ALLAM Taoufik en deuxième année Master Génie Industriel.

### c. Contraintes du projet

- Délai du projet est 4 mois.
- Difficulté dans la recherche des informations.
- Disponibilité des membres de l'équipe du projet.



- Elaboration des plans d'actions.
- Implémentation des actions.
- Estimation des gains.

## II. Présentation du concept Lean Manufacturing et DMAIC

Le Lean Manufacturing est basé sur l'élimination des Gaspillages au sein des processus de production. Les apports du Lean sont la réduction des stocks et les temps de production ainsi qu'une meilleure qualité, moins de dommages et d'obsolescence, et une plus grande flexibilité grâce à une organisation autour des processus.



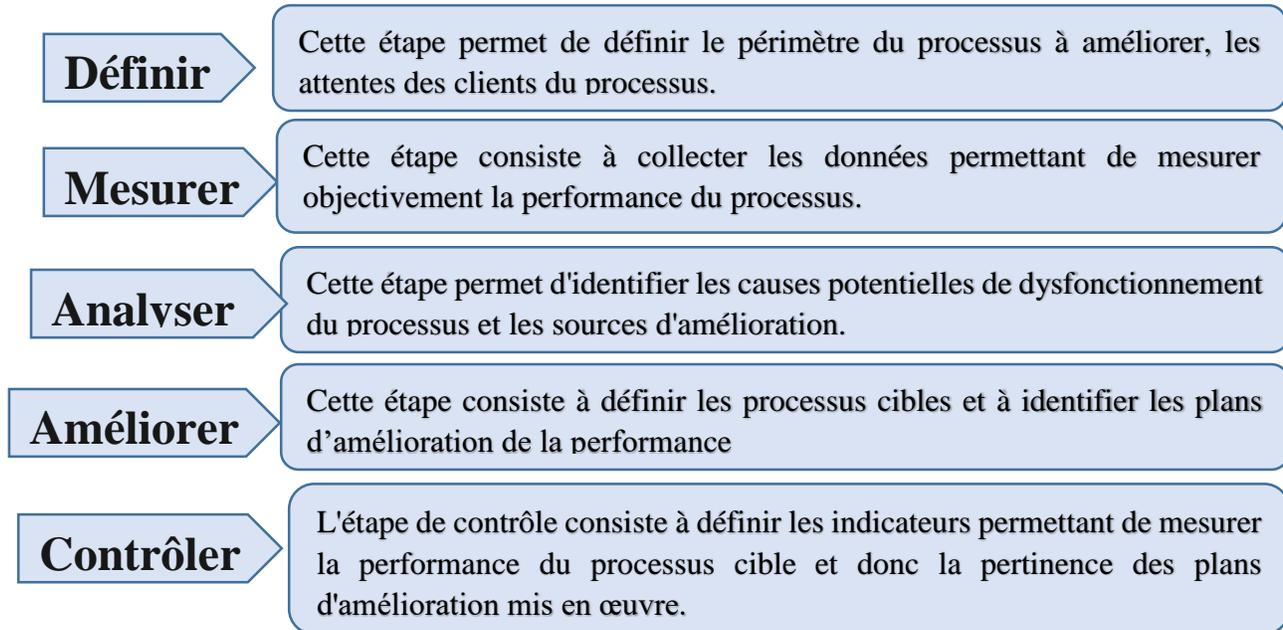
**Figure 11 : La maison de Lean Manufacturing**

En vue d'arriver à l'objectif principal de **Lean Manufacturing** certains outils sont mis en place et reposent essentiellement sur le développement de l'état d'esprit. Parmi les outils que nous avons utilisés, on peut citer :

- QQQQCP
- CTQ
- PARETO
- VSM
- SIPOC, Kaizen
- Ishikawa
- Et la fameuse démarche de notre projet DMAIC.

## II.1 DMAIC

Pour notre étude, nous allons utiliser la démarche **DMAIC** qui peut être décrite comme étant un processus structuré utilisé dans le cadre des projets **Lean - Six Sigma** pour améliorer la performance opérationnelle des processus. Une démarche **DMAIC** se décompose en 5 étapes principales.



Avant de lancer une démarche, il est nécessaire de définir le périmètre et les attentes du projet et de valider le découpage des processus. Un comité de pilotage doit être mis en œuvre pour suivre et adapter le projet en fonction du contexte, de son évolution et en fonction des difficultés rencontrées. Enfin, une démarche **DMAIC** se termine par le transfert de la responsabilité et des éléments de pilotage du processus au pilote du processus. Cette démarche peut être menée sur plusieurs processus en parallèle.

## III. Mise en situation

**YMK** possède une base clientèle diversifiée, dernièrement il est entrain de lancer un nouveau projet du client « General Motors », qui consiste à fabriquer la famille de câble PASSENGER pour la voiture OPEL MERIVA. Pour assurer la production de ces câbles, **YMK** a créé une extension d'usine qui comporte deux zones, une zone pré-assemblage P2 et une zone d'assemblage P3. Toutes les informations concernant le projet GM seront traitées par la suite.

## IV. Problématique

L'étude des zones pré-assemblage P2 et assemblage P3 de la famille « PASSENGER » de la ligne **P1MO**, nous a permis de détecter toutes les anomalies de ces zones, ainsi que les types des arrêts, leur chronométrage et leur influence sur la productivité, Afin de proposer des actions amélioratives et arriver à livrer les commandes client au bon moment avec la bonne qualité et fidéliser le client le mieux possible.

Pour mieux traiter notre problématique on doit répondre à la question suivante : « **Comment peut-on améliorer le taux de la productivité et de l'efficacité de la ligne P1MO correspondant à la famille de câble « PASSENGER » ?** »

C'est dans cette vision qu'a été initié notre projet de fin d'études qui vise à implanter le Lean Manufacturing dans les zones Pré-assemblage et Assemblage afin d'améliorer les indicateurs de performance de la ligne P1MO et éliminer les défauts de ces zones.

Dans le but de décrire d'une manière structurée la problématique nous avons choisi l'outil **QOOQCP**.

Le tableau 2 représente la méthode QOOQCP.

<b>Quoi ?</b>	<b>De Quoi s'agit-il ?</b>
<b>Nom du projet</b>	GENERAL MOTORS
<b>Nom du véhicule</b>	OPEL MERIVA
<b>Type de câble</b>	PASSENGER
<b>Phase de projet</b>	MVBs3
<b>Localisation du client</b>	Espagne
<b>Qui ?</b>	<b>Qui est concerné par le problème ?</b>
<b>Département</b>	Ingénierie
<b>L'équipe de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Taoufik El-Allam, Etudiant en Master Génie Industriel.</li> <li>➤ Elkhaiber Amine, Pilote de nouveau projet GM.</li> <li>➤ Youssef Ghazali, Responsable produit.</li> <li>➤ Hanane Assou, Responsable Produit.</li> </ul>
<b>Où ?</b>	<b>Où cela se produit-il ?</b>
<b>Ligne</b>	P1MO et MT, famille : PASSENGER
<b>Zones</b>	Pré-assemblage « P2 » Assemblage « P3 »
<b>Quand ?</b>	<b>Quand le problème est apparait ?</b>
<b>Temps</b>	Dès le démarrage du projet
<b>Comment ?</b>	<b>Comment mettre en œuvre les moyennes nécessaires ?</b>
<b>Méthodes utilisées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lean manufacturing</li> <li>➤ DMAIC</li> </ul>
<b>Pourquoi ?</b>	<b>Pourquoi le problème se propose-t-il ?</b>
<b>Objectifs du projet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Réduction des MUDAS (gaspillages).</li> <li>➤ Amélioration QCD (Qualité, Coût, Délai).</li> <li>➤ Amélioration des indicateurs de performance de la ligne (L'efficacité, Productivité), en optimisant le coût de l'équipement.</li> </ul>

**Tableau 2 : méthode QQQQCP.**

### IV.1 Conception de la ligne

Pour une vision plus claire du flux de production de la ligne **P1MO** correspondant à la famille PASSENGER la figure 12, représente l'emplacement des différents postes et leurs organisations dans la ligne.

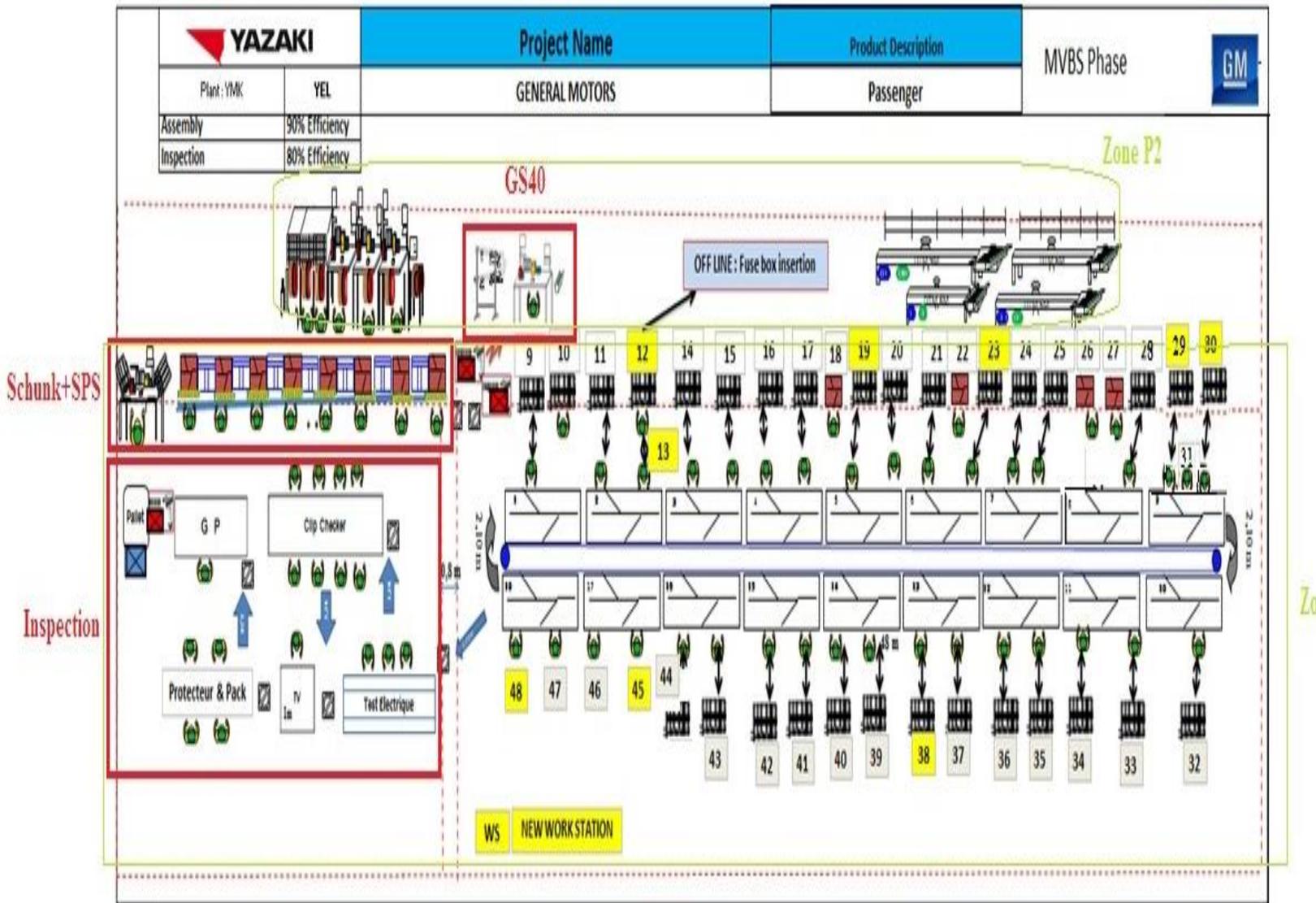


Figure 12: Chaîne de production PASSENGER

## IV.2 Définition équipe/effectif

Notre projet sera consacré à la ligne PASSENGER du projet, tableau 3. Le recensement de l'effectif travaillant dans la ligne montre qu'il y a uniquement un seul shift.

	Processus	Ligne	Effectif des opérateurs	Total
<b>Direct</b>	<b>Pré -assemblage</b>	Séparation	2	7
		Schunk	3	
		Twist	2	
	<b>Assemblage</b>	Chaine	40	65
		Inspection	16	
		SPS	9	
<b>Indirect</b>	Distributeur	2	3	
	Chef de ligne	1		

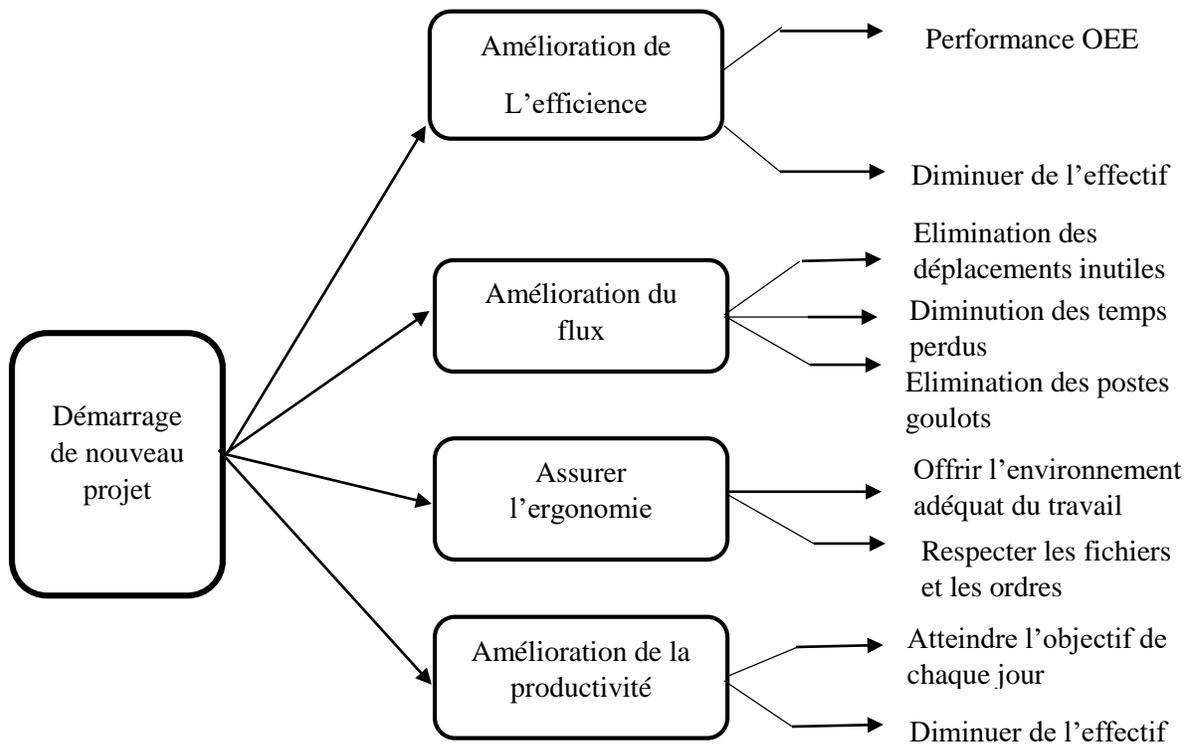
**Tableau 3 : Effectif de la ligne PASSENGER**

## IV.3 Identification des caractéristiques clés

Débuter et lancer un nouveau projet n'est pas chose aisée, c'est pourquoi il nous faut mettre en action les éléments clefs pour commencer sur de bonnes bases. Pour cela, il faut clarifier un certain nombre de points, qui sont :

- ✓ Quelles sont les caractéristiques critiques pour le client, leurs cibles, leurs limites ?
- ✓ Quelles sont la situation actuelle et la situation espérée ?

Afin de répondre à ces questions, on va utiliser le diagramme **CTQ** (Critical To Quality) qui a pour objectif de décomposer le besoin des clients en exigences. Ces besoins doivent être transformés en caractéristiques évaluables et mesurables. La figure 13 représente le diagramme CTQ qui définit le niveau précis de qualité exigé pour chaque attribut déterminant du produit.



**Figure 13 : diagramme CTQ.**

#### IV.4 Elaboration de la charte du projet :

La charte de projet, tableau 4, est un document qui définit et autorise formellement un projet. Son contenu doit permettre d'enlever toute ambiguïté aux différents acteurs du projet. L'un des buts de la charte, signée par les différentes parties, est de donner à un directeur du projet nommé l'autorité suffisante pour mener à bout le projet. Le contenu de la charte peut détailler :

- ✓ Description du projet :
  - Objectifs Mesurables par des indicateurs
  - Limités dans le temps et dans leurs périmètres.
  - Spécifiques car liés à une demande, un besoin, un marché.
- ✓ Description, rôle et hiérarchie des acteurs importants :
  - Attentes et besoins du client.
  - Dates principales du projet.

Nom du projet		Projet	Dates début & fin :
Amélioration de la productivité de la ligne P1MO du projet GM, et implantation de P1MT dans la ligne		BMPV	06/02/2017 à 6/06/2017
Leader du Projet	Taoufik El-ALLAM	Sponsor	
membres du projet		cout du projet :	
Taoufik El-Allam Hanan Assou Elkhaiber Amine Youssef Ghazali		Investissement : capital \$\$\$	Dépenses : expense \$\$\$
<b>Mission/ Présentation du Projet :</b>			
Analyse et Amélioration du flux de production			
<b>Objectifs :</b>		<b>Economies/Bénéfices Nets</b>	
Augmenter la cadence de production des Câbles, améliorer la productivité et l'efficience, réduction des pertes financières, réduction des gaspillages et des défauts de la qualité et de la production			
<b>Envergure / Portée :</b>		Outils OE à utiliser :	Hors sujet :
chaîne de production (P3)		Outil DMAIC	
<b>Hypothèses :</b>		<b>Risques et contraintes</b>	
		non maitrise des opérations de montage	
Etapas du projet :		Dépendances :	
1) DEFINIR : définir l'objectif du projet, le SIPOC. 2) MESURER et ANALYSER la performance du processus 3) AMELIORER et CONTROLER : trouver les solutions et établir un plan d'action de mise en œuvre puis présenter les résultats de notre projet ainsi que l'efficacité du plan d'action appliqué			
<b>Temps de mise en place du projet :</b>		Autres acteurs clés & départements affectés :	
4 Mois		département ingénierie	
Approbations du projet :		Validations de CLOTURE du Projet	
Leader Projet :		Leader Projet :	
Leader Département :			
Finance :		Finance :	

**Tableau 4 : Charte du projet.**

#### IV.5 Description du flux de production dans les zones P2 et P3

Pour comprendre le flux de la production au sein de YMK, le diagramme de SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers) a été proposé figure 14. C'est une cartographie du processus en décrivant le flux depuis les entrées des fournisseurs jusqu'aux sorties aux Clients.

Au fur et à mesure du déroulement du flux, le fournisseur (Supplier) qui peut être interne ou externe à l'entreprise, fournit une entrée (Input) sous forme d'informations, des matières premières, ou des équipes et alimente le processus (Process) dans sa globalité. De ce processus, résulte un livrable (Output) sous forme d'un produit, d'une information ou d'un service adressé aux clients (Customers) qui ne sont pas forcément des clients finaux d'un produit.

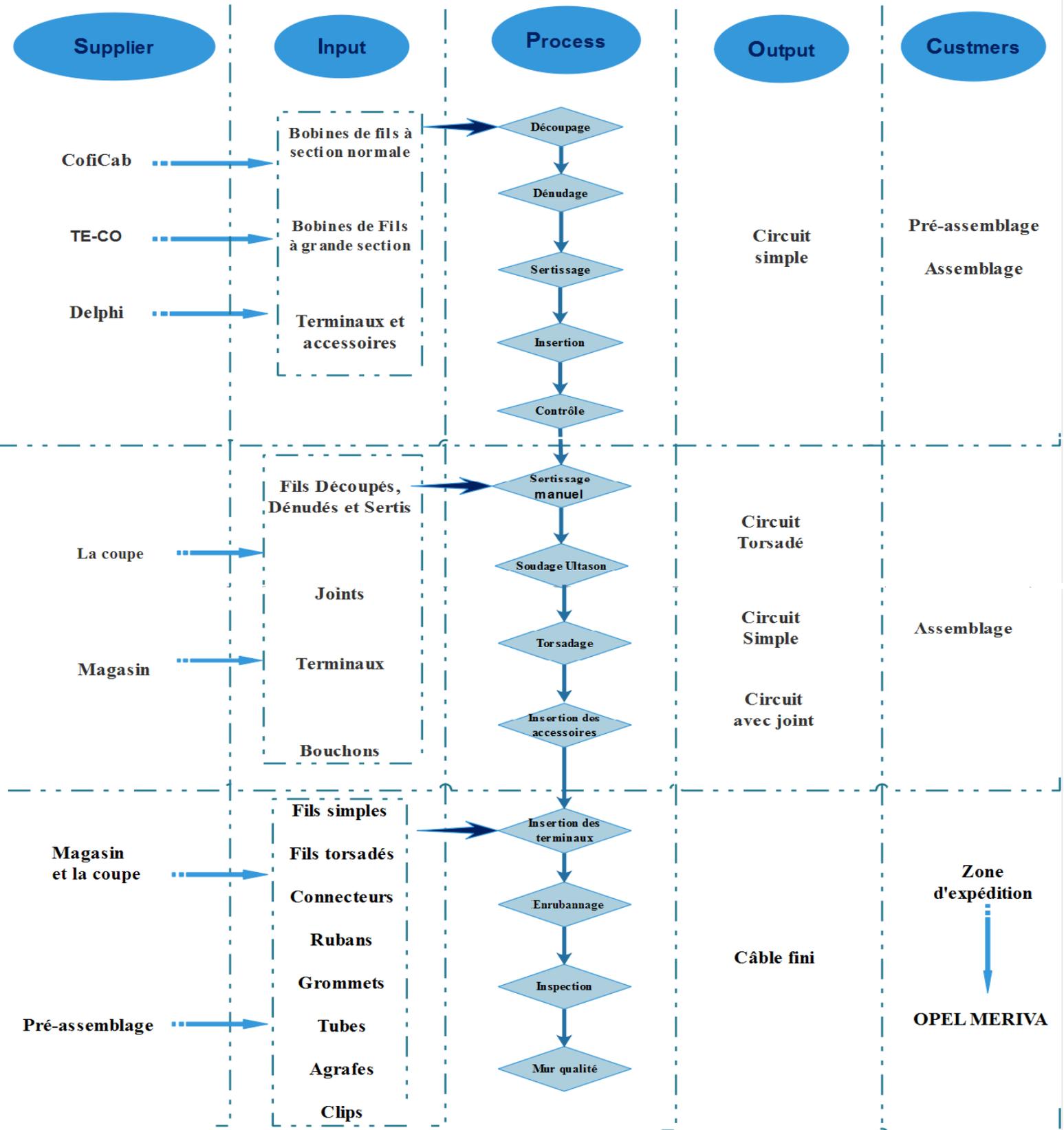


Figure 14 : SIPOC, flux physique du processus de production.

## Conclusion

Ce chapitre nous a permis de bien définir notre projet, notamment en ciblant ses objectifs principaux dans le sens technique et celui professionnel, ensuite nous avons présenté le contenu du cahier de charges du projet mené dans le cadre de notre stage de fin d'études, tout en citant l'objectif du projet, ses contraintes ainsi que la démarche à suivre. Dans le chapitre suivant, nous présenterons une analyse détaillée de l'état actuel de la ligne. Cette étude est basée essentiellement sur l'analyse des différents facteurs impactant l'efficacité et la productivité.

# C

## hapitre 3 : Application des étapes de la démarche DMAIC : Mesurer-Analyser

Dans ce chapitre, on passera au terrain pour effectuer nos mesures et les analyser par la suite, en devisant le travail à un ensemble de tâches :

- Décrire l'évolution de productivité et l'efficiace de la ligne PASSENGER.
- Etablir un bilan de chronométrage de chaque poste : diagramme YAMAZUMI CHART, afin de déterminer les postes goulots.
- Déterminer les causes dominantes.
- Identifier les défauts et les analyser en utilisant le diagramme ISHIKIWA.
- Identifier les arrêts et les analyser en utilisant le diagramme ISHIKAWA.
- Analyser les résultats obtenus.

## I. Introduction

Les étapes du **DMAIC** « Mesurer-Analyser » particulièrement complexe dont l'objectif principal consiste à recueillir des données dans le but de mieux quantifier les processus et comprendre la manière dont ils fonctionnent. Ces phases contribuent à déterminer l'origine précise du problème et à obtenir des données fiables sur lesquelles basés le reste de l'étude **DMAIC**.

Suite à la première étape de « Définition » qui a déjà permis de mieux cerner le problème au niveau des processus, il est maintenant nécessaire de se pencher davantage sur la quantification de ces problèmes et être en mesure de collecter des données afin d'obtenir ensuite des chiffres, des statistiques, des tendances... Il est donc essentiel de rassembler des informations sur la situation actuelle des processus, d'une part afin de déterminer le degré d'éloignement par rapport aux nouveaux objectifs, mais également afin d'obtenir une base de référence qui pourra être utilisée tout au long de la démarche du **DMAIC**. Il est donc essentiel de pouvoir évaluer à quel stade l'entreprise se situe, puis plus tard à quel rythme elle se rapproche de ses objectifs.

### Objectif

Le but de toute activité industrielle est de faire du profit, maintenant et durablement. La productivité est nécessaire dans tous les secteurs d'activité, mais plus particulièrement dans les entreprises les plus exposées à la concurrence, soit pour simplement assurer leur survie soit pour créer ou financer un avantage concurrentiel et affermir leur compétitivité.

La productivité mesure l'efficacité d'une entreprise et la rentabilité de ses projets. C'est une information sur la vitesse, la qualité de l'organisation de l'entreprise.

Dans notre projet, on cherche à améliorer ce taux de productivité directe qui se calcule chaque jour par un chef de ligne. Or, les objectifs de la production en terme de productivité visée ne sont pas atteints ce qui, affecte soit le volume demandé par le client si la production n'est pas atteinte soit, signale une mauvaise utilisation des ressources puisqu'une productivité faible peut signifier aussi bien une production faible.

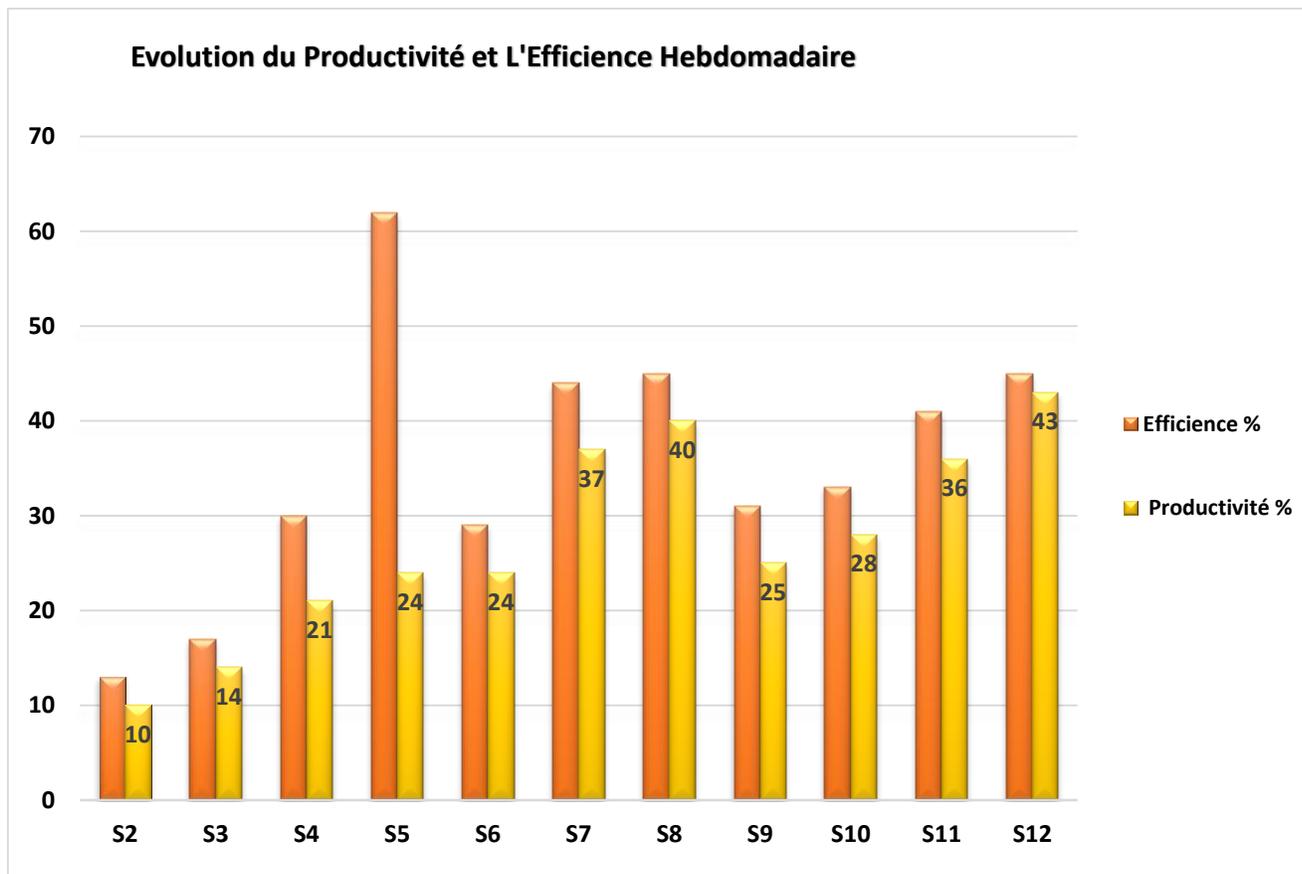
Les relations de calcul de la productivité et l'efficience sont comme suit :

$$\text{Productivité} = \left[ \frac{\text{Nombre de câbles} * \text{Heures de production par câble}}{\text{Effectif} * 7,66 (\text{heure de travail par équipe})} \right]$$

$$Efficiency = \left[ \frac{\text{Nombre de câbles} * \text{Heures de production par câble}}{\text{Effectif} * (7,66(\text{heure de travail par équipe}) - \text{temps d'arrêts})} \right]$$

## II. Evolution de la productivité et l'efficience

Pour mettre en perspective l'évolution mensuelle de ces indicateurs, on va présenter historique de la moyenne du taux de productivité et l'efficience pour les 3 mois (figure 15) : Janvier, Février et Mars 2017.



**Figure 15 : Evolution productivité-Efficience hebdomadaire .**

Le taux de la productivité et l'efficience ne répond pas aux attentes de la société, car il faut augmenter la production à 80% et l'efficience à 90%.

D'après les résultats, on remarque des fluctuations de la productivité entre 15% et 33 % et de l'efficience entre 32% et 45%, mais elles n'atteignent jamais leurs objectifs 80% à cause des dysfonctionnements provoqués par certaines sources de gaspillages.

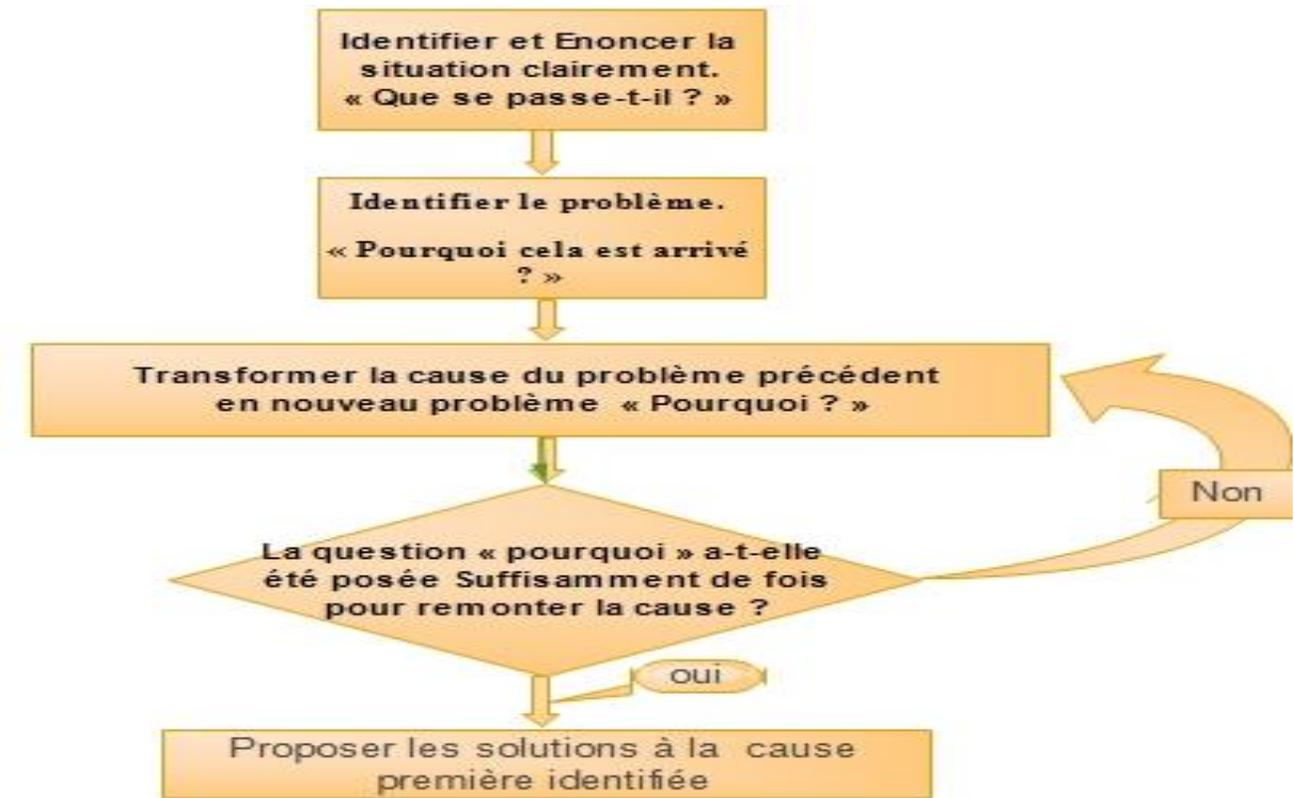
Conséquemment, il est d'une importance cruciale de déceler les causes de ces faibles valeurs tout en étudiant les paramètres de la productivité et de l'efficacité. Pour cela, on va déceler bien les causes majeures qui engendrent cette faible évolution en utilisant la méthode de « 5 pourquoi » pour essayer de détecter les causes racines de ce problème.

#### a. Les 5 pourquoi (5 why's)

La méthode des « 5 Pourquoi » permet l'identification des causes racines d'un problème. En posant plusieurs fois la question « Pourquoi ? » au problème, on retire une à une les sources de symptômes qui mène aux causes racines. Bien que la méthode se nomme « Les 5 Pourquoi », il se peut que vous ayez à vous poser la question « Pourquoi ? » moins de 5 fois ou plus de 5 fois selon le problème.

Bien que simple d'utilisation, la méthode 5 Pourquoi, figure 17, comporte des pièges à éviter. Dans ce contexte il est nécessaire de :

- Déployer la méthode avec les personnes directement concernées par le problème afin d'identifier les véritables causes.
- Rester factuel, rapporter ce qui s'est réellement passé clairement.
- Ne jamais travailler par déduction ou supposition de ce qui s'est passé.
- Se cantonner aux causes sur lesquelles il est possible d'avoir un contrôle.



**Figure 16: méthodologie 5 pourquoi.**

Pour mieux comprendre les différentes questions qu'ils se posent et afin de comprendre les obstacles qui influencent sur la productivité, nous présenterons le tableau 5 :

Les 5 pourquoi ?		
	Problèmes	Causes
Pourquoi ?	Output de la ligne n'atteint pas la demande client.	Faible productivité
Pourquoi ?	Pourquoi une faible productivité ?	Des arrêts au niveau de la ligne.
Pourquoi ?	Pourquoi ces arrêts arrivent-ils ?	Des défauts de qualité, des pannes, manque matière...
Pourquoi ?	Pourquoi ces problèmes interviennent-ils ?	Il faut mesurer l'état de la ligne.
Pourquoi ?	Pourquoi cela arrive-t-il ?	Il faut analyser les informations collectées

**Tableau 5 : Application des 5 pourquoi.**

## Remarque :

Pour relever les causes qui influencent le taux de productivité, les défauts qualités et les arrêts, des mesures et des analyses porteront sur les effectifs (YAMAZUMI, OEE), le Down time (les arrêts : causes critiques), le DPM (Défauts de qualité), le VSM et sur les MUDAS (Ergonomie, déplacement, attentes).

### III. Chronométrage par la méthode YAMAZUMI

Sachant que l'activité de l'industrie automobile est basée sur un nombre très important de la main d'œuvre. La quantification et l'analyse des temps des différentes opérations de la ligne étudiée apparaissent nécessaire afin d'enlever les problèmes créant les retards et les arrêts qui causent une chute des indicateurs de performance de la ligne. De ce fait, on a effectué le chronométrage des postes pour une référence spécifique. Or pour détecter les postes goulots, on aura besoin d'entamer un graphe YAMAZUMI.

#### III.1 Définition

.Un YAMAZUMI est un graphique de distribution de tâches à différents postes en fonctions du temps TAKT. Il permet d'équilibrer la charge de travail de plusieurs opérateurs. Le YAMAZUMI est construit à partir des relevés de temps de cycle découpés en tâches élémentaires. Grâce à la suppression des difficultés (MURIs), les gaspillages (MUDAs) et les variabilités (MURAs) disparaissent et les temps de tâches deviennent stables. Cela permet d'équilibrer finement les tâches des postes au temps TAKT et de faire des gains d'opérateurs. C'est un graphique utilisé lors de la mise en place du travail standardisé et de la redistribution de tâches lors de changement de la demande client. Il est préférable d'utiliser ce système dans une entreprise ayant une politique d'investissement dans les ressources humaines.

En effet les gains d'opérateurs ne se font pas au détriment de ceux-ci. Il serait absurde de se débarrasser d'un opérateur qualifié dans lequel on a investi des années de formation. Le but est de libérer de la main d'œuvre pour l'investir dans de nouvelles productions ou responsabilités. Un excellent opérateur réinvesti dans de nouvelles améliorations génère un effet d'économies par boule de neige. Le chronométrage des temps de cycle est accompagné d'un calcul de certain nombre de paramètres qui aident à bien décrire la situation. L'ensemble des calculs qui s'effectue à ce niveau pour la réalisation de YAMAZUMI est comme suit :

$$Takt\ time = \left[ \frac{\text{temps disponible}}{\text{demande client}} \right]$$

$$Vitesse\ de\ Convoyeur = \left[ \frac{\text{temps disponible} - \text{arrêts} - 20min}{\text{demande client}} \right]$$

**Calcul de Takt time :** Demande client : 190 câbles par shift, le temps de travail disponible est de 7.67 heure (7h 40 mn)  $\Rightarrow$  Takt time = 145 s

### III.2 YAMAZUMI ligne P1MO-PASSENGER

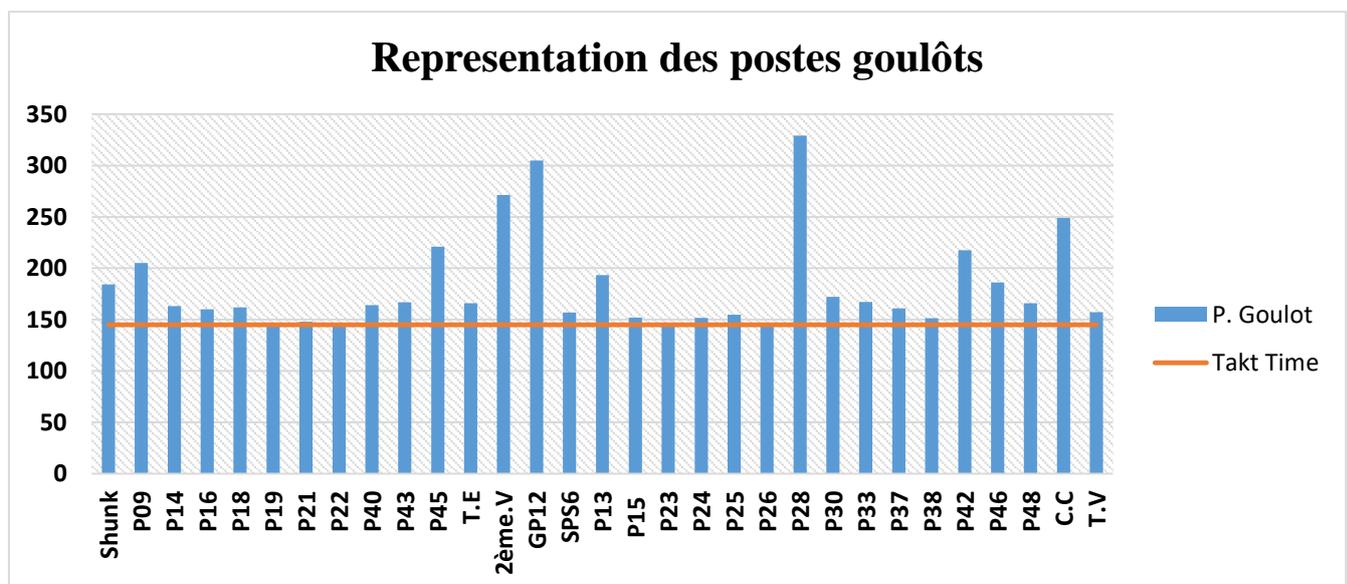
Le YAMAZUMI consiste à mesurer et analyser chaque poste dans la ligne **P1MO-PASSENGER** afin de vérifier le diagnostic du temps et d'y apporter des améliorations et de fournir à la production dans la ligne un temps stabilisé, on a pris 5 mesure pour chaque poste, ont se basant sur le tableau de plausibility chart pour déterminer les références à chronométrie.



Après avoir effectué la chrono-analyse (**YAMAZUMI CHART**) au niveau de la ligne **P1MO-PASSENGER**, on va procéder à l'analyse des résultats trouvés en traitant tous les paramètres influençant le taux d'efficience. Cette étude consiste à comparer les temps des cycles mesurés avec le Tact Time qui est de **145 s** dans notre cas. On constate que certains postes ont dépassé le Tact Time et qu'ils ne sont pas adaptés au rythme de la production d'où la nécessité d'agir sur eux. Les postes goulots de la chaîne de production dans ce cas se présentent par :

- ✓ **Les postes Pré-Assemblage** : Shunk et SPS6.
- ✓ **Les postes Assemblage (Carrousel)** : P9, P13, P14, P15, P16, P18, P19, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P28, P30, P33, P37, P38, P40, P42, P43, P45, P46 et P48.
- ✓ **Les postes d'inspection** : tous les postes d'inspection sont des postes goulots.

Le graphe ci-dessous (figure 19) représente les postes goulots que nous avons détectés par le **YAMAZUMI CHART**.



**Figure 18: graphe des postes goulôts.**

**a. Analyse des postes goulots**

La première chose à faire est de valoriser les tâches effectuées au sein de ses postes goulots, donc il est nécessaire de les observer plusieurs fois afin d'avoir une vision globale sur le poste et vérifier par la suite, le respect des standards (tâches affectées à chaque opérateur).

Le tableau 6 représente la durée de ces tâches de manière séquentielle.

Les postes	Cycle time (s)	Temps à valeur ajouter	temps à non-valeur ajouter
Shunk	189	139	50
SPS6	157	157	-
P09	230	154	85
P13	193	193	-
P14	179	179	-
P16	197	197	-
P18	176	176	-
P19	175	175	-
P21	204	204	-
P22	179	179	-
P23	152	152	-
P24	155	155	-
P25	329	Les postes sont chargés	
P26	172		
P27/P28	329		
P30	172		
P33	167		
P37	161		
P38	151		
P40	174		
P41	217		
P43	202		
P45	233		
P46	186		
T.E	191		
C.C	249		
T.V	157		
2 <sup>ème</sup> V	322		
GP12	334		

**Tableau 6 : Répartition de temps de travail dans les postes goulots.**

**b. Analyse des temps et Conclusion**

Les cycles de production bien maîtrisés, renforcent la motivation des opérateurs et améliorent le climat social. Celui-ci peut être tendu sur une ligne d'assemblage mal équilibrée.

**Le temps de cycle de production :** c'est le temps maximal accordé à chaque poste de travail pour l'achèvement d'un ensemble de tâches. Autrement dit, c'est l'intervalle de temps entre la sortie de deux unités consécutives lorsque le poste de travail fonctionne à plein régime.

$$\text{Temps de cycle} = [\text{Temps de travail disponible} / \text{Demande de client}]$$

De plus, si la chaîne n'est pas équilibrée, le temps de cycle de la chaîne est égal au cycle de production du poste goulot.

**La cadence :** c'est le nombre d'unités produites par unité de temps, généralement en heures. Si on exprime le cycle de production en heures, la cadence horaire est égale à l'inverse du cycle de production.

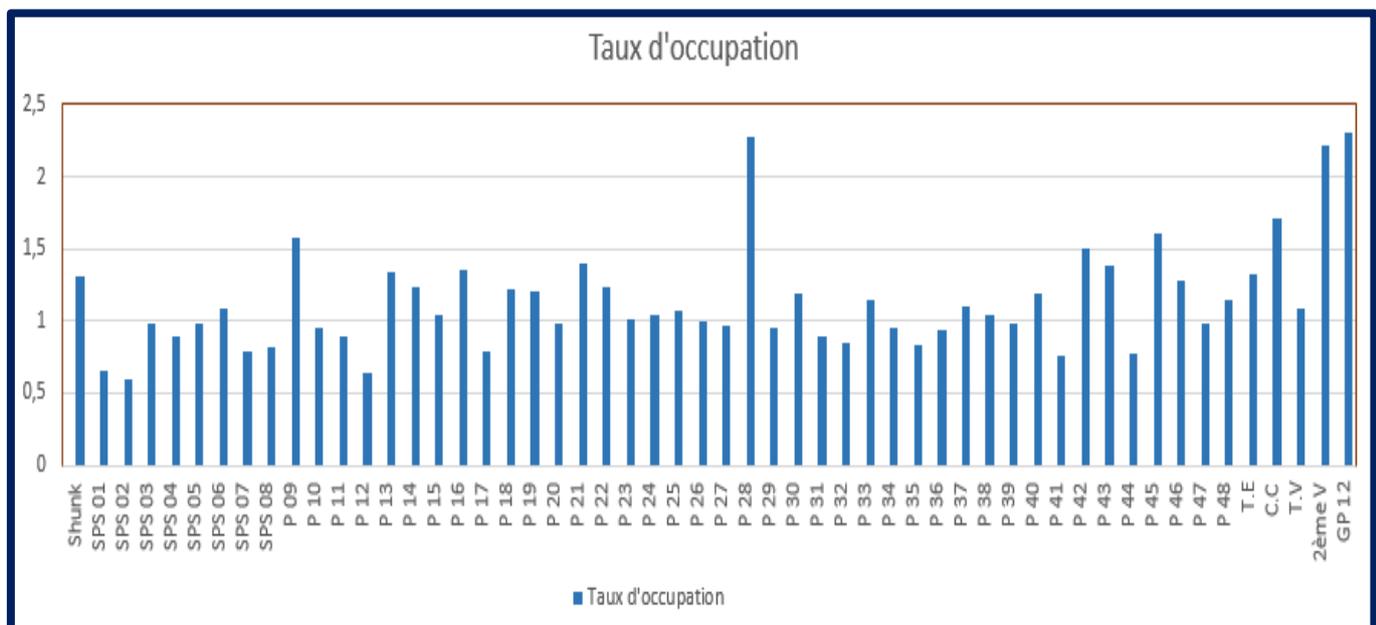
$$\text{Cadence} = [\text{temps de travail} / \text{temps de Cycle}]$$

Dans le cas d'une chaîne non équilibrée, la cadence de la chaîne est égale à la cadence du poste goulot. Le goulot se retrouve au poste qui requiert le plus de temps pour traiter les opérations appropriées.

**La Cadence actuelle est de 74 câbles par shift.**

**Le taux d'occupation :** c'est le pourcentage du temps disponible effectivement utilisé par un poste de travail pour la production. Chaque opérateur est chargé de réaliser un certain nombre d'opérations suivant un ordre bien défini dans le standard, ce qui nous a permis de calculer le taux d'occupation (figure 20) des postes de travail.

$$\text{Taux d'occupation} = [\text{Temps de cycle} / \text{Takt time}]$$



**Figure 19: Taux d'occupation.**

L'analyse des résultats obtenus permet de mettre le point sur certaines anomalies. En effet, La charge de travail n'est pas équilibrée. Pour s'assurer des respects des standards, et mettre en évidence les anomalies, il est indispensable d'observer ces postes de travail.

### Conclusion :

YAMAZUMI nous a permis de détecter les postes goulots influençant la production de la ligne, par la suite dans la partie amélioration on va mettre en place un plan d'action pour équilibrer ces postes.

## IV. Etude des arrêts de la ligne

### IV.1 Etat de l'existant

Les arrêts qui pénalisent la productivité sont de deux ordres :

**Les arrêts induits :** Ce sont les périodes pendant lesquelles le moyen de production est arrêté pour des causes externes : défaut d'approvisionnement, manque de personnel, défaut d'énergie, etc. Dans cette catégorie, les arrêts sont imputables à un manque d'organisation.

**Les arrêts propres :** Ce sont les arrêts imputables au moyen de production. On peut procéder à une analyse plus fine des causes d'arrêt en distinguant :

- ✓ **Le temps de panne :** c'est le temps dû à un dysfonctionnement du moyen de production.
- ✓ **Le temps d'arrêt d'exploitation :** c'est le temps dû aux arrêts de service, problèmes de qualité.
- ✓ **Le temps d'arrêt fonctionnel :** c'est le temps d'arrêt nécessaire à la fabrication. Temps de changement de fabrication.

Pour calculer les arrêts, la formule utilisée est la suivante :

$$\text{Arrêts} = \left[ \frac{\text{Heures d'arrêts}}{\text{Heures totales de travail}(7,66\text{h}/\text{équipe})} \right]$$

### La moyenne des arrêts durant 3 mois

La figure 21 récapitule les arrêts de la ligne **PIMO-PASSENGER** du 3 Mois (2017), avec l'objectif d'arrêt est de 9.34 H par Mois.



**Figure 20: diagramme temps d'arrêts.**

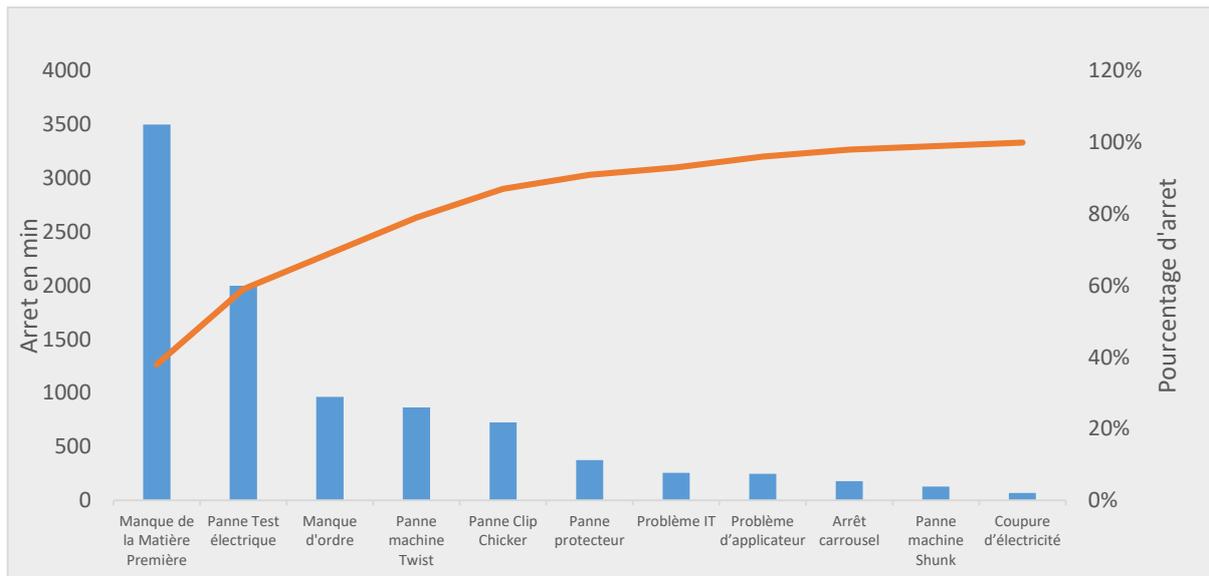
D'après l'analyse globale, nous n'avons constaté que le Mois de Janvier a connu le plus temps d'arrêts. Pour avoir une vue précise sur les détails des arrêts afin de pouvoir les analyser et dégager les causes racines une quantification était nécessaire.

### Diagramme Pareto pour les arrêts des 3 mois

Le diagramme de **Pareto** permet de hiérarchiser les problèmes en fonction du nombre d'occurrences et ainsi de définir des propriétés dans le traitement des problèmes, tableau 7. Cet outil est basé sur la loi 80/20, il met en évidence les 20% des causes sur lesquelles il faut agir pour résoudre les 80% des problèmes. Il sera utile pour déterminer sur quels leviers on doit agir en priorité pour améliorer de façon significative la situation.

Panne/Problème	Durée en min	Cumul	Cumul %
Manque de la Matière Première	3500	3500	38%
Panne Test électrique	2000	5500	59%
Manque d'ordre	965	6465	69%
Panne machine Twist	865	7330	79%
Panne Clip Chicker	726	8056	87%
Panne protecteur	375	8431	91%
Problème IT	257	8688	93%
Problème d'applicateur	248	8936	96%
Arrêt carrousel	178	9114	98%
Panne machine Shunk	128	9242	99%
Coupure d'électricité	68	9310	100%

**Tableau 7 : Les causes racines des arrêts durant 3 Mois.**



**Figure 21 : Le diagramme des arrêts global.**

L'analyse du Pareto figure 22 et tableau 17, nous ont permis d'identifier les causes d'arrêts les plus pénalisantes pour la famille *PASSENGER*. Nous avons trouvé que 59 % des arrêts sont dus au manque de la matière première et aux pannes tests électriques, par conséquent, nous pouvons dire que les arrêts causés par ces problèmes influencent la quantité produite. Analysant d'abord ces 2 problèmes par un diagramme ISHIKAWA pour identifier les différentes causes influençant sur le manque de la matière première et sur les pannes tests électriques, pour le manque d'ordre et panne de machine twist on ne va pas travailler sur ces deux problèmes puisque ce n'est pas la responsabilité de responsable produit mais le service logistique et les responsables de la zone de coupe.

## IV.2 Analyse des causes d'arrêts

### a. Diagramme ISHIKAWA

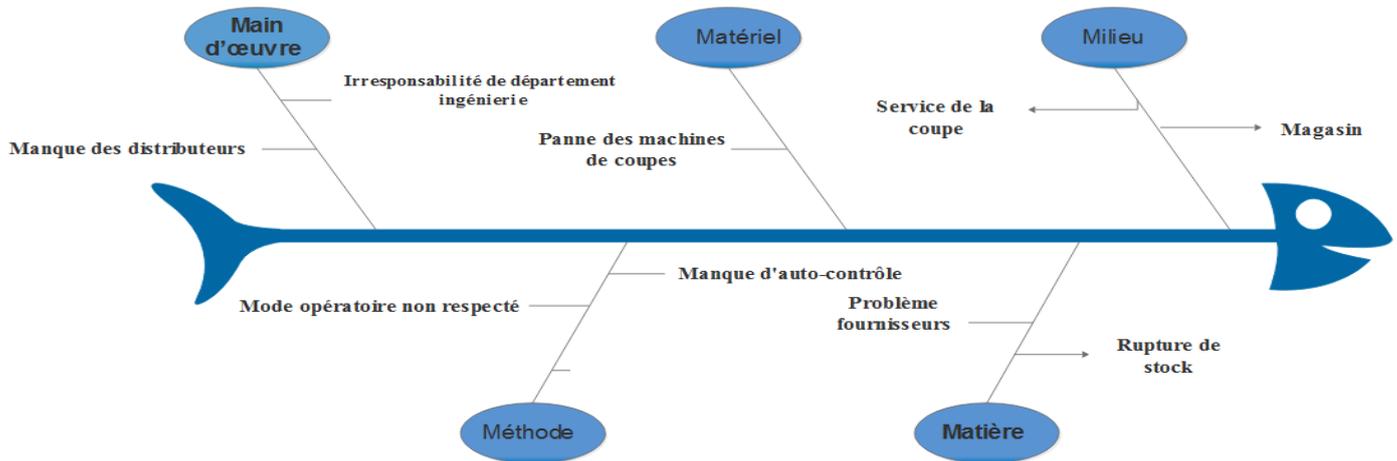
**ISHIKAWA** ou diagramme en arête de poisson, est un diagramme où les différentes causes d'une erreur sont représentées. Il peut être utilisé comme outil de modération d'un brainstorming et comme outil de visualisation synthétique et de communication des causes identifiées. Ce diagramme se structure habituellement autour des 5 M :

- **Matière** : recense les causes ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés.
- **Main d'œuvre** : problème de compétence, d'organisation, de management.
- **Matériel** : causes relatives aux machines, aux équipements et moyens concernés.
- **Méthode** : procédures ou modes opératoires utilisés.

➤ **Milieu** : Environnement physique (lumière, bruit, poussière, localisation, signalétique).

**b. Manque de la matière première**

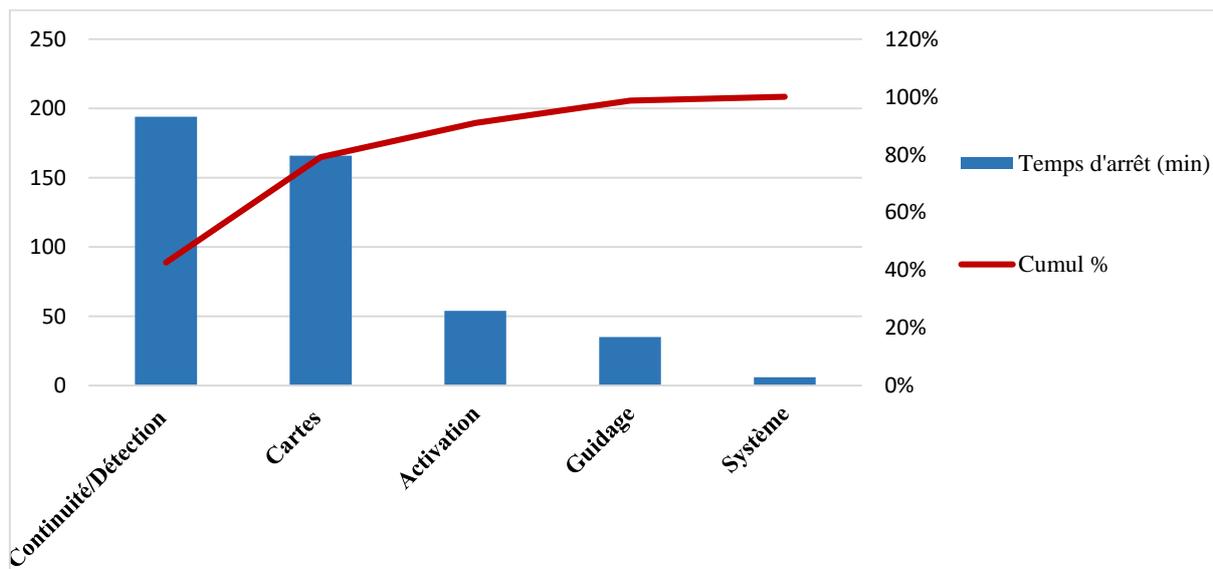
En analysant ce problème par un diagramme **ISHIKAWA** pour trouver les différentes causes qui influencent sur ce manque de la matière première.



**Figure 22: Diagramme ISHIKAWA du Matière Première**

**c. Panne de Test électrique**

Le test électrique se compose de plusieurs contre parties, où les connecteurs sont insérés pour vérifier la fiabilité du câble en termes de continuité et détection. Dans notre analyse, on se base sur le temps d'intervention de département technique, la figure 24 représente l'analyse des pannes dans une période de trois mois.



**Figure 23 Diagramme ISHIKAWA du Matière Première.**

Nous constatons que le problème de Continuité/Détection et celui de Cartes représentent les causes majeures de défaillance de Test Electrique. Lorsqu'un câblage est jugé incorrect et présente un défaut, le système de contrôle affichera à l'écran l'origine de l'erreur trouvé.

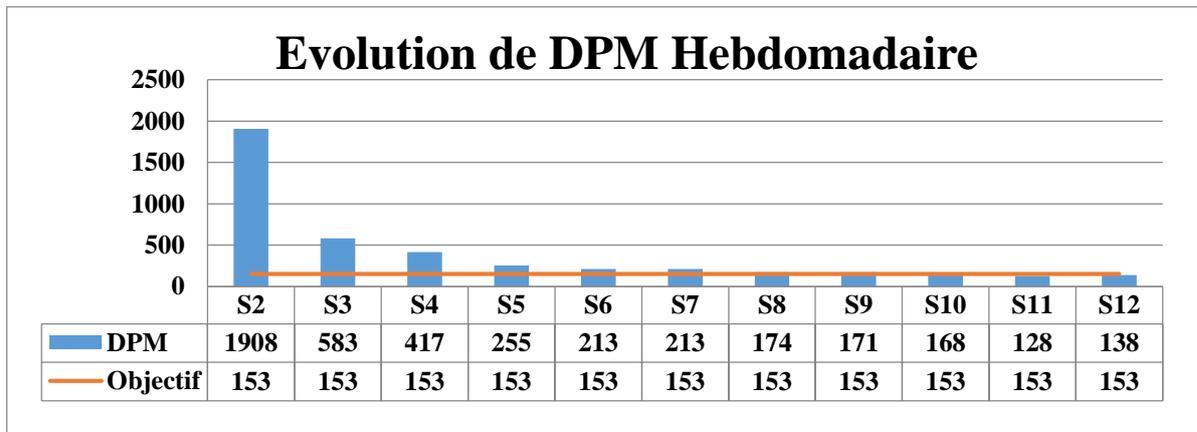
## V. Présentation des défauts qualités

La qualité représente toujours pour l'entreprise un facteur clé pour satisfaire les exigences de leurs clients et une amélioration continue de leurs produits et processus qui font partie de leur activité quotidienne, à la fois en termes de développement et de production, et qui seront renforcées par leurs nombreuses d'années d'expérience dans la gestion de projets.

Pour l'amélioration des indicateurs de performance de la ligne étudiée, nous avons traité comme premier stade les défauts qualité tout en se basant sur un recensement et une classification des défauts produits pendant les trois Mois passés. L'expression utilisée pour le calcul du défaut est :

$$\text{Défauts qualité (DPM)} = \left[ \frac{\text{Nombre de câbles défectueux}}{\text{Total des câbles produits}} * 1000 \right]$$

Etat des défauts qualités par semaine durant les 3 Mois est représenté dans la figure 25, sachant que l'objectif de DPM déterminé par le service qualité est 153.



**Figure 24 : Evolution de DPM.**

On remarque que la semaine 2 représente le plus grand nombre de défauts de qualité (1908), ce qui est normal à cause de l'ouverture du nouveau projet et après cette semaine le DPM commence à décroître jusqu'à 138 dans la semaine 12. Ce résultat peut être représenté mensuellement dans la figure 26.

On remarque que Janvier a connu une grande croissance du DPM jusqu'à 774 représentant presque le triple de l'objectif, comme nous avons déjà indiqué auparavant à cause de l'ouverture du nouveau projet donc ce qui est normale de trouver plusieurs problèmes au début et par la

suite le DPM commence à décroître d'où la question qui se pose quels sont les défauts de qualités qui dominent ?

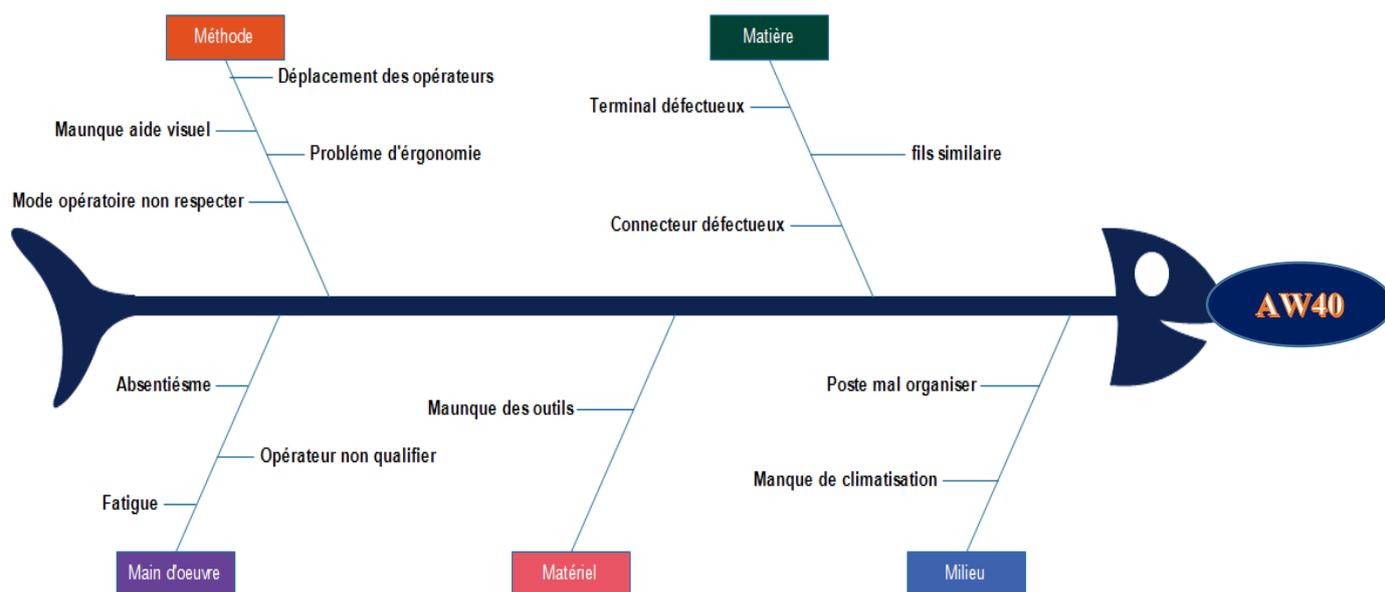
Code défaut	Description	Quantité	Cumul	% Cumul
<b>AW40</b>	Circuit Croisé	233	233	31%
<b>AB36</b>	Terminal Détaché	150	383	51%
<b>AW26</b>	Circuit Manquant	89	472	63%
<b>AH23</b>	Enrubannage Insuffisant	82	554	74%
<b>AG32</b>	Connecteur Ouvert	43	597	80%
<b>AK17</b>	Clip Position incorrecte	38	635	85%
<b>Somme</b>		635		

**Tableau 8 : Les défauts qualités majeures.**

Nous constatons que le système du test électrique a détecté le défaut le plus critique durant les 3 mois (Janvier, Février, Mars) qui est le défaut **AW40 (circuit croisé)** avec une quantité de 233 alors quelles sont les causes de ce défaut ? Dans ce qui suit on va bien prélever les causes majeures qui engendrent la criticité de ce défaut, en utilisant le diagramme **ISHIKAWA**, plus en va chercher les causes potentielles de défaut du terminal détaché. Nous avons travaillé seulement sur ces deux problèmes puisqu'ils se trouvent dans tous les lignes de production, d'où la possibilité de généraliser les solutions.

### V.1 Analyse du défaut circuit croisé (AW40) :

Le circuit croisé est le défaut le plus fréquent d'après le diagramme de Pareto (figure 27), ça veut dire qu'un fil ou plus n'est pas encliqueté dans la cavité du connecteur qui lui est définit. Certes les fils similaires encliquetés par le même opérateur sont la cause principale de ce défaut mais il y'a d'autres facteurs qui peuvent aussi être responsables.

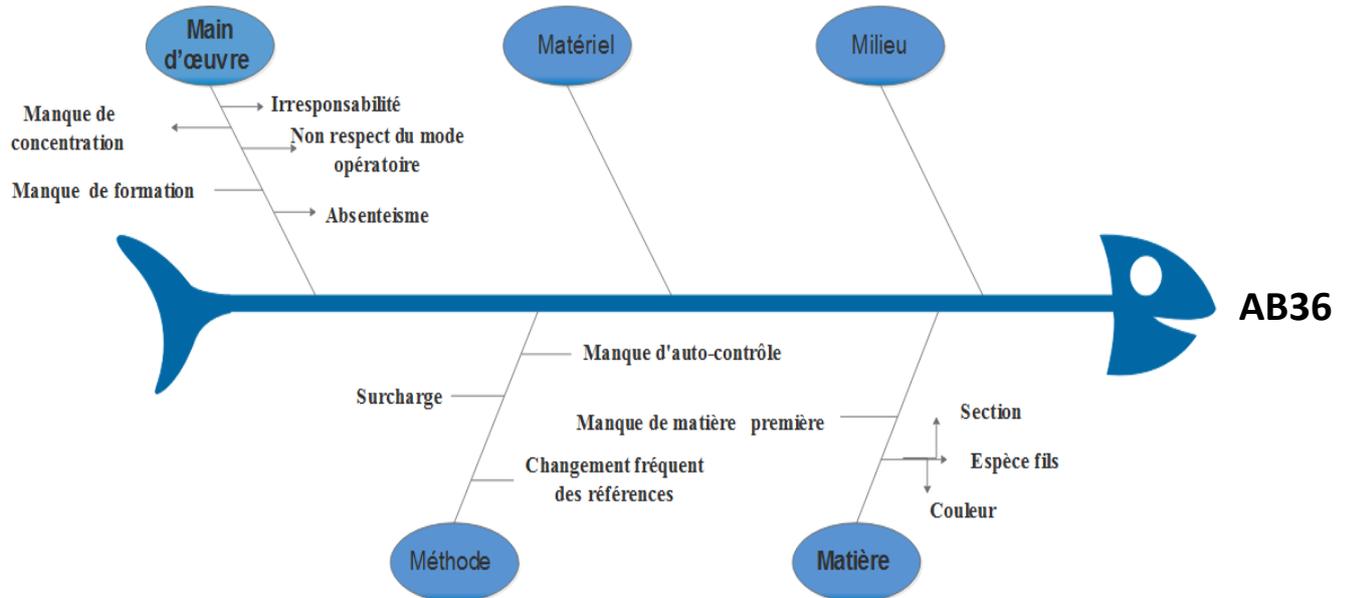


**Figure 25 : Diagramme Ishikawa de circuit Croisé.**

Le diagramme Ishikawa montre que le problème peut venir de différentes sources. Un plan d'action est nécessaire pour résoudre ou minimiser la fréquence de ce problème.

## V.2 Diagramme ISHIKAWA du défaut terminal détaché (AB36)

La figure 28 illustre une étude du défaut circuit manquant.



**Figure 26 : Diagramme ISHIKAWA du défaut AW26.**

Le problème de circuit manquant est très coûteux pour la société puisqu'il faut à chaque fois que le problème est apparu le câble doit être rectifié.

## VI. MUDA

### VI.1 Généralité

Taïchi Ohno, père fondateur du Système de Production Toyota, a défini 3 familles de gaspillages:

- MUDA (tâche sans valeur ajoutée, mais acceptée)
- MURI (tâche excessive, trop difficile, impossible)
- MURA (irrégularités, fluctuations)

Le gaspillage est tout sauf la quantité minimum requise de machines, de matériaux, de pièces et de temps de travail, absolument essentielle à la création de produit ou service.

## VI.2 Définition des MUDAs

Un MUDA est une activité improductive, qui n'apporte pas de valeur aux yeux du client. Mais tout le monde accepte et pratique cette activité, sans la remettre en question. Néanmoins, certaines tâches sans valeur ajoutée sont obligatoires (archivage, sauvegarde...)

### a. Processus excessif :

La notion de processus excessif sous-entend de faire plus que le travail demandé dans la gamme de temps standard. Il faut garder à l'esprit qu'un processus doit répondre au besoin du client, sans en faire ni plus, ni moins.

### b. Transport :

Cela concerne les transports des matières et des informations d'une entreprise, d'un département et d'une personne à l'autre. Les transports sont considérés comme une non-valeur ajoutée car même s'ils sont nécessaires, ils ne contribuent pas à augmenter la valeur des produits.

### c. Mouvements :

Tous les mouvements réalisés par les employés mais qui ne procurent aucune valeur ajoutée aux produits sont considérés comme un gaspillage.

### d. L'attente :

Cela concerne toutes les attentes qui peuvent se produire dans une entreprise : les attentes pour finir le cycle de production, que ce soit une pièce ou une machine, les informations et les matières en attente de traitement, les attentes des clients, des employés et des équipements ayant une sous-capacité. Ce sont des pertes directes de productivité. Elles entrent d'ailleurs en compte dans le calcul du TRS.

### e. Stock :

Le MUDA stock est souvent lié au MUDA surproduction. Ces stocks entraînent d'importants coûts pour l'entreprise, en plus du stockage des produits finis qui ne sont pas livrés ou vendus immédiatement. Il est envisageable d'utiliser de petits conditionnements et d'augmenter la fréquence des livraisons.

### f. La surproduction :

C'est la plus courante non-valeur ajoutée, elle implique souvent d'autres MUDAs (Stock...). Surproduire est très coûteux pour une entreprise, cela entraîne notamment des coûts de stockage très élevés. Ceci est souvent causé par une mauvaise logistique, des lots de fabrication trop grands ainsi qu'un manque de compréhension et d'anticipation des besoins des clients.

g. La non-qualité :

La non-qualité correspond à des produits finis non conformes, ne respectant pas le cahier des charges. Ces anomalies nécessitant des opérations correctives. Ceci génère des déchets dont le coût de reprise ou de destruction est toujours plus élevé. Les défauts de qualité nécessitent un travail supplémentaire (contrôles, retouche) qui induit un coût et une perte de temps pour les entreprises.

On ajoute aux 7 gaspillages originaux, un 8ème gaspillage :

e : La sous-utilisation des compétences :

Un manque de formation, un management rigide et autoritaire, peu de motivation, de reconnaissance et d'implication entraînent une sous-utilisation des compétences des employés. Ce qui nuit gravement à la créativité et à l'esprit d'équipe.

### VI.3 Identification des MUDAs

Après avoir identifié les postes goulots, il est nécessaire d'identifier la nature du gaspillage, et d'en déterminer la cause.

Les observations régulières du processus de production, en plus d'entretiens avec les opérateurs ont permis d'identifier les MUDA représentés dans le tableau 9.

Mudas	Problème	Source du problème	Figure
Les Mouvements	Déplacement inutile.	-Le mauvais rangement et l'emplacement de la matière première.  -Intérêt personnels (Hors la pause).	
La non-qualité	Défauts qui nécessitent une retouche ou une mise au rebut (SCRAP).	-La fabrication non maîtrisée.  - Le manque d'autocontrôle.  - Le manque de la qualification des opérateurs.  - La rapidité de travail.	
Le transport	-Retard du distributeur.  - Déplacements de matière ou de pièces sans nécessité.	- Surcharge du distributeur.  - Manque de chariots.  - Référence inappropriée.	
surstock	-Surproduction  -Attente.	- non-respect de taux de remplissage.  -Retard des postes (postes goulots).	  

**Tableau 9: Identification des Mudass.**

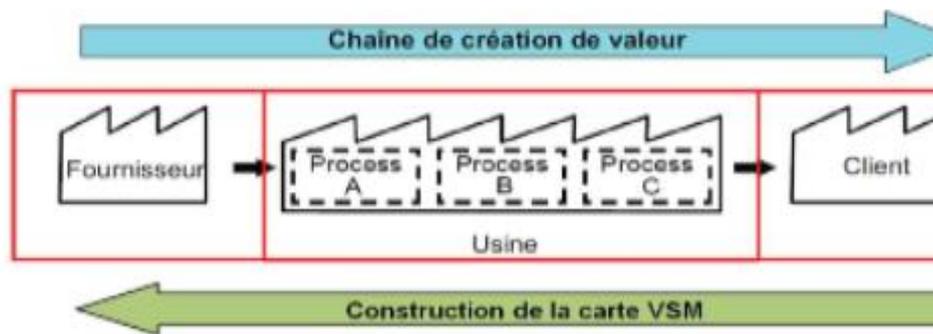
#### VI.4 Cartographie VSM actuelle de la chaîne de valeur :

La Value Stream Mapping ou **VSM** (Cartographie de la Chaîne de Valeur en français), désigne la réalisation de la carte dans le but de simplifier des phénomènes complexes. Elle est synthétisée sur un support physique, et permet une compréhension rapide et pertinente du processus.

### a. La philosophie de la VSM

L'outil **VSM** s'est imposé comme une méthode destinée à repérer les sources de gaspillages dans les chaînes de valeur individuelles. La méthodologie adoptée permet de suivre le chemin de fabrication d'un produit à partir des exigences client jusqu'au fournisseur et de représenter visuellement en précisant chaque procédé tout au long du flux du matériel et de l'information.

La figure 30 illustre la construction de la carte **VSM** qui va dans le sens inverse de la chaîne de création de valeur.



**Figure 27 : Chaîne de création de valeur d'un produit.**

La cartographie de l'état actuel (VSM) recense l'ensemble des activités à valeur ajoutée et à non-valeur ajoutée, nécessaires à la transformation de la matière première en produit délivré finalement au client.

Elle permet de :

- Comprendre la situation actuelle : donner une image globale, une vue complète du processus.
- Relever les sources de gaspillages.
- Améliorer l'ensemble du processus en réduisant les opérations sans valeur ajoutée.
- Montrer les liens entre les flux d'information et le flux physique du produit.
- Construire un plan projet d'amélioration par le Lean.

### b. Cartographie actuelle de la ligne PASSENGER

Cette VSM, figure 31, montre le processus global de fabrication du câble « Passenger », ainsi que le flux physique et informationnel entre les postes. Il met en évidence le nombre d'unités en stock entre les différents postes, le délai d'exécution et les temps de cycle des postes, nombre d'opérateurs par poste ainsi que les TVAs et TNVAs, la demande client par shift. Ce

qui nous ramène vers la phase « Analyse » où nous allons analyser les données de production afin d'identifier par la suite les gaspillages causant les pertes.

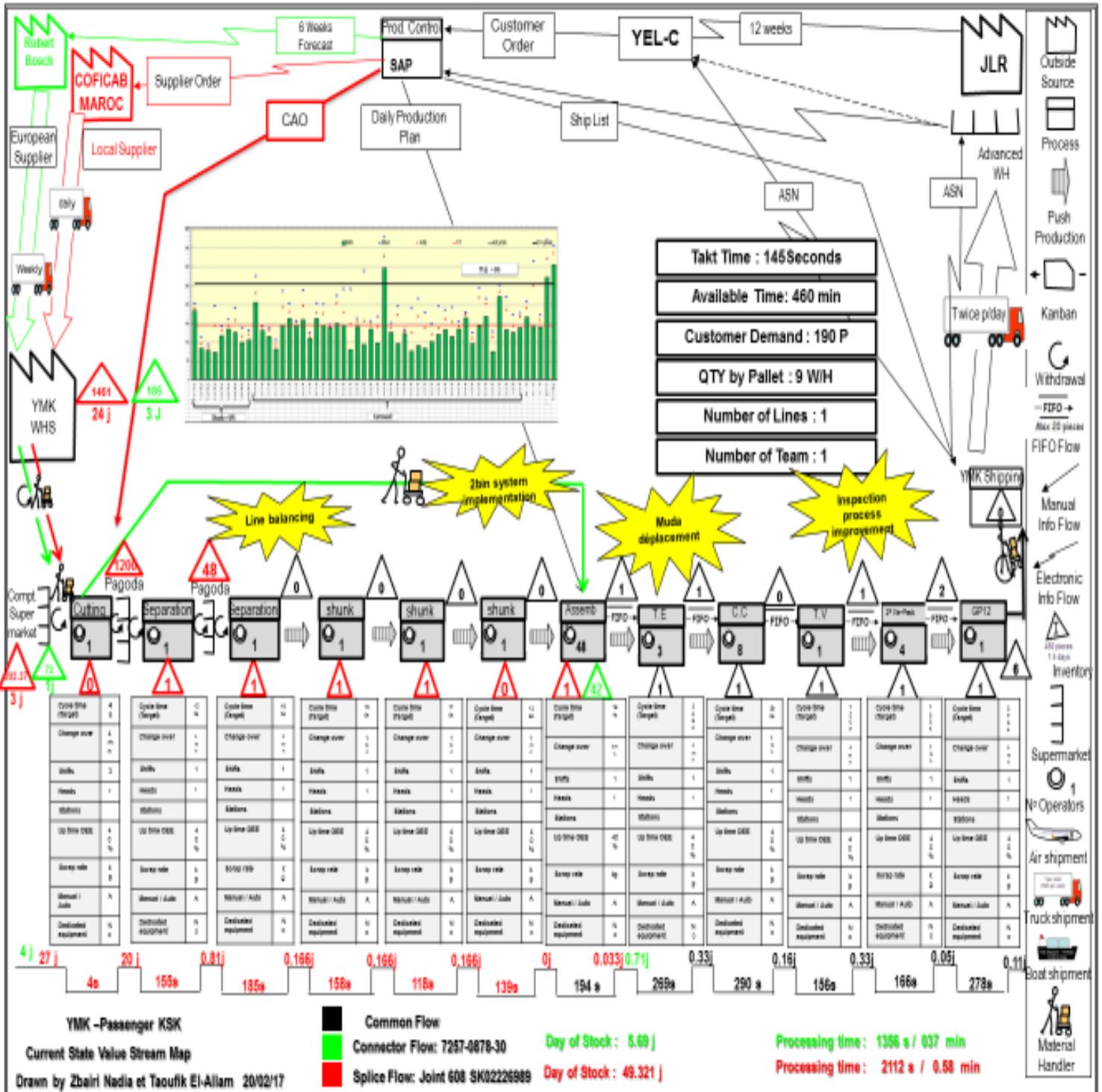


Figure 28 : Carte VSM du processus.

### **Analyse de la VSM actuelle**

D'après la VSM, nous constatons qu'il y a quatre problèmes qui sont :

- Les postes sont non équilibrées.
- Manque 2 bin-système.
- Muda déplacement.
- Problème surproduction au niveau d'inspection.

### **Conclusion :**

L'analyse de la situation actuelle, nous a permis de déterminer les différentes actions à prendre et qui sera prise le chapitre d'innover - contrôler. Ces plans d'actions sont le résultat de travail d'équipe de famille Passenger.

# C

## hapitre 4 : Innover et contrôles des améliorations

*Dans ce chapitre on va présenter les solutions et élaborer des plans d'actions. Après on va refaire une étude pour savoir l'efficacité de ces solutions.*

## I. Introduction :

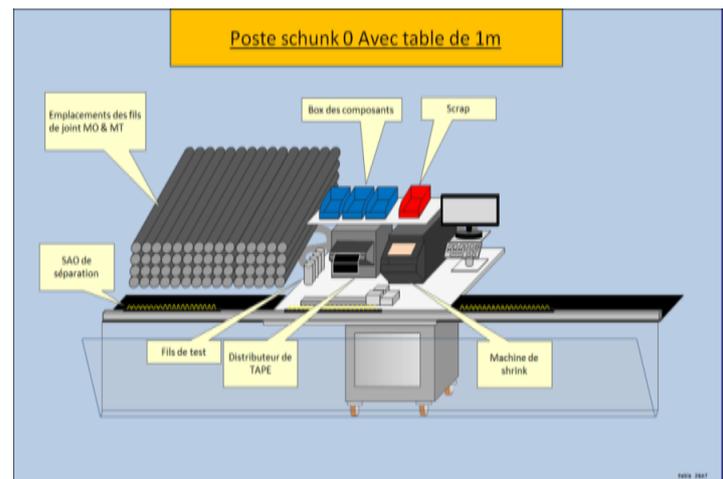
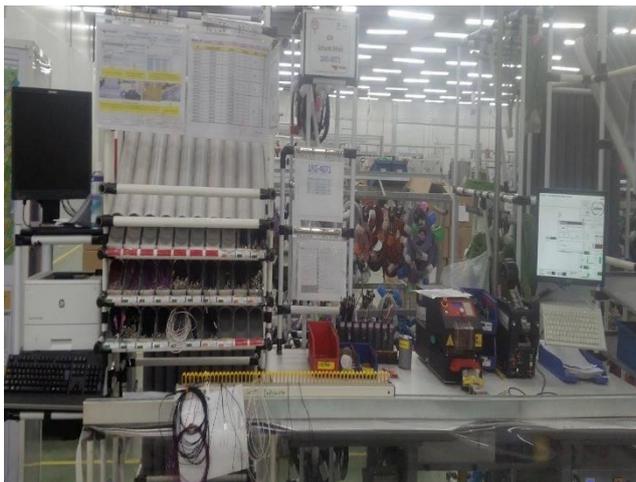
Après avoir collecté les informations sur les différents problèmes évoqués avant et les analyses effectués dans le chapitre précédent, nous allons proposer des actions à mettre en œuvre. L'étape de l'innovation a pour objectif d'élaborer un plan d'action afin de résoudre les différents problèmes détectés lors de la mesure et l'analyse de la situation. Ces actions d'améliorations qui seront proposées doivent être efficaces, et ne demandent pas beaucoup d'investissement afin de minimiser les dépenses.

## II. Equilibrage des postes

Le chronométrage et l'analyse des postes goulots, avec les différents membres de TEAM NYS, nous ont permis de mettre en place les changements de l'équilibrage PIMO LHD appliqués sur le système.

### Shunk :

Ce poste est opéré par une seule personne qui assure 4 opérations différentes : La séparation et sélection des fils, le soudage, le shrinking et le taping. L'opératrice commence par séparer les fils, puis une fois le code barre scanné, elle soude ces fils, puis elle applique le shrink ou le taping en respectant les séquences demandées par le logiciel Manic Plus. L'analyse des différentes tâches effectuées par l'opératrice, nous a amenés à mettre comme objectif l'élimination des mudas. Après la discussion avec les membres d'équipe nous avons pris la décision de remplacer la table de poste de longueur 2 m par une autre table de 1 m. La Figure 32 présente l'état du poste avant et après l'application de changement.



**Figure 29 : Poste shunk avant et après changement.**

Après la nouvelle situation, une autre source de muda est décelée puisque l'opératrice doit à chaque fois que tous les Macdos soient utilisés, d'y aller au poste 9 se ravitailler par

un chariot. Pour le résoudre nous avons proposé d'utiliser un mécanisme déjà utilisé dans d'autre chaine pour permettre de retourner les Macdos au poste Shunk. (Cette solution n'a pas été appliquée en attente d'une décision).

### Poste 9 :

Le poste 9 est le poste crucial de la chaine puisque le poste ou commence le montage du câble sur le carousel. Ce poste est opéré par une seule personne qui doit assurer plusieurs opérations à la fois :

- Récupérer le câble produit final des postes SPS et scanner son code barre.
- Récupère le macdo ou il y a des fils qui sont passés par la zone P2 (soudage, shrinking et taping) intégrée dans la zone P3 du nouveau projet et les fils (préalablement soudés dans la zone P2) sur la pagode, scanne leurs codes barre et les met sur le carousel.
- Scanner le code sur le carousel ce que lui permet d'imprimer l'ordre du câble.

Une fois que toutes ces opérations sont faites, l'opératrice commence le montage du câble sur le carousel en respectant le schéma (Layout). L'opératrice dans ce poste a pour mission aussi d'installer des connecteurs et d'y insérer des fils.

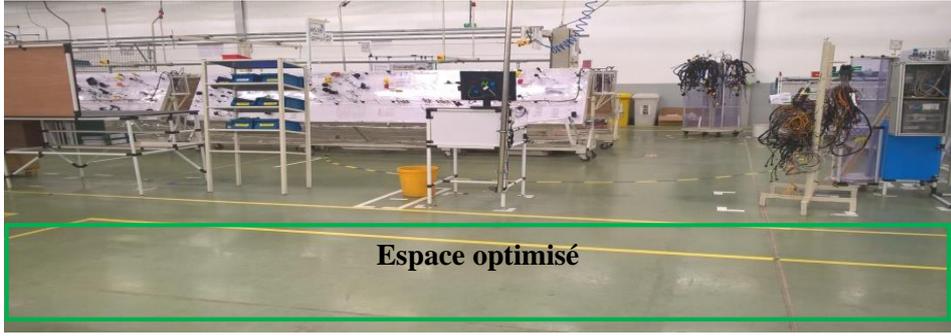
Toutes ces opérations faites par une seule opératrice génèrent du retard dans la chaine et plusieurs **mudas** qu'on va minimiser pour améliorer la production. Parmi les solutions appliquées pour résoudre ses problèmes :

- Changer l'affectation de cheminement du joint 610 du poste 09 au poste 12, puis on a actualisé les schémas (Tableau 10) selon le changement implémenté sur les deux postes (09 & 12).

Workstation	New WS	PM2	FM MVBs	Material	Unit time	C/S	Colour	Conn A	Cavity A	Conn B	Cavity B
W9	W12	570GLSA6_1A	39103547	W0148	0,086223	0,75	V/R	J610	L	C13	10
W9	W12	570GLSA6_1B	39103541	W0149	0,183265	0,5	V/R	J610	R	C30	17
W9	W12	570GLSA6_1C	39103542	W0150	0,167293	0,5	V/R	J610	R	C3	10
W9	W12	570GLSA6_1D	39103509	W0151	0	0,5	V/R	J610	R	SA	-

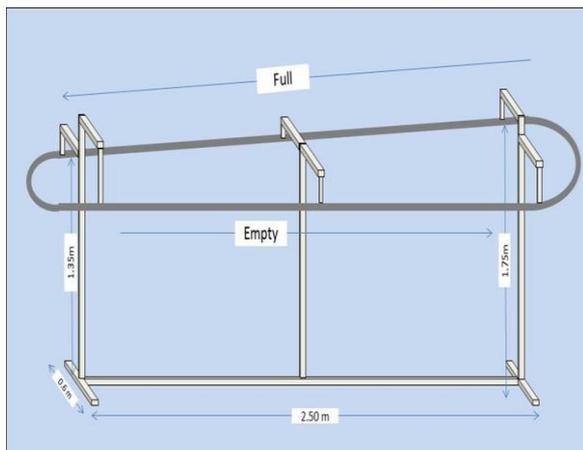
**Tableau 10 : La modification au niveau du schéma et Base de données.**

- Changement d'emplacement de P2 (Tableau 11), puis affecter la tache de mettre le Macdos sur le Tjig au poste 47, les fils et les joint de GS40 au poste 46.

<b>Etat avant l'amélioration</b>		
<b>Etat après l'amélioration</b>		
	<b>Description de problème</b>	<b>Description de la solution</b>
	Plus que huit déplacement vers GS40 ,SPS , postes schunk et l'imprimante.	Changer la conception de la ligne (Schunk et GS40) et optimisation de l'espace.

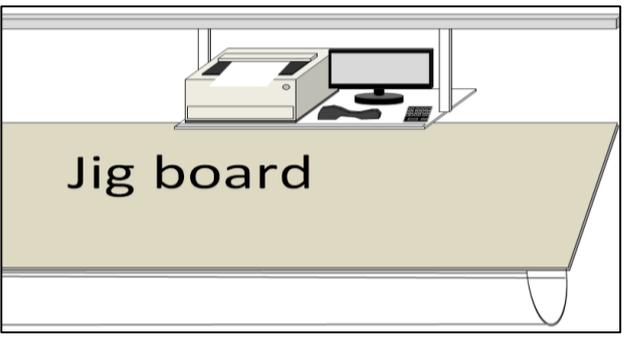
**Tableau 11: Déplacement de P2.**

Pour éliminer le mudas de déplacement vers le poste 8 des SPS, afin de prendre le câble produit est le cheminer sur le Tjig. Nous avons Adapté un sliding system pour que l'opératrice de poste 9 trouve le câble à côté de l'imprimante, figure 33.



**Figure 30 : Sliding system.**

- Changer l'emplacement de l'imprimante et de scanner pour les mètres dans le carrousel, cette idée a été approuvée par le technicien de NYS, tableau 12.

Etat avant l'amélioration	Amélioration prévu (En attendant la validation de l'équipement)
	 <p>Jig board</p>
Description de problème	Description de la solution
Muda de déplacement poste 9 afin de scanner trois ordres et le JIG board.	Intégration d'imprimante et ordinateur sur le carrousel.

**Tableau 12: Elimination du MUDA de Poste 9.**

Pour valider le résultat de l'équilibrage, nous avons chronométré le poste 5 fois pour assurer l'efficacité des actions, ce qui y a donné le résultat suivant :



**Figure 31 : résultat du changement réalisé au poste 9.**

L'application de ces actions nous a permis de diminuer la charge sur poste 9, sans dépasser le Tack-Time (Figure 34), et en même temps augmenter le taux d'occupations du poste 12.

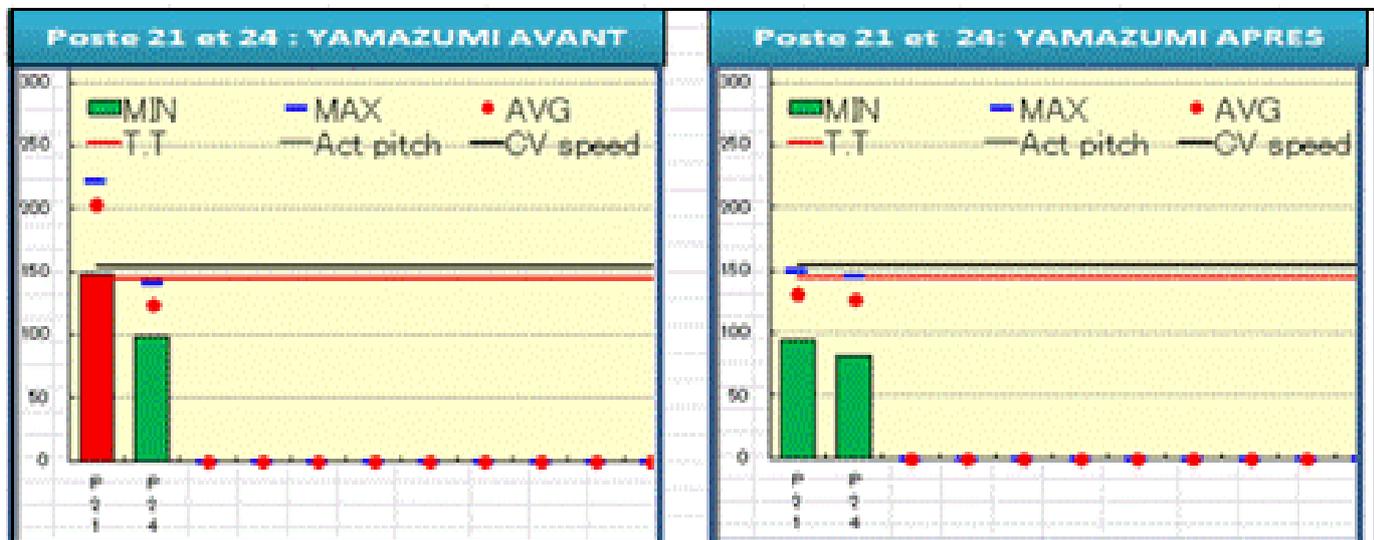
### Poste 14 :

La présence de deux fils similaires créant des problèmes à l'opératrice, ce qui génère des défauts de circuit croisé et un retard lors de la détermination de l'emplacement de chaque fil. Pour résoudre ce problème nous avons déplacé l'un des deux fils au poste 16.

### Poste 21 :

Elle commence par récupérer deux joints du macdos et applique sur le joint 612 l'opération d'enrubannage. Ensuite, elle monte les deux joints et un autre fil disponible dans son poste sur le carrousel, et les insère aux connecteurs quelle a monté sur le carrousel.

Les deux joints (612 et 627), ont la même couleur (Black/Green). Pour résoudre le problème on a déplacé le joint de fils 627 au poste 24, ce qui y'a permis de diminuer la charge et le défaut de circuit croisé au même temps, figure 35.



**Figure 32 : Résultat d'équilibrage de poste 21 avant et après le changement.**

### Poste 25 :

Déplacement du joint de fils 616 au poste 23, et le joint de fils 617 au poste 31. Le tableau 11 présente la mise à jour des bases de données.

Comment	Workstation	NEW PM	Material	Note
delete component	Poste 25	570GL00J617_1C	J617	Joint Simple
delete component	Poste 25	580GL0030_1C	j616	Joint Simple
add COMPONENT	Poste 23	560GL00J616_1A	j616	Joint Simple
add COMPONENT	Poste 31	570GL00J617_1	J617	joint simple

**Tableau 13 : mise à jours des PM et BOM.**

### Poste 27-28 :

L'opératrice du poste 27 enchaîne le travail de l'opératrice du poste 26 a réalisé. Du coup elle applique l'opération d'enrubannage sur le câble et le protège par l'insertion de ce dernier

dans un tube plastique. La figure 36 présente les différents éléments qui se trouvent au poste 27.



**Figure 33 : Les composants de poste 27.**

Pour le poste 28, les opérations réalisées sont :

- Montage du câble produit par l'opératrice au poste 27 sur le carrousel
- Insertion dans des connecteurs préalablement posés sur le carrousel
- Mettre le veudant dans le **grommet**, ajouter le produit, puis enrubannage avec le STP\_144(PVC), puis terminer l'enrubannage avec F\_A372(Tesa), et enrubanner le spot tape.

Pour équilibré ses deux postes, on a transféré toutes les opérations d'enrubannages au poste 27, et un fil de poste 27 au poste 28, tableau 14.

de poste	à poste	Action
28	27	Terostat
		Spot Tape
		F_A372
		STP_144
27	28	FILL SIMPLE

**Tableau 14 : Action d'équilibrage des postes 27 et 28.**

L'application de cet équilibrage à permet de gagner la structure de poste 27, et au même temps diminué le temps de travail de poste 28, comme il est présenté sur la figure 37 et le tableau 15.



Figure 34 : Résultat d'équilibrage du poste 28.

Etat avant l'amélioration	Etat après l'amélioration
<b>Description de problème</b>	<b>Description de la solution</b>
Poste non utilisable, allocation d'espace sans valeur ajoutée.	Eliminer la structure de poste 28.

Tableau 15 : Fiche d'amélioration des Postes 27 et 28

**Poste 40 :**

L'opératrice du poste 40 fait l'enrubannage des fils insérés dans le connecteur 15, plus l'insertion de 12 fils (simple, double twist...) le max des fils insère par câble est de 6, donc pour diminuer la charge, on a transféré l'enrubannage de connecteur 15 au poste 39, tableau 16.

from	to	Action	PM
40	39	C15	570GRCONN_15A
		Tie strap for C15	
		C15	570GRCONN_15A

Tableau 16 : Action équilibrage du poste 40.

Après l'application de cette action, on a refait le chronométrage de poste, le résultat est satisfaisante, figure 38.

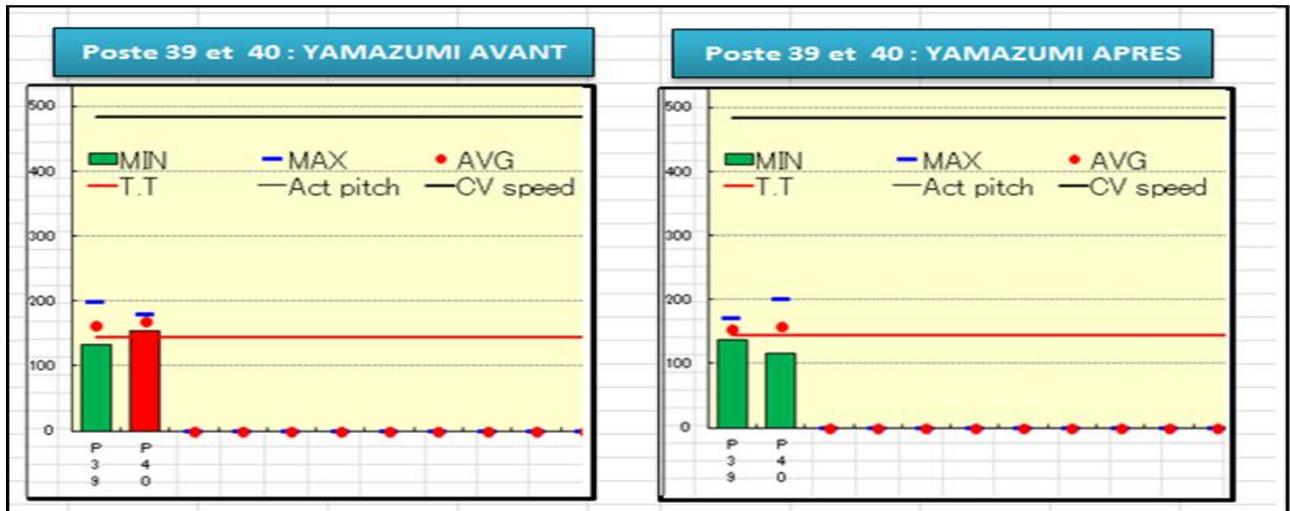


Figure 37 : Résultat d'équilibrage du poste 40.

**Poste 45 :**

L'opératrice de ce poste fait l'enrubannage d'une grande partie de câbles, plus une partie du fil croisé qui prend beaucoup de temps, pour cela, on a affecté une partie d'enrubannage au poste 44, comme il est indiqué sur le tableau 17 et sur la figure 39.

Workstation	New WS	PM2	FM MVBs	Material
W45	to W41	570GLtaping_1_	39103508	F_038

Tableau 17 : Action équilibrage P45.

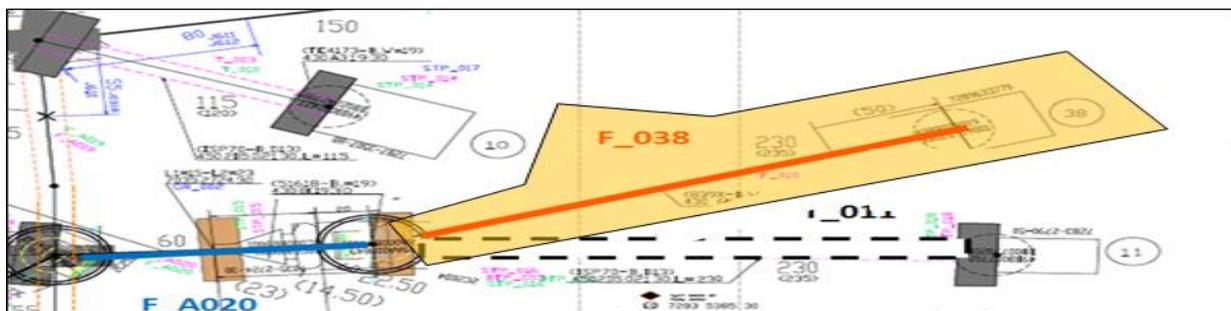


Figure 38 : Parti affecter au poste 41.

Les actions prises nous a permis d'avoir le résultat suivant, figure 40.



**Figure 35 : Résultat d'équilibrage du poste 45**

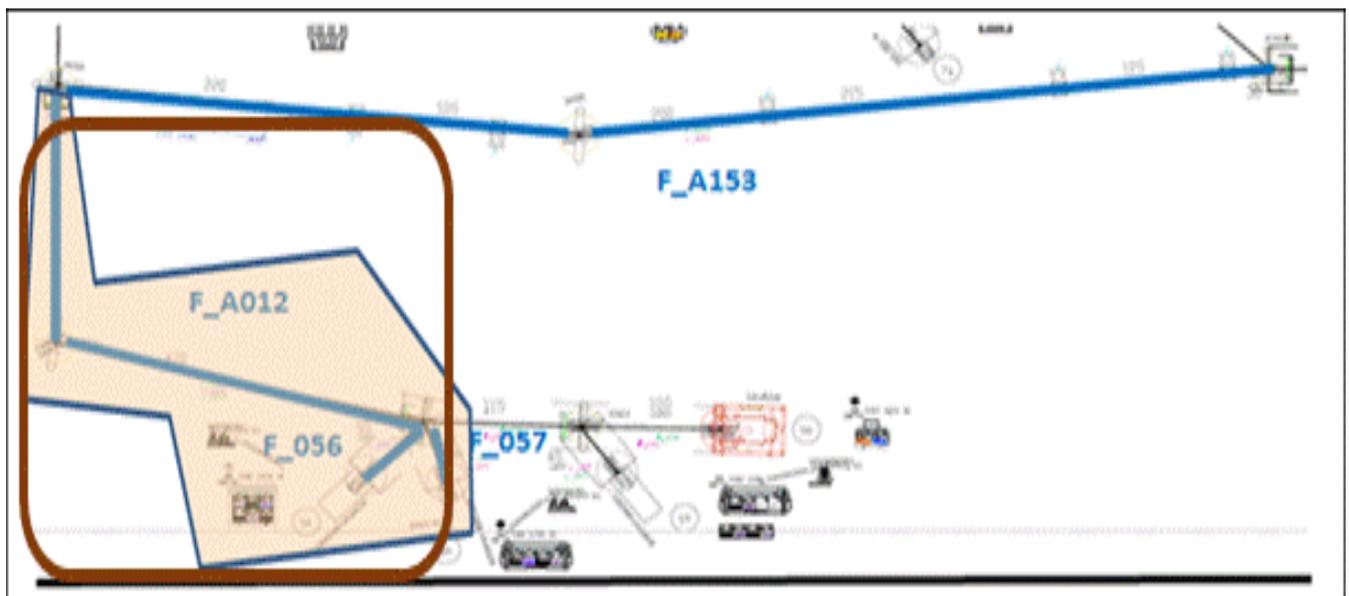
On constate que les deux postes ne dépassent pas le Tack-Time.

**Poste 46 :**

Le poste est chargé, pour le diminuer on a transféré l'enrubannage d'une partie au poste 44 qu'est soulagé, la partie transféré est représentée dans le tableau 18 et la figure 41.

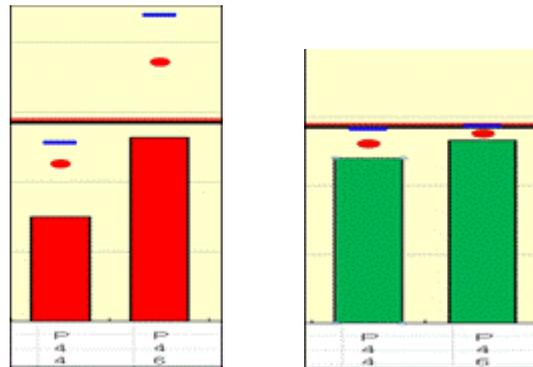
Workstation	New WS	PM2	FM MVBS	Materiel
From W46	To W44	570GLtaping_16_C	39103532	F_056
From W46	To W44	570GLtaping_16_C	39103549	FA012

**Tableau 18 : Action équilibrage P46.**



**Figure 41 : La partie affectée au poste 44.**

Le refait de chronométrage (Figure 40) après l’application d’action d’équilibrage nous a permis de la validée.



**Figure 36 : Résultat d’équilibrage des postes 44 et 46.**

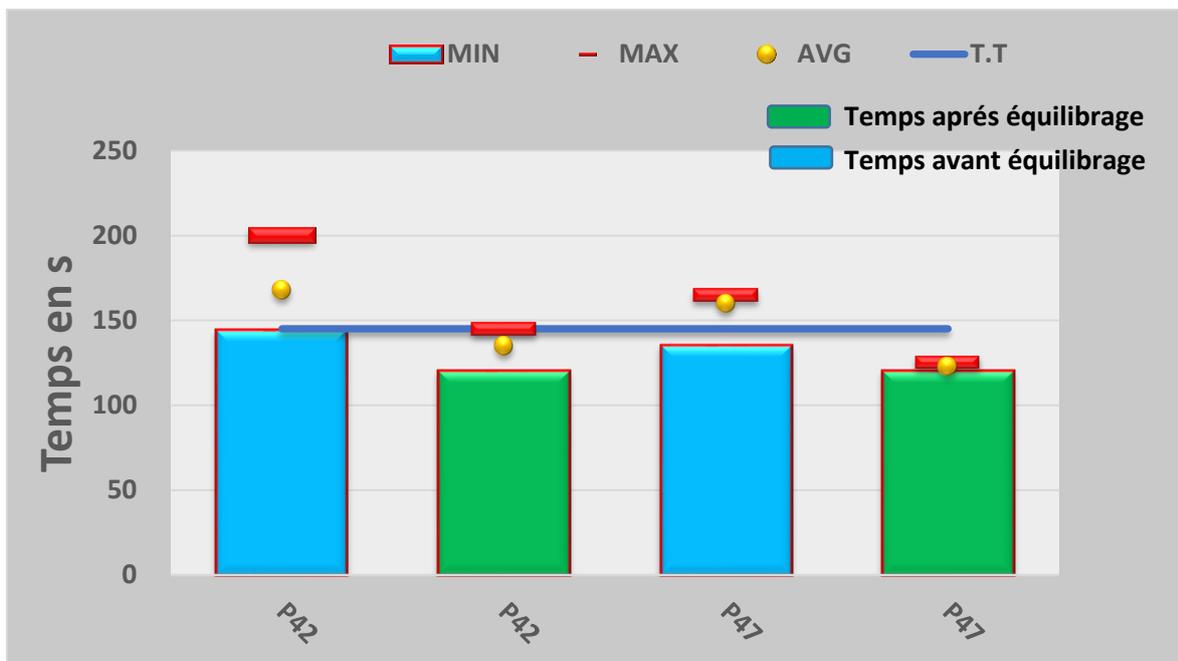
**Poste 42 :**

L’action d’équilibrage de ce poste a été l’affectation des deux spots tape, plus croisement du poste 42 au poste 47. L’opération est présentée sur le tableau 19.

Comment	Workstation	PM	Material	Yazaki name	Note
delete component	W42	570GRtaping_24_A	STP_022	4300K1930	Spot tape
Add component	W47	570GRtaping3_15	BTP_010	4300K1930	croisement
Add component	W47	570GRtaping3_15	STP_022	4300K1930	Spot tape

**Tableau 19 : Action équilibrage du P42.**

Le temps de travail de poste 42 diminue, ce qui y’a permis d’avoir un équilibrage entre les deux postes 42 et 47, figure 43.



**Figure 37 : Résultat d’équilibrage du poste 42.**

### III. Plan d'action des défauts de qualité

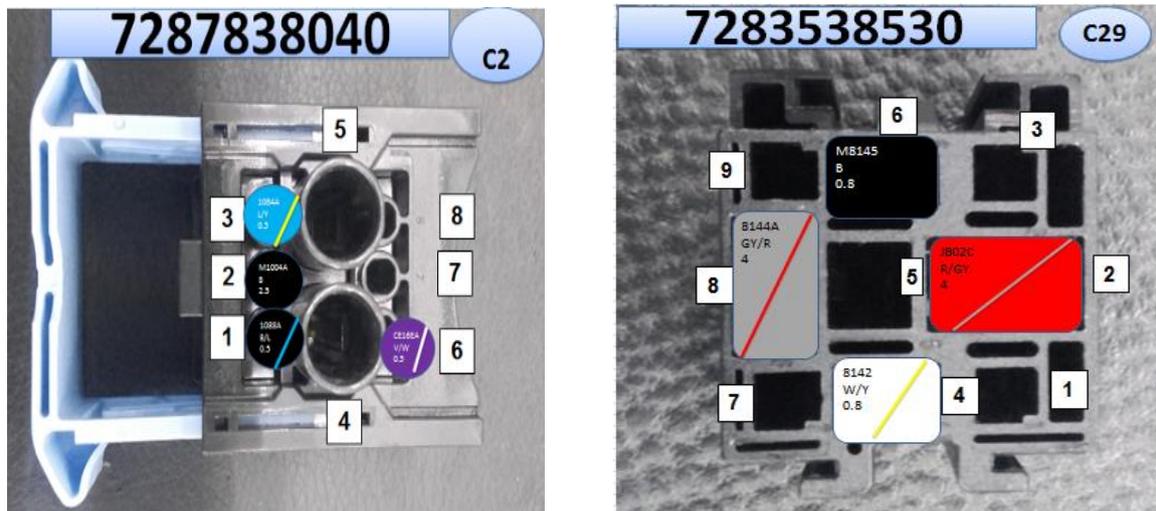
#### II.1 Circuit croisé(AW40)

Le circuit croisé est un problème qui se trouve dans toutes les lignes de production. Pour le circuit AW40, nous avons pris quelques actions pour diminuer le taux de défaut du ce circuit, tableau 20.

Code défaut	Source de problème	Action
AW40	Présence des fils similaires : -fils noir poste 3 SK02221047 et SK02221046 -W/L et W twist au poste 35 SK02235595	Marqué les deux fils par deux couleurs différentes
	Manque d'entrainement pour les poste 8 et 12 de 1 shift et les nouveaux opérateurs de 2 shift	Planification d'une formation pour les opérateur sur le système KSK Manager. Former les nouvelles opératrices avec des polyvalents et suivre leur avancement par la matrice des défauts
	Présence de deux fils de joint similaire au poste 12	Déplacement de joint 621
	Présence fils similaires noir au poste 12 SK02221034 et SK02221038	Déplacement de SK02221034 au poste 13

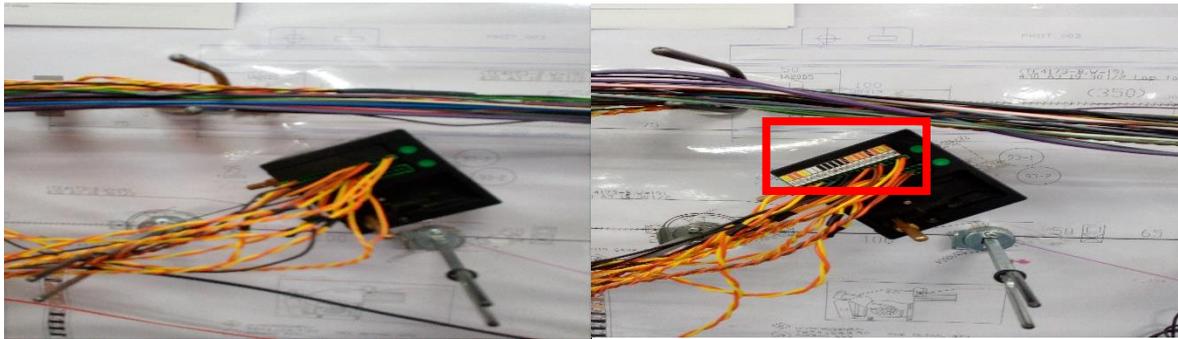
**Tableau 20 : Action de diminution de AW40.**

Parmi les solutions prises pour résoudre ce problème nous avons mis à jours toutes les aides visuelles (Figure 44) de la ligne. On a remplacé et réorganisé l'emplacement des fils pour qu'il soit compatible avec les aides visuelles, et séparé entre les fils de P1MO et P1MT.



**Figure 38 : aide visuelle.**

L'emplacement des aides visuelle dans les poste de travail peut généré des défaut, puisque il faut chaque fois pour l'opératrice de voir la cavité de chaque fils, est pour évité cette situation on a placer des aides visuelles sur les contres pièces de Tjig, voir figure 45 :



**Figure 39 : Aide visuelle sur les contre pièces.**

## II.2 Circuit manquant(AB36)

L'analyse de problème nous a amené à détecter la source de problème qui est la réutilisation de connecteur de référence 7286-9985-30.

Après que le problème a été remonté au responsable qualité, la décision prise a été d'arrêter le travail avec ces connecteurs, et utiliser les nouveaux pour atteindre le nouveau objectif (114 DPM par shift).

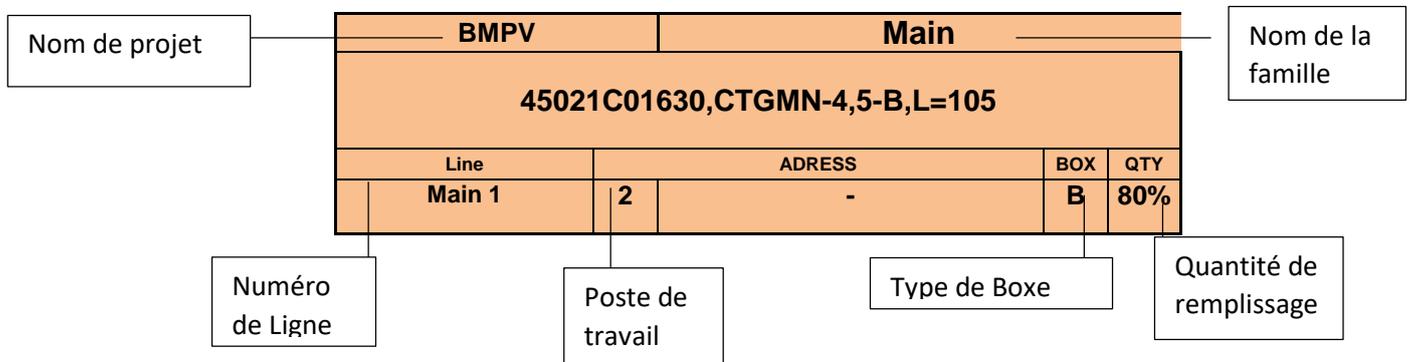
La méthode Push/clic/Pull/Pull n'est pas respecté par les opérateurs, pour cela nous avons préparé des normes et les distribuer sur les différents postes.

## IV. Plan d'action des arrêts de la ligne.

### IV.1 Manque de la Matière :

Les standards de Yazaki exigent que pour chaque composant il faut avoir deux boxes pour assurer le travail pendant 4 heures de travail, chose qui n'est pas respectée dans la ligne. Cette action de mettre en place le 2-bin système m'a été confié par les responsables de produit.

Mettre en place le 2-bin system nous a obligé en premier temps de préparer l'identification des boxes selon le standard Yazaki, Figure 46.



**Figure 40 : Standard d'identification.**

Après nous avons déterminé le type de boîte convenable pour chaque composant en assurant 4 heures de production sans arrêt et le nombre de chaque composant utiliser dans le câble, tableau 21.

FAMILY	Références	BOX TYPE	Work station
Body	7035-9783-30	A	1
Passenger	7052-1445	B	4
Body	7158-3480-60	C	10
Body	7235-2778-30	A	18
Body	7035-9783-30	G	26

**Tableau 21 : exemple type de boîte des composant.**

La figure 47 montre l'état avant l'application de 2-bin et la figure 48 après.



**Figure 41 : Avant application de 2-bin system.**



**Figure 42 : Après application de 2-bin system.**

L'application de ce système permet de diminuer le temps d'arrêt de la ligne et au même temps diminuer la charge sur le magasinier.

## IV.2 Test électrique

Afin de mettre en place un plan d'action permettant la minimisation du temps d'arrêt de test électrique, nous avons réalisé une étude AMDEC qui y a été envoyée au responsable de maintenance pour mettre en place un plan d'action convenable.

Cette étude a été conclue par la décision d'utiliser le Test Electrique réservé aux états de dysfonctionnement de ce dernier est qui y est obligé par le client.

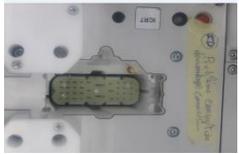
Donc le Test électrique sera remplacé (Figure 49) et au même temps un plan d'action a été mis en place pour changer les contres pièces et quelque carte électrique pour augmenter le temps de réponse de machine.



**Figure 43 : la représentation du poste test électrique ancien et nouveau.**

Le test électrique de deuxième ligne sera remplacé dans la semaine 26.

Le plan d'action suivant a été mis en place avec l'aide de service équipement, tableau 22.

WS	Problème	ACTIONS	statu	Picture	Remarques
Test Electrique	<b>blocage de connecteur sur la CP</b>	Modifier le bloc	Appliquer		
Test Electrique	Court-circuit (Sys NOK)	Vérification de terminaux de production	Ouvert		Vérification et suivi sur la production
Test Electrique	<b>Continuité</b>	Vérifier le CP c'est OK ,	En cours		Vérification et suivi sur la production
Test Electrique	<b>blocage de connecteur sur la CP</b>	Fixation la protection de la CP	Appliquer		
Test Electrique	<b>court-circuit et Continuité (NOK)</b>	Vérifier le CP c est OK ,	Ouvert		Vérification et suivi sur la production

Test Electrique	<b>détection</b>	Planifier pour changement la CP	En cours		Vérification et suivi sur la production
Test Electrique	Pb de court-circuit (sys Nok)	Ajustement le micro de continuité	Ouvert		
4743A et 4744A ET IC11	Pb de l'ouverture et fermeture de sécurité (SLO)		Ouvert		
6558A ET 6575	Pb de CPA	Désactiver de programme	En cours		
BS11C ET BS11O	Pb détection IST2		Ouvert		

**Tableau 22 : plan d'action de test électrique.**

### Conclusion :

Dans cette partie, j'ai présenté les différentes actions appliquées dans la ligne et le prochain chapitre sera consacré à la présentation des résultats de ces plans d'action.

## V. Comparaison entre l'état précédent et l'état après l'amélioration

Des modifications ont été apportées au processus lors de l'étape précédente, il faut désormais vérifier que notre système a subi des évolutions en comparant l'état avant et après l'application de plans d'actions.

Je me suis rendu quotidiennement à la zone d'assemblage pendant 23 jours pour contrôler l'efficacité des améliorations effectuées en chronométrant les différents postes, et en notant les différents paramètres qui nous intéressent et qui ont un impact direct sur les indicateurs de performance tels que le nombre journalier de câbles produits (Outputs), les arrêts, les défauts commis.

## V.1 Yamazumi

Le résultat du chronométrage des différents postes réalisés trois fois, le résultat est présenté dans la figure 50.

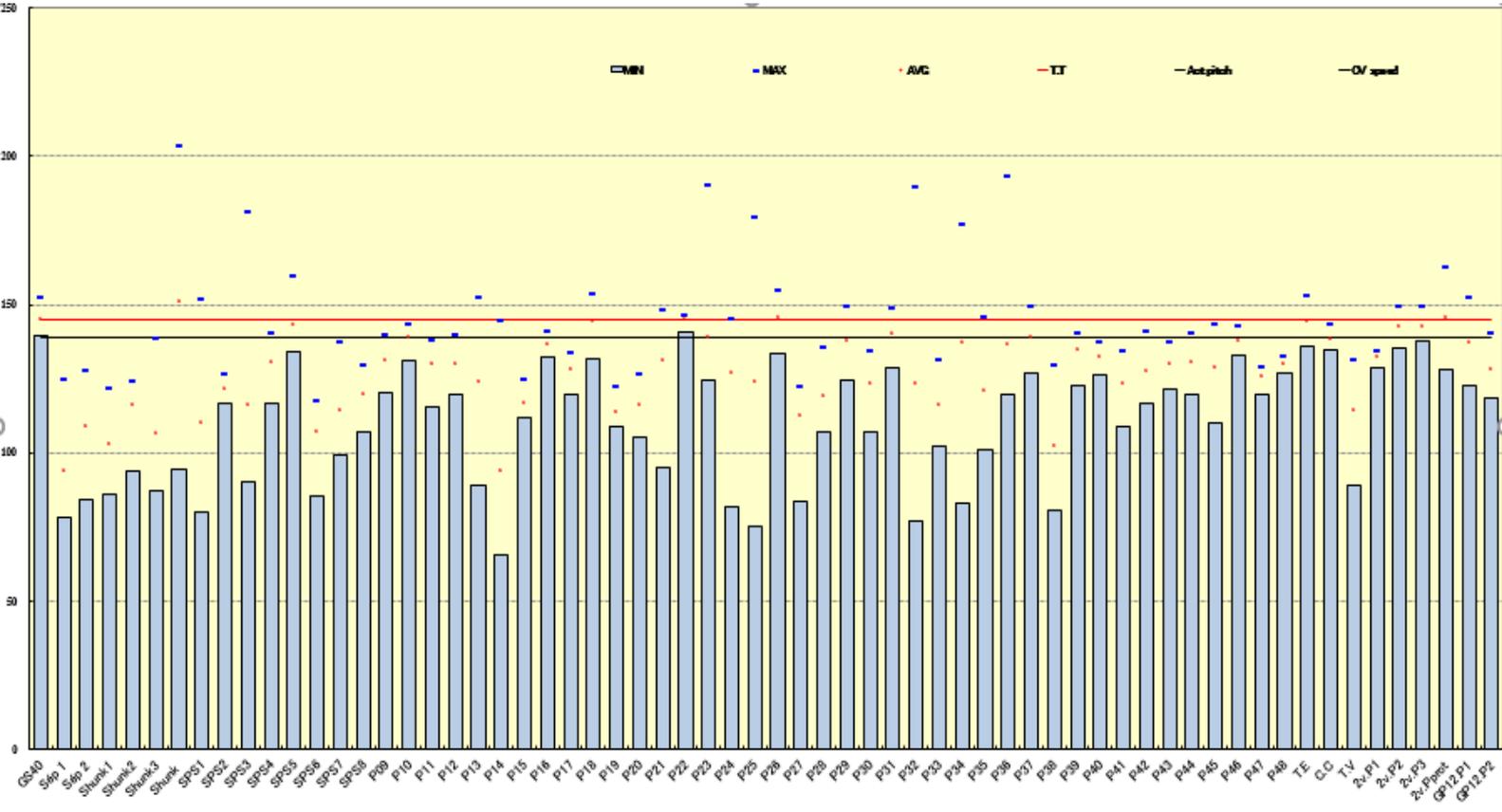


Figure 44 : chronométrage des postes.

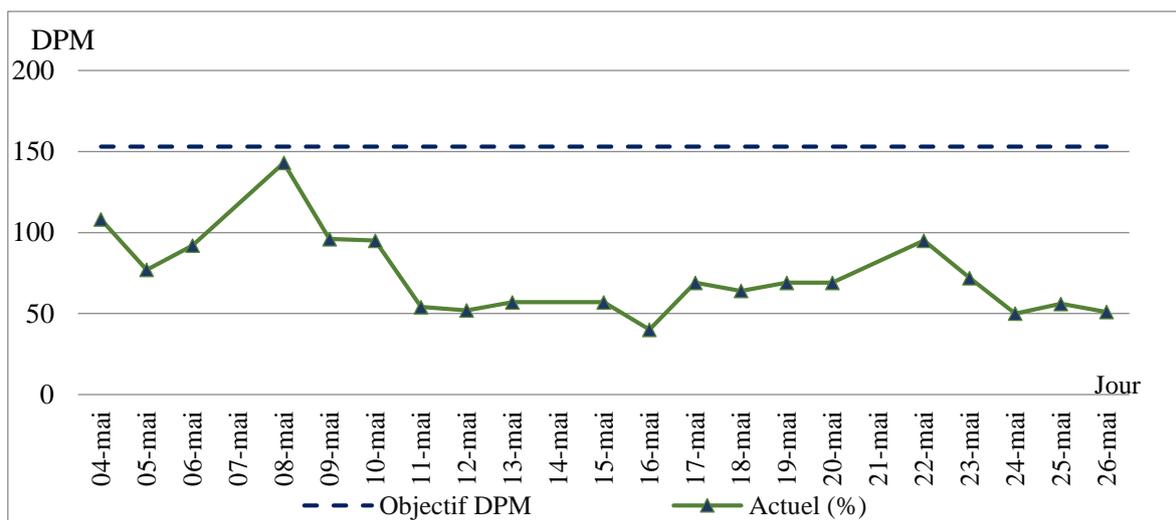
L'application des plans d'action présentées dans le chapitre innover et les actions prise par les autre membres d'équipe nous a permis d'équilibrer les postes de ligne (voir annexe pour les détaille de chronométrage). L'élimination des mudas de Shunk et le poste 9, nous a permis de gagner un temps de 135 secondes et 2 mètre carre équivalent à : **3288 euro par année.**

La structure de poste 28, plus le test-Mayer nous a permis de gagner **2700 euro selon le service de finance.**

Pendant cet équilibrage des postes nous avons changé l'ergonomie de plusieurs postes, voir annexe.

### V.2 Défaut de qualité

Nous avons constaté une réduction de 53% du défaut de circuit croisé, ceci a permet de gagner **9 câbles** et **3 câbles** par l'élimination de circuit détaché et au même temps atteindre l'objectif de DPM (voir figure 42) et le dépasser. Ce qui y a mis le projet dans la première place jusqu'à maintenant dans la compétition de yazaki Kénetra.



**Figure 45 : Evolution DPM.**

### V.3 Productivité

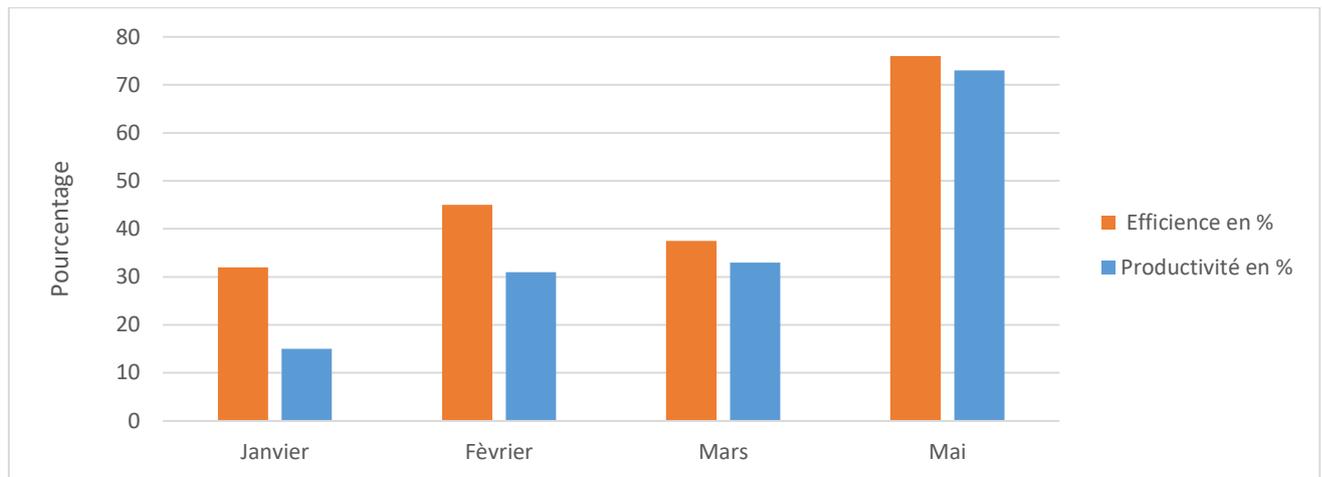
Les différentes actions appliquées ont été dans le but d'augmenter la productivité,

semaine	Week18	Week19	Week20
Productivité	55,00%	64,00%	73,10%

**Tableau 23 : Productivité de 3 dernier semaines**

L'objectif n'a pas était atteint encore, mais l'évolution de la productivité nous montre qu'on peut l'atteindre dans 4 semaine ce qui ne va pas permettre de respecter la date déterminer (semaine 30) pour atteindre l'objectif.

Le nombre des câbles produits est de 175 câbles dans la semaine 20, donc il ne faut 15 câbles supplémentaires pour atteindre 190. De même l'efficacité a atteint 75%.



**Figure 46 : productivité et efficacité des 4 mois.**

Les actions d'amélioration continue (Kaizen) ont permis d'augmenter la productivité de la ligne, en plus toutes ses actions ont été dupliquées pour les 2 nouvelles lignes de la Famille Passenger, ce qui va permettre aux opérateurs de la deuxième ligne de s'adapter rapidement à leurs postes.

## Conclusion

La performance d'une chaîne de production s'exprime par sa capacité à répondre aux exigences des clients dans les délais souhaités et à moindre coût. Après avoir implantés les solutions proposées, la ligne P1MO-PASSENGER a pu atteindre un taux d'efficacité de 76%, de productivité qui égal à 73% et DPM qui vaut 44.

## *Conclusion générale*

Le travail présenté dans ce document est le résultat de coopération des membres d'équipe de travail de la famille Passenger, dont le but est d'améliorer et augmenter la ligne de productivité pour répondre au besoin de clients.

C'est dans cette vision que les tâches d'optimisation du flux de production et l'élimination des gaspillages de la ligne P1MO-PASSENGER nous ont été confiées. Pour ce faire, nous sommes basés sur la Démarche DMAIC de Lean Six Sigma, et qui s'est déroulée selon les quatre étapes :

En premier temps, nous avons commencé par un diagnostic et une analyse méthodique de l'existant, cette étape était décisive, elle nous a permis de dégager au mieux les forces et les faiblesses du processus, ce qui a constitué une donnée de base pour l'élaboration d'un plan d'actions. Nous avons aussi réalisé une cartographie du flux à l'aide de l'outil VSM afin de visualiser la situation réelle de l'entreprise et de déterminer les différentes opportunités d'amélioration.

Par la suite, nous avons proposé des améliorations tout en se basant sur les principes du Lean Manufacturing. Ces améliorations consistent à diminuer les arrêts, éliminer toutes sortes de gaspillage afin d'améliorer la performance de la ligne.

Pour finir, nous avons effectué une étude économique, les résultats obtenus sont :

- ✚ Equilibrage des postes de la ligne.
- ✚ Diminution de temps d'arrêt.
- ✚ Elimination des Mudas.
- ✚ Diminution de DPM.
- ✚ Augmentation de la productivité et l'efficience.

# Annexe

## Productivité et efficacité de 12 premières semaines et mensuelle :

Semaines	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Productivité %	10	14	21	24	24	37	40	25	28	36	43
Efficacité %	13	17	30	62	29	44	45	31	33	41	45

**Tableau 1 : Productivité et efficacité par semaine.**

Mois	Janvier-17	Février-17	Mars-17
Productivité en %	15	31	33
Efficacité en %	32	45	37,5

**Tableau 2 : Productivité et efficacité des 3 mois.**

### Formule de calcul :

$$\text{Actuel pitch} = \frac{\text{Disponibilité temps}}{\text{Production réelle}}$$

$$\text{Nombre d'opérateurs} = \frac{\text{temps de cycle}}{\text{temps Takt}}$$

$$\text{Down time} = (\text{Actuel pitch} - \text{Vitesse convoyeur}) * \text{Production réelle}$$

### Résultat de chronométrage des postes :

		Shunk + SPS								
Poste	Shunk	SPS1	SPS2	SPS3	SPS4	SPS5	SPS6	SPS7	SPS8	
AVG	189	95	85	143	130	143	157	114	120	
		Carrusel								
Poste	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	
AVG	230	139	130	93	193	179	152	197	115	
		Carrusel								
Poste	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	
AVG	176	175	141	204	179	147	152	155	146	
		Carrusel								
Poste	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	
AVG	139	329	138	172	130	123	167	137	121	
		Carrusel								
Poste	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	
AVG	136	161	151	142	174	110	217	202	113	
		Carrusel				T.E	C.C	T.V	Protec & Pack	GP12
Poste	P45	P46	P47	P48	T.E 1	C.C 1	T.V	P1	GP12	
AVG	233	186	142	166	191	249	157	322	334	

**Tableau 3 : Résultat de chronométrage de mois février.**

### Le temps des arrêts des 3 mois :

Objectif de down time = 28(nombre de jour de travail) \* 20(objectif d'arrêt par shift)

Mois	Janvier-2017	Février-2017	Mars-2017
Temps d'arrêt en (h)	64,5	57,8	14
Objectif (h)	9,34	9,34	9,34

**Tableau 4 : Les arrêt de la ligne.**

### Problèmes d'arrêt de test électrique :

Problème	Temps d'arrêt en min	Cumul	% Cumul
Continuité/Détection	194	194	43%
Cartes	166	360	79%
Activation	54	414	91%
Guidage	35	449	99%
Système	6	455	100%

**Tableau 5 : Les arrêt de test électrique.**

### Défaut qualité :

Les deux tableaux indiquent le DPM hebdomadaire et mensuelle :

Mensuelle :

	Janvier	Février	Mars
DPM	774	205	148
Objectif	153	153	153

**Tableau 6 : DPM des 3 mois.**

Hebdomadaire :

Semaines	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
DPM	1908	583	417	255	213	213	174	171	168	128	138
Objectif	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153

**Tableau 7 : Les arrêt de la ligne.**

Codification des défauts qualités :

### Structure des postes :

Les structure des postes de travail ne s'adapte pas avec le 2-bin système des composants et le nombre de fils de chaque poste, alors j'ai travail avec le service d'équipement pour améliorer ces structures, plus changer la couleur d'identification de jaune au bleu pour faciliter sur le distributeur de savoir les composants de SPS, Carousel et inspection, je vous présente un exemple de ces postes :

**Poste 4 :** présence des toubous non-utilisé et manque d'emplacement des boxes.



**Figure 1 : Etat de poste avant de l'amélioré.**



**Figure 2 : Etat de poste après changement de structure.**

**Poste 5 :** Absence d'emplacements des boxes

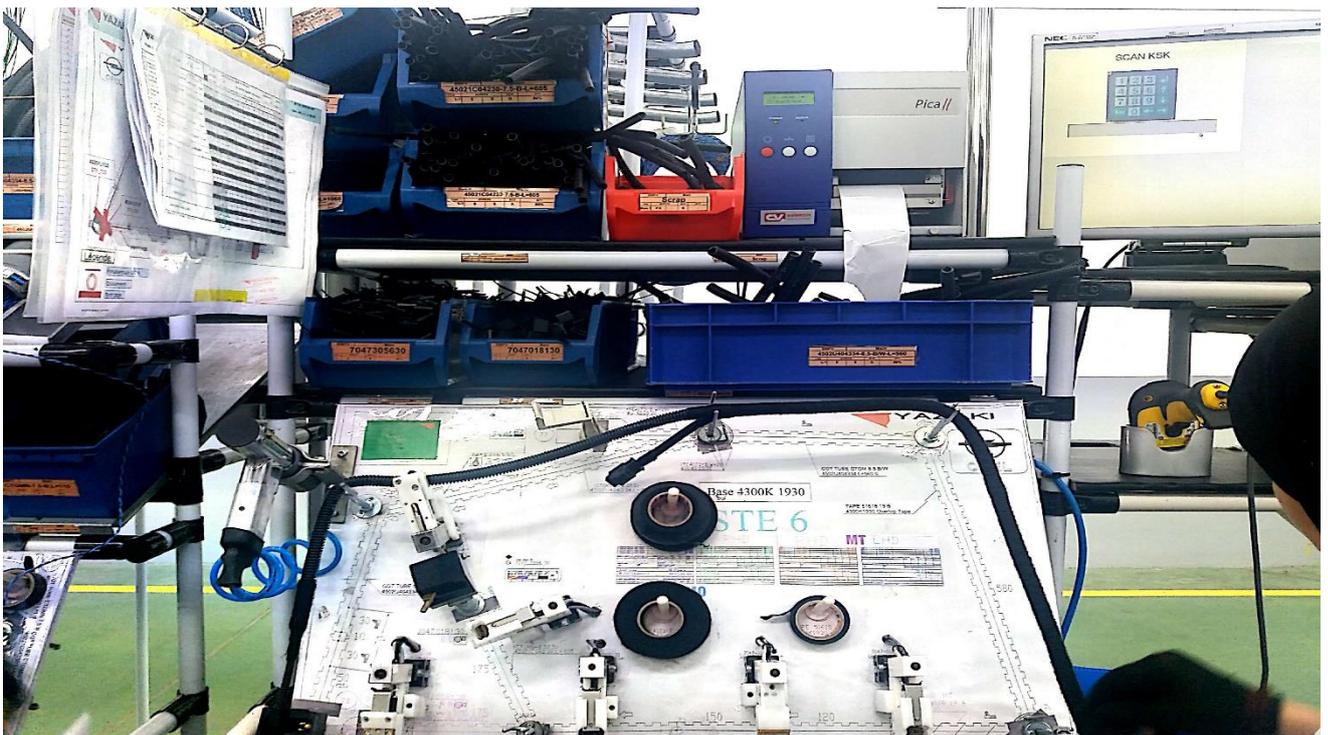


**Figure 3 : Etat de structure avant.**



**Figure 4 : Etat Après.**

**Poste 5 :** la structure n'est pas adaptée par rapport au nombre des boxes.



**Figure 5 : Etat de poste Avant changement.**



Figure 6 : Etat de poste après changement.

**Résultat de chronométrage des postes après équilibrage en seconde :**

GS40	Shunk splice in line				
GS40	Sép 1	Sép 2	Shunk1	Shunk2	Shunk3
140	78	84	86	86	94

Shunk + SPS										
Shunk	SPS1	SPS2	SPS3	SPS4	SPS5	SPS6	SPS7	SPS8		
87	80	116	90	116	134	85	99	107		
Carrousel										
P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17		
121	131	115	120	89	65	112	133	120		
Carrousel										
P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26		
132	109	105	95	141	125	82	75	134		
Carrousel										
P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35		
83	107	125	107	129	77	102	83	101		
Carrousel										
P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46
120	127	80	123	127	109	116	122	120	110	133

Carrousel		Inspection								
P47	P48	T.E 1	C.C 1	T.V	2v.P1	2v.P2	2v.P3	2v.Pprot	GP12.P1	GP12.P2
120	127	136	135	89	129	136	138	128	123	119

Tableau 8 : Résultat de chronométrage des postes après amélioration.

## *Bibliographie*

- [1] Cours gestion de production (2016) : Mr Anas Chafi (Professeur FST Fès)
- [2] Cours Gestion de projet (2016) : Mme Ikram Tajri. (Professeur FST Fès)
- [3] Cours Gestion de la qualité : Mme Ikram Tajri.
- [4] Documentation de la société.



- [5] <http://leanmanufacturing.com/>
- [6] <http://www.leanproduction.com/>
- [7] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme\\_de\\_causes\\_et\\_effets](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_causes_et_effets)