

Année Universitaire : 2018-2019



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et  
Techniques

### Amélioration des KPI de la ligne AJ133

Lieu : YAZAKI Kénitra

Référence :16/19-MGI

Présenté par:

**LAMRANI Nisrine**

Soutenu Le 18 Juin 2019 devant le jury composé de:

- Mr. KAGHAT Fahd (encadrant)
- Mme. LAYACHI Hala (encadrant Société)
- Mr. CHERKANI Hassani Mohammed (examineur)
- Mr. CHAFI Anas(examineur)

## DEDICACE :

*A mes très chers parents, qui ont su m'inculquer les bonnes valeurs, pour leur amour et leurs sacrifices à mon égard, sans qui je n'en serai pas là.*

*Je vous aime du plus profond de mon cœur.*

*A mon frère et ma sœur pour leurs encouragements, leur confiance en moi et auxquelles je souhaite un meilleur avenir.*

*A mes très chers amis, qu'ils trouvent ici, le témoignage de tout mon amour et toute ma reconnaissance pour leur présence et leur soutien. Je vous souhaite une vie pleine de réussite, de santé et de bonheur.*

*A tous mes enseignants tout au long de mes études.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Je dédie ce modeste travail qui, sans eux, n'aurait certainement pas vu le jour.*

## REMERCIEMENT :

*Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude à l'ensemble du corps administratif et professoral de la faculté des sciences et techniques de Fès (FSTF) pour leurs efforts considérables, spécialement le département du Génie Industriel.*

*Mes vifs remerciements à mon encadrant académique Monsieur F.KEGHAT pour ses conseils, ses remarques, sa disponibilité et son soutien tout au long de la période du stage.*

*Je tiens aussi à remercier mon encadrent Madame H.LAYACHI, responsable CIE/NYS pour sa coopération, et ses précieuses recommandations, ainsi qu'à toute l'équipe NYS, et en particulier H.RIFAI et H.KHARCHICH pour leur disponibilité et leur aide inconditionnée.*

*Enfin, ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à tous les personnels de YAZAKI Kénitra qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.*

## ABSTRACT:

This report presents the work that carried out as part of my graduation project which took place within YAZAKI Kénitra during the period from February 4 to May 31, 2019.

The work carried out is part of the improvement of the KPIs (Performance Indicators) of the line AJ133 of the PWT project (Power Train).

The project was treated in accordance with the DMAIC approach. The application of the latter made it possible to solve the problems posed in a rigorous way. In a preliminary step a precise and well-structured definition of the problem was made, then we proceed to a diagnosis of the current state of the line, followed by an analysis of the data collected to determine the root causes of the stops. Then, it was obvious to take action by proposing improvements to increase the productivity and efficiency of the line and eliminate MUDA and waste sources. Finally, we have established the results of the proposed solutions.

**Key words:** Productivity, Efficiency, DMAIC, KPI, MUDA.

## Table des matières

Liste des abréviations

GLOSSAIRE:

Introduction générale :.....	1
Chapitre I : Organisme d'accueil et processus de production	
1 YAZAKI monde :.....	2
1.1 Historique :.....	2
1.2 Activités :.....	2
1.3 Clients :.....	2
2 YAZAKI Maroc :.....	3
2.1 Historique :.....	3
2.2 YAZAKI Kénitra :.....	3
2.2.1 Présentation :.....	3
2.2.2 Fiche signalétique :.....	4
2.2.3 Organigramme :.....	4
2.2.4 CIE/NYS (Département d'accueil) :.....	4
3 Câblage automobile :.....	5
3.1 Définition :.....	5
3.2 Types des câbles :.....	5
3.3 Composants d'un câble :.....	5
3.4 Flux de production :.....	6
4 Zones de production :.....	7
4.1 Zone de coupe (P1) :.....	7
4.2 Zone de pré-assemblage (P2) :.....	8
4.3 Zone d'assemblage (P3) :.....	8
Conclusion :.....	9
Chapitre II : Définir le contexte général du projet	
1 Contexte et intérêt du projet :.....	10
1.1 Introduction :.....	10
1.2 Présentation du projet :.....	10
1.3 Cahier de charge :.....	10
1.3.1 Contexte général :.....	10
1.3.2 Problématique :.....	10
2 Démarrage du projet :.....	12
2.1 Equipe :.....	12

2.1.1	Objectif du projet :	12
2.2	Charte du projet :	13
3	Méthodologie de travail :	13
3.1	Etape 1 : Définir	14
3.2	Etape 2 : Mesurer	14
3.3	Etape 3 : Analyser	14
3.4	Etape 4 : Innover	14
3.5	Etape 5 : Contrôler	14
4	Planification du projet :	14
	Conclusion :	15
Chapitre III : Mesure à l'état actuelle		
	Introduction :	16
1	Zone de travail :	16
1.1	Conception de la ligne	16
1.2	Flux de production :	16
1.3	Effectif :	17
2	Mesure des KPI :	17
2.1	Temps d'ouverture :	17
2.2	Takt time :	18
2.3	Chronométrage :	19
2.3.1	Le câble JPLA :	19
2.3.2	Le câble KK83 :	20
2.4	Analyse de l'effectif :	20
2.4.1	Méthode théorique :	20
2.4.2	Méthode de YAMAZUMI :	21
2.5	Mesure de l'out-put :	21
2.6	Mesure de la productivité :	22
2.7	Mesure de l'efficacité :	23
2.7.1	La méthode des 5P :	24
2.8	Mesure du temps d'arrêts :	25
	Conclusion :	25
Chapitre IV : Analyse des données		
	Introduction :	26
1	Rechercher les causes :	26
1.1	Hierarchiser les causes :	27
1.2	Analyse des arrêts :	29

1.2.1	Analyse des retards des postes : .....	31
1.2.2	Analyse du retour des macdos : .....	32
1.2.3	Connecteurs similaires : .....	33
1.2.4	Problème de séparation des joints : .....	33
1.2.5	Inversion des fils : .....	34
1.3	Identification des Mudas: .....	35
Conclusion : .....		35
Chapitre V : Plan d'action et estimation des gains du projet		
Introduction : .....		36
1	Innover (Améliorer) : .....	36
1.1	Plan d'action : .....	36
1.2	Classification des solutions selon le temps d'exécution : .....	37
1.3	Exécution des solutions : .....	37
1.3.1	Équilibrage des postes d'insertion : .....	37
1.3.2	Ajout d'un poste d'enrubannage : .....	38
1.3.3	Équilibrage des postes d'enrubannage : .....	39
1.3.4	Résolution du problème de séparation des joints : .....	39
1.3.5	Résolution du problème d'inverse des fils : .....	40
1.3.6	Résolution du problème des connecteurs similaires : .....	40
1.3.7	Retour des macdos : .....	41
1.4	Réalisation du plan d'action : .....	44
1.5	Proposition d'un audit : .....	44
2	Contrôler : .....	45
2.1	Contrôle des améliorations proposées et estimation des gains : .....	45
2.1.1	Ajout d'un poste d'enrubannage et équilibrage des postes : .....	45
2.1.2	Contrôle après la séparation des joints : .....	46
2.1.3	Contrôle après la séparation des connecteurs : .....	46
2.1.4	Contrôle des inversions des fils : .....	47
2.1.5	Retour des macdos : .....	47
2.2	Gain en termes de la quantité produite (Out-put) : .....	47
2.3	Gain en termes de productivité : .....	48
2.4	Gain en termes de l'efficience : .....	48
2.5	Synthèse : .....	49
Conclusion : .....		49
Conclusion générale : .....		50
Références.....		51

Annexe .....	52
Annexe 1 : Etude capacitaire .....	53
Annexe 2 : Chronométrage(en seconds) :.....	55
Annexe 3 : Historique des arrêts :.....	57
Annexe 4 : Changement SPS .....	59
Annexe 5 : Découpage des postes d'enrubannage .....	61
Annexe 6 : Drawing convoyeur .....	62
Annexe 7 : CHECK-LIST.....	63

## Liste des figures :

FIGURE 1 : YAZAKI KENITRA.....	3
FIGURE 3: TYPES DES CABLES .....	5
FIGURE 4 : FIL ELECTRIQUE .....	5
FIGURE 5 : LES TERMINAUX .....	5
FIGURE 6 : CONNECTEURS.....	5
FIGURE 10 : FLUX DE PRODUCTION AU SEIN DE YAZAKI KENITRA.....	6
FIGURE 7 : BOITE DE FUSIBLE .....	6
FIGURE 8 : CLIPS ET AGRAFES .....	6
FIGURE 9 : RUBANS .....	6
FIGURE 11: ZONES DE PRODUCTION .....	7
FIGURE 12 : MACHINE DE COUPE KOMAX .....	7
FIGURE 13 : SERTISSAGE MANUEL .....	8
FIGURE 14 : MACHINE DU TWIST .....	8
FIGURE 15: JIG D'ASSEMBLAGE .....	8
FIGURE 16 : SCHEMA DES OPERATIONS DE LA ZONE D'ASSEMBLAGE .....	9
FIGURE 17 : L'OUTIL QQQQCP .....	11
FIGURE 18 : ORGANIGRAMME DU DEPARTEMENT CIE/NYS.....	12
FIGURE 19: DMAIC .....	14
FIGURE 20: GANTT DU PROJET.....	15
FIGURE 21: CONCEPTION DE LA LIGNE AJ133 .....	16
FIGURE 22: AXE DU YAMAZUMI.....	19
FIGURE 23: YAMAZUMI DU CABLE JPLA.....	19
FIGURE 24: YAMAZUMI DU CABLE KK83 .....	20
FIGURE 25: OUT-PUT DE LA LIGNE AJ133 .....	21
FIGURE 26: L'HISTORIQUE DE LA PRODUCTIVITE A LA LIGNE AJ133.....	23
FIGURE 27: L'HISTORIQUE DE L'EFFICIENCE A LA LIGNE AJ133.....	23
FIGURE 28: BRAINSTROMING .....	26
FIGURE 29 : DIAGRAMME ISHIKAWA .....	27
FIGURE 30: GRAPHE REPRESENTANT LA CRITICITE DES CAUSES D'ARRET.....	29
FIGURE 31: PARETO DE LA LIGNE AJ133 .....	31
FIGURE 32 : TRAJET DU CHARIOT DES MACDOS.....	32
FIGURE 33 : CHARIOT DES MACDOS .....	32
FIGURE 35: JOINTS SEPARER A P2 .....	34
FIGURE 34 : CLASSEMENT DES JOINTS POUR LA SEPARATION .....	34
FIGURE 38: CLASSEMENT DES JOINTS AU NIVEAU DE P2 APRES CHANGEMENT.....	40

FIGURE 39: CLASSEMENT DES JOINTS AU NIVEAU DE P2 AVANT LE CHANGEMENT .....	40
FIGURE 40: BETE A CORNE DU CONVOYEUR .....	42
FIGURE 41: PIEUVRE DU CONVOYEUR .....	42
FIGURE 42: YAMAZUMI DU JPLA APRES L'EQUILIBRAGE .....	45
FIGURE 43 : YAMAZUMI APRES L'EQUILIBRAGE ET L'AJOUT D'UN POSTE D'ENRUBANNAGE .....	45
FIGURE 44: DIAGRAMME CT AVANT ET APRES AMELIORATION .....	46
FIGURE 45: OUT-PUT DU MOIS DE MAI.....	48
FIGURE 46: PRODUCTIVITE DES 3 MOIS. ....	48
FIGURE 47: EFFICIENCE DES 3 MOIS .....	49

## LISTE DES TABLEAUX :

TABLEAU 1 : FICHE SIGNALÉTIQUE DE YAZAKI KENITRA.....	4
TABLEAU 2 : AJ133 PROJECT TARGET .....	11
TABLEAU 3 : CHARTE DU PROJET .....	13
TABLEAU 4 : L'EFFECTIF DE LA LIGNE AJ133 .....	17
TABLEAU 5: L'ANALYSE DE L'EFFECTIF DE LA LIGNE AJ133 .....	21
TABLEAU 6: TABLEAU DE L'ANALYSE DE L'EFFECTIF PAR LA METHODE YAMAZUMI .....	21
TABLEAU 7: OUT-PUT DE LA LIGNE AJ133 AU MOIS DE MARS .....	22
TABLEAU 8: MH DES POSTES.....	22
TABLEAU 9 : PRODUCTIVITE OBJECTIF DE LA LIGNE AJ133.....	22
TABLEAU 10: OBJECTIF DE L'EFFICIENCE.....	23
TABLEAU 11 : TABLEAU DES 5P .....	24
TABLEAU 12 : HISTORIQUE DE LA LIGNE AJ133 .....	25
TABLEAU 13: CODIFICATION DES CAUSES .....	28
TABLEAU 14: GRILLE DE COTATION DE LA FREQUENCE D'APPARITION DE LA CAUSE.....	28
TABLEAU 15: GRILLE DE COTATION DE L'INDICE DE GRAVITE DES DEFAILLANCES.....	28
TABLEAU 16 : CRITICITE DES CAUSES D'ARRET .....	29
TABLEAU 17: TABLEAU DES CODES DES CAUSES .....	30
TABLEAU 18 : CALCUL DE CUMUL .....	31
TABLEAU 19 : TABLEAU DES 5 (RETARD DES POSTES) .....	32
TABLEAU 20: DIFFERENCE ENTRE LES DEUX CONNECTEURS .....	33
TABLEAU 21 : TABLEAU DES 5P DU PROBLEME DE SEPARATION DES JOINTS.....	34
TABLEAU 22: TABLEAU DES MUDAS.....	35
TABLEAU 23: PLAN D'ACTION A LA LIGNE AJ133.....	37
TABLEAU 24: CLASSIFICATION DES SOLUTIONS SELON LE TEMPS D'EXECUTION .....	37
TABLEAU 25: PLAN D'ACTION POUR L'AJOUT D'UN POSTE D'ENRUBANNAGE.....	39
TABLEAU 26 : PLAN D'ACTION POUR LES INVERSIONS DES FILS.....	40
TABLEAU 27: PLAN D'ACTION POUR LES CONNECTEURS SIMILAIRES .....	41
TABLEAU 28 : PLAN D'ACTION DU RETOUR MACDO.....	41
TABLEAU 29 : RESUMER DU PLAN D'ACTION.....	44
TABLEAU 30: CT AVANT ET APRES AMELIORATION .....	46
TABLEAU 31: TABLEAU DE LA PRODUCTIVITE DES 3 MOIS.....	48
TABLEAU 32: TABLEAU DE L'EFFICIENCE DES 3 MOIS.....	49
TABLEAU 33: SYNTHESE AVANT ET APRES L'APPLICATION DU PLAN D'ACTION.....	49





## Introduction générale :

L'industrie automobile est l'un des secteurs les plus structurés et les plus productifs au Maroc. Qui dit voiture dit câble, par conséquent l'industrie du câblage marche au pas de l'industrie automobile selon une bijection entre l'ensemble des voitures et l'ensemble des câbles.

Aujourd'hui plus qu'hier et partout dans le monde, la concurrence se fait plus vive. En effet, le progrès de la productivité et le rythme de l'innovation génèrent une offre chaque jour plus importante et variée. De ce fait, les entreprises sont donc amenées à adopter des démarches d'amélioration continue.

J'ai effectué mon projet de fin d'étude à YAZAKI Kenitra, et plus précisément au département CIE/NYS (Central Industrial Engineering /New YAZAKI System), qui est chargé de l'amélioration continue de tout le processus de câblage.

Le projet s'intéresse à l'amélioration des KPI dans la ligne AJ133. Ainsi, l'objectif durant ce stage était d'augmenter la productivité, l'efficacité et la quantité de câble afin d'atteindre la demande client.

Pour satisfaire le besoin de l'entreprise et aboutir aux résultats attendus, nous avons adopté dans ce travail la démarche DMAIC.

Ce rapport est réparti en cinq chapitres :

Le premier chapitre décrit l'organisme d'accueil au sein de laquelle ce stage s'est déroulé, en présentant aussi le processus de fabrication des câbles électriques, et l'organigramme de l'entreprise.

Le deuxième chapitre expose le contexte général du projet en définissant la problématique et le cahier de charge, ainsi que la démarche suivie, et finalement une présentation du planning prévisionnel souhaité, en utilisant diagramme de GANTT.

Le troisième chapitre est consacré au chronométrage de temps de cycle pour chaque poste et à la mesure des KPI à l'état actuel de la ligne.

Dans le quatrième chapitre, nous analysons les données collectées dans le chapitre précédent par le brainstorming, le diagramme Ishikawa, la méthode des 5 pourquoi et le Pareto afin de trouver les causes racines des arrêts et des défauts de qualité.

Le cinquième chapitre, est consacré à la proposition des solutions et la mise en place des plans d'actions, pour finalement faire une estimation des gains de ce projet.

## **Chapitre I : Organisme d'accueil et** **processus de production**

Dans ce premier chapitre, nous présentons d'abord l'organisme d'accueil où nous avons effectué notre stage de fin d'étude.  
Nous donnons ensuite un aperçu sur le câblage automobile et nous présentons le processus de fabrication.

## **1 YAZAKI monde :**

### **1.1 Historique :**

YAZAKI est une multinationale japonaise qui a été créée en 1929, par le père SADAMI YAZAKI, elle a fait ses débuts dans la vente du câblage automobile, pour s'orienter par la suite vers la production de ce dernier.

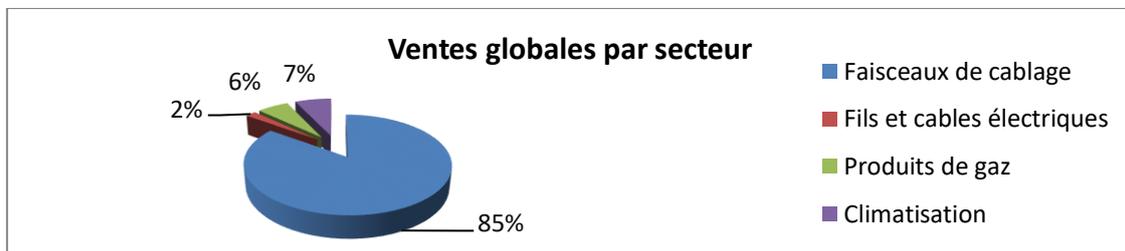
Le 08 octobre 1941 YAZAKI est devenue l'un des leaders dans le domaine du câblage, composants pour automobile avec un capital de 3.1915 milliards Yen. Elle emploie près de 220.000 personnes et dispose de 415 usines à travers 40 pays dans le monde. Elle détient 29% des parts du marché et se place au rang de numéro 1 mondial, en ce qui concerne le câblage électrique. Le chiffre d'affaires de YAZAKI a été évalué à 6 milliards de dollars en 2010.

### **1.2 Activités :**

L'activité principale de YAZAKI dont le siège est basé à Tokyo est le câblage, la fabrication des composants électriques pour automobiles et instruments.

Le groupe japonais a également d'autres activités à savoir : La fabrication des fils et câbles électriques, la fabrication des produits de gaz et la climatisation.

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



*Figure 1: ventes globales par secteur du groupe YAZAKI*

### **1.3 Clients :**

Sur le marché du câblage, YAZAKI figure parmi les leaders au niveau mondial. Grâce au niveau de qualité/ Prix qu'elle offre, elle ne cesse de dominer le marché en présentant des produits dotés d'une excellente fiabilité et des performances qui satisfait les plus grands constructeurs de l'industrie automobile.

Elle compte, parmi ses clients, des sociétés de réputation, telles que : Ford, Jaguar, Land Rover, Nissan, PSA (PEUGEOT-CITROEN), Volvo, Toyota, Isuzu, Seat, Renault, Fiat, Mercedes, Honda, Mazda et d'autres.

## **2 YAZAKI Maroc :**

### **2.1 Historique :**

Les débuts de YAZAKI au Maroc se datent de 2001 avec l'inauguration d'une succursale dépendante de la filière portugaise de la société. Et ce en présence de SM le roi Mohamed VI et le PDG de YAZAKI Corp. Il est à noter que le Maroc est le premier pays du continent africain où s'est implanté YAZAKI.

En raison des bonnes performances et des résultats réalisés depuis ses débuts, et sa certification par la maison mère et par plusieurs organismes de renommée mondiale, la succursale portugaise au Maroc, a été transformée en mai 2003 en une entité indépendante appelée YAZAKI MORROCO S.A avec un capital de départ de 8 millions d'euros (soit environ 88 millions de DH) pour atteindre par la suite un investissement global de l'ordre de 23 millions d'euros et les effectifs 1.300 personnes.

En 2006, YAZAKI procède à un investissement additionnel de 13 millions d'euros et fait passer son effectif à 2.500 personnes. L'effectif global employé par le groupe au niveau de ses deux unités au Maroc est estimé à 8.850 personnes en 2011-2012.

### **2.2 YAZAKI Kénitra :**

#### **2.2.1 Présentation :**

YAZAKI Maroc Kenitra (YMK) est une plate-forme du câblage au Maroc implanté par YAZAKI SALTANO Portugal :



*Figure 2: YAZAKI Kénitra*

Le groupe YAZAKI a installé un autre site de câblage automobile à Kenitra, une région qui ambitionne de devenir un pôle industriel spécialisé particulièrement dans la fabrication d'équipements pour l'automobile.

YAZAKI Kenitra est la deuxième du genre au Maroc après celle située dans la zone franche de Tanger. Son activité principale est le câblage pour automobile et la totalité de sa production de câbles électriques est destinée aux équipements des marques *Ford, Opel, Jaguar* et *Land Rover*.

### 2.2.2 Fiche signalétique :

Le tableau 1 représente la fiche signalétique de la société :

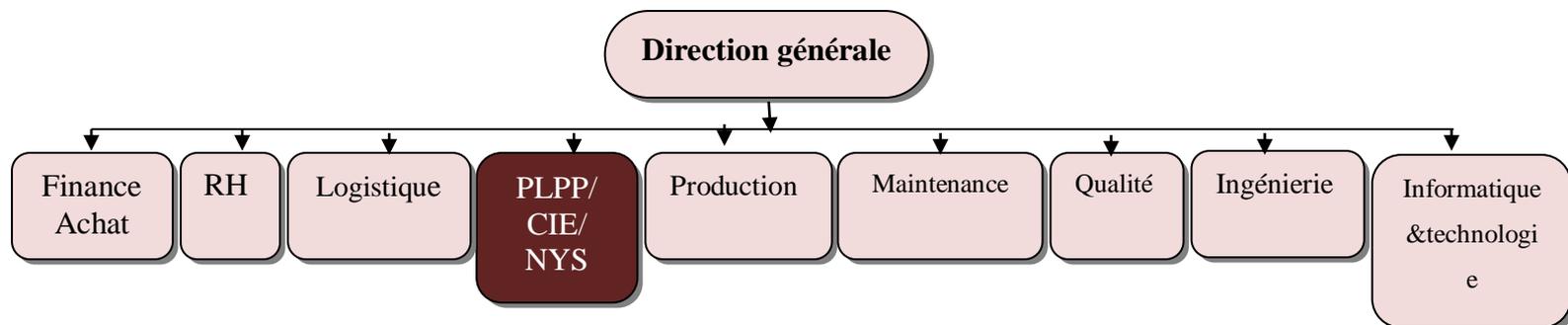
<b>Raison sociale</b>	YAZAKI Kenitra
<b>Date de création</b>	Avril 2010
<b>Registre commercial</b>	35105
<b>Activité</b>	Câblage automobile
<b>Capital</b>	86.025.400 MAD
<b>Effective</b>	3566
<b>Contact</b>	Adresse : KM9 Route de Tanger, Nkhakhssa, Kenitra 14000 Tel : 0537369600

*Tableau 1: fiche signalétique de YAZAKI Kénitra*

### 2.2.3 Organigramme :

Un organigramme est une représentation schématique des liens et des relations fonctionnelles, organisationnelles et hiérarchiques qui existent entre les éléments et les individus d'une organisation formelle, d'un programme, etc. et met en évidence sa structure organisationnelle.

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



### 2.2.4 CIE/NYS (Département d'accueil) :

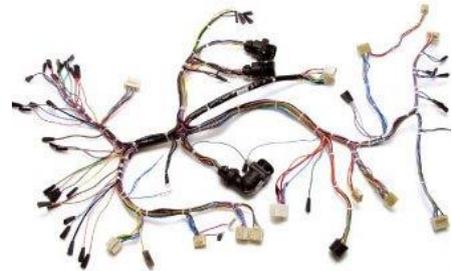
CIE/NYS (Central Industrial Engineering /New YAZAKI System) : est un département chargé de l'amélioration continue de tous les processus de câblage. Il a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par les directions Engineering et Qualité (plans de surveillance, control plan, ...) du groupe.

Les principaux objectifs de la TPS sont d'éviter les surcharges (muri) et les incohérences (mura), et d'éliminer les gaspillages (muda), pour cela le département l'a adoptée parce qu'elle répond parfaitement aux objectifs du département qui cherche l'évolution de l'organisme. C'est le département à qui j'appartiens vu qu'elle est en relation solide et étroite avec le métier du Génie Industriel.

### 3 Câblage automobile :

#### 3.1 Définition :

Un câblage se compose d'une multitude de fils électriques et terminaux coupés, sertis, soudés et groupés à l'aide des connecteurs et avec des adhésifs selon un schéma et des conditions spécifiques aux clients.

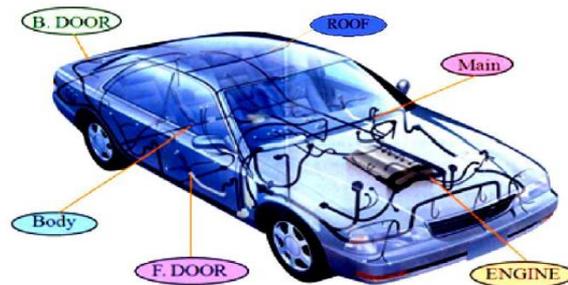


*Figure 3: Câble*

#### 3.2 Types des câbles :

Le faisceau électrique d'un véhicule a pour fonctions principales d'alimenter en énergie ses équipements de confort (lève-vitres,) et certains équipements de sécurité (Airbag, Eclairage), mais aussi de transmettre les informations aux calculateurs. De plus en plus nombreux avec l'intégration massive de l'électronique dans l'automobile, le parcours du câblage dans le véhicule définit son architecture qui peut être ainsi complexe et surtout variée.

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



*Figure 4: Types des câbles*

#### 3.3 Composants d'un câble :

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



*Figure 5 : fil électrique*

**Les terminaux :** sont des accessoires qui assurent une bonne connectivité entre deux câbles (L'un est une source d'énergie, l'autre est un consommateur d'énergie) avec un minimum des pertes possibles.



*Figure 6 : les terminaux*

**Les connecteurs :** sont des pièces qui contiennent des cavités où les terminaux sont insérés. Cette opération assure la connexion entre les terminaux mâles femelles



*Figure 7 : connecteurs*

pour établir un circuit électrique fermé.

**Matériel de protection (Fusible) :** sont des pièces qui protègent le câble et tous ses éléments de la surcharge du courant qui pourrait l'endommager.



*Figure 8 : boîte de fusible*

**Clips ou agrafes :** les clips sont des éléments qui permettent de fixer le câble à la carrosserie de l'automobile. Sans les clips le montage serait impossible, le câble restera détaché en provoquant des bruits et sera exposé aux détériorations à cause des frottements.



*Figure 9 : clips et agrafes*

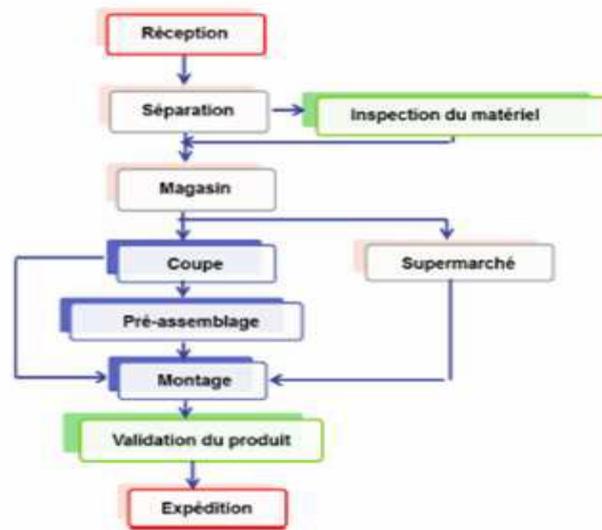
**Accessoires :** ce sont des composants qui assurent la protection et l'isolation du câble au moyen des rubans d'isolement et des tubes.



*Figure 10 : rubans*

### 3.4 Flux de production :

Ce schéma représente le flux de production dès la réception de la matière première jusqu'à l'expédition du produit fini :



*Figure 11 : flux de production au sein de YAZAKI Kénitra*

Le produit fini passe par plusieurs étapes avant l'expédition, pendant la réception de la matière première, se fait la séparation par type de produit. Par la suite on passe à l'inspection pour vérifier que les produits sont conformes. Le stockage se fait de deux manière différentes (dans le magasin, il ya le stockage de masse, par contre dans le supermarché, on trouve le stockage avec une quantité moyenne pour faciliter aux distributeurs de distribuer la MP aux lignes de production).

Par la suite il y a :

- Des fils passent par la coupe, ensuite le pré-assemblage (Twist, dénudage, Soudage..) et enfin l'assemblage
- Des fils simple qui passent directement à la zone P3.
- Et les composants passent du supermarché vers la zone P3.

Après les différents processus d'inspection, les câbles passent directement à l'expédition.

#### 4 Zones de production :

Le processus de production du câble, se décompose en 3 grandes étapes : la coupe, le pré-assemblage et l'assemblage.



*Figure 12: zones de production*

##### 4.1 Zone de coupe (P1) :

La coupe, appelée aussi zone P1, est la première étape après le stockage de la matière première dans le processus de production. On coupe la matière première (les fils électriques provenant des bobines) selon l'ordre de fabrication lancé par un système appelé Cutting Area Optimisation (CAO) qui repose sur le principe Kanban. Les étiquettes Kanban précisent la quantité à produire, la longueur désignée par le client, le dénudage, sertissage des terminaux et l'insertion des bouchons.

Pour la coupe on utilise une machine standard utilisée par toutes les entreprises de câblage à savoir KOMAX. Une petite imprimante MICRA est également utilisée afin d'imprimer des étiquettes Kanban pour assurer la traçabilité.

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

**Fil simple fini** : contient deux connexions sur les deux extrémités de fil. Le sertissage des terminaux est assuré automatiquement par la machine KOMAX.

**Fil simple non fini** : contient une seule connexion dans l'une des extrémités du fil. Ces

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



*Figure 13 : machine de coupe KOMAX*

## 4.2 Zone de pré-assemblage (P2) :

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

- **Le sertissage manuel** : dans certains cas, il s'avère impossible de sertir les terminaux aux extrémités des fils automatiquement. D'où la nécessité d'effectuer cette opération à l'aide de presses manuelles.



*Figure 14 : sertissage manuel*

- **Joints par ultrason** : les joints sont des soudures ultrason unissant un ou plusieurs fils entre eux. La jointure des fils se fait par trois techniques différentes : Par vibration, par chaleur, par soudage.

- **Twist** : c'est l'opération qui permet de torsader deux fils pour les protéger des champs magnétiques et ralentir la vitesse du passage du courant électrique.



*Figure 15 : machine du twist*

- **Soudure de masse** : la soudure de masse consiste à souder les extrémités de plusieurs fils à un seul terminal. Cette opération est souvent réalisée pour la production de cosses reliées à la masse.

- **Postes d'accessoires** : pour l'insertion des accessoires (par exemple le bouchon).

## 4.3 Zone d'assemblage (P3) :

C'est dans cette zone que se fait le montage des produits semi-finis et composants dans des tableaux appelés JIG afin d'obtenir le câble final. Cette zone est décomposée en plusieurs postes qui réalisent des tâches spécifiques. Dans chaque poste, l'opérateur réalise sa tâche selon le schéma de travail qui contient les ordres et les références.

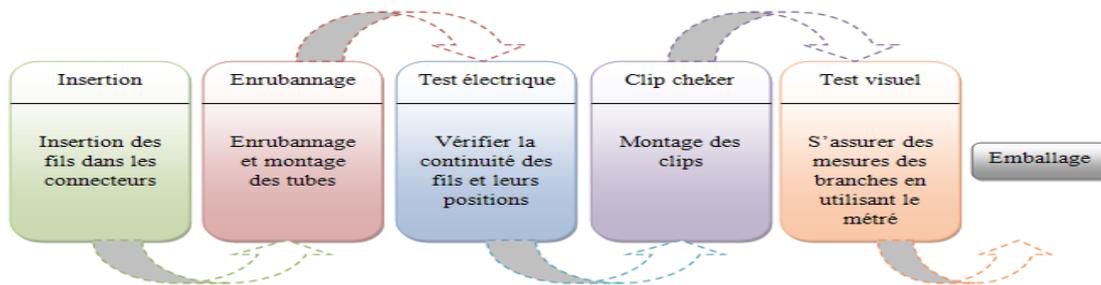


*Figure 16: JIG d'assemblage*

On trouve 3 types de ligne de production :

- **Carrousel (convoyeur)** : Les tableaux (JIG) sont fixés dans une chaîne mobile qui avance au rythme de la cadence de production.
- **QE ligne**: ce sont des postes liés avec un tapis roulant, il permet de pousser les opérateurs à respecter leurs temps de cycle, et il facilite la détection du poste qui est en retard
- **Poste fixe**

Les câbles passent généralement par trois étapes principales lors du montage : l'insertion, l'enrubannage et l'inspection. ces étapes sont détaillées dans la figure 17.



*Figure 17: schéma des opérations de la zone d'assemblage*

- **L'insertion** : cette étape consiste à insérer manuellement les terminaux des circuits dans les connecteurs qui leur correspondent. Des supports sous forme de fiches comprenant le processus d'assemblage sont mis à la disposition des opérateurs.
- **L'enrubannage** : c'est l'opération qui permet de recouvrir les fils une fois insérés par des rubans et des protecteurs.
- **L'inspection et les tests** : les tests standards réalisés sur les câbles sont :
  - **Les tests visuels** : un câble est soumis en moyenne à un test visuel (*2ème visuel*) cette inspection permet de vérifier la longueur des branches, la présence de l'enrubannage et des accessoires et le respect de l'architecture finale exigée.
  - **Le test électrique** : inéluctable avant d'emballer le câble fini, il consiste à vérifier la connectivité électrique du câble. Il permet également de tester la présence des connecteurs par le biais des capteurs intégrés.
  - **Le clip Checker** : ce dispositif permet de tester que chaque clip est présent dans l'emplacement qui lui est dédié. Le clip Checker est principalement utilisé pour les câbles comportant un grand nombre de fils et ayant de grande dimension.
  - **Le test vision** : le test vision est utilisé dans le cas où le faisceau comporte une boîte fusible. Ce test consiste à vérifier que celle-ci est correctement assemblée.

### **Conclusion :**

Dans ce premier chapitre nous avons présenté l'organisme d'accueil YAZAKI Kénitra, ses activités, ses clients et ses objectifs et nous avons donné un aperçu sur le flux et le processus de production.

Nous passerons par la suite au deuxième chapitre qui sera consacré à la première étape de la méthode DMAIC (Définir) dans laquelle nous allons présenter le contexte général de l'étude ainsi que tous les outils utilisés dans l'élaboration de ce projet comme le QQCQCP et GANTT.

## **Chapitre II : Définir le contexte général du projet**

Ce chapitre sera dédié à la première étape de la démarche **DMAIC** : Définir, où nous allons d'abord préciser le contexte général du projet en définissant la problématique, le cahier de charge et les outils utilisés pour la résolution des problèmes.

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

- Formulation du problème par la méthode **QOOQCP**.
- Planification du projet par le diagramme **GANTT**.

## **1 Contexte et intérêt du projet :**

### **1.1 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 rester compétitif face à un marché en constante évolution.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon projet de fin d'études qui porte sur *l'amélioration des KPI dans la ligne AJ133* et qui a pour finalité l'amélioration de la productivité de cette chaîne de production.

### **1.2 Présentation du projet :**

Ce projet de fin d'études a pour but d'étudier, d'analyser et de résoudre tous les problèmes concernant les indicateurs de performance de la ligne AJ133 du projet «*PWT : Power Train*» dans la phase d'assemblage (P3) en éliminant tous les MUDA et toute source de gaspillage de temps et de matière afin d'améliorer la productivité et atteindre l'objectif (demande client), avec une bonne qualité.

Le projet PWT a vu le jour à YMK en 2016. Il se compose de plusieurs lignes de production AJ126, AJ133, AJ20 ...etc. dans notre projet de fin d'étude, nous nous sommes focalisés sur la ligne AJ133.

Cette ligne est spécialisée dans la production de trois câbles du moteur de Jaguar et LandRover (JPLA, KK83, KX), chacun d'eux assure certaines fonctionnalités et options du véhicule.

### **1.3 Cahier de charge :**

#### **1.3.1 Contexte général :**

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme Master, spécialité Génie Industriel, délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF).

#### **1.3.2 Problématique :**

La société YAZAKI Kénitra connaît une perpétuelle évolution suite à la commande croissante du marché et la diversification des gammes imposées par ses clients. Ceci a nécessité l'augmentation de la qualité des produits finis et l'amélioration continue du processus de production avec les méthodes adéquates et le minimum des moyens.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études qui porte sur «Amélioration des KPI de la ligne AJ133 du projet PWT». Dans l'optique d'augmenter la productivité et d'atteindre notre objectif, notre mission sera d'analyser l'existant et l'état des lieux, mettre en place des solutions et des actions d'amélioration adéquates pour éviter les causes racines des problèmes qui resurgissent.

Les demandes client et les valeurs cibles sont présentées dans le tableau suivant :

Zone de production		Actuel	Target
P3	<b>productivité</b>	97%	102%
	<b>out-put</b>	Min(Mars)=103câble/shift Max(Mars)=130 câble/shift Moyenne(25jrs)=121câble/shift	JPLA=120 KK83=10 KX53=5
	<b>effectif</b>	SPS=7 Carrousel=11 Inspection=9	SPS=7 Carrousel=12 Inspection = 9

*Tableau 2 : AJ133 Project Target*

Ainsi, nous nous sommes fixés comme objectif l'amélioration des KPI de cette ligne.

Pour définir notre problème, nous avons utilisé l'outil QOOQCP[1]. Nous nous sommes posés toutes les questions relatives à notre problème, afin d'avoir une vision complète sur les objectifs à atteindre.

<b>Q</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quoi?</b></li> <li>• La question « quoi ? » permet de mettre le focus sur un point précis.</li> </ul>
<b>Q</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Qui?</b></li> <li>• Cette question permet de déterminer les parties prenantes engagées.</li> </ul>
<b>O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Où?</b></li> <li>• La question « Où ? » cherche à bien situer les choses dans l'espace.</li> </ul>
<b>Q</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quand ?</b></li> <li>• Cette question cherche à bien situer les choses dans le temps.</li> </ul>
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comment ?</b></li> <li>• cherche définir les méthodes, les étapes, et les manières de procéder</li> </ul>
<b>P</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pourquoi?</b></li> <li>• Cette question permet d'aller chercher les infos qui vont expliquer les causes, les raisons d'un fait.</li> </ul>

*Figure 18 : l'outil QOOQCP*

Pour mieux comprendre la problématique, nous répondons en détail aux questions suivantes :

### **Quoi ? C'est quoi le problème ?**

Le déséquilibre des postes et le gaspillage de temps dans certains postes influencent sur la productivité de la ligne AJ133.

**Qui ? Qui est concerné par le problème ?**

Le département NYS qui est chargé de l'amélioration continue de tous les processus de câblage.

**Où ? Où apparait le problème ?**

Le problème apparait au niveau de la ligne AJ133 du projet PWT.

**Quand ? Quand est-apparait le problème ?**

Dés le démarrage du projet.

**Comment ? Comment résoudre le problème?**

Nous adoptons la démarche DMAIC pour la résolution du problème. Nous allons suivre le flux de production dans la ligne AJ133 pour détecter toute source de gaspillage qui influe sur le temps de production et par la suite sur la productivité.

**Pourquoi ? Pourquoi faut-il résoudre ce problème ?**

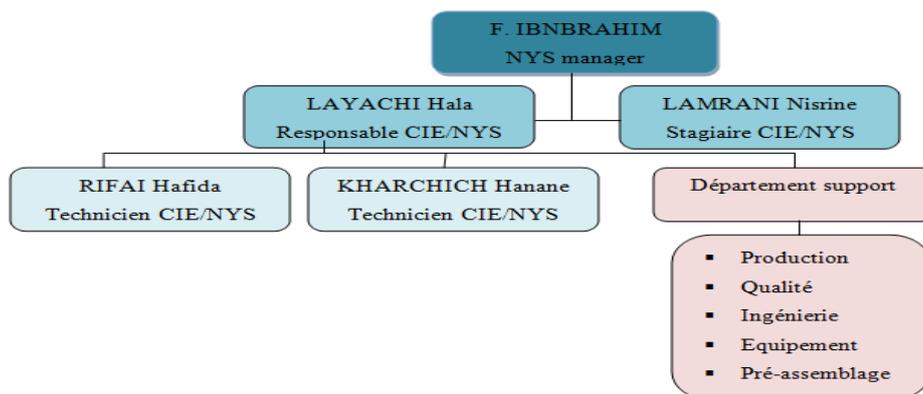
L'objectif de ce projet est l'augmentation des indicateurs de performance et de l'out-put de la ligne de production afin d'atteindre la demande.

**2 Démarrage du projet :**

Pour bien terminer un projet il faut bien le débiter. Pour cela il faut déterminer les principaux axes de la réalisation d'un projet, à savoir l'équipe chargé de la réalisation du projet, les objectifs à atteindre, le périmètre du projet ainsi que les contraintes et les risques du projet.

**2.1 Equipe :**

L'équipe de projet représente un véhicule de communication interne essentiel à l'élaboration et à la réalisation du projet. Pour réussir notre projet, nous avons mis en place une équipe dont les compétences permettront de résoudre le problème.



*Figure 19 : Organigramme du département CIE/NYS*

**2.1.1 Objectif du projet :**

L'objectif de notre projet consiste à proposer des actions d'amélioration dans la ligne AJ133 afin d'atteindre la demande client. Pour cela notre étude doit comporter les points suivants :

- Eliminer les MUDA (gaspillages).
- Diminuer les temps d'arrêt.
- Diminuer le temps de production.

## 2.2 Charte du projet :

Pour réaliser une charte de projet efficacement, il faut bien garder en tête que c'est l'une des étapes les plus importantes qui lancera le projet, formellement.

En grande partie, son objectif est de donner le plus de détails possibles, sur le projet : ses buts, ses limites, ses livrables, son organisation et la marche à suivre pour sa mise en œuvre. Aussi, la charte de projet nous permet de définir convenablement le périmètre de notre projet.

	<b>Nom du projet :</b> <i>Amélioration des KPI de la ligne AJ133</i>	<b>Chef du projet :</b> Mme. LAYACHI Hala
<b>Pilote du projet</b>	Mlle. LAMRANI Nisrine	
<b>Périmètre du projet</b>	La ligne AJ133	
<b>But</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Améliorer la productivité et l'efficacité de la ligne AJ133.</li> <li>- Augmenter la cadence de production des Câbles.</li> <li>- Eliminer les MUDAs et les gaspillages.</li> <li>- Equilibrer les postes de travail.</li> <li>- diminuer les temps d'arrêt.</li> </ul>	
<b>Exigence du projet</b>	- Améliorer la productivité et l'efficacité de la ligne AJ133.	
<b>Délai du projet</b>	4 mois	
<b>Organisation du projet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Client:</b> Jaguar, Land Rover</li> <li>- <b>Equipe du projet :</b> Service NYS/CIE</li> </ul>	
<b>Contraintes, hypothèses, et risques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il faut atteindre l'objectif du projet.</li> <li>- Respecter le délai du projet.</li> </ul>	
<b>Document préparé par :</b> Mlle. LAMRANI Nisrine	<b>Date :</b> 22/02/2019	
<b>Validé par :</b> Mme. LAYACHI Hala	<b>Date :</b> 01/03/2019	

*Tableau 3 : charte du projet*

## 3 Méthodologie de travail :

Afin de répondre correctement à la problématique posée par le cahier de charges, nous devons adopter une méthodologie de travail structurée. Dans notre cas nous avons opté pour la démarche DMAIC comme cadre général du projet.

La démarche DMAIC est une méthodologie ordonnée et rigoureuse utilisée en amélioration des performances, en percée Kaizen ou pour toute résolution de problème. Elle se compose de 5 étapes dont les initiales forment l'acronyme DMAIC[2].



Figure 20: DMAIC

### 3.1 Etape 1 : Définir

Cette première étape de la méthode DMAIC consiste à définir précisément le contexte du projet, créer l'équipe de projet, identifier la problématique ainsi que les objectifs à atteindre.

### 3.2 Etape 2 : Mesurer

Cette étape consiste à collecter les données à l'état actuel pour avoir une idée très précise des sources d'insatisfaction et des paramètres à modifier pour atteindre l'objectif visé.

### 3.3 Etape 3 : Analyser

C'est lors de cette étape que vont être mis en place les outils permettront de traiter les données récoltées lors de l'étape précédente. Il s'agit d'une analyse détaillée des données dont le but est d'identifier clairement la ou les causes du problème à résoudre. L'écart existant entre la situation réelle et les objectifs fixés est analysé afin d'identifier la cause initiale du problème, qui doit être reproductible, afin de cerner la solution à apporter.

### 3.4 Etape 4 : Innover

Lors de cette étape, il faut proposer des solutions et des améliorations à apporter au projet et les mettre en place afin d'éliminer les causes des problèmes identifiés dans l'étape précédente.

### 3.5 Etape 5 : Contrôler

Cette dernière étape de la méthode DMAIC consiste à rectifier les améliorations apportées et faire le bilan financier du projet et quantifier les gains apportés par ce dernier.

## 4 Planification du projet :

Pour bien s'organiser à réaliser ce projet de fin d'études, nous l'avons décomposé en sous-tâches qui doivent être accomplies dans une durée planifiée en utilisant le diagramme Gantt. Le **diagramme Gantt** est un outil utilisé (souvent en complément d'un réseau PERT) en ordonnancement et en gestion de projet. il permet de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet. Il s'agit d'une représentation d'un graphe connexe et orienté, qui permet de représenter graphiquement l'avancement du projet.

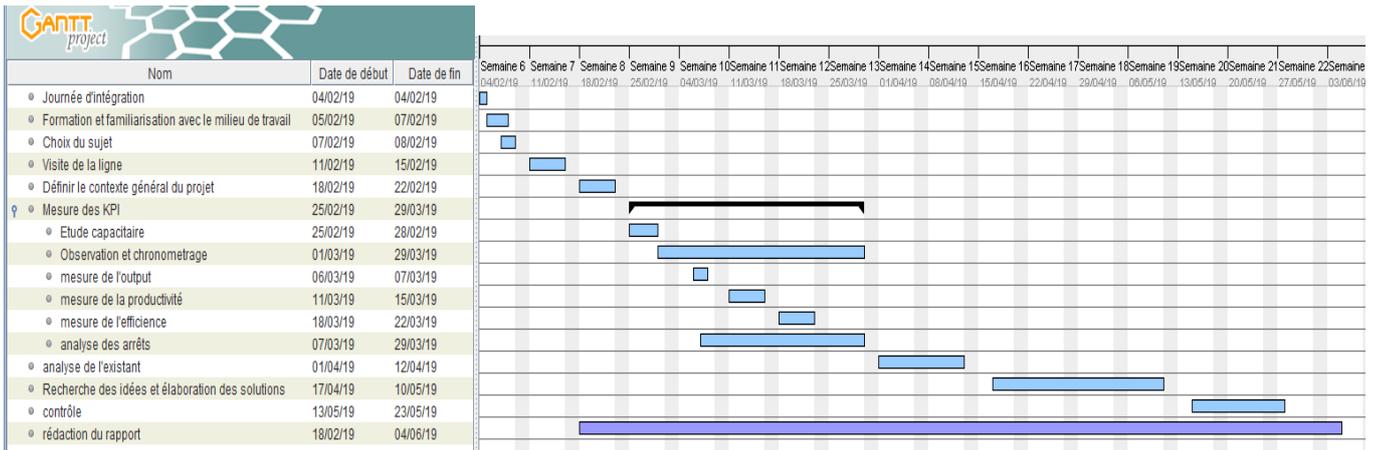


Figure 21: Gantt du projet

### Conclusion :

Après avoir défini le contexte général de notre projet de fin d'étude et présenté le contenu du cahier de charges, tout en citant l'objectif du projet, ses contraintes ainsi que la démarche à suivre. Dans le chapitre suivant, nous présenterons les mesures de l'état actuel de la ligne. Cette étude sera basée essentiellement sur l'étude des différents facteurs impactant la productivité, l'efficience et l'output.

## Chapitre III : Mesure à l'état actuelle

Dans la deuxième étape de la démarche DMAIC, nous allons mesurer les indicateurs de performance à l'état actuel de la ligne et présenter le chronométrage de temps de cycle pour chaque poste.

---

## Introduction :

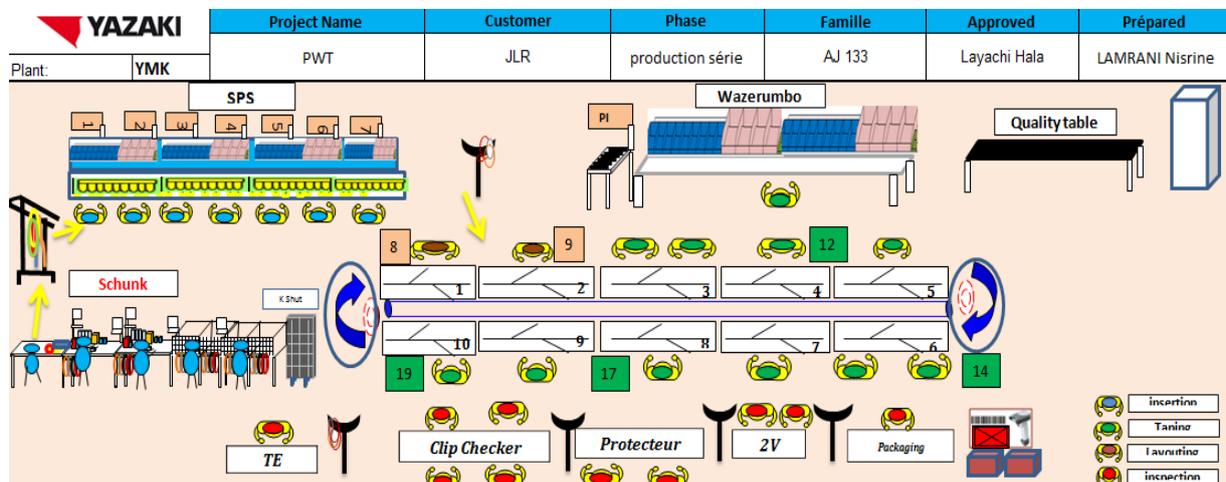
Après avoir défini le contexte général du projet, nous abordons dans ce chapitre la deuxième étape de la DMAIC. Cette étape consiste à faire une analyse de l'état actuel de la ligne à partir des données récoltées, pour mieux cerner les causes profondes du dysfonctionnement.

### 1 Zone de travail :

#### 1.1 Conception de la ligne

Pour mieux comprendre le flux de production de la ligne **AJ133** correspondant à la famille ENGINE, la figure suivante appelée « line concept » représente l'emplacement des différents postes et leurs organisations dans la ligne.

Les icônes représentant les opérateurs donnent leurs nombres à chaque poste.



*Figure 22: conception de la ligne AJ133*

#### 1.2 Flux de production :

Les câbles passent généralement par trois étapes principales lors du montage : l'insertion, l'enrubannage et l'inspection. Chacune de ces étapes comporte des opérations qui varient en fonction de la nature du câble.

Le flux commence par la séparation des joints pour les souder dans le schunk et les poser sur des chariots entre process, puis ils passent à l'insertion dans des connecteurs qui se diffèrent d'un câble à l'autre. L'insertion est répartie sur les 7 postes.

Dès que le premier JIG est libre, les deux opérateurs de séparation (Layouting) commencent à séparer le câble dans le carrousel, pour préparer le câble à l'enrubannage à une vitesse bien déterminée selon l'out-put demandé.

Pour valider le câble, il passe au test électrique afin de vérifier la continuité électrique et tester la présence des connecteurs par le biais des capteurs intégrés, puis il passe au clip checker pour le montage des clips, et finalement le câble passe par le 2<sup>ème</sup> visuel qui permet à

l'opérateur de visualiser une deuxième fois d'une manière claire la position des connecteurs et de s'assurer de l'état final du câble.

### 1.3 Effectif :

Le tableau suivant représente l'effectif de la ligne AJ133 :

	Poste	Nbr. Opérateurs/shift	Nbr. Shift	
AJ133	Insertion	7	1	
	Séparation (layouting)	2		
	Enrubannage	10		
	Inspection	Test électrique		1
		Clip Checker		4
		Protecteur		2
		2 <sup>ème</sup> visuel		1
		Emballage		1
<b>Total</b>		<b>28</b>		

Tableau 4 : l'effectif de la ligne AJ133

## 2 Mesure des KPI :

### 2.1 Temps d'ouverture :

Le temps d'ouverture est le temps pendant lequel une ressource peut être activée.

$$\text{Temps d'ouverture} = \frac{\text{Output} \times \text{MH}}{\text{nbr.opérateur} \times \text{productivité}}$$

Où :Output : quantité de câble produite par shift.

MH : Man hour

Après une étude capacitaire (Voir Annexe 1) nous trouvons qu'il nous faut 31 opérateurs, pour cela nous calculons le temps d'ouverture avec 31 opérateurs même si nous avons réellement 28 opérateurs et cela nous permet à pousser les opérateurs à mieux travailler et par la suite augmenter la productivité.

Le calcul du temps d'ouverture pour les trois câbles donne :

Pour le câble **JPLA**, nous avons :

- Out-put = 120 câbles/jours/équipe.
- MH = 93,73min

$$\text{Temps d'ouverture} |_{\text{JPLA}} = \frac{120 \times 93,73}{31 \times 100\%} = 362,82 \text{ min}$$

Pour le câble **KK83**, nous avons :

- Out-put = 10 câbles/jours/équipe.
- MH = 119,06 min

$$\text{Temps d'ouverture} |_{\text{KK83}} = \frac{10 \times 119,06}{31 \times 100\%} = 38,4 \text{ min}$$

Pour le câble **KX53**, nous avons :

- Out-put = 5 câbles/jours/équipe.
- MH = 109,67min

$$\text{Temps d'ouverture} |_{\text{KX53}} = \frac{5 \times 109,67}{31 \times 100\%} = 17,68 \text{ min}$$

## 2.2 Takt time :

Le takt time est un terme allemand qui désigne la cadence. Il représente le rythme de production nécessaire pour répondre à la demande client.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{temps d'ouverture}}{\text{demande client}}$$

Le temps d'ouverture varie d'un câble à l'autre selon l'out-put demandé :

Câbles	Temps pour chaque câble (min)
JPLA	362.82
KK83	38.4
KX53	17.68

Pour le câble **JPLA**, nous avons :

- Le temps disponible de la production : 362.82min/jours/équipe,
- Le nombre de shift : un seul shift
- La demande journalière du client : 120 câbles/jours/équipe,

Donc :

$$\text{Takt time} |_{\text{JPLA}} = \frac{362,68}{120} = 3,02 \text{ min} = 181,33 \text{ s}$$

Pour le câble **KK83**, nous avons :

- Le temps disponible de la production : 38,4min/jours/équipe,
- Le nombre de shift : un seul shift
- La demande journalière du client : 10 câbles/jours/équipe,

$$\text{Takt time} |_{\text{KK83}} = \frac{38,4}{10} = 3,84 \text{ min} = 230,4 \text{ s}$$

Pour le câble **KX53**, nous avons :

- Le temps disponible de la production : 17,68 min/jours/équipe,
- Le nombre de shift : un seul shift
- La demande journalière du client : 5 câbles/jours/équipe,

$$\text{Takt time} |_{\text{KX53}} = \frac{17,68}{5} = 3,536 \text{ min} = 212 \text{ s}$$

### 2.3 Chronométrage :

Pour aider à l'analyse de l'équilibrage des opérations, le département NYS à YMK utilise un graphique nommé Work balance chart (graphe d'équilibrage) ou YAMAZUMI.

Un Work balance chart est un graphique de distribution de tâches à différents postes en fonctions du « Takt Time ». Il permet d'équilibrer la charge de travail de plusieurs opérateurs et il est construit à partir des relevés de temps de cycle découpés en tâches élémentaires.

Le graphique sur lequel les tâches sont représentées se construit de la manière suivante:

- En abscisse seront placés les différents postes de production dans l'ordre du processus.
- En ordonnée sera donnée une notion de « temps » de réalisation des tâches.

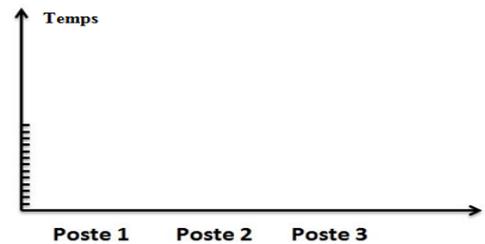


Figure 23: Axe du YAMAZUMI

Le chronométrage des postes de la ligne AJ133, nous a permis d'obtenir les YAMAZUMI suivant : (Les valeurs du chronométrage sont reportées dans l'annexe 2)

#### 2.3.1 Le câble JPLA :

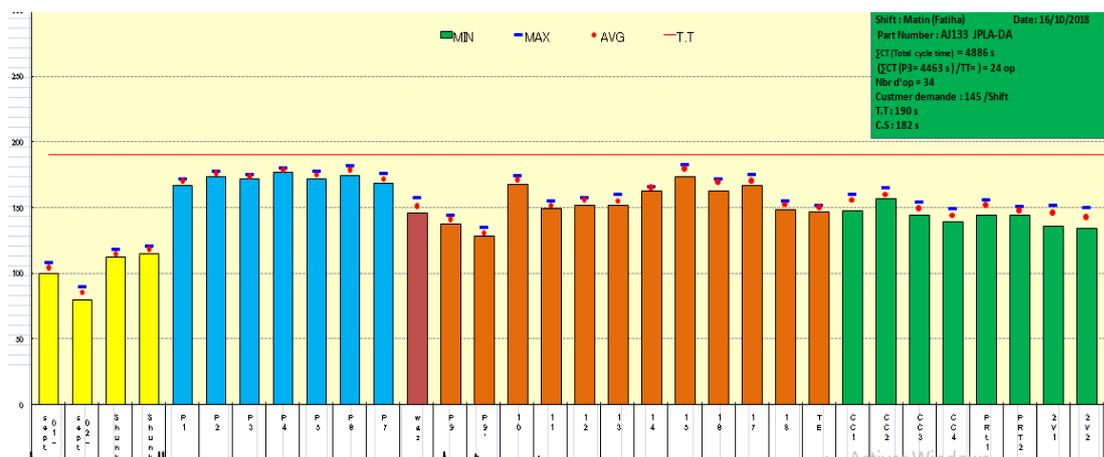


Figure 24: Yamazumi du câble JPLA

- D'après le graphe, nous constatons que les postes ne sont pas équilibrés mais ils ne dépassent pas le takt time.
- Nous remarquons que le poste 10, le poste 15 et le poste 17 d'enrubannage sont les plus chargés, ce qui a une influence sur les autres postes.

Poste	Chronométrage (s)
Poste 10	171
Poste 15	179
Poste 17	170

### 2.3.2 Le câble KK83 :

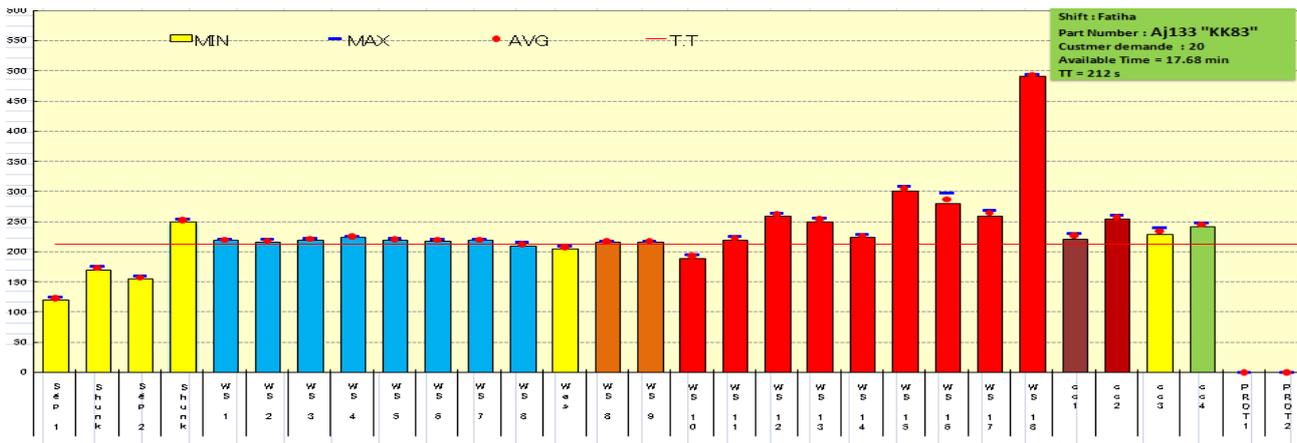


Figure 25: Yamazumi du câble KK83

- Pour ce câble, les opérateurs ne doivent pas dépasser **230s**.
- Le poste de Schunk et les postes 12, 13, 15, 16, 17 et 18 d'enrubannage dépassent le takt time et ils impactent sur les autres postes de la ligne et par la suite ne pas suivre le rythme de production.
- nous remarquons que le poste 18 d'enrubannage dépasse le takt time avec  $493 - 230 = 263s$  (presque le double), c'est un poste goulot.
- Les postes ne sont pas équilibrés et ils dépassent le takt time.

**Remarque :** Nous n'étudions pas le câble KX53, parce que son Take-Rate est très faible par rapport au autre PN.

### 2.4 Analyse de l'effectif :

Après le chronométrage des postes, nous passons au calcul du nombre d'opérateur nécessaire par procès, nous avons 2 formes de calculs :

- **La méthode théorique** : lorsqu'on a un nouveau démarrage.
- **Etude à partir du YAMAZUMI** : lorsqu'on a une ligne disponible.

#### 2.4.1 Méthode théorique :

Pour le calcul du nombre d'opérateurs nécessaire, nous utilisons la relation suivante :

$$\text{Nbr. opérateur} = \frac{MH}{T.T \times \text{Productivité}}$$

Sachant que le T.T = 3.22min, et nous représentons la productivité de chaque procès dans le tableau suivant :

Productivité inspection	90%
Productivité TE	85%
Productivité SPS	110%

Productivité convoyeur	110%
------------------------	------

Le tableau 5 représente les résultats de calcul :

Procès	Insertion	séparation	Enrubannage + Wasarumbo	TE	CC	Protecteur	2V	Emballage
<b>Total MH pondéré(min)</b>	22,842	7,806	46,603	4,025	7,569	4,471	4,307	0,719
<b>Effectif existant</b>	7	2	9	1	4	2	1	1
<b>Nbr. opérateur</b>	6,445	2,202	13,148	1,470	2,610	1,542	1,485	0,248
	7	2	13	1	3	2	2	

*Tableau 5: l'analyse de l'effectif de la ligne AJ133*

### 2.4.2 Méthode de YAMAZUMI :

Nous pouvons calculer le nombre d'opérateur par le YAMAZUMI en utilisant la relation suivante :

$$\text{Nbr. opérateur} = \frac{C.T}{T.T}$$

Sachant que le TT=3.22min, nous trouvons les résultats dans le tableau 6:

Procès	Insertion	séparation	Wasarumbo	Enrubannage	TE	CC	Protecteur	2V
<b>CT(s)</b>	1543	435	208	2505	150	963	229	288
<b>Effectif existant</b>	7	2	1	9	1	4	2	2
<b>Nbr.opérateur</b>	7	2	1	11	1	4	1	2

*Tableau 6: tableau de l'analyse de l'effectif par la méthode YAMAZUMI*

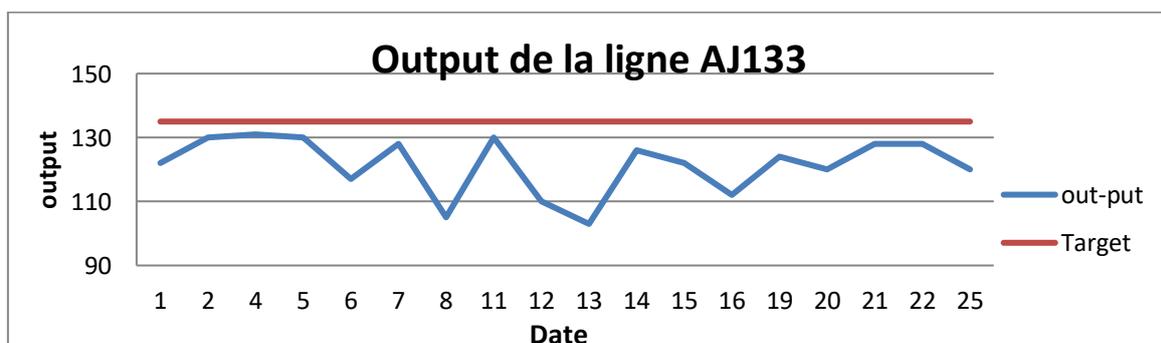
⇒ Nous remarquons une différence entre le nombre théorique d'opérateurs d'enrubannage et le résultat de la 2<sup>ème</sup> méthode, cela revient à la capacité des opérateurs qui augmente avec le temps.

### 2.5 Mesure de l'out-put :

L'out-put d'une ligne est le nombre des câbles produits par shift.

Pour mieux comprendre la problématique, il faut savoir la situation actuelle de l'out-put de la ligne AJ133 et la comparais avec l'objectif.

Nous représentons dans la figure suivante l'out-put de la ligne AJ133 au mois de Mars 2019 :



*Figure 26: Out-put de la ligne AJ133*

Date	1	2	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	19	20	21	22	25
<b>Out-put</b>	122	130	131	130	117	128	105	130	110	103	126	122	112	124	120	128	128	120
<b>Target</b>	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135

*Tableau 7: Out-put de la ligne AJ133 au mois de Mars*

Nous remarquons que l'out-put de la ligne AJ133 n'atteint pas la demande client fixée à **135** câbles par shift, donc notre objectif est d'augmenter l'out-put de cette ligne.

## 2.6 Mesure de la productivité :

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 et la qualité de l'organisation de l'entreprise.

Pour calculer la productivité, nous utilisons la relation suivante :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Output} \times \text{MH}}{\text{Nbr. opérateur} \times \text{temps d'ouverture}}$$

Nous prenons le MH (le temps nécessaire pour produire un câble) à partir de l'étude capacitaire, sachant qu'il est exigé par le client. Le tableau suivant présente le MH de chaque poste à la ligne AJ133 :

Procès	Insertion	Layouting	Taping + Wasarumbo	ET	CC	Prot	2V	Packing	Total P3 Procès
<b>Total MH pondéré</b>	22,842	7,806	46,603	4,025	7,569	4,471	4,307	0,719	98,341

*Tableau 8: MH des postes*

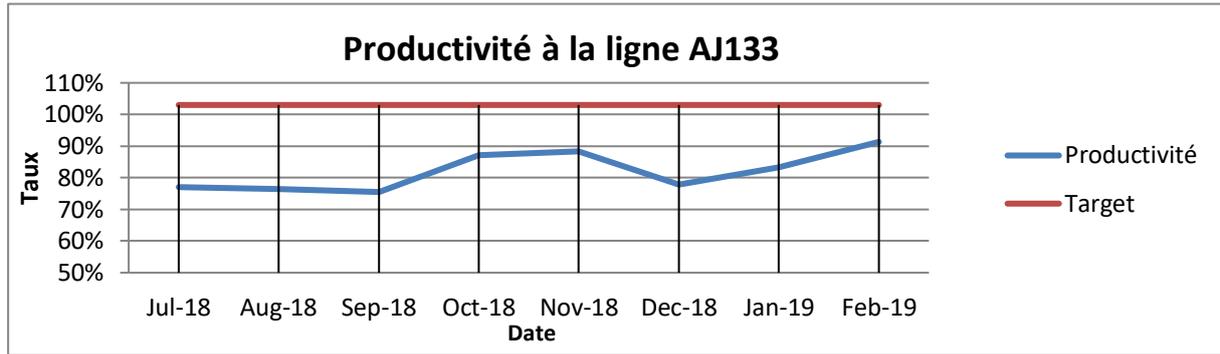
Dans notre projet, on cherche à améliorer ce taux pour cela nous allons calculer l'objectif de la productivité de la ligne AJ133 dans le tableau suivant :

	Câble	Out-put	procès	Opérateur	MH (min)	Objectif productivité (%)
<b>AJ133</b>	JPLA	120	insertion	7	98,341	<b>103</b>
	KK83	10	Enrubannage	12		
	KX53	5	Inspection	9		

*Tableau 9 : Productivité objectif de la ligne AJ133*

La figure suivante représente l'historique du taux de productivité du juillet 2018 au février 2019.

Figure 27: L'historique



de la productivité à la ligne AJ133

D'après le graphe, on remarque des fluctuations de la productivité entre 75% et 91 % mais elle n'atteint jamais leurs objectifs **103%** à cause des dysfonctionnements provoqués par certaines sources de gaspillages.

### 2.7 Mesure de l'efficacité :

L'efficacité est la capacité d'un individu, d'un ensemble d'individus, d'une machine ou d'une technique à obtenir le maximum de résultats avec le minimum de moyens, de coûts, d'effort ou d'énergie. Pour calculer l'efficacité, nous utilisons la relation suivante :

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Output} \times \text{MH}}{\text{Nbr. opérateur} \times (\text{temps d'ouverture} - \text{arrêts planifiés})}$$

Avec : le temps d'arrêt = 20min (le service maintenance tolère 20 min d'arrêt par shift).

	PN	Out-put	process	Opérateur	MH (min)	Objectif efficacité (%)
<b>AJ133</b>	JPLA	120	insertion	7	98,341	<b>107</b>
	KK83	10	Enrubannage	12		
	KX53	5	Inspection	9		

Tableau 10: objectif de l'efficacité

A partir de l'historique de l'efficacité à la ligne AJ133, nous obtenons la courbe suivante:

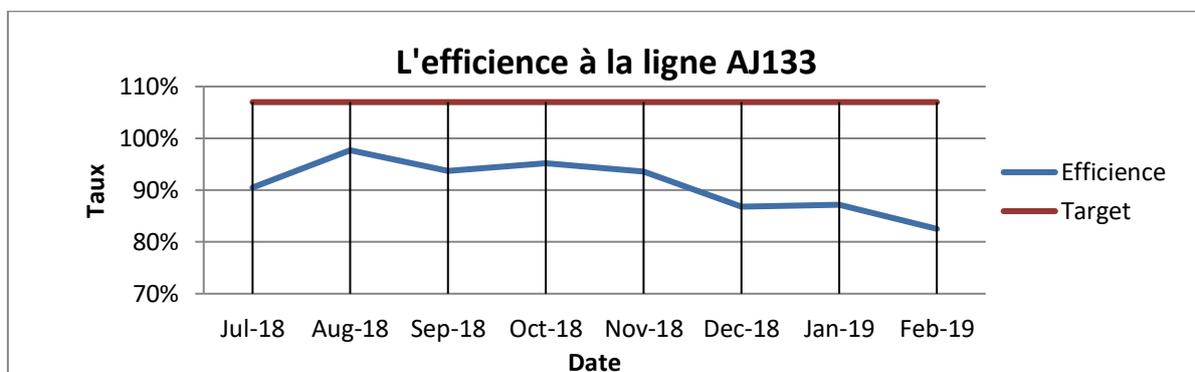


Figure 28: L'historique de l'efficacité à la ligne AJ133

Les fluctuations de l'efficacité entre juillet 2018 et février 2019 varient entre 87% et 103%, mais il n'atteint jamais l'objectif, donc il faut l'augmenter à **107%**.

Conséquemment, il est important de chercher 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.

### 2.7.1 La méthode des 5P :

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.

Pour mieux comprendre la problématique de notre projet, nous allons appliquer cette méthode dans le tableau suivant en posant 5 fois la question « pourquoi ? » :

Problème	P1	P2	P3	P4	P5
<b>L'out-put n'atteint pas l'objectif</b>	Faible productivité	Arrêts au niveau de la ligne	Retard SPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversion des fils</li> <li>- Manque connecteur</li> <li>- Retard des postes.( poste chargé)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Similarité des fils.</li> <li>- Retard magasin.</li> <li>-Déséquilibre des postes</li> <li>- Retard retour des macdos</li> <li>- Absence</li> </ul>
			Retard enrubannage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement des opérateurs</li> <li>- Retard des postes goulots.</li> <li>- Difficulté de montage d'un gomet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque matières.</li> <li>- Absence</li> <li>- Déséquilibre des postes</li> <li>- manque contre pièce</li> </ul>
			Retard inspection	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Retard détection.</li> <li>- Inverse</li> <li>- Manque fils</li> <li>- Absence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème maintenance.</li> <li>- Fils détaché.</li> </ul>

Tableau 11 : Tableau des 5P

## 2.8 Mesure du temps d'arrêts :

Les arrêts est l'un des problèmes majeurs de la mauvaise production, pour les analyser il faut collecter les données à partir d'une observation détaillée de la chaîne de production afin de pouvoir identifier les causes principales et les problèmes éventuels qui handicapent la bonne marche de la chaîne.

Après une observation de la ligne AJ133 du 07/03/2019 au 29/03/2019, nous avons rassemblé les arrêts afin de trouver les problèmes les plus fréquents qui engendrent l'arrêt de la chaîne.

Le tableau suivant représente l'historique des arrêts de la ligne AJ133 (Voir Annexe 3)

Date	Poste	De	A	Durée	Code	Cause
07/03/2019	P5	10h03	10h07	0 h04	R	Retard poste4 (SPS)
07/03/2019	P1	11h07	11h11	0 h04	M	Retour des macdos
07/03/2019	-	11h34	11h40	0 h06	J	Problème de séparation des joints
07/03/2019	P2	12h02	12h10	0 h08	S	Connecteurs similaires
29/03/2019	P2	8h34	8h35	0 h01	F	Manque fils
29/03/2019	P4	11h14	11h21	0 h07	S	Connecteur similaire
<b>Totale</b>				<b>2h47min</b>		

*Tableau 12 : historique de la ligne AJ133*

D'après le tableau précédent, nous remarquons un gaspillage de 2 heures et 47 minutes ce qui résulte en une faible productivité. vu que nous avons une marge des arrêts pour chaque ligne égale à 20min.

### Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de mesurer la productivité, l'efficacité et la quantité de câble produite à l'état actuel, ainsi nous avons collecté les causes d'arrêts de la ligne AJ133 durant le mois de Mars.

Le chapitre suivant sera consacré à une analyse détaillée de ces causes d'arrêts afin de réduire le temps d'arrêt, ce qui va nous permettre de produire la quantité de câble demandé avec une meilleure qualité.

## Chapitre IV : Analyse des données

Dans la troisième étape de la démarche DMAIC nous allons analyser les données collectées par un ensemble d'outils de résolution de problèmes. Ceci nous permettra de trouver les causes racines des arrêts et des défauts de qualité.

---

## Introduction :

Cette partie est consacrée à l'analyse des données collectées dans la phase précédente. C'est une partie essentielle et complexe, elle a pour objectif l'étude du système existant et la détermination des problèmes critiques afin de les traiter et mettre en place un plan d'action.

### 1 Rechercher les causes :

Pour mieux analyser les problèmes, l'équipe de travail utilise la méthode du Brainstorming en organisant une réunion de 30 min, pour collecter les idées et apporter quelques améliorations à la ligne par la mise en place d'un plan d'action.

Afin de visualiser et de communiquer les causes identifiées grâce au Brainstorming nous utiliserons le diagramme Ishikawa pour recenser les causes aboutissant à une faible productivité et à des arrêts de la ligne qui influencent sur l'out-put demandé.

Ce diagramme nous permet de lister les causes qui ont une influence sur la productivité et l'out-put de la ligne, de les classer et de les hiérarchiser.

Les catégories de causes sont résumées par les 5M :

- **Machines:** il s'agit du matériel nécessaire au projet, des locaux éventuels, les gros outillages, cette catégorie requière un investissement
- **Main-d'œuvre:** le personnel qui participe au projet, interne et externe mais qui travaille pour le projet ou qui est lié à l'objectif du projet
- **Méthodes:** les procédures existantes, les modes d'emploi utilisés
- **Matières :** tout ce qui est consommable et utile au projet ou à l'objectif du projet, les matières premières, le papier, l'électricité, l'eau
- **Milieu:** l'environnement physique et humain pouvant influencer sur le projet, les conditions de travail, le parking, les espaces verts ...

Nous hiérarchisons les causes trouvés à partir de l'historique des arrêts précédent par le diagramme Ishikawa en les classant selon les 5M.

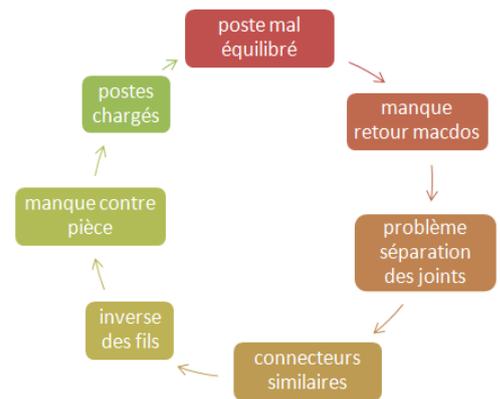


Figure 29: Brainstroming

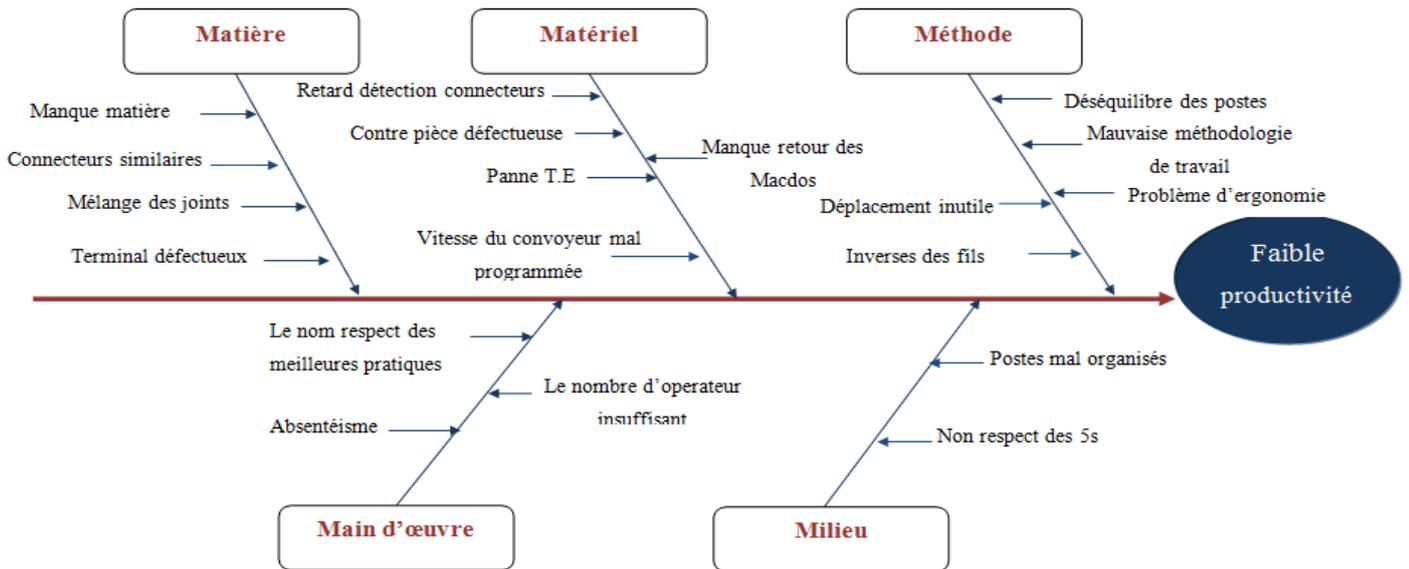


Figure 30 : Diagramme ISHIKAWA

Le diagramme Ishikawa nous a permis de hiérarchiser les problèmes qui influencent sur le taux de la productivité et l'out-put.

Nous passons maintenant à une analyse détaillée de ces problèmes afin de remonter les causes racines des arrêts et les classer.

### 1.1 Hiérarchiser les causes :

Pour mieux s'organiser dans notre travail et faire des choix pertinents, nous devons classer les causes selon leurs criticités. Pour cela nous utilisons une matrice de décision.

La matrice de décision est un outil que nous adoptons pour nous aider à prendre une position. Sur la base du problème à résoudre, défini au préalable, nous construisons la matrice et nous comparons les différentes causes du problème. Grâce à cette comparaison, nous pouvons évaluer le niveau de criticité de chacune d'elles en suivant les étapes suivantes :

**Etape 1 :** Elle consiste à identifier l'objectif qui est dans notre cas l'augmentation de l'out-put et la productivité c'est-à-dire la diminution des temps d'arrêts et des gaspillages.

**Etape 2 :** Elle consiste à lister les différentes causes possibles après avoir analysé la situation grâce au brainstorming déjà fait précédemment.

Code	Cause
R	Retard des postes
S	Connecteurs similaires
J	Prob. de séparation des joints
M	Retour des macdos
I	Inversion des fils

F	Manque des fils
T	Retard du transport
G	Retard magasin
E	Panne test électrique
C	Manque des clips
N	Manque des connecteurs
RDC	Retard dans la détection des connecteurs

*Tableau 13: codification des causes*

Les causes sont classées selon une échelle commune les uns par rapport aux autres. Nous listons ci-dessus les tableaux des indices de critères qui permettent le calcul de la criticité.

- **Indice F** : La fréquence d'apparition de la cause.

Nous classons les causes selon leurs fréquences d'apparition par jour en suivant les intervalles suivants :

Type de la cause	Fréquence de la cause par jour	Valeur de la fréquence
Taux d'apparition <b>faible</b>	$0 < f < 2$	<b>1</b>
Taux d'apparition <b>moyen</b>	$2 < f < 4$	<b>2</b>
Taux d'apparition <b>régulier</b>	plusieurs fois par jours	<b>3</b>

*Tableau 14: Grille de cotation de la fréquence d'apparition de la cause*

- **Indice G** : Indice de gravité

Nous décomposons les causes selon la durée de la défaillance (temps d'arrêt) en suivant la grille de cotation suivante :

Type de la cause	Gravité de la cause	Valeur de la gravité
Défaillance <b>mineure</b>	$D < 2 \text{ min}$	<b>1</b>
Défaillance <b>moyenne</b>	$2 \text{ min} < D < 4 \text{ min}$	<b>2</b>
Défaillance <b>majeure</b>	$D > 4 \text{ min}$	<b>3</b>

*Tableau 15: Grille de cotation de l'indice de gravité des défaillances*

- **Indice de criticité** :  $C = G \times F$

Lors de la réunion hebdomadaire avec les chefs de lignes, les techniciens, les responsables, les superviseurs, ainsi que les managers, nous avons obtenu les résultats suivants :

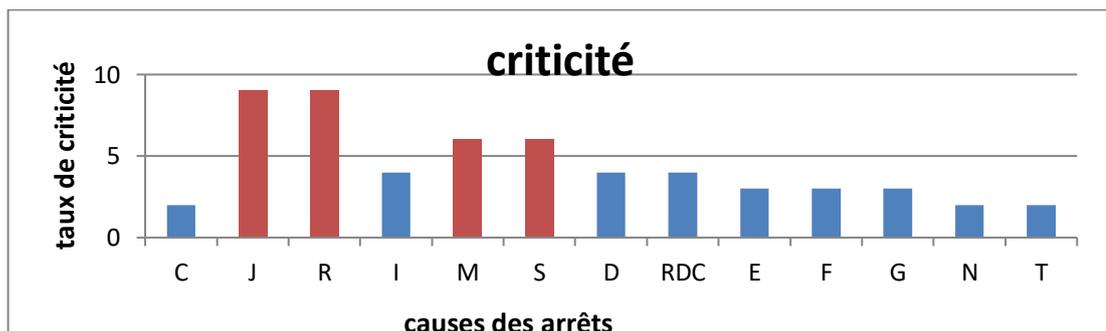
Code	Cause d'arrêt	Cotation		
		F	G	C
C	Manque des clips	1	2	<b>2</b>
D	Décalage dans l'insertion	2	2	<b>4</b>
E	Panne lors du test électrique	1	3	<b>3</b>

F	Manque de fils	1	3	3
G	Retard magasin	1	3	3
I	Inversion des fils	2	2	4
J	Problème de séparation des joints	3	3	9
M	Retour des macdos	2	3	6
N	Manque de connecteurs	1	2	2
R	Retard des postes	3	3	9
RDC	Retard dans la détection des connecteurs	2	2	4
S	Connecteurs similaires	2	3	6
T	Retard transport	1	2	2

*Tableau 16 : criticité des causes d'arrêt*

Pour identifier les causes les plus critiques, nous utilisons la grille de cotation suivante :

Criticité	Seuil
Faible	$G < 3$
Moyenne	$3 < G < 5$
Fort	$G > 5$



*Figure 31: graphe représentant la criticité des causes d'arrêt*

Ce diagramme de criticité nous permet de classer les causes d'arrêt selon leurs fréquences et leurs gravités, afin de les traiter en commençant par le plus critiques.

Nous remarquons, que les causes les plus critiques (mentionnés en rouge dans le diagramme) sont : - **R** : Retard des postes.

- **J** : Problème de séparation des joints.
- **M** : Retard des macdos.
- **S** : Les connecteurs similaires.

## 1.2 Analyse des arrêts :

L'historique des arrêts précédent, nous permet d'identifier les causes qui impactent sur la productivité et l'out-put de la ligne AJ133. Le tableau suivant résume ces causes et leurs durées.

Code	Cause d'arrêt	Durée (s)
R	Retard des postes	2520
S	Connecteurs similaires	1680
M	Retour des macdos	1560
J	Problème de séparation des joints	1440
I	Inversion des fils	540
C	Manque des connecteurs	420
T	Retard du transport	420
F	Manque des fils	360
E	Panne lors du test électrique	300
C	Manque des clips	300
D	Décalage dans l'insertion	180
RDC	Retard dans la détection des connecteurs	180

*Tableau 17: tableau des codes des causes*

Pour améliorer de façon significative la situation, il est intéressant d'identifier les causes sur lesquelles il faut agir en priorité et d'abandonner celles ayant peu d'impact. Pour cela nous utilisons le diagramme de Pareto.

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. C'est un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont en décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes.

A partir de l'historique des arrêts précédent, nous avons le tableau 18 :

Code	Cause d'arrêt	Durée (s)	Cumul	%Cumul
R	Retard des postes	2520	2520	25%
S	Connecteurs similaires	1680	4200	42%
M	Retour des macdos	1560	5760	58%
J	Problème de séparation des joints	1440	7200	73%
I	Inversion des fils	540	7740	78%
N	Manque des connecteurs	420	8160	82%
T	Retard du transport	420	8580	87%
F	Manque des fils	360	8940	90%
E	Panne lors du test électrique	300	9240	93%

C	Manque des clips	300	9540	<b>96%</b>
D	Décalage dans l'insertion	180	9720	<b>98%</b>
RDC	Retard dans la détection des connecteurs	180	9900	<b>100%</b>

Tableau 18 : Calcul de cumul

La méthode PARETO propose un découpage en 3 segments :

- **Classe A** : 20% des causes représentent 80% des effets.
- **Classe B** : 30% des causes représentent 15% des effets.
- **Classe C** : 50% des causes représentent 5% des effets.

Les résultats sont représentés sur le graphe suivant :

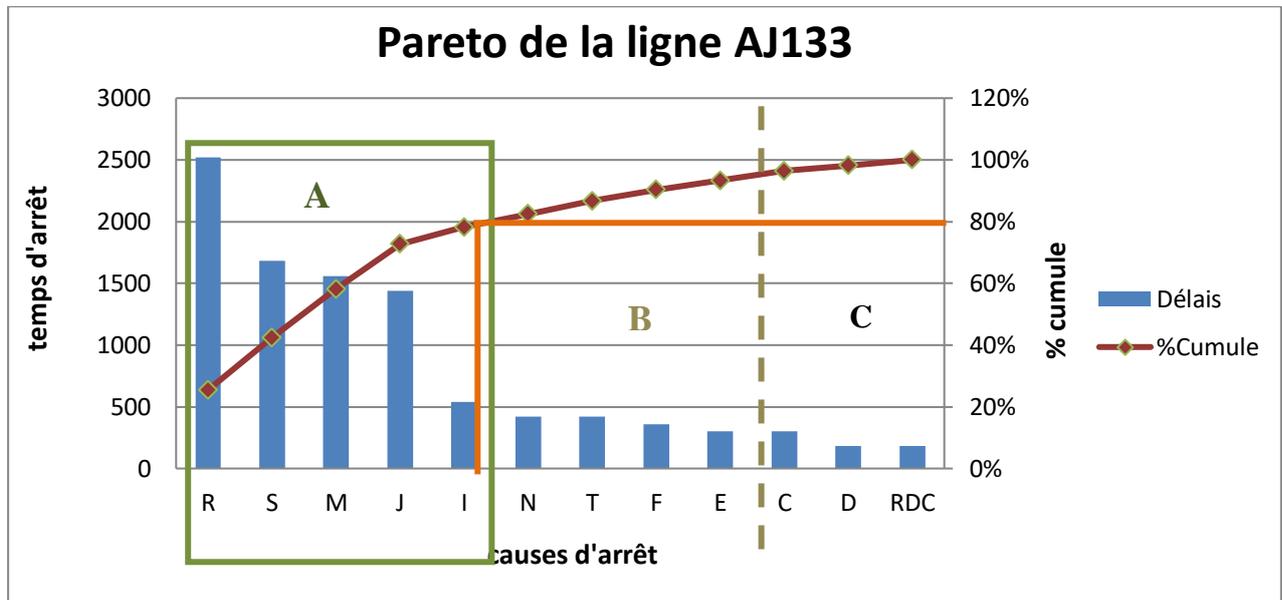


Figure 32: Pareto de la ligne AJ133

D'après le graphe, nous constatons que les causes prioritaires (la classe A) sont:

- R : Retard des postes.
- M : Manque du retour des maddos.
- S : Connecteurs similaires.
- J : Problème lors de la séparation des joints.
- I : Inversion des fils.

### 1.2.1 Analyse des retards des postes :

D'après les analyses précédentes, nous remarquons que le retard des postes est le problème majeur qui influe directement sur le temps de production. Ainsi, il est intéressant de traiter ce problème par la méthode des 5 Pourquoi.

	Problèmes	Causes
Pourquoi ?	L'out-put de la ligne n'atteint pas la demande client	Retard des postes

<b>Pourquoi ?</b>	Retard des postes ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déséquilibre des postes</li> <li>- Nombre d'opérateurs insuffisants</li> </ul>
<b>Pourquoi ?</b>	Déséquilibre des postes ? Nbr. d'opérateur insuffisant ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variation du temps de cycle entre les postes</li> <li>- Augmenter l'effectif des opérateurs (Graphe YAMAZUMI)</li> </ul>
<b>Pourquoi ?</b>	Pourquoi faut-il ajouter des opérateurs ?	Le pourcentage du PN chargé a augmenté
<b>Pourquoi ?</b>	Le pourcentage du PN chargé a augmenté	La demande client.

*Tableau 19 : tableau des 5 (Retard des postes)*

Selon le tableau des 5 pourquoi précédent nous remarquons que la cause racine du retard des postes est la fluctuation de la demande client.

Nous trouvons aussi d'autres causes qui influencent sur le temps de cycle des postes :

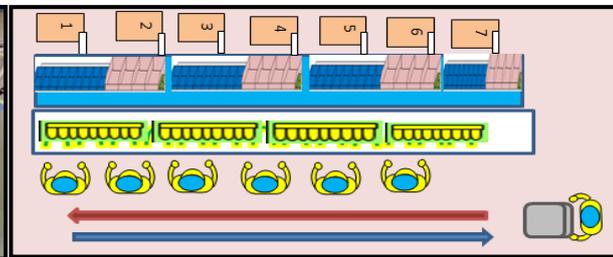
- Présence des Mudas.
- Le non respect des meilleures pratiques : les schémas et les instructions des responsables aident les opérateurs à travailler correctement et avec une bonne qualité.

### 1.2.2 Analyse du retour des macdos :

Le problème du retour des macdos est un Muda de déplacement qui influe sur le temps de cycle des postes P1 et P7



*Figure 34 : chariot des macdos*



*Figure 33 : Trajet du chariot des macdos*

Un Macdo est une plaque constituée des contres pièces et des To-fixe pour la séparation des fils qui rentrent dans la production des câbles.

Lorsque l'opératrice du dernier poste (Poste7) finit sa tâche, elle pose le câble sur le « sliding system » (chariot entre process) et le Macdo sur le chariot. Elle doit à chaque fois que le chariot est plein, le déplacer vers le premier poste (Poste1).

**Pour le poste 1 :** Il faut attendre le retour du chariot des macdos.

⇒ **Muda d'attente** : est la conséquence d'une mauvaise synchronisation ou d'une mauvaise préparation (attendre des pièces, de la matière, des outils, des instructions).

Sachant qu'à chaque retour nous avons :

- Le temps perdu du P1 est égal à 30s.

- Le nombre d'attente par shift est égal à  $135/5 = 27s$

alors :

Le temps perdu par shift =  $27 \times 30 = 810s = 13min30s$

**Pour le poste 7** : Il faut déplacer le chariot vers le poste 1.

⇒ Muda de déplacement : Il s'agit de tous les déplacements inutiles de matériel, qui n'apportent pas de valeur pour le produit.

Sachant qu'à chaque retour nous avons :

- Le temps perdu du P7 est égal à **39s**.
- Le nombre d'aller-retour par shift est égal à  $135/5 = 27s$

alors :

Le temps perdu par shift =  $27 \times 39 = 1053s = 17min 33s$

### 1.2.3 Connecteurs similaires :

La satisfaction client est aujourd'hui déterminante pour fidéliser les clients et développer les ventes sur un long terme.

Parmi les problèmes les plus fréquents dans la ligne AJ133 qui peuvent impacter sur la satisfaction des clients, nous avons le problème des connecteurs similaires au niveau des postes 2 et 4. La gravité de ce problème est lié au fait que nous ne pouvons pas le détecter, ni par le test électrique ni par les inspections visuelles.

Les connecteurs similaires de la ligne AJ133 sont les suivants :

	
<b>7289-5014-30</b>	<b>7287-3752-30</b>

*Tableau 20: différence entre les deux connecteurs*

Dans un seul poste de travail, nous avons les deux connecteurs ci-dessus. Ils sont différents, mais visuellement il n'y a pas de grande différence. La seule différence entre les deux connecteurs est la couleur de la partie sécurité (Rouge et grise). Ceci peut causer des inverses.

### 1.2.4 Problème de séparation des joints :

Les joints préparés par la partie OPF sont utilisés comme input pour les postes de l'insertion, sont séparés de façon aléatoire, qui ne respecte pas la chronologie des postes.

Ceci impacte sur le temps de cycle des opérateurs, lorsqu'ils font, à nouveau, la séparation de ces joints, afin de choisir les joints à utiliser dans chaque poste de travail séparément.

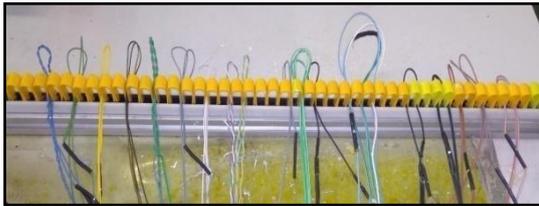


Figure 35: joints séparer à P2

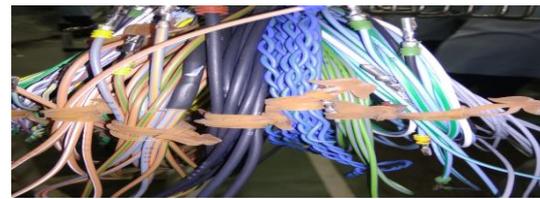


Figure 36 : classement des joints pour la séparation

A chaque choix des joints, nous avons un temps additionnel, pour tous les postes d'insertion, qui égal à **100s**.

Nous avons traité le problème de séparation des joints par la méthode des 5 pourquoi :

	Problèmes	Causes
Pourquoi ?	L'out-put de la ligne n'atteint pas la demande client	Problème de séparation des joints
Pourquoi ?	Problème de séparation des joints ?	Temps additionnel
Pourquoi ?	Temps additionnel ?	Choix des joints
Pourquoi ?	Choix des joints ?	Mauvais classement
Pourquoi ?	Mauvais classement ?	Mauvaise méthode de séparation au niveau de P2

Tableau 21 : tableau des 5P du problème de séparation des joints

D'après l'analyse par la méthode des 5 pourquoi, nous remarquons que la cause racine du problème est la mauvaise méthode de séparation au niveau de P2.

### 1.2.5 Inversion des fils :

Le défaut des inversions des fils revient à mettre un fil erroné dans une autre cavité de connecteur que là où il faut l'insérer, chose qui peut causer une mauvaise connexion entre les câbles, et par la suite, il se peut qu'une partie ou la totalité d'une voiture ne fonctionne pas.

A la ligne AJ133, nous trouvons ce problème au niveau du poste2, l'opératrice doit insérer les même fils dans deux PN différents mais au sens inverse, ce qui cause une insertion erroné.

PN	KK83		KX53	
Composant	Connecteur	Fils	Connecteur	Fils
Référence	7288-9161-30	S003247589	7288-9161-30	S001183238
				

### 1.3 Identification des Mudras :

Un Muda est une activité improductive, qui n'apporte pas de valeur au produit. Mais tout le monde accepte et pratique cette activité, sans la remettre en question. Néanmoins, certaines tâches sans valeur ajoutée sont obligatoires.

La pensée Lean suggère que pour créer efficacement de la valeur, il est indispensable d'identifier les gaspillages et de les éliminer ou de les réduire, afin d'optimiser les processus de l'entreprise.

Le tableau suivant représente les Mudras trouvés :

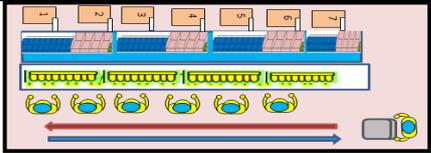
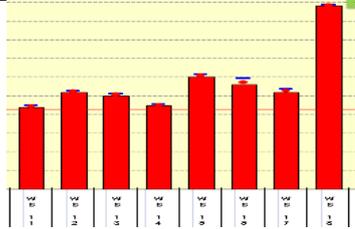
Mudras	Problème	Source de problème	figure
Déplacement	Déplacement inutile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque retour maddos</li> <li>- Intérêt personnels (Hors la pause).</li> </ul>	
Attente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Attente de matériel</li> <li>- Attente fin d'un cycle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retard magasin</li> <li>- Postes mal équilibrés</li> </ul>	
Stock	Les encours	- Retard des postes (postes goulots).	
Processus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Postes mal équilibrés</li> <li>- Postes goulots</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais découpage.</li> <li>- Nombre d'opérateurs non capacitaire.</li> </ul>	
Non-qualité	Défauts nécessitant une retouche ou mise au rebut (SCRAP).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le non respect des meilleures pratiques.</li> <li>- Le manque d'autocontrôle.</li> <li>- La rapidité de travail.</li> </ul>	

Tableau 22: Tableau des Mudras

### Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'analyser la situation actuelle pour détecter les causes racines sur lesquelles nous allons agir pour élaborer notre plan d'action. Les causes trouvées sont le retard des postes, les inversions des fils, les connecteurs similaires, la mauvaise séparation des joints et le manque retour des maddos.

Dans le chapitre suivant, nous allons proposer des solutions à ces problèmes pour minimiser le temps d'arrêt et atteindre la demande client.

## **Chapitre V : Plan d'action et estimation des gains du projet**

Dans ce chapitre, nous présentons la quatrième et la cinquième étape de la méthode DMAIC, « Innover » et « Contrôler », dans lesquelles nous allons proposer des solutions et élaborer un plan d'action afin d'atteindre les objectifs fixés dans le chapitre précédent.

## Introduction :

Après avoir collecté les informations sur les différents problèmes de la ligne AJ133 et les analyses détaillées effectuées dans le chapitre précédent, nous allons proposer dans ce chapitre des actions à mettre en place.

Nous divisons ce chapitre selon deux parties, la première étape est « Innover » dans laquelle nous allons proposer des solutions et mettre en place les actions retenues, et la deuxième est « Contrôler » où nous allons évaluer et suivre les résultats des solutions mises en œuvre.

### 1 Innover (Améliorer) :

Les améliorations à apporter à la ligne AJ133 vont être mises en place lors de cette étape. Nous allons proposer des solutions à apporter pour éliminer les causes des problèmes identifiées dans l'étape précédente.

Les solutions retenues doivent être viables économiquement et techniquement, et s'intégrer dans le processus actuel. Les améliorations sont alors mises en place afin d'éradiquer les causes initiales du problème.

#### 1.1 Plan d'action :

Le plan d'action définit une stratégie à appliquer pour arriver à un résultat voulu.

A ce stade, après avoir explicité toutes les causes des problèmes de la ligne AJ133, nous proposons des solutions et nous les classons dans un plan d'action pour un bon pilotage.

Le tableau suivant présente le plan d'action comportant les améliorations à apporter à la ligne:

<i>Problèmes</i>	<i>N° action</i>	<i>Actions</i>	
Retard des postes	1	Equilibrage des postes de travail	<b><u>Pourquoi</u></b> : Eliminer les postes goulots. <b><u>Qui</u></b> :Département NYS <b><u>Où</u></b> :La ligne AJ133 <b><u>Comment</u></b> : Par un chronométrage et un changement des opérations à quelques postes
	2	Ajout d'un poste d'enrubannage	<b><u>Pourquoi</u></b> :Effectif non capacitaire <b><u>Qui</u></b> :Département NYS <b><u>Où</u></b> : la ligne AJ133 <b><u>Comment</u></b> :Découpage desopérations sur le nombre d'effectif nécessaire
	3	Chronométrage des postes après équilibrage	<b><u>Pourquoi</u></b> : Voir les résultats <b><u>Qui</u></b> : Département NYS <b><u>Où</u></b> : la ligne AJ133 <b><u>Comment</u></b> : Par un chronométrage des postes à plusieurs reprises

Connecteurs similaires	4	Séparer les connecteurs	<p><b>Pourquoi :</b> câble erroné</p> <p><b>Qui :</b> Département NYS</p> <p><b>Où :</b> la ligne AJ133</p> <p><b>Comment :</b> changement des connecteurs entre les postes</p>
Pb. Séparation des joints	5	Classement des joints	<p><b>Pourquoi :</b> gaspillage de temps</p> <p><b>Qui :</b> Département NYS</p> <p><b>Où :</b> La ligne AJ133</p> <p><b>Comment :</b> Classifier les joints selon l'utilisation des postes</p>
Inversion des fils	6	Pb inversion des fils	<p><b>Pourquoi :</b> câble erroné</p> <p><b>Qui :</b> Département NYS</p> <p><b>Où :</b> La ligne AJ133</p> <p><b>Comment :</b> changer les fils entre les postes</p>
Manque retour Macdos	7	Conception d'un convoyeur pour le retour des Macdos	<p><b>Pourquoi :</b> Muda de déplacement</p> <p><b>Qui :</b> Département NYS</p> <p><b>Où :</b> la ligne AJ133</p> <p><b>Comment :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle en CATIA</li> <li>- Définir la méthode de travail</li> </ul>

*Tableau 23: Plan d'action relatif à la ligne AJ133*

## 1.2 Classification des solutions selon le temps d'exécution :

Pour une meilleure organisation de déroulement du projet, nous classons les actions proposées en court, moyen et long terme afin de s'assurer que toutes les actions ont été envisagés et que ce que l'on juge être le plus important et le plus urgent sera effectivement traité en priorité.

	Action 1	Action 2	Action 3	Action 4	Action 5	Action 6	Action 7
Court terme (1mois Max)				X	X	X	
Moyen terme (2 à 3 mois)	X	X	X				
Long terme (selon la demande d'achat)							X

*Tableau 24: Classification des solutions selon le temps d'exécution*

## 1.3 Exécution des solutions :

### 1.3.1 Equilibrage des postes d'insertion :

Dans le chapitre précédent, nous avons remarqué d'après le Yamazumi que les postes d'insertion sont mal équilibrés ce qui influe sur le temps du cycle.

Pour équilibrer les postes d'insertion, nous devons savoir les différentes charges de chaque poste pour que nous puissions balancer entre eux. Par exemple nous retirons un fils simple, un twist, ou un connecteur d'un poste chargé et nous l'affectons à un autre moins chargé, ou bien

nous annulons quelques insertions d'un poste et nous les ajoutons à un autre, et nous prenons en compte le takt-Time et la disponibilité des fils et des connecteurs dans le poste.

Après une observation des postes et une définition des opérations effectuées à chacun d'eux, nous trouvons les changements suivants (Les tableau relatif au changement de SPS est en annexe 4) :

**Pour le câble JPLA :**

- Déplacement de l'insertion des twists S000584492/S000584486 du **poste 01** vers le **poste 03** au connecteur 8.
- Déplacement d'insertion des fils simples S000520619/S00052583 du **poste 04** vers le **poste 06** au connecteur 7.
- Déplacement d'insertion des fils simples du **poste 05** vers le **poste 07** au connecteur 8.

**Pour le câble KK83 :**

- Déplacement des deux twists (S003262351 /S003262350) du **poste 2** au **poste 1**.
- Déplacement des insertions du joint (S000483599) du **poste 4** vers le **poste 5**.
- Déplacement le twist (S003262356) du **poste 5** au **poste 6**.
- Déplacement du twist (S003262352) du **poste 5** au **poste 7**.
- Déplacement de l'insertion du fils simple (S003273615) du **poste 6** au **poste 7**.

**1.3.2 Ajout d'un poste d'enrubannage :**

D'après l'analyse de l'effectif du chapitre précédent (tableau 6), et l'analyse du Yamazumi nous devons ajouter un poste d'enrubannage pour que nous puissions atteindre la demande client.

Pour ajouter un poste d'enrubannage il faut passer par plusieurs étapes, nous les représentons dans le plan d'action suivant :

Problème	Numéro	Actions	Responsable	statut
<b>Ajout d'un poste d'enrubannage</b>	1	Observation des postes d'enrubannage	- LAMRANI Nisrine - Département CIE/NYS	OK
	2	Prendre note des actions effectuées par les opérateurs sur les postes d'enrubannage		Ok
	3	chronométrage de l'état actuel		Ok
	4	Effectuer des combinaisons de découpage des tâches		Ok
	5	Validation par		Ok

		chronométrage		
	6	Préparation des Yamazumi Chart		Ok
	7	Présenter la proposition avec les arguments nécessaires		Ok
	8	Valider le découpage avec la production et la qualité	-Chef de ligne ; -Chef de secteur ; -superviseur de la production. - La qualité	Ok
	9	Ajouter un poste d'enrubannage		Ok
	10	Communiquer le changement à l'équipement	- LAMRANI Nisrine - Département CIE/NYS	Ok
	11	Envoyer le découpage à l'ingénierie		Ok
	12	Modification des structures des postes	Service équipement	Ok
	13	Actualisation des schémas		Ok
	14	Identifier les postes d'enrubannage selon la nouvelle modification	-Département ingénierie	Ok

*Tableau 25: plan d'action pour l'ajout d'un poste d'enrubannage*

### 1.3.3 Equilibrage des postes d'enrubannage :

En se basant sur l'ancien découpage, nous réalisons un « balancing » entre les postes et nous affectons à chaque opérateur une partie du câble à enrubanner en prenant compte le Takt-Time et le classement des postes pour éliminer les Mudras d'attente.

Le découpage final après l'ajout d'un poste d'enrubannage est présenté dans l'annexe 5.

### 1.3.4 Résolution du problème de séparation des joints :

D'après la phase d'analyse nous remarquons que la cause racine du problème est la mauvaise méthode de séparation au niveau de P2.

Problème	Solutions
Temps additionnel pour le choix des joints	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Changer la méthode de séparation.</li> <li>▪ Classer les joints au niveau de P2 selon l'utilisation des postes d'insertion.</li> </ul>

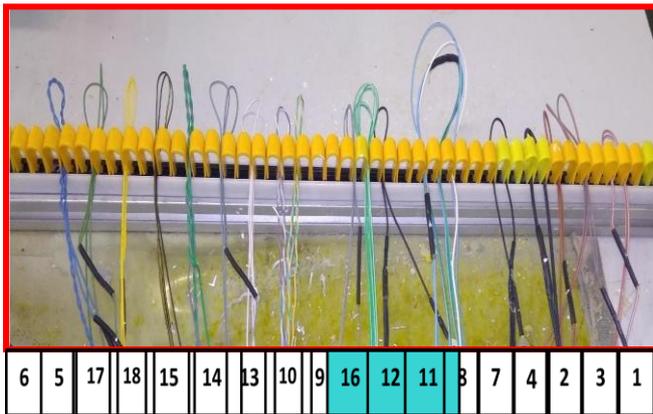


Figure 38: Classement des joints au niveau de P2 **avant** le changement

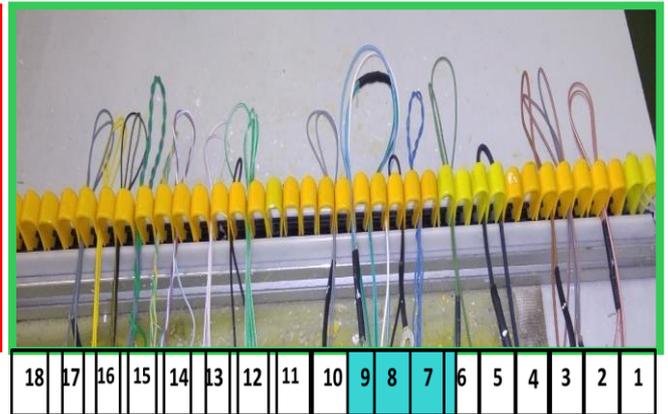


Figure 37: Classement des joints au niveau de P2 **après** le changement

### 1.3.5 Résolution du problème d'inverse des fils :

D'après le chapitre précédent, le problème des inversions des fils se manifeste au niveau du poste2. Donc pour résoudre ce problème nous devons changer l'emplacement du twist du poste2 dans un PN vers un autre poste.

Pour la résolution de ce problème nous proposons les actions présentées dans le tableau suivant :

Problème	Numéro	Action	Statut
<b>Inversion des fils</b>	15	Observer les postes d'insertion dans les deux PN	OK
	16	Prendre note des actions effectuées par les opérateurs des postes	OK
	17	Effectuer des combinaisons de changement entre les postes	OK
	18	Valider par chronométrage	OK
	19	Confirmer le changement avec la production et la qualité	OK
	20	Communiquer le changement à l'ingénierie	OK
	21	Actualiser des schémas	OK

Tableau 26 : Plan d'action pour les inversions des fils

Après l'observation des postes nous avons remarqué que nous pouvons changer le twist dans JPLA du poste2 vers le poste4.

### 1.3.6 Résolution du problème des connecteurs similaires :

Nous avons constaté dans la phase d'analyse que la cause principale du problème des inverses des connecteurs est la présence des deux connecteurs similaires dans le même poste.

Problème	Solution
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Câble erroné.</li> <li>- Temps additionnel (Temps de réparation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Changer le connecteur 7287-5014-30 du poste2 vers le poste3.</li> </ul>

Pour la résolution de ce problème nous proposons les actions présentées dans le tableau suivant :

Problème	Numéro	Action	Statut
<b>Connecteurs Similaires</b>	22	Observer les postes 2 et 3 d'insertion	OK
	23	Prendre note des actions effectuées par les opérateurs des deux postes	OK
	24	Effectuer des combinaisons de changement entre les deux postes	OK
	25	Valider par chronométrage	OK
	26	Confirmer le changement avec la production	OK
	27	Communiquer le changement à l'ingénierie	OK
	28	Actualiser des schémas	OK

Tableau 27: Plan d'action pour les connecteurs similaires

### 1.3.7 Retour des macdos :

Comme nous avons déjà vu dans le chapitre III, le manque du retour des macdos cause une Muda de déplacement et par la suite une perte de temps.

Pour gagner le temps perdu à chaque retour des macdos, nous nous sommes intéressées dans le cadre de ce projet, à mettre en évidence un retour automatique qui peut assurer, d'une façon automatisée, la transportation des macdos au-dessous des postes d'insertion.

Sachant que la longueur du SPS est égale à 16m, il est nécessaire d'avoir un convoyeur automatique pour transporter les macdos du poste 7 vers le poste 1.

Un plan d'action détaillé est présenté dans le tableau suivant :

Problème	Numéro	Action	Statut
<b>Manque retour Macdos</b>	29	Prendre les dimensions de l'espace disponible.	OK
	30	Proposition d'un design.	OK
	31	Analyse fonctionnelle.	OK
	32	Dimensionnement du convoyeur.	OK
	33	Dessin sur CATIA V20.	OK
	34	Faire le calcul nécessaire	OK
	35	Envoyer le cahier de charges à la finance	OK
	36	Attente la validation du budget	
	37	Achat et installation du convoyeur	

Tableau 28 : Plan d'action du retour Macdo

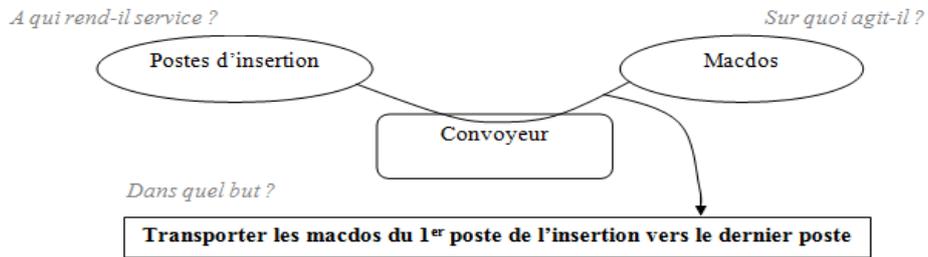
#### 1.3.7.1 Etude d'un convoyeur :

##### Analyse fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins de son utilisateur.

**Bête à corne :**

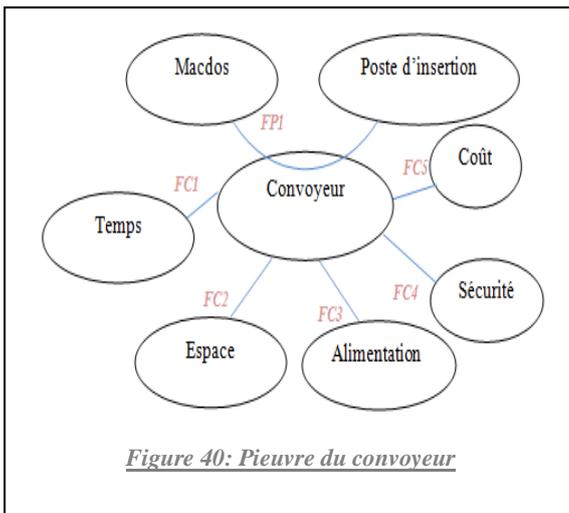
La figure suivante représente le diagramme bête à corne du convoyeur :



*Figure 39: Bête à corne du convoyeur*

**Diagramme pieuvre :**

La figure suivante représente le diagramme pieuvre du convoyeur :



*Figure 40: Pieuvre du convoyeur*

Fonction	Désignation
FP1	Transporter les macdos dans les postes d'insertion.
FC1	Gagner le temps perdu à chaque retour des macdos
FC2	Respecter l'espace disponible
FC3	Etre alimenter en énergie électrique
FC4	Prendre en compte la sécurité des opérateurs
FC5	Investir avec le minimum de coût

**Description du système :**

Un convoyeur est un mécanisme ou une machine qui permet le transport d'une charge ou d'un produit d'un point A à un point B. Dans notre cas le convoyeur va transporter les macdos du poste7 vers le poste1.

Nous allons décomposer les postes d'insertion en deux parties. Dans la première partie nous allons utiliser un convoyeur gravitaire à rouleaux pour assurer la sécurité de l'opératrice, et dans la deuxième partie nous allons utiliser un convoyeur à chaîne électrique en raison de la longueur de la distance.

L'opératrice du poste7 pousse le Macdo dans le premier convoyeur qui descend naturellement grâce à la force de gravité jusqu'au début du deuxième convoyeur.

Lorsque le Macdo arrive à la fin du convoyeur gravitaire, il passe au convoyeur électrique qui tourne à une vitesse bien déterminée grâce à un moteur électrique lié au premier engrenage

qui est à son tour fait tourner les chaînes à l'aide d'un deuxième engrenage qui se trouve à l'autre extrémité.

Nous proposons le modèle suivant dessiné par le logiciel CATIA V20 ( voir annexe 6):

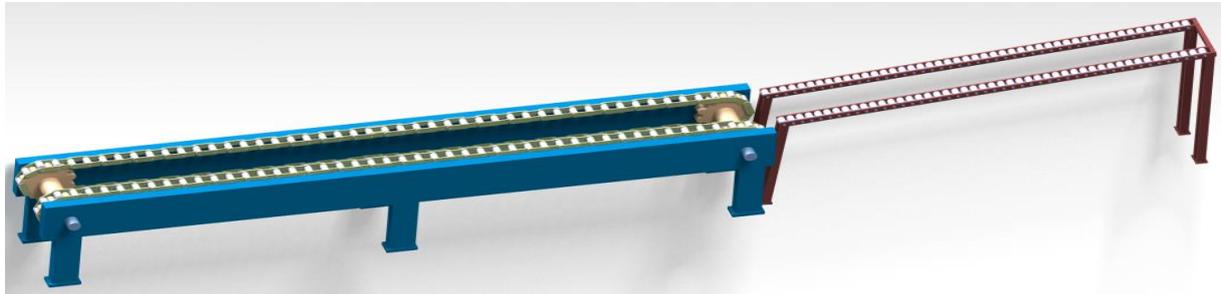


Figure 41 : Convoyeur sur CATIA

Calcul et dimensionnement :

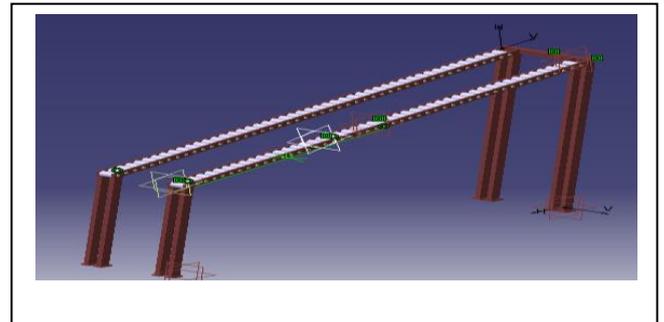
▪ Les dimensions:

Espace :

	Dimension
Longueur	1600cm
Hauteur	86cm
Epaisseur	50cm

Convoyeur gravitaire :

Pièce	Dimension
Longueur de la barre	200cm
Epaisseur de la barre	0.5cm
Diamètre de la roue	3cm
Epaisseur de la roue	2.4cm
Epaisseur de la vis	0.5cm
Angle d'inclinaison	$\text{Tan}^{-1}(20/200)=5.71^\circ$



Convoyeur à chaîne

Pièce	Dimension
Nombre de dent	à calculer
Epaisseur engrenage	2.5cm
Longueur entre engrenage	12cm
Diamètre de la roue	3cm
Epaisseur de la roue	2.4cm
Longueur de la pièce de fixation	4,6cm
Longueur de la chaîne	1400cm

▪ Détermination des caractéristiques du convoyeur[3]:

1- Nombre de dents des roues menée et menant:

Pour calculer le nombre des dents des roues, on utilise la relation :

Avec : P : Pas de la chaîne (P = 36 mm).

D : Diamètre primitif de la roue (d1 = 100 mm).

$$d = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{Z}\right)}$$

Z : Nombre de dents

$$\text{Donc : } Z = \frac{\pi}{\sin^{-1}\left(\frac{P}{d}\right)} = \frac{\pi}{\sin^{-1}\left(\frac{36}{100}\right)} = 8.91 \sim 9 \Rightarrow \boxed{Z = 9}$$

### 2- Calcul de la longueur de la chaîne du convoyeur :

La longueur de la courroie du convoyeur est égale à :

$$L = 2A + \frac{\pi}{2} * (d_1 + d_2) + \frac{d_2 - d_1}{4A}$$

Avec A : entraxe = 14000mm

d1 et d2 : diamètres des poulies menant et menée = 100 mm

$$\text{Donc : } L = 2 \times 14000 + 3.14/2 \times (100 + 100) = \mathbf{28314 \text{ mm.}}$$

### 3- Calcul de la vitesse linéaire du convoyeur :

Pour le calcul de la vitesse linéaire du convoyeur nous utilisons comme temps de déplacement le plus petit TT.

$$V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{14}{181} = \mathbf{0.077 \text{ m/s}}$$

**REMARQUE :** Ces calculs ont été faits sur la base du dessin CATIA.

## 1.4 Réalisation du plan d'action :

Dans ce qui précède, nous avons proposé un plan d'action détaillé pour chaque amélioration dans la ligne AJ133, sauf que la durée de réalisation et d'implémentation varie d'une action à l'autre. Des actions d'amélioration ont été parfaitement appliquées, et d'autres sont en cours de réalisation.

Nous résumons l'état d'avancement de l'application de notre plan d'action de la ligne AJ133 dans le tableau suivant :

	Actions réalisés	Actions en cours
Nombre d'action	35	2
Pourcentage	95%	5%

*Tableau 29 : Réalisation du plan d'action*

Nous remarquons que deux actions qui ne sont pas encore appliquées (Achat et installation du convoyeur) en cours.

## 1.5 Proposition d'un audit :

Pour le suivi des améliorations proposées et la vérification de la bonne méthodologie de travail, nous avons proposé une check-list (présentée dans l'annexe 7) qui résume l'état de la ligne et les problèmes rencontrés.

A chaque audit, si nous trouvons l'un des problèmes présentés dans la check-list, il faut cocher la case à côté, si nous arrivons à la case rouge alors il faut réagir.

## 2 Contrôler :

La mise en œuvre de notre plan d'action a été suivie par la dernière étape de notre projet qui représente la dernière phase de la démarche DMAIC : « Contrôler ».

La présente phase consiste d'une part, à contrôler les indicateurs de performance après les améliorations et d'autre part à chiffrer les gains liés à l'application des améliorations proposées.

### 2.1 Contrôle des améliorations proposées et estimation des gains :

#### 2.1.1 Ajout d'un poste d'enrubannage et équilibrage des postes :

Après la mise en place du plan d'action présenté précédemment pour l'équilibrage des postes et l'ajout d'un poste d'enrubannage, nous avons refait le chronométrage et nous l'avons présenté dans le Yamazumi.

*Pour le câble JPLA :*

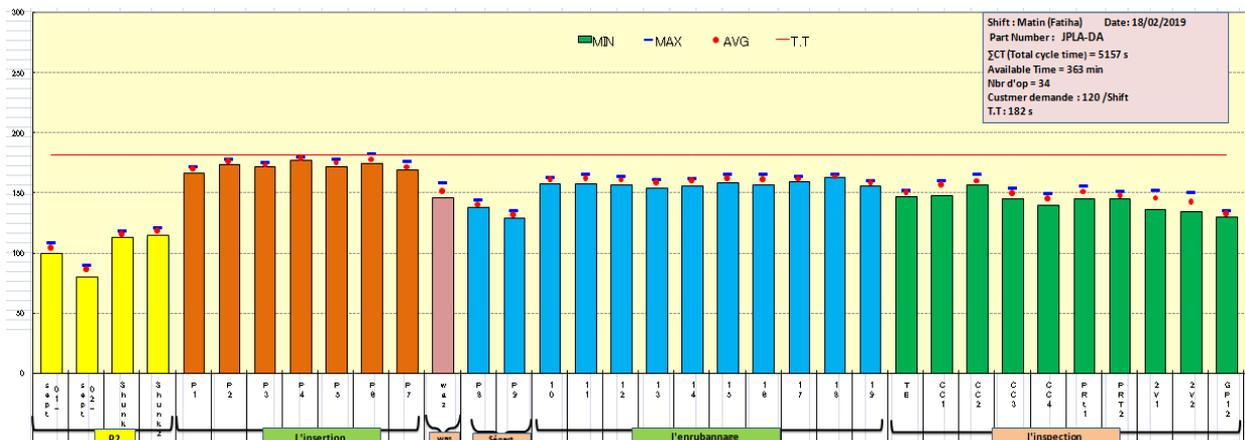


Figure 42: YAMAZUMI du JPLA après l'équilibrage

*Pour le câble KK83 :*

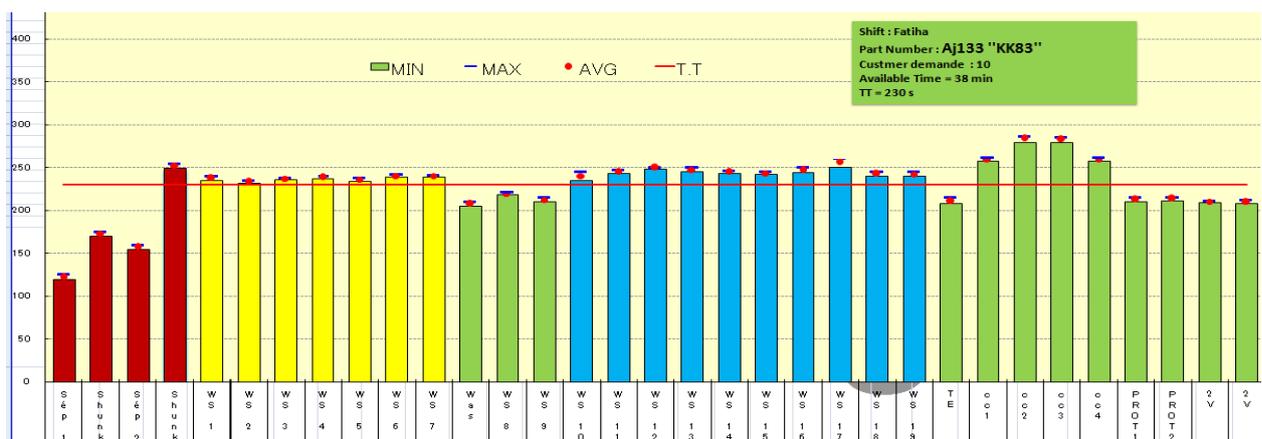
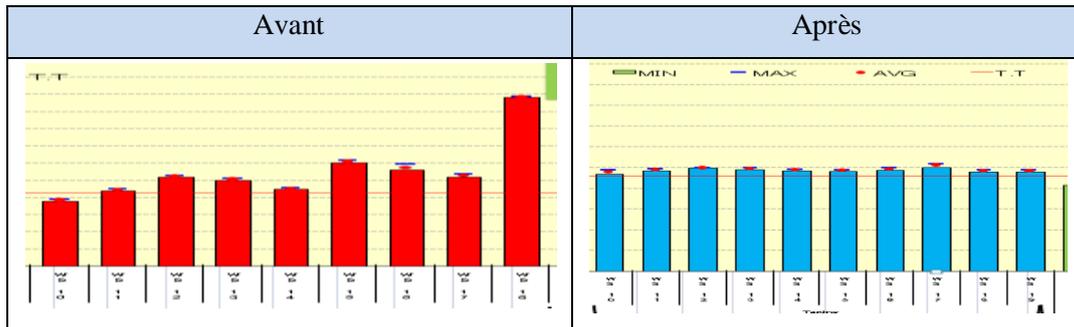


Figure 43 : YAMAZUMI après l'équilibrage et l'ajout d'un poste d'enrubannage

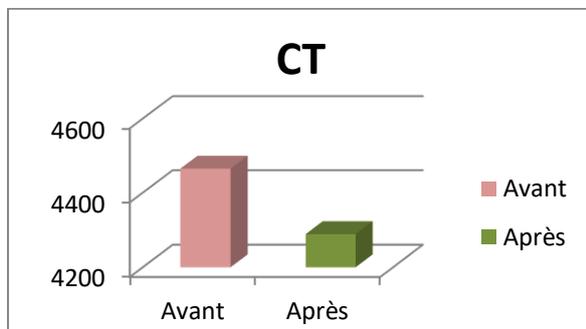
D'après les Yamazumi nous remarquons :

⇒ Un bon équilibrage des charges entre les postes et ils sont proches du TT.

⇒ L'ajout d'un poste d'enrubannage nous a permis d'éliminer la surcharge du poste 18 dans le câble KK83.



L'équilibrage des postes nous a permis de minimiser le temps de cycle et par la suite augmenter la productivité et l'out-put.



	Temps de cycle
Avant	4465
Après	4289

Tableau 30: CT avant et après amélioration

Figure 44: diagramme CT avant et après amélioration

### 2.1.2 Contrôle après la séparation des joints :

Comme nous l'avons indiqué dans la phase précédente, cette amélioration nous a permis de gagner 90s/unit.

Sachant que la quantité produite est égal à 135câbles/shift, nous calculons le gain annuel de cette amélioration par la relation suivante :

$$\text{Gain annuel} = \left[ \frac{\text{temps gagné par unité} \times \text{nombre d'unité produite}}{3600} \times \text{jours de travail par an} \times \text{taux de travail} \right] - \text{investissement total}$$

$$= \frac{90 \times 135}{3600} \times 276 \times 2.3 = \mathbf{2142.45 \text{ €}}$$

### 2.1.3 Contrôle après la séparation des connecteurs :

Après la séparation des connecteurs similaires nous avons gagné 1440s (temps de réparation), et pour calculer le gain annuel de cette amélioration nous utilisons la relation suivante :

$$\text{Gain annuel} = \left[ \frac{\text{temps de réparation avant} - \text{temps de réparation après}}{3600} \times \text{jours de travail par an} \times \text{taux de travail} \right] - \text{investissement total}$$

$$= \frac{1440 - 0}{3600} \times 276 \times 2.3 = \mathbf{254 \text{ €}}$$

### 2.1.4 Contrôle des inversions des fils :

Sachant que le temps gagné après l'application du changement est 1630s (temps de réparation), nous calculons le gain annuel par la relation suivante :

$$\text{Gain annuel} = \left[ \frac{\text{temps de réparation avant} - \text{temps de réparation après}}{3600} \times \text{jours de travail par an} \times \text{taux de travail} \right] - \text{investissement total}$$

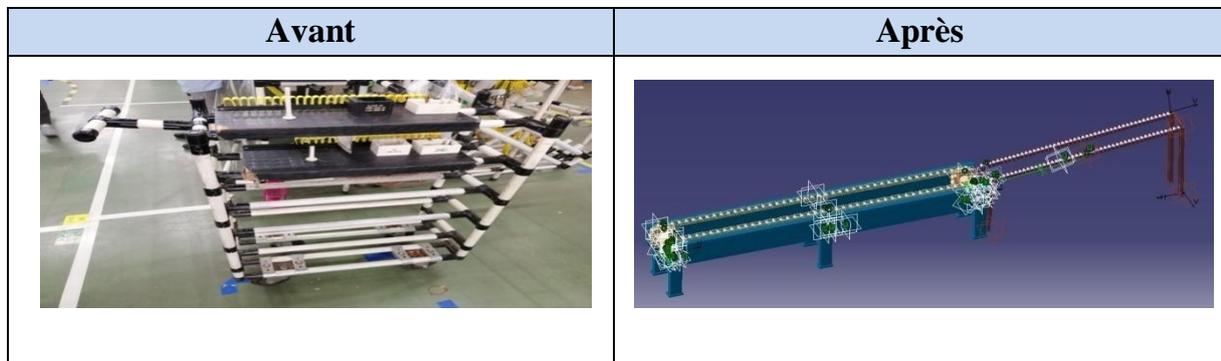
$$= \frac{1630 - 0}{3600} \times 276 \times 2.3 = \mathbf{287,42 \text{ €}}$$

### 2.1.5 Retour des macdos :

Les améliorations proposées sont décomposées en deux parties, les améliorations qui ne nécessitent pas un grand budget et qui s'appliquent immédiatement et les améliorations qui doivent passer par plusieurs étapes avant de les mettre en place.

L'amélioration proposée pour le retour des macdos est une amélioration à long terme et qui nécessite un grand budget ce qui implique qu'il faut envoyer le cahier de charges présenté précédemment au finance pour l'étudier et communiquer avec le fournisseur.

La mise en place de cette amélioration prend du temps, et malheureusement la période de stage n'est pas suffisante.

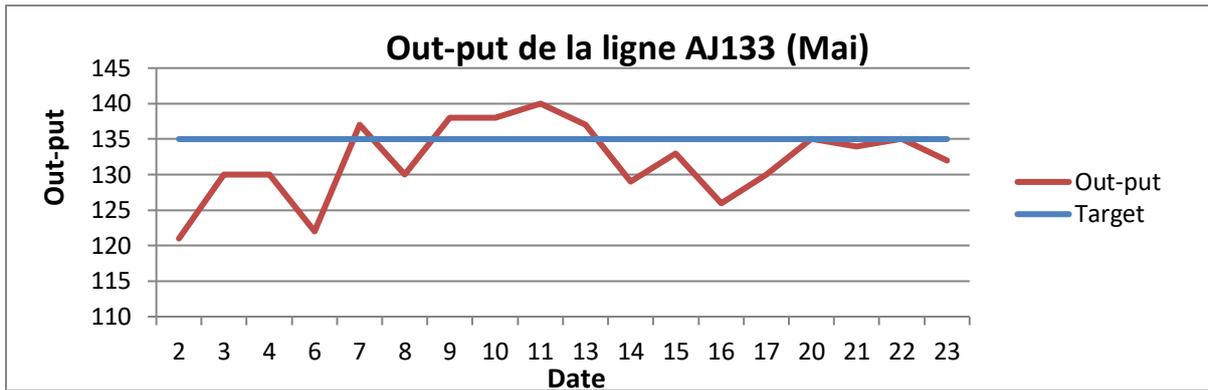


*Tableau 31: Solution retour Macdo*

## 2.2 Gain en termes de la quantité produite (Out-put) :

Après l'application des améliorations proposées dans la partie innover, nous avons refait la mesure de l'out-put de la ligne pendant le mois de Mai :

date	2	3	4	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	20	21	22	23
out-put	121	130	130	122	137	130	138	138	140	137	129	133	126	130	135	134	135	132
Target	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135



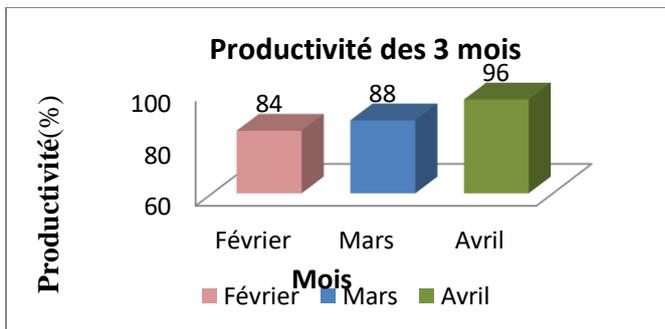
*Figure 45: Out-put du mois de Mai*

D’après le graphe nous remarquons que :

- La quantité produite a augmenté par rapport au mois de Mars (résultats présentés dans la phase d’analyse).
- L’Out-put dépasse parfois l’objectif, contrairement à ce qui est obtenu au mois de Mars).

### 2.3 Gain en termes de productivité :

Nous présentons la productivité des 3 mois dans la figure suivante :



*Figure 46: productivité des 3 mois.*

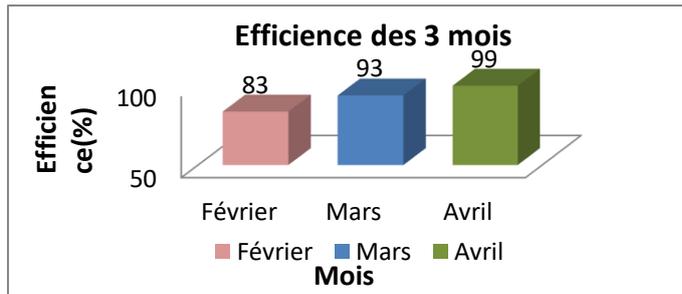
Mois	Février	Mars	Avril
Productivité(%)	84	88	96

*Tableau 32: Tableau de la productivité des 3 mois*

Après les améliorations appliquées sur la ligne AJ133, nous avons pu augmenter la productivité durant ces trois mois de **14,3%**.

### 2.4 Gain en termes de l’efficience :

Nous présentons dans la figure suivante l’efficience des trois mois :



Mois	Février	Mars	Avril
Efficience(%)	83	93	99

Tableau 33: Tableau de l'efficience des 3mois

Figure 47: Efficience des 3mois

Nous remarquons d'après le graphe ci-dessus que l'efficience a augmenté de **19,3%** durant les 3 mois, mais elle n'atteint pas l'objectif.

## 2.5 Synthèse :

L'application du plan d'action nous a permis d'améliorer plusieurs indicateurs. On présente ci-après un tableau comparatif avant et après application du plan d'action.

	AJ133				
	Avant	Après	Gain	Objectif	Différence
<b>Out-put</b>	121	131	$10/121=8,3\%$	135	4
<b>Productivité(%)</b>	84	96	$12/84=14,3\%$	103	7
<b>Efficience(%)</b>	83	99	$16/83=19,3\%$	107	8
<b>Temps de cycle (s)</b>	4465	4289	$176/4465=4\%$	---	---

Tableau 34: synthèse avant et après l'application du plan d'action.

- ⇒ Nous remarquons que la productivité, l'efficience et l'out-put ont augmenté, même s'ils n'atteignent pas l'objectif (parce que nous avons une autre amélioration qui n'est pas encore appliquée).
- ⇒ Nous avons pu diminuer le temps de cycle ce qui implique que nous avons gagné un temps de production.

## Conclusion :

Nous avons commencé ce chapitre par un plan d'action général, avant de le détailler. Nous avons proposé des améliorations pour l'augmentation de la productivité, l'efficience et la quantité de câble (Out-put).

Ensuite, nous avons chiffré les gains apportés par chaque action réalisée, nous avons pu gagner 2683,87 euro et augmenté les la productivité de 14,3% et l'efficience de 19,3%.

### Conclusion générale :

Ce travail a été effectué au sein de la multinationale japonaise YAZAKI Kénitra spécialisée dans le câblage automobile.

Ce travail s'inscrit dans le but d'augmenter la productivité, l'efficacité et l'output de la ligne AJ133 du projet PWT afin d'atteindre la demande client fixée à 135 câbles/shift.

Nous avons réalisé un état de lieu détaillé de la ligne, à travers le calcul des indicateurs de performances actuels, et un chronométrage de chaque poste présenté dans un Yamazumi.

Dans la phase suivante, nous avons analysé des temps de cycle de chaque poste de travail afin de déceler les postes goulots qui causent des retards de production, et en se basant sur l'historique des arrêts du mois de Mars, nous avons déterminé à l'aide de la matrice de criticité et le diagramme Pareto que les causes d'arrêts les plus critiques sont le retard des postes, le manque retour des Macdos, les inversions des fils, les connecteurs similaires et la mauvaise séparation des joints.

Finalement, nous avons proposé et nous avons réussi à mettre en place la majorité des actions du plan d'action afin d'améliorer l'output, la productivité, et l'efficacité de la ligne AJ133.

Et par conséquent, nous avons pu équilibrer les postes et améliorer la productivité de 14.3%, l'efficacité de 19,3% et augmenter l'output de 121 à 132 câbles/shift.

## Références

[1] <https://www.les-grandes-techniques-de-vente.fr/methode-qgoqcp-exemple-definition/>

[2] <https://www.nutcache.com/fr/blog/methode-dmaic/>

[3] 2012-11-29-catalogue-CONVOYEUR

Documentation YAZAKI Kénitra

# Annexe

## Annexe 1 : Etude capacitaire

JPLA12B637DA												
Process	P1	P2	OPF	Insertion	Layouting	Taping + Wasarumbo	ET	CC	Prot	2V	Packing	Total P3 Process
Total brut MH (min)	6,5007	8,9421	9,5352	22,2762	7,5617	45,7007	3,9616	7,0982	2,2133	4,2166	0,705	103,2686
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1409			
Total MH (min)	6,5007	8,9421	9,5352	22,2762	7,5617	45,7007	3,9616	7,0982	4,3542	4,2166	0,705	105,4095
MH pondéré	5,778	7,949	8,476	19,801	6,722	40,623	3,521	6,310	3,870	3,748	0,627	93,697

*Tableau 1 : Etude capacitaire du câble JPLA*

KK8312C508AD												
Process	P1	P2	OPF	Insertion	Layouting	Taping + Wasarumbo	ET	CC	Prot	2V	Packing	Total P3 Process
Total brut MH (min)	8,049	12,360	14,722	27,733	9,994	55,901	4,602	11,663	3,032	5,300	0,836	133,784
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1409	0	0	
Total MH (min)	8,049	12,360	14,722	27,733	9,994	55,901	4,602	11,663	5,173	5,300	0,836	135,925
MH pondéré	0,596	0,916	1,091	2,054	0,740	4,141	0,341	0,864	0,383	0,393	0,062	10,069

*Tableau 2 : Etude capacitaire du câble KK83*

KX5312C508AB												
Process	P1	P2	OPF	Insertion	Layouting	Taping + Wasarumbo	ET	CC	Prot	2V	Packing	Total P3 Process
Total brut MH (min)	7,826	11,837	15,424	26,646	9,287	49,658	4,390	10,676	3,730	4,481	0,805	125,096
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1409	0	0	
Total MH (min)	7,826	11,837	15,424	26,646	9,287	49,658	4,390	10,676	5,871	4,481	0,805	127,237
MH pondéré	0,290	0,438	0,571	0,987	0,344	1,839	0,163	0,395	0,217	0,166	0,030	4,712

*Tableau 3 : Etude capacitaire du câble KX53*

AJ133														
Process	P1	P2	OPF	Poly	Insertion	Layouting	Taping + Wasarumbo	ET	CC	Prot	2V	Packing	Total P3 Process	Productivité
Total MH pondéré	6,664	9,303	10,138		22,842	7,806	46,603	4,025	7,569	4,471	4,307	0,719	98,341	93%
Opérateurs	2,298	3,208	3,496		7,089	2,202	13,148	1,470	2,610	1,542	1,485	0,248	33,289	
			4	1	8		14	1	4	2		2	31	
Operateur Actuel			4		7	2	10	1	4	2		2	28	

Tableau 4 : Etude capacitaire de la ligne AJ133

KX5312C508A	AJ133-KX	5	4%
KK8312C508A	AJ133-KK	10	7%
JPLA12B637D	L405	120	89%
		135	

Out-put/shift	135
T.T	3,22
Productivité P1/P2/Inspection	90%
Productivité TE	85%
Productivité SPS	100%
Productivité convoyeur	110%

Nbr. opérateur =  
MH/TT/Productivité

## Annexe 2 : Chronométrage(en seconds) :

### - Câble JPLA :

	P2				Insertion								Ws	layout		Enrubannage										Inspection							
	Sep1	Sep2	Shunk1	Shunk2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P9		P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	TE	CC1	CC2	CC3	CC4	Prot1	Prot2	2V1	2V2	
<b>Take1</b>	100	80	113	121	167	176	173	179	177	178	169	158	140	130	168	150	152	152	166	182	163	170	155	150	148	165	154	140	156	145	136	150	
<b>Take2</b>	101	85	114	115	170	174	174	178	178	175	174	146	141	135	170	153	158	160	163	183	171	171	151	151	160	162	147	145	145	146	152	140	
<b>Take3</b>	105	87	116	117	171	178	175	180	174	180	176	151	138	131	171	155	156	157	164	178	172	167	154	149	157	158	149	150	150	150	145		
<b>Take4</b>	105	90	118	118	172	175	174	177	172	176	171	152	140	129	174	152	157	153	166	174	169	168	155	152	157	160	150	151	151	151	147	135	
<b>Take5</b>	108	88	115	120	169	177	172	178	177	182	170	147	144	131	171	150	155	155	165	180	171	175	149	147	159	157	145	155	155	145	141		
<b>MIN</b>	100	80	1133	115	187	174	272	177	172	175	189	146	138	129	188	150	152	152	163	174	163	167	149	147	148	157	145	140	145	145	136	135	
<b>MAX</b>	108	90	118	121	172	178	175	180	178	182	176	158	144	136	174	155	158	160	166	183	172	175	155	152	160	165	154	156	156	155	152	150	
<b>Moyenne</b>	104	86	115	118	170	176	174	178	176	178	172	151	141	131	171	152	156	155	165	179	169	170	153	150	156	160	149	145	151	147	148	142	

*Tableau 5 : Chronométrage du câble JPLA*

- Câble KK83 :

	P2				Insertion								Ws	layout		Enrubannage										Inspection							
	Sep 1	Sep 2	Shu nk1	Shu nk2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P9		P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	TE	CC 1	CC 2	CC 3	CC 4	Prot 1	Prot 2	2V 1	2V 2	
<b>Ta ke 1</b>	120	170	155	254	220	220	222	225	219	220	219	210	210	218	218	193	220	262	254	224	308	298	268	492	229	260	240	242	210	203	201	203	
<b>Ta ke 2</b>	122	174	158	250	219	217	220	224	222	218	221	215	205	216	217	190	225	260	250	228	305	282	265	494	222	255	230	245	208	206	203	201	
<b>Ta ke 3</b>	125	175	159	253	220	217	221	225	219	221	219	212	208	217	218	195	223	264	256	225	301	280	260	493	230	255	232	248	208	204	209	203	
<b>Ta ke 4</b>	121	177	158	251	221	217	223	226	219	221	219	213	209	216	218	194	224	261	257	227	306	288	265	492	226	256	233	246	206	205	202	202	
<b>Ta ke 5</b>	123	176	156	253	219	219	220	224	212	219	221	211	207	218	217	192	222	263	259	225	304	286	263	494	228	258	235	243	209	202	203	201	
<b>M IN</b>	120	170	155	250	219	217	220	224	212	218	219	210	205	216	217	190	220	260	250	224	301	280	260	492	222	255	230	242	206	202	201	201	
<b>M A X</b>	125	177	159	254	221	220	223	226	222	221	221	215	210	218	195	225	264	259	228	308	298	268	494	230	260	240	248	210	206	209	203		
<b>M oy en ne</b>	122	174	157	252	220	218	221	225	218	220	220	212	208	217	218	193	223	262	255	226	305	287	264	493	227	257	234	245	208	204	204	202	

Tableau 6 : Chronométrage du câble KK83

### Annexe 3 : Historique des arrêts :

Date	Poste	De	A	Durée	Code	Cause
07/03/2019	P5	10h03	10h07	0 h04	R	Retard poste4 (SPS)
07/03/2019	P1	11h07	11h11	0 h04	M	Retour des macdos
07/03/2019	-	11h34	11h40	0 h06	J	Problème de séparation des joints
07/03/2019	P2	12h02	12h10	0 h08	S	Connecteurs similaires
08/03/2019	T.E	9h10	9h15	0 h05	R	Retard poste18 (enrubannage)
08/03/2019	T.E	11h30	11h33	0 h03	E	Panne test électrique
08/03/2019	P11	12h08	12h12	0 h04	R	Retard poste P10
12/03/2019	P1	15h30	15h33	0 h03	D	Décalage dans l'insertion des fils
12/03/2019	P11	16h15	16h19	0 h04	M	Retour des macdos
12/03/2019	T.E	16h30	16h36	0 h06	R	Retard poste18 (enrubannage)
15/03/2019	P1	14h15	14h17	0 h02	N	Manque connecteur
15/03/2019	-	16h01	16h08	0 h07	J	Problème de séparation des joints
15/03/2019	CC	17h00	17h03	0 h03	C	Manque clip
18/03/2019	P2	10h03	10h08	0 h05	I	Inversion des fils
18/03/2019	-	14h53	15h00	0 h07	T	Retard transport
19/03/2019	P6	15h39	15h41	0 h02	N	Manque connecteur
19/03/2019	P1	16h52	16h57	0 h05	M	Retour des macdos
19/03/2019	P2	17h04	17h11	0 h07	S	Connecteurs similaires
19/03/2019	-	17h14	17h20	0 h06	J	Problème de séparation des joints
21/03/2019	P4	14h30	14h35	0 h05	F	Manque fils
21/03/2019	P4	15h26	15h31	0 h05	R	Retard poste3 (SPS)

21/03/2019	P5	15h52	15h58	0 h06	R	Retard poste4 (SPS)
21/03/2019	P1	16h04	16h08	0 h04	M	Retour des macdos
22/03/2019	P3	16h14	16h17	0 h03	N	Manque connecteur
22/03/2019	P16	16h20	16h26	0 h06	R	Retard poste15 (enrubannage)
22/03/2019	T.E	16h23	16h29	0 h06	R	Retard poste18
25/03/2019	T.E	9h06	9h09	0 h03	RDC	Retard détection des connecteurs
25/03/2019	P10	9h52	9h54	0 h02	A	Manque côte (problème SPS)
25/03/2019	P12	10h23	10h27	0 h04	M	Retour des macdos
25/03/2019	P2	11h52	11h58	0 h06	S	Connecteurs similaires
26/03/2019	CC	9h03	9h05	0 h02	C	Manque clip
26/03/2019	-	17h14	17h19	0 h05	J	Problème de séparation des joints
27/03/2019	T.E	10h07	10h09	0 h02	E	Panne test électrique
27/03/2019	P5	12h06	12h10	0 h04	I	Inversion des fils
28/03/2019	P1	11h03	11h08	0 h05	M	Retour des macdos
29/03/2019	P2	8h34	8h35	0 h01	F	Manque fils
29/03/2019	P4	11h14	11h21	0 h07	S	Connecteur similaire
<b>Totale</b>				<b>2h47min</b>		

*Tableau 7 : Historique des arrêts de la ligne AJ133 du mois de Mars*

## Annexe 4 : Changement SPS

### Câble KK83 :

**Poste 1 :** Déplacer les deux twist (S003262351 /S003262350 ) de poste 02 vers poste 01 .

**Poste 5 :** Déplacer les insertions suivantes du poste 4 vers le poste 05

POSTE AJ 133	N°COMP	Number kanban	DESCRIPTION	CIR_A	ESPÉCIE	SECCÃO	COR	CON_A	CAVITE,A	CON_B	CAVITE,B	N° JOINT	MULTIP	CABO / TW	PERTENCE	KK8312C508A*
4	18	S000483599	JOINT,SIMPLE	CBB16N	A39YA	1	L/G	20	3	0	0	11	0	0	1	1
4	17	S000483599	JOINT,SIMPLE	CBB37T	A39YA	1	W	24	3	0	0	11	0	0	1	1
4	16	S000483599	JOINT,SIMPLE	CBB16K	A39YA	1	L/G	32	3	0	0	11	0	0	1	1
4	15	S000483599	JOINT,SIMPLE	CBB16I	A39YA	1	L/G	35	3	0	0	11	0	0	1	1

*Figure 1 : Changement au niveau du poste 5*

**Poste 6 :** Déplacer le twist (S003262356) du poste 05 vers poste 06.

**Poste 7 :** Déplacer le twist (S003262352 )du poste 05 vers poste 07.

· Déplacer l'insertion ci-dessous du poste 6 vers le poste 07.

Old poste	N°COMP	Number kanban	DESCRIPTION	CIR_A	ESPÉCIE	SECCÃO	COR	CON_A	CAVITE,A	CON_B	CAVITE,B	N° JOINT	MULTIP	CABO / TW	PERTENCE	KK8312C508A*
6	109	S003273615	F,SIMPLE	LE804P	A39YA	0.5	L/GY	0	0	6	20	0	0	0	1	1

*Figure 2 : Changement au niveau du poste 7*

### Câble JPLA :

**Poste 1 :** Déplacer l'insertion des twistes S000584492 / S000584486 du poste 01 vers poste 03 au con 8

POSTE	N° COMP	DESCRIPTION	SN	ADDRESS	CIR_A	ESPÉCIE	SECCÃO	COR	CON_A	CAVITY ,A	CON_B	CAVITY,B	N° JOINT	CABO / TW	PERTENCE	JPLA-12B637-B*	New poste
1	64	TWIST SIMPLE	S000584486		CE520C	ACW-25T	1	G/L	0	0	8	87	0	13	1	1	
1	117	TWIST SIMPLE	S000584486		RE520C	ACW-25T	1	W/BR	0	0	8	88	0	13	1	1	
1	63	TWIST SIMPLE	S000584492		CE515C	ACW-25T	1	Y/GY	0	0	8	85	0	12	1	1	
1	116	TWIST SIMPLE	S000584492		RE515C	ACW-25T	1	GY/O	0	0	8	86	0	12	1	1	

*Figure 3 : Changement au niveau du poste 1*

**Poste 4 :** Déplacer l'insertion des fils simples S000520619 /S00052583 du poste 04 vers poste 06 au con 7

poste	N° COMP	DESCRIPTION	SN	address	CIR_A	ESPÉCIE	SECÇÃO	COR	CON_A	CAVITY ,A	CON_B	CAVITY,B	N° JOINT	CABO / TW	PERTECE	JPLA-12B637-B*D*	New poste
4	38	F,SIMPLE	S000520583		CE233C	A39YA	1	W/O	7	22	0	0	0	0	1	1	
4	67	F,SIMPLE	S000520619		CR167C	A39YA	0.5	BR/Y	7	24	0	0	0	0	1	1	P6

Figure 4 : Changement au niveau du poste 4

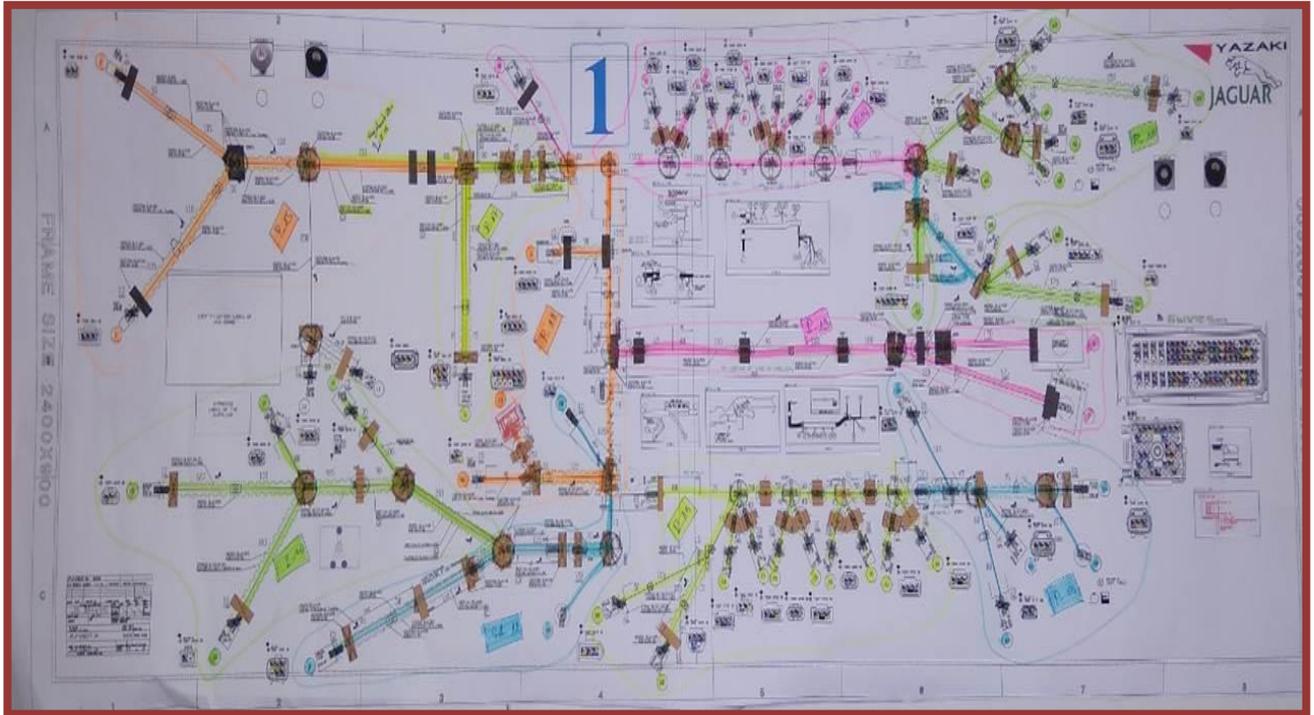
Poste 5 : Déplacer l'insertion des fils simples du poste 05 vers poste 07 au con 8

poste	N° COMP	DESCRIPTION	SN	address	CIR_A	ESPÉCIE	SECÇÃO	COR	CON_A	CAVITY ,A	CON_B	CAVITY,B	N° JOINT	CABO / TW	PERTECE	JPLA-12B637-B*D*	New poste
5	113	F,SIMPLE	S002681054		RE804C	A39YA	0.5	GY/L	0	0	8	63	0	0	1	1	
5	146	F,SIMPLE	S000743093		VE805C	A39YA	0.5	GY/O	0	0	8	17	0	0	1	1	
5	87	F,SIMPLE	S000565979		LE804C	A39YA	0.5	L/W	0	0	8	20	0	0	1	1	
5	149	F,SIMPLE	S000565987		VE804C	A39YA	0.5	Y/G	0	0	8	82	0	0	1	1	P7

Figure 5: Changement au niveau du poste 5

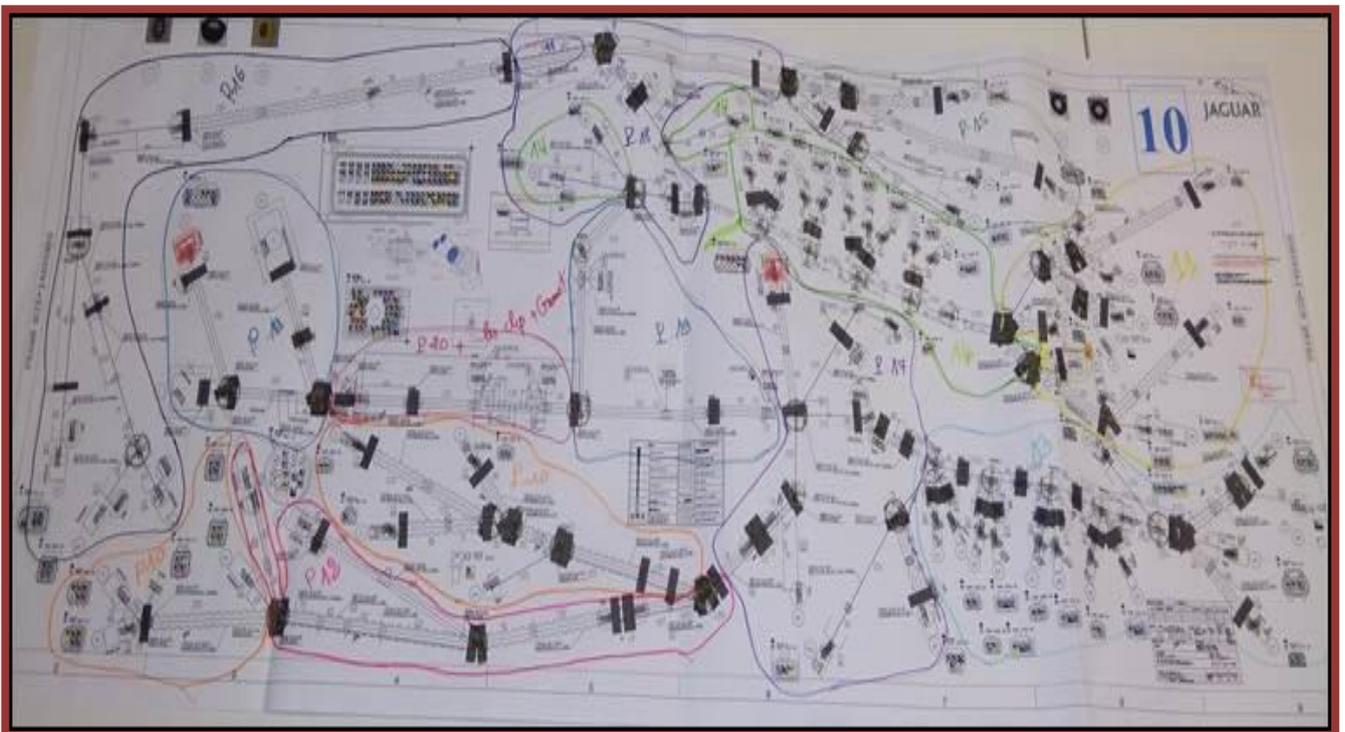
**Annexe 5 : Découpage des postes d'enrubannage**

**Câble JPLA :**



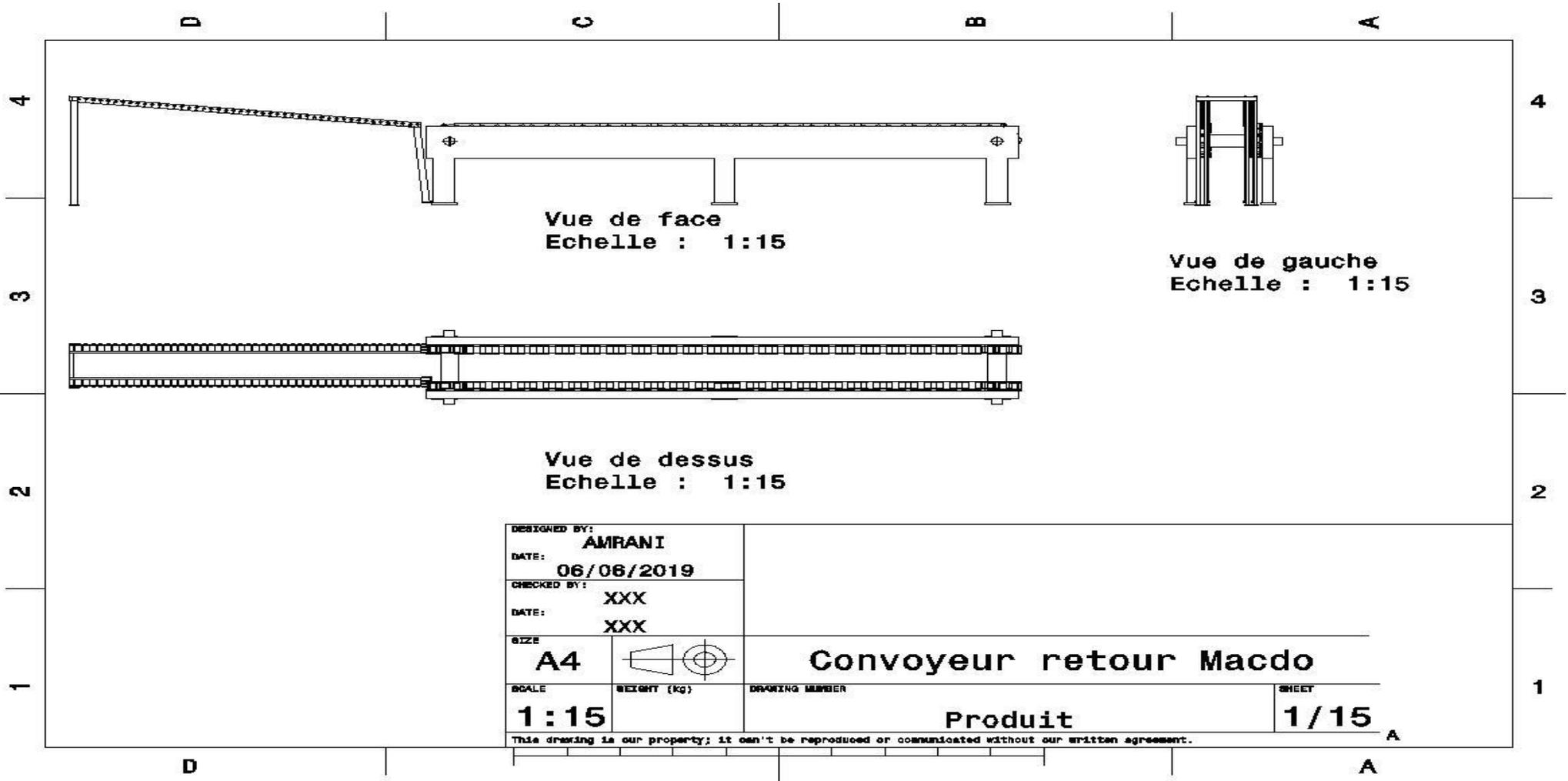
*Figure 6: Découpage du câble JPLA*

**Câble KK83 :**



*Figure 7: Découpage du câble KK83*

**Annexe 6 : Drawing convoyeur**



## Annexe 7 : CHECK-LIST

 <b>CHECK-LIST</b>							
<u>Date :</u> <u>Ligne :</u> <u>Auditeur :</u>		Non-OK					Observations
1	Retard des postes d'insertion						
2	Retard des postes d'enrubannage						
3	Problème du convoyeur de retour des macdos						
4	Présence des inversions des fils						
5	Présence des connecteurs similaires						
6	Problème au niveau du TE						
7	Problème au niveau du CC						
8	Problème du Schunk						
9	Contre pièce non fixés						
10	Manque d'identification						

*Tableau 8: Check-list*

**Stage effectué à : YAZAKI Kénitra**



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Nom et prénom: LAMRANI Nisrine**

**Année Universitaire : 2018/2019**

**Titre: Amélioration des KPI de la ligne AJ133**

### Résumé

Ce rapport présente le travail effectué dans le cadre de mon PFE au sein de YAZAKI Kenitra du 04 février au 31 mai 2019.

Le travail réalisé s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des KPI (Indicateurs de performance) de la ligne AJ133 du projet PWT (Power Train).

Le projet a été traité en appliquant la démarche DMAIC, qui nous a permis de résoudre les problèmes posés d'une façon rigoureuse.

Dans une étape préliminaire nous avons définis la problématique qui se présente dans l'augmentation de la productivité, l'efficacité et la quantité de câble afin d'atteindre la demande client.

Puis nous passons à faire un diagnostic de l'état actuel de la ligne AJ133 en mesurant la productivité, l'efficacité et l'output et faire un chronométrage des postes, suivi d'une analyse des données collectées par une matrice de décision et un diagramme Pareto afin de déterminer que le retard des postes, le manque retour des Macdos, les inversions des fils, les connecteurs similaires et la mauvaise séparation des joints sont les causes racines des arrêts. Puis, il a été évident de passer à l'action en proposant des améliorations afin d'augmenter les KPI de la ligne et d'éliminer les MUDA et les sources de gaspillage. Enfin, nous avons pu équilibrer les postes et améliorer la productivité de 14,3%, l'efficacité de 19,3% et augmenter l'out-put de 121 à 132 câbles/shift.

**Mots clés** : KPI, productivité, efficacité, MUDA, DMAIC.