



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

Fouzia EL MARSLI

Pour l'obtention du diplôme

Ingénieur d'Etat en

SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS

Intitulé

**Amélioration de la productivité de la ligne de production
Power Train GTDI - Jaguar -**

Encadré par :

Pr N.S.ECHATOUI.

Mr HICHAM AHMICH (YAZAKI KENITRA).

Soutenu le 21 Juin 2016, devant le jury composé de :

Pr Nor Said Echatoui : Encadrant

Pr H. Ghennoui : Examineur

Pr T. Lamhamdi : Examineur



DEDICACE

A mes très chers parents

Aucun mot ne saurait exprimer mon amour, mon respect, mon affection et ma considération pour vous, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien-être. J'espère être à la hauteur de ce que vous m'avez inculqué, tout en sachant que tout ce que je pourrai faire ne peut égaler ce que vous m'avez donnée. Que Dieu, le Tout Puissant, vous garde et vous procure bonheur et santé.

A mes chers frères et sœurs : Molay Omar, Nezha, Hasna, Otmane

Jamais un jour ne passe sans que je remercie Dieu de vous avoir toujours à mes côtés. Vous m'avez toujours encouragé à aller vers l'avant et à ne pas renoncer quel que soit l'obstacle. Sans vos aides, vos conseils et vos encouragements, ce travail n'aurait vu le jour. Puisse l'amour et la fraternité nous unir à jamais.

A la plus chère personne de ma vie

A SILVER KONLAMBIGUE merci de ton encouragement, de ton soutien, de ta disponibilité continu et de ton amour. Je remercie Dieu chaque instant de te faire croiser mon chemin. JE T'AIME.

A toute la famille

A mes grands-parents, à mes oncles, mes tantes, mes cousines et cousins,
Affectueuse reconnaissance.

A mes meilleurs amis : Dounia, Oumaima, Charifa, Youssra

En témoignage de l'amitié qui nous unis et les souvenirs que nous avons vécu ensemble, je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.



Remerciements

"La reconnaissance est la mémoire du cœur."

Hans Christian Andersen

Au terme de ce travail, j'exprime ma gratitude pour tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à effectuer ce stage, une bonne opportunité tant sur le plan professionnel qu'humain.

Je remercie tout particulièrement Monsieur ECHATOUI, mon encadrant de stage et l'équipe pédagogique de la Faculté des sciences et techniques FES. La richesse et le contenu de la formation que j'ai eu au sein de votre établissement m'a donné les outils pour mener à bien le travail de mon stage.

Je tiens également à remercier les professeurs, qui ont eu l'amabilité d'accepter de siéger dans le jury de soutenance, et de me faire part de leurs remarques et leurs propositions.

Je tiens à remercier et à témoigner toute ma reconnaissance à Monsieur AHMICH Hicham, de m'avoir encadré et orienté durant toute la période du stage. Je le remercie pour sa qualité d'écoute, ses conseils professionnels, sa disponibilité, sa patience et sa bonne humeur.

Je remercie également Monsieur Saifeddine CHANNA Responsable de la ligne GTDI, Monsieur Yassine EL HARRAK Superviseur production ainsi que tout le personnel des départements ingénierie, production et logistique, pour leur écoute, leur sympathie, leur disponibilité et leur contribution au succès de mon travail.

Et c'est avec reconnaissance que je remercie tous ceux qui ont contribué et m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à l'accomplissement de ma mission.

Enfin, je vous prie d'accepter l'expression de ma profonde gratitude.



Résumé

Dans le but de satisfaire les attentes du client en termes de quantité et délais de livraison, et afin d'améliorer la gestion interne de ses ressources, Yazaki Kenitra, à l'instar de beaucoup d'entreprises de câblage, œuvre perpétuellement pour la mise en place d'un système d'amélioration continue.

C'est dans cette optique que le présent projet de fin d'études a été réalisé. Il s'agit de réorganiser les postes de travail, redéfinir les flux des processus existants, et détecter les causes principales derrière une productivité insatisfaisante afin d'améliorer la productivité du secteur câble Moteur de la famille GTDI-Jaguar-.

Pour atteindre cet objectif principal, la première partie du travail a été consacrée à la définition et à l'analyse de l'état actuel de la zone. Ces analyses nous ont ensuite orientés, chacune dans une démarche d'amélioration.

Les actions d'amélioration proposées ont permis d'atteindre les objectifs visés au début du stage avec les directions d'ingénierie et de production. À travers ces données, plusieurs changements ont dû être appliqués et de nouveaux processus ont été installés.

En dernier lieu, une automatisation d'une ligne a été conçue pour éliminer une action à non-valeur ajoutée et mieux contrôler le processus d'insertion.



Abstract

In order to meet customer expectations in terms of quantity and delivery delays, and to improve the internal management of its resources, Yazaki Morocco Kenitra, like many business wiring, works constantly to set up a system of continuous improvement.

The final project has been conducted about reorganizing workstations, and redefining the existing process assembly's flows, in order to improve the productivity of the engine cable of the family GTDI-Jaguar-.

To achieve this objective, the first part of the work has been devoted to the definition and the current states analyze of the area battery cable. These analyzes has then guided us to a process of improvement.

The proposed improvement actions have allowed us to achieve the objectives fixed at the beginning of the project with the engineering and production departments. Through these data, several changes have been implemented and new process has been installed.

Finally, automation of a line has been designed to eliminate non-value added work and better control the insertion process.



Liste des abréviations :

YMK : Yazaki Morocco Kenitra.
YNA: Yazaki North America.
YEL: Yazaki Europe Limited.
YA: Yazaki Asia.
DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control.
SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer.
VSM: Value Stream Mapping.
SA: Société Anonyme.
PVC: Polychlorure de Vinyle.
QE Line: Quality Efficiency Line.
PWT: Power Train.
PN: Part Number.
MH: Man Hour.
NPT: Non-Productive Time.
JLR: Jaguar Land Rover.
BOM: Bill of Material.
MPS: Master Production Schedule.
PDP : Plan Directeur de Production.
WIP : Works In Process.
EDI : Échange de Données Informatisé.
ASN: Advanced Shipping Notice.
FIFO: First In First Out.
CAO: Coupe Assistée par Ordinateur.
SAP: Systems, Applications, and Products for data processing.
LED: Light Emitting Diode.
GUM: Global Unit Manhour.



Liste des figures

Figure 1: Sadami YAZAKI.	17
Figure 2: Localisation mondiale de Yazaki	18
Figure 3: Divisions de Yazaki.	18
Figure 4: Divisions commerciales et intérêts clés du Groupe Yazaki.	19
Figure 5: Principaux clients de Yazaki.	19
Figure 6: Yazaki Maroc Kenitra.	20
Figure 7: Jaguar X250.	20
Figure 8: Range Rover Evoque.	20
Figure 9: Ford Fiesta.	20
Figure 10: Organigramme de YMK.	21
Figure 11: Câble automobile.	22
Figure 12: Les principaux câbles d'une voiture.	22
Figure 13: Composants d'un câble.	23
Figure 14: Les grandes étapes de production.	23
Figure 15: Processus de production.	24
Figure 16: Machines de coupe KOMAX.	24
Figure 17: Processus d'assemblage.	26
Figure 18: L'ensemble des flux d'YMK.	27
Figure 19: Démarche DMAIC.	28
Figure 20: Chaîne de création de la valeur.	30
Figure 21: les étapes de l'analyse fonctionnelle.	31
Figure 22: Diagramme Ishikawa.	31
Figure 23: L'Arduino Méga 2560.	34
Figure 24: Planning du projet.	38
Figure 25 : Poste d'insertion (en rouge le schéma).	40
Figure 26 : Schéma de la séquence d'insertion.	40
Figure 27 : Un Jig d'enrubannage.	41
Figure 28: Layout de YMK.	43



Figure 29: Lay-out de la ligne GTDI.....	43
Figure 30: Productivité journalière du mois Janvier.	46
Figure 31: Comparaison entre les quantités produites et les quantités planifiées dans le PDP.	47
Figure 32: Cycles Times de chaque poste par rapport au Takt Time de la ligne.	50
Figure 33: Illustration du temps d'ouverture de la ligne GTDI.	51
Figure 34 : Les temps d'arrêt de la ligne GTDI.	51
Figure 35: Les causes d'arrêt de la ligne GTDI.	52
Figure 36: Diagramme de Pareto des causes d'arrêt.	52
Figure 37: Diagramme de Pareto des Take Rate.	54
Figure 38: légende du VSM.....	55
Figure 39: VSM de la ligne GTDI.....	57
Figure 40: Diagramme d'Ishikawa.....	60
Figure 41: Exemple de contre pièces du test électrique.	64
Figure 42 : Déplacements des opérateurs de la ligne GTDI.....	66
Figure 43: Ligne concept après changement.	68
Figure 44: Afficheur LCD	84



Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche signalétique de YMK.....	21
Tableau 2: Les poste de la zone P2.....	25
Tableau 3: Description de la problématique via l'outil QOOQCP. Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 4: Charte du projet.	38
Tableau 5: Tableau récapitulatif de la ligne GTDI.....	42
Tableau 6: Diagramme SIPOC de la ligne.	44
Tableau 7: Les écarts entre les quantités produites et les quantités planifiées dans le PDP.	48
Tableau 8: Commandes de la ligne GTDI.	48
Tableau 9: Calcul du Takt Time.....	48
Tableau 10: Chronométrage des postes de la ligne GTDI.....	49
Tableau 11: Moyennes des chronométrages de chaque poste.	50
Tableau 12: Les arrêts de la ligne GTDI.	51
Tableau 13: Take Rate des PN de la ligne GTDI.	54
Tableau 14: Résultat du vote pondéré.	61
Tableau 15: Diagramme Pareto des causes de la chute de productivité.....	61
Tableau 16: Liste des contres pièces a réparé.....	65
Tableau 17: Manhour par process.	69
Tableau 18: Nombre d'opérateurs par process.....	70
Tableau 19: Nouveaux Cycle Times des postes après amélioration.	70
Tableau 20: les spécifications du problème et les perspectives désirées.....	72
Tableau 21: les PN réalisés dans chaque poste et le nombre de fils qui les composent.....	78
Tableau 22: les caractéristiques de l'Arduino méga.	81
Tableau 23: les branches du 74HC595.....	83



Tableau 24: Les gains en déplacements.	90
Tableau 25: Suivi de la productivité après améliorations.....	91
Tableau 26: Temps à non-valeurs ajoutée éliminés.....	91

Table des matières

DEDICACE	2
Remerciements	3
Résumé	4
Abstract.....	5
Liste des abréviations :	6
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux	9
Introduction générale :	14
Chapitre 1: Représentation de l'organisme d'accueil	16
Introduction :	17
1. Aperçu général :	17
2. Organisation du groupe Yazaki :	18
3. Les clients de Yazaki :	19
1. Présentation générale :	20
2. Fiche signalétique de Yazaki Kenitra :	21
3. Organigramme d'YMK :	21
4. Processus de fabrication des câbles :	22
4.1. Description physique des câblages :	22
4.2. Processus de production :	23
4.2.1. La coupe :	24
4.2.2. Pré-assemblage :	25
4.2.3. L'assemblage :	26
Chapitre 2 : Revue documentaire	27
1. Introduction :	28



2.	La démarche et les outils déployés :	28
2.1.	Démarche DMAIC :	28
2.1.1.	Définir :	28
2.1.2.	Mesurer :	29
2.1.3.	Analyser :	29
2.1.4.	Améliorer :	29
2.1.5.	Contrôler :	29
2.2.	Value Stream Mapping (VSM) :	29
2.2.1.	Définition :	29
2.2.2.	Production à valeur ajoutée :	30
2.2.3.	L'objectif de l'outil VSM :	30
2.3.	Analyse fonctionnelle :	30
2.4.	La méthode 5M :	31
2.5.	Le diagramme de Pareto :	32
2.6.	Diagramme de SIPOC :	32
2.7.	Méthode QQQQCP :	32
2.8.	Lean Manufacturing :	32
2.8.1.	Les types de gaspillages :	33
2.9.	L'automatisation :	33
2.9.1.	Définition :	33
2.9.2.	Les objectifs de l'automatisation :	33
2.9.3.	L'Arduino :	34
	Chapitre 3 : Mise en œuvre du projet	35
1.	Introduction :	36
2.	Problématique :	36
3.	Charte du projet :	37
4.	Planning du travail :	38
1.	Introduction :	39
2.	Définir :	39
2.1.	Présentation de la ligne GTDI :	39



2.1.1.	Processus de production détaillé :	39
2.1.2.	Disposition des machines et des postes :	42
2.1.3.	Diagramme SIPOC de la zone étudiée :	43
2.2.	Notion de la productivité :	44
3.	Mesurer :	46
3.2.	Evolution du taux de productivité de la ligne GTDI :	46
3.3.	Les quantités produites par la ligne GTDI :	47
3.4.	Calcul du Takt Time :	48
3.5.	Mesure du Cycle Time :	49
3.6.	Le temps d'ouverture de la ligne :	50
3.6.1.	Les temps d'arrêt :	51
3.6.2.	L'origine des arrêts de production :	51
3.6.3.	Temps de production :	53
3.7.	Conclusion :	58
4.	Analyser :	59
4.1.	Introduction :	59
4.2.	Analyse des données mesurées :	59
4.3.	Diagramme d'ISHIKAWA :	59
4.4.	Conclusion :	62
Chapitre 4 : Amélioration de la productivité de la ligne GTDI		63
1.	Améliorer :	64
1.1.	Introduction :	64
1.2.	Traitement du problème de la maintenance des machines :	64
1.2.1.	Présentation du problème :	64
1.2.2.	Actions et solutions pour la résolution du problème :	64
1.3.	Résolution du problème de gestion d'espace :	65
1.3.1.	Présentation du problème :	65
1.3.2.	Actions et solutions pour la résolution du problème :	65
1.4.	Résolution du problème du manque d'effectif :	68
1.4.1.	Présentation du problème :	68



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès



1.4.2. Actions et solutions pour la résolution du problème :	68
1.5. Mise en œuvre des solutions proposées :	70
1.6. Résolution des problèmes soulevés au niveau de l'insertion :	71
1.6.1. Présentation des problèmes :	71
1.6.2. Actions et solutions pour la résolution du problème :	71
1.6.3. Les phases préparatoires du projet	76
1.7. Conclusion :	89
2. Contrôler :	90
2.1. Introduction :	90
2.2. La solution relative à la maintenance des machines :	90
2.3. La solution relative à la gestion d'espace :	90
2.4. L'impact des solutions sur la productivité de la ligne :	91
2.5. L'impact de l'automatisation sur la ligne GTDI :	91
2.6. Conclusion :	91
Conclusion général	92
Bibliographie	93
Webographie.....	93
ANNEXES.....	94



Introduction générale :

Par sa position géographique et sa situation socio-économique, le Maroc a des caractéristiques qui lui confèrent un certain nombre d'avantages susceptibles d'intéresser les multinationales du secteur de câblage automobile. Certes, la taille de son marché intérieur ne permet pas d'envisager comme en Chine, en Inde ou en Brésil le développement d'une industrie nationale mais en revanche, les multinationales de ce domaine délocalisent une partie de leur production sur son territoire tel que YAZAKI Europe, afin de profiter de divers facteurs outre que les prix.

Et face à un contexte économique caractérisé par une concurrence accrue et une demande de plus en plus exigeante pour la livraison d'un produit de bonne qualité et dans le plus court délai, les entreprises doivent remettre en cause leur organisation en vue de répondre à ces exigences.

Dans ce contexte, chaque entreprise essaie de supprimer les encours, éliminer les temps d'attente et éviter les non conformités afin d'optimiser la charge de ses ressources tout en augmentant sa flexibilité et sa productivité, ceci pose à la fois la question de la conception du système de production ainsi que celle de sa gestion.

Ce stage a été une opportunité pour percevoir comment une entreprise telle que YAZAKI gère son processus, et pour dévoiler les sources de problème d'un de ces ennuis qui est le temps perdu pour n'importe quelle cause.

Le présent travail porte sur l'amélioration d'une ligne de production à savoir la ligne GTDI du projet Jaguar, cette amélioration porte sur toutes les anomalies de la ligne à savoir les problèmes de maintenance, les Mudas de déplacement, le déséquilibre des postes de la ligne et les activités à non valeurs ajoutées.

Pour cela on a traité notre travail sur quatre chapitres, le premier chapitre présente le contexte général où se déroule mon stage et explique les orientations de la société.

Le deuxième chapitre définit tous les outils industriels et électroniques et autres qu'on va utiliser pour traiter notre problématique.

Le troisième chapitre présentera le contexte général du projet et la démarche détaillée adopté pour définir, mesurer et analyser les différentes défaillances détectés.

Et le quatrième chapitre s'intéressera aux différentes actions d'améliorations proposées ainsi que les méthodes qui serviront pour contrôler et maintenir ces solutions.



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès





Présentation de l'organisme d'accueil

Ce chapitre est consacré pour :

- La présentation de YAZAKI
- Les produits et clients d'YMK
- Le processus de Production

Chapitre 1

Introduction :

Dans le présent chapitre, nous allons exposer le contexte général et l'environnement dans lesquels s'est déroulé mon projet de fin d'études. Pour ce faire, Je vais présenter tout d'abord le groupe Yazaki et puis la société Yazaki Kenitra, son activité, son organigramme et son processus de production. Ainsi on va donner une vision générale sur le périmètre du projet sur lequel je vais travailler.

I. Présentation du groupe Yazaki

1. Aperçu général :



Figure 1: Sadami YAZAKI.

Créé en 1929 par le père SADAMI YAZAKI, le groupe YAZAKI a fait ses débuts dans la vente du câblage automobile, pour s'orienter par la suite vers la production de ce dernier. En 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. Actuellement YAZAKI est représentée dans 38 pays, elle compte à son actif plus que 153 sociétés et 410 unités réparties entre usines de production, centres de service au client, centres techniques et technologiques, et fait employer plus de 180 000 employés dans le monde.

Le groupe YAZAKI est une multinationale japonaise qui compte parmi les plus grands concepteurs et fabricants mondiaux des systèmes de câblages pour automobile.

En tant que fondateur des systèmes de liaisons électriques modernes, YAZAKI ne cesse de dominer le marché en présentant des produits dotés d'une excellente fiabilité et des performances qui ne cessent de satisfaire les plus grands constructeurs de l'industrie automobile tel que

Ford, Jaguar, Land Rover, Nissan, Peugeot, Volvo, Toyota, Isuzu, Seat, Renault, Fiat, Mercedes, Honda, Mazda et d'autres.

YAZAKI a également d'autres activités à savoir :

- La fabrication de fils et câbles électriques
- La fabrication de produits de gaz
- La climatisation

Le processus de délocalisation de la société a commencé en 1962 avec sa filiale THAI YAZAKI ELECTRIC WIRE CO. LTD.

Au début de ce siècle, YAZAKI comptait sur les cinq continents :

- 68 filiales ;
- 90 unités de Production ;
- 35 centres de Recherche & Développement.

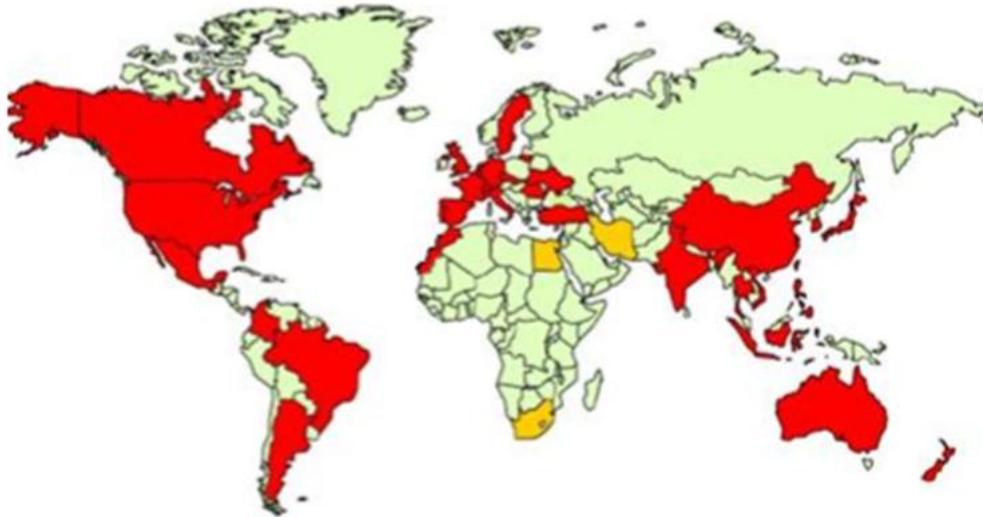


Figure 2: Localisation mondiale de Yazaki

Ce processus s'est poursuivi par la création, en octobre 2000, d'une unité de Production au Maroc, sous la dénomination de YAZAKI SALTANO DE Portugal, Succursale MAROC.

Actuellement, l'effectif global de YAZAKI compte 180.000 employés à travers le monde, avec 34% du marché du câblage.

2. Organisation du groupe Yazaki :

YAZAKI corporation est une société familiale qui a choisi de franchir son territoire japonais pour installer ces trois divisions en Amérique, Europe et Asie :

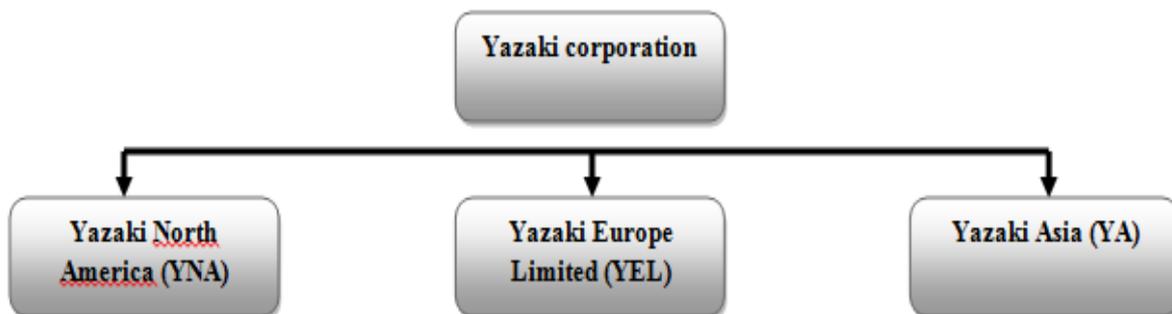


Figure 3: Divisions de Yazaki.

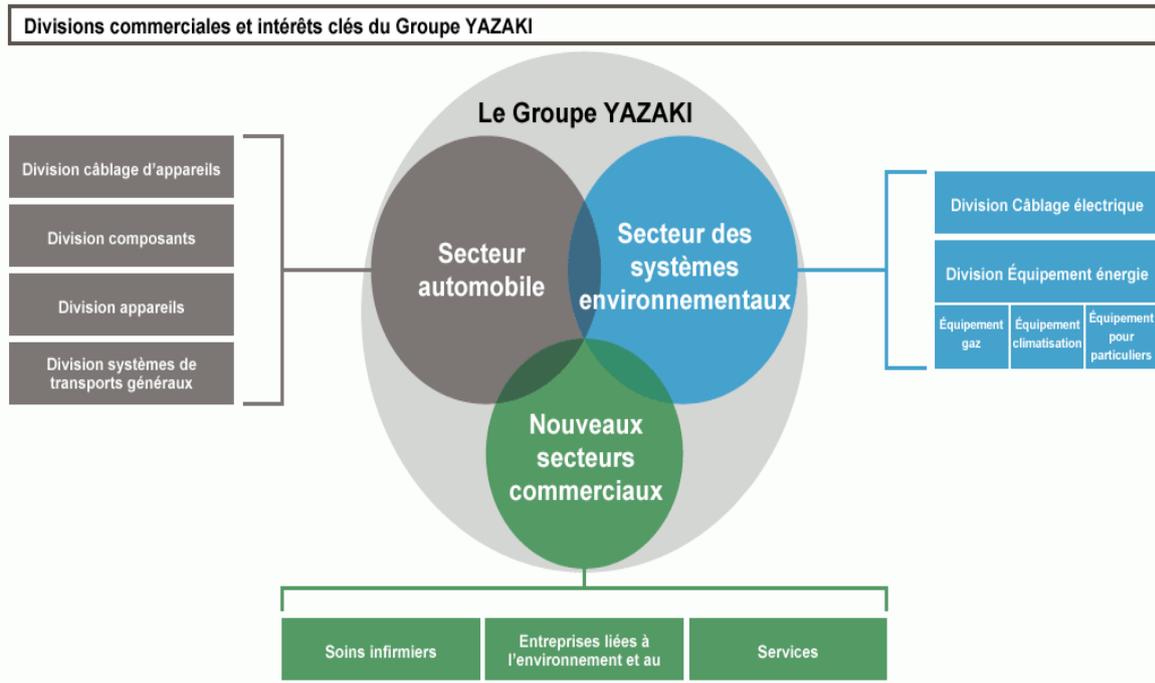


Figure 4: Divisions commerciales et intérêts clés du Groupe Yazaki.

3. Les clients de Yazaki :

Sur le marché du câblage, YAZAKI figure parmi les leaders au niveau mondial. Grâce au niveau de qualité/ Prix qu'elle offre. Elle compte, parmi ses clients, des sociétés de réputation, telles que : MERCEDES, JAGUAR, LAND ROVER, PEUGEOT, NISSAN MOTORS, FIAT, TOYOTA, FORD,...



Figure 5: Principaux clients de Yazaki.

II. Présentation de Yazaki Kenitra

1. Présentation générale :

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



Figure 6: Yazaki Maroc Kenitra.

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 pour l'équipement des marques Jaguar, Land Rover et Ford



Figure 7: Jaguar X250.



Figure 8: Range Rover Evoque.



Figure 9: Ford Fiesta.

2. Fiche signalétique de Yazaki Kenitra :

Raison Sociale	Yazaki Morocco Kenitra
Forme Juridique	Société Anonyme SA
Date de création	Juin 2010
Activité	Production des faisceaux électriques pour l'automobile
Capital	89.327.000,00 Dhs
Effectif	3400
Certifications	ISO 14001 version 2004 ISO 18000-18001 version 2007
Contact	Adresse : Route Km 9 Quartier Al Assam Kenitra Tél : 0537369600

Tableau 1: Fiche signalétique de YMK.

3. Organigramme d'YMK :

La dimension organisationnelle au sein de YAZAKI Maroc se caractérise par un dosage équilibré entre la structure fonctionnelle et celle opérationnelle, ce qui justifie l'existence de plusieurs départements répartis comme suit :

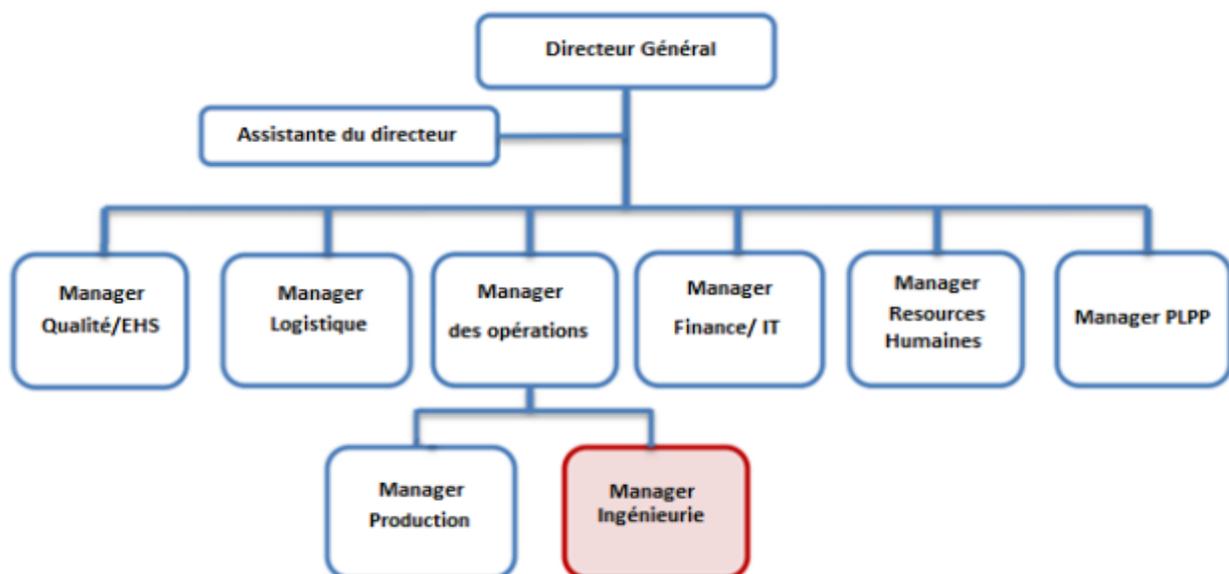


Figure 10: Organigramme de YMK.

J'ai effectué mon stage au sein du département ingénierie qui a pour mission la gestion et l'implantation des nouveaux projets, le suivi des changements demandés par les clients, ainsi que l'adaptation des procédés de production conformément aux règles définies par les Directions Engineering et qualité du groupe.

4. Processus de fabrication des câbles :

4.1. Description physique des câblages :

Le câblage ou le faisceau se définit comme un ensemble de fils qui relie l'ensemble des composants dans le but d'assurer les fonctions électriques et électroniques du véhicule, il permet :

- ✓ La distribution électrique.
- ✓ Le transfert des informations et la commande entre les différents équipements électriques et électroniques dans tout le véhicule.

On peut distinguer entre plusieurs types de câblage :

- Câblage principal (Main)
- Câblage moteur (Engine)
- Câblage sol (Body)
- Câblage porte (Door)
- Câblage toit (Roof)

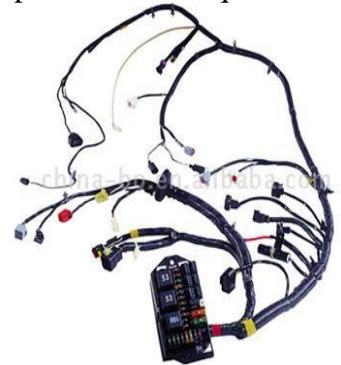


Figure 11: Câble automobile.

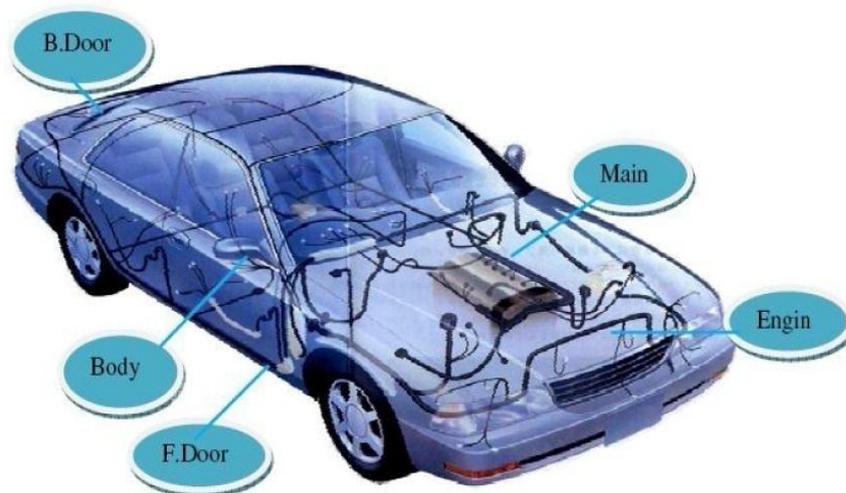


Figure 12: Les principaux câbles d'une voiture.

Un faisceau électrique est composé de différents types d'éléments (fils, connecteurs, épissures...). Ces éléments ont pour but de répondre à un grand nombre de fonctions individuelles :

- **Fil Conducteur** : Conduit le courant électrique d'un point à un autre.
- **Terminal** : Assure une bonne connexion entre deux câbles (l'un est une source d'énergie, l'autre est un consommateur d'énergie)
- **Connecteur** : Ce sont des pièces où les terminaux seront insérés, ils permettent d'établir un circuit électrique débranchable, établir un accouplement mécanique séparable et isoler électriquement les parties conductrices.
- **Accessoires** : ce sont des composants qui assurent la protection et l'isolation du câblage les rubans d'habillage (PVC, Textiles...), les tubes, les protecteurs...
- **Matériel de Protection** (boîtes fusibles) : sont des pièces qui protègent le câblage et tous ses éléments de la surcharge du courant qui pourrait l'endommager.
- **Clips et agrafes** : les clips sont des éléments qui permettent de fixer le câblage à la carrosserie de l'automobile.



Figure 13: Composants d'un câble.

4.2. Processus de production :

Dans cette partie, nous allons expliquer les différentes phases par lesquelles passe un câblage lors de sa production. En effet, il passe par trois étapes principales représentées dans la figure ci-dessous :

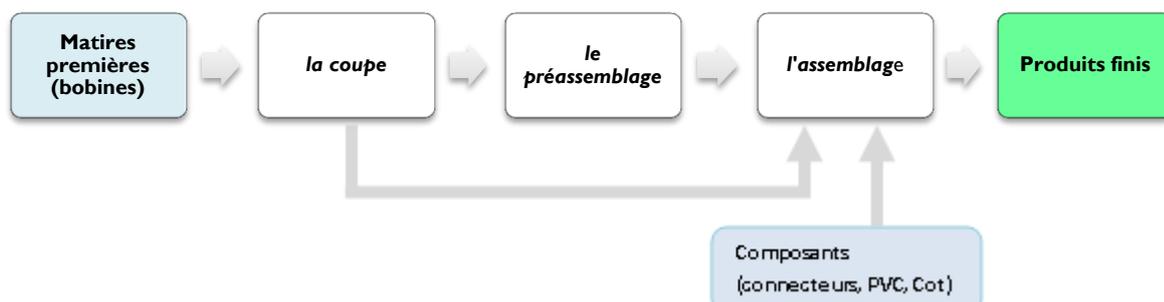


Figure 14: Les grandes étapes de production.

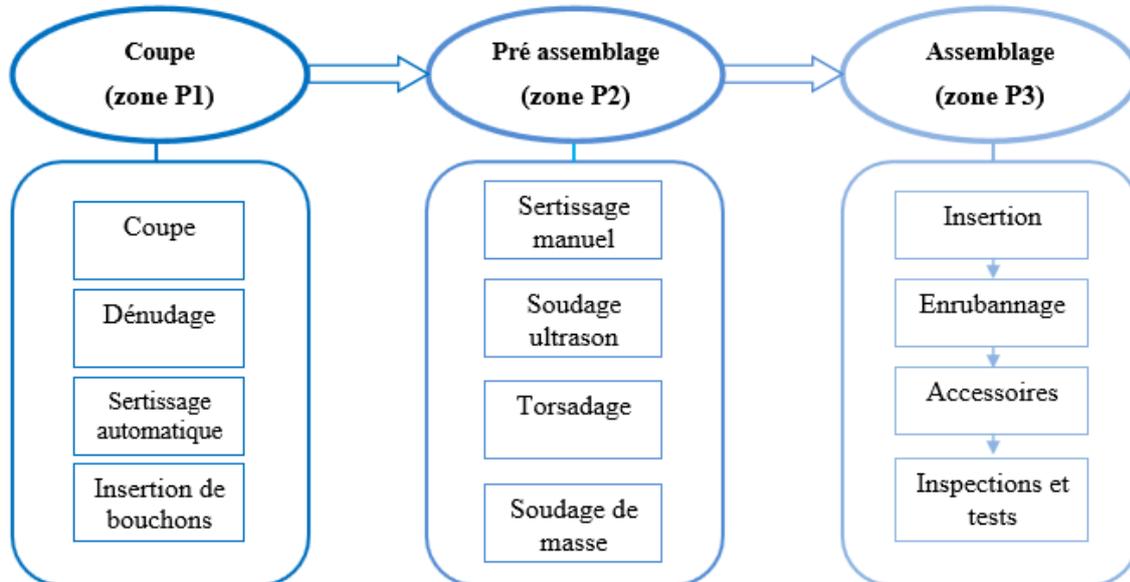


Figure 15: Processus de production.

4.2.1. La coupe :

Elle consiste à découper la matière première (bobines des fils électriques) en des fils dénudés et sertis avec leurs terminaux pour les circuits qui se finissent directement dans cette étape selon des instructions préétablies (ordre de fabrication ou le Kanban.)

Pour chaque circuit sont définis les paramètres suivants : la longueur désirée, le dénudage, les terminaux, et autres.

Pour ce faire, on utilise deux types de machines : KOMAX, YACC :

- KOMAX : machine standard utilisée par toutes les entreprises de câblage.
- YACC : c'est une machine fabriquée spécialement pour YAZAKI.



Figure 16: Machines de coupe KOMAX.

Les types de fils produits au secteur de la coupe sont :

- ✓ **Fil simple fini** : Contient deux connexions sur les deux extrémités de fil.
- ✓ **Fil simple non fini** : contient une seule connexion dans l'une des extrémités du fil.
- ✓ **Jumelé (twist)** : il est composé de deux fils ou plus, soudé dans l'une des extrémités.

Après la coupe les fils passent par le poste de sertissage pour l'insertion des terminaux. Il passe ensuite dans la PAGODE, là où on stocke les fils après la coupe. L'opérateur ensuite, choisit l'ensemble des fils qu'il doit utiliser en vérifiant l'étiquette imprimée « Name plate ».

4.2.2. Pré-assemblage :

Certains circuits finissent au niveau de la coupe et passent directement vers le secteur montage pour être utilisés, d'autres circuits selon leur nature (torsadé, grande section...) passent par l'une ou toutes les étapes décrites dans le tableau suivant :

Poste	Description	Machine utilisée
Poste sertissage	<p>L'insertion des terminaux se fait automatiquement sur les machines de coupe, cependant pour des raisons de capacité et de puissance de la machine, ils ont assuré des petites machines consacrées spécialement à cette opération dans la zone de pré assemblage.</p> <p>La machine Mecal permet de faire le sertissage manuel.</p>	
Poste joint	<p>La jointure des fils se fait par trois techniques différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Par vibration : elle s'exécute avec la machine Ultra Sonic. ▪ Par chaleur : se fait avec la machine Raychmen qui sert à joindre les fils et insérer le bouchon (Shrink) à la place de la jonction pour lui donner plus de résistance. ▪ Par soudage : dans le but de protéger la partie visible entre le terminal et le fil. 	 <p style="text-align: center;">Machine Ultra Sonic</p>
Poste Twist	Sert à twister 2 fils (rarement 3) par des machines différentes, dont chacune a des caractéristiques propres	<p style="text-align: center;">Machine TWIST YAZAKI, Machine TWIST SLOVAKIA Machine KOMAX.</p>
Poste accessoire	Pour l'insertion des accessoires (par exemple le bouchon).	

Tableau 2: Les poste de la zone P2.

4.2.3. L'assemblage :

Comme toute ligne d'assemblage ou chaîne de montage, c'est un ensemble de postes de travail spécialisés disposés dans un ordre préétabli correspondant à la succession des opérations d'assemblage des composants du câble.

Une ligne de montage se caractérise généralement par l'emploi d'un convoyeur ou d'une chaîne de tableaux mécanisés ou les deux au même temps en fonction du nombre de circuits que contient le câble et en fonction de sa complexité. Les convoyeurs (QE Line) et les carrousels (chaînes avec tableaux « Jig ») transportent le produit en cours de montage d'un poste à un autre.

Dans la grande majorité des chaînes de montage actuelles, des robots ont remplacé les ouvriers. Pourtant dans le domaine de câblage la majorité des tâches pour ne pas dire toutes les tâches doivent encore malgré tout être effectuées à la main. La figure ci-dessous montre le processus d'assemblage d'un câble depuis l'alimentation des postes d'insertion jusqu'à l'emballage :

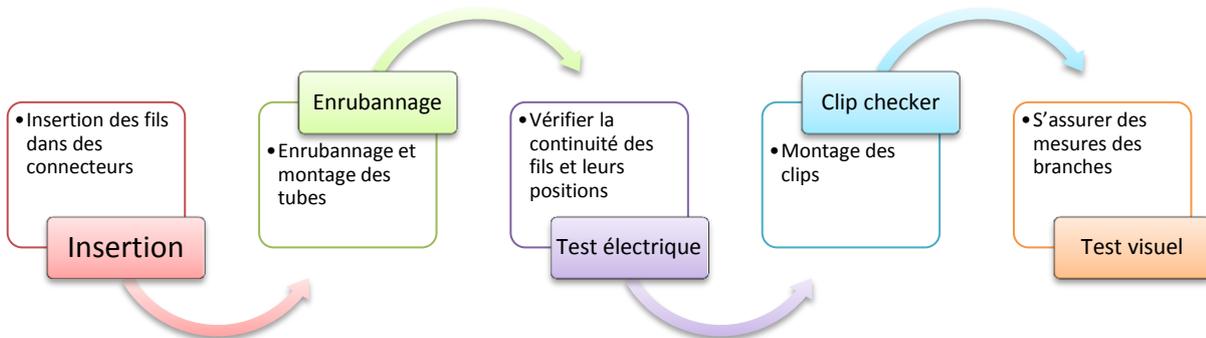
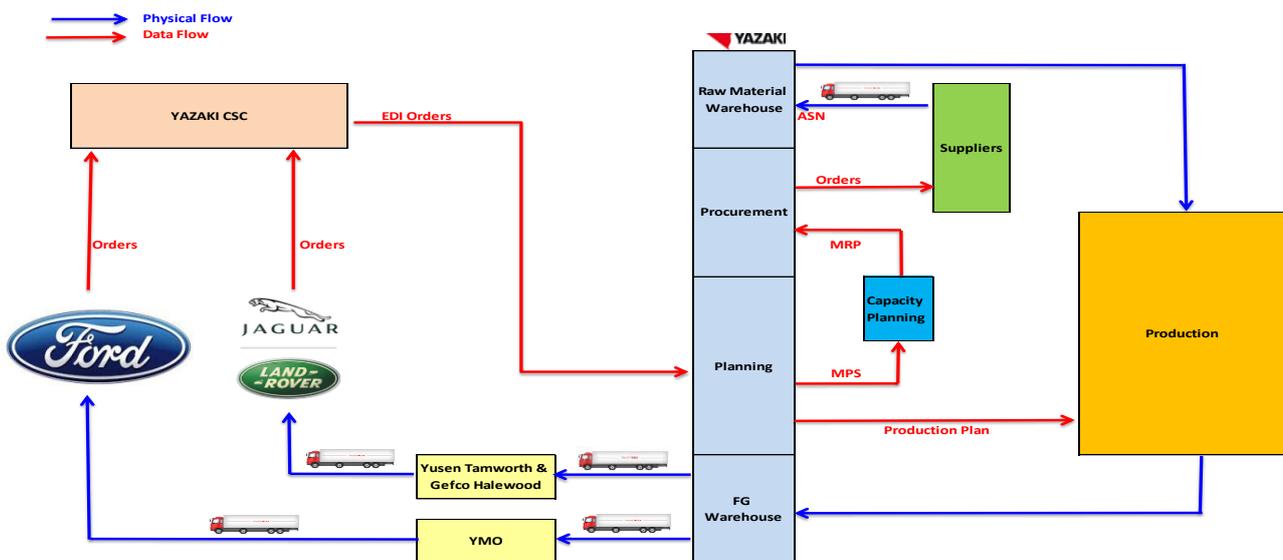


Figure 17: Processus d'assemblage.

La figure suivante résume l'ensemble des flux physiques et d'informations que connaît Yazaki Kenitra :





Revue documentaire

Figure 18:L'ensemble des flux d'YMK.

Chapitre 2

Ce chapitre est consacré pour présenter :

- Les principaux éléments conceptuels
- Les outils
- Les méthodes scientifiques...

Adoptés pour atteindre les objectifs du projet.

1. Introduction :

Il est nécessaire, avant d'aborder mon projet de fin d'étude, de faire une recherche bibliographique. Cette dernière m'a permis de me renseigner d'avantage sur le sujet, les outils et les méthodes scientifiques sur lesquels je me baserai, et la démarche que je devrai suivre afin d'atteindre mes objectifs déjà prédéfinis. Ce chapitre me permettra d'exposer ces éléments qui vont être abordés tout au long de mon travail.

2. La démarche et les outils déployés :

2.1. Démarche DMAIC¹ :

La réussite de tout projet réside dans la pertinence de sa conduite. C'est dans cette optique que j'ai commencé par le choix de la démarche et de la méthodologie adéquate pour bien piloter le projet, organiser les actions et définir les moyens pour parvenir aux objectifs.

Pour traiter la problématique soulevée, j'ai adopté la démarche DMAIC qui consiste à suivre les étapes suivantes :

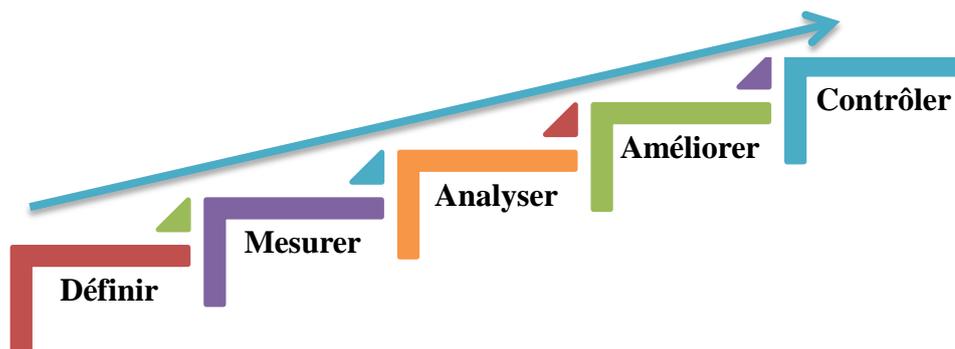


Figure 19: Démarche DMAIC.

2.1.1. Définir :

Cette étape permet particulièrement de définir le contexte et les objectifs du projet et ce en répondant aux questions suivantes :

- Quel est l'objectif que l'on recherche ?
- Quel est le périmètre du projet ?
- Qui doit travailler sur ce projet ?
- Quel est le planning du projet ?

Cette étape permet de rédiger la charte du projet qui définit clairement tous les acteurs du projet, les états des lieux, le cadre du projet et les objectifs à atteindre.

¹ Maurice PILLET (2004) Six sigma comment l'appliquer.



2.1.2. Mesurer :

Cette étape a pour objectif d'évaluer correctement la situation actuelle de la performance du processus de production en mesurant les différents paramètres constituant les états des lieux actuels (Mesure des temps cycles, temps d'arrêts,...)

2.1.3. Analyser :

A ce stade, la méthode DMAIC impose une phase d'analyse avant d'améliorer le processus. En effet, A ce niveau, nous sommes obligés de comprendre le problème pour identifier ses causes racines, et de comprendre les raisons susceptibles d'être à l'origine des écarts entre la situation présente et les objectifs clients.

2.1.4. Améliorer :

Cette étape, nous permet d'identifier et de mettre en œuvre les solutions les plus adéquates au problème, ces solutions permettront de combler les écarts entre la situation actuelle et les résultats désirés.

2.1.5. Contrôler :

Cette étape consiste à mettre en place la structure permettant de mettre « sous contrôle le processus ». Cette phase est un maillon très important de la démarche, elle nous permet de piloter les variables afin de soutenir et conserver l'amélioration du processus, c'est pourquoi, il faut désormais tout mettre en œuvre pour garantir que les améliorations seront maintenues et que le processus ne se dégradera pas.

2.2. Value Stream Mapping (VSM)² :

2.2.1. Définition :

VSM est une méthode développée par Toyota au début des années 80 qui permet de cartographier visuellement le flux des matériaux et de l'information allant de la matière première jusqu'au produit fini afin d'éliminer les flux sans valeur ajoutée.

L'idée de base du VSM est de faire la cartographie du processus, puis d'y ajouter le flux d'informations qui permet à ce processus de fonctionner. Autrement dit, il s'agit de suivre un produit ou une prestation tout au long du processus et de le documenter, en récupérant des informations fiables, telles que :

- Les tâches exécutées,
- La nature et les quantités d'informations échangées,
- Les temps de cycles, les durées de changement de série,
- Les lead times, les temps d'attentes,

² http://www.forac.ulaval.ca/fileadmin/docs/Programmes_PME/VSM/Formation_VSM.pdf

- Les tailles de lot, les stocks et en-cours,
- La performance VS sous-performance des processus,
- Taux de qualité VS non-qualité,
- La ressource humaine affectée, Etc.

Les stocks sont particulièrement intéressants à identifier. Ils sont valorisés en nombre de pièces ou en temps de couverture.

2.2.2. Production à valeur ajoutée :

- **Valeur ajoutée** est une activité qui augmente la valeur aux yeux du client.
- **Non-valeur ajoutée** est une activité qui ne crée aucune valeur tout en augmentant les coûts. Ce sont les activités à enlever.
- **Nécessaire mais non-valeur ajoutée** : c'est une activité sans valeur mais qui ne peut être évitée. Elle pourra être enlevée à long terme (nécessite un investissement important). La Production à valeur ajoutée (PVA) permet de convertir le besoin du consommateur en argent en un minimum de temps.

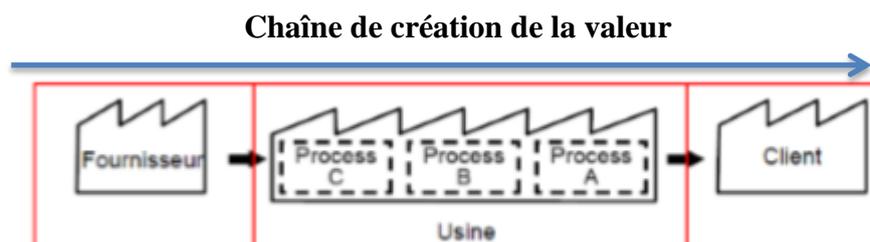


Figure 20: Chaîne de création de la valeur.

2.2.3. L'objectif de l'outil VSM :

L'objectif principal de VSM est savoir ce qui se passe, quand ça se passe et pourquoi ça se passe, Donc :

- ✓ Visualiser le flux de création de valeur dans le processus.
- ✓ Discriminer les tâches à valeur ajoutée des tâches à non-valeur ajoutée.
- ✓ Identifier les sources de gaspillage et de non performance du processus actuel.
- ✓ Réduire les gaspillages.
- ✓ Réduire les stocks et encours et améliorer les temps de traversée.

2.3. Analyse fonctionnelle ³:

L'Analyse fonctionnelle permet d'éviter certains pièges classiques de la conception (aveuglement, manque d'objectivité, mauvaise gestion des priorités). Dans les faits, les premières étapes de l'Analyse fonctionnelle sont générales et concernent tous les acteurs d'un même projet. C'est seulement dans la troisième étape que l'Analyse fonctionnelle devient technique, et oriente les concepteurs vers des solutions techniques.

³ F. AUDRY (2010) La démarche d'Analyse Fonctionnelle

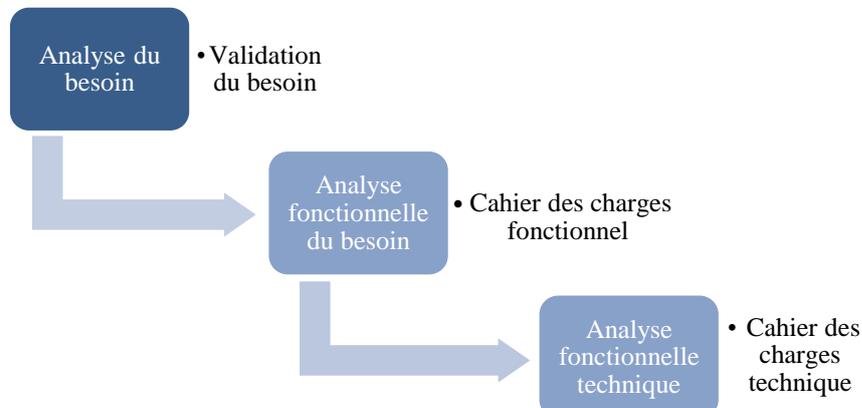


Figure 21: les étapes de l'analyse fonctionnelle.

2.4. La méthode 5M⁴ :

La méthode 5M est une méthode d'analyse qui sert à représenter de manière synthétique les différentes causes possibles d'un problème. Elle utilise une représentation graphique pour matérialiser de manière structurée les liens entre les causes et leurs effets.

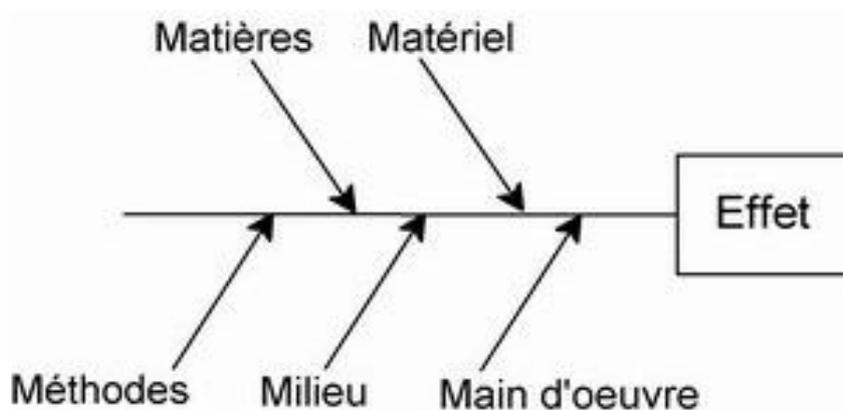


Figure 22: Diagramme Ishikawa.

Cette méthode classe les différentes causes d'un problème en 5 grandes familles, les 5M :

Matière : les différents consommables utilisés, matières premières...

Milieu : le lieu de travail, son aspect, son organisation physique...

Méthodes : les procédures, le flux d'information...

Matériel : les équipements, machines, outillages, pièces de rechange...

⁴ <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Methodes-optimisation/5m-ishikawa.htm>



Main d'œuvre : les ressources humaines, les qualifications du personnel

2.5. Le diagramme de Pareto⁵ :

Le diagramme de Pareto est un graphique représentant l'importance de différentes causes sur un phénomène. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

Le diagramme de Pareto se présente sous la forme d'une série de colonnes triées par ordre décroissant. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes. La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision.

2.6. Diagramme de SIPOC :

Le diagramme de SIPOC est un outil de visualisation des éléments essentiels d'un processus de production. Il permet de distinguer les fournisseurs du processus (supplier (**S**)), ses entrées (INPUT(**I**)), le processus de production (Process(**P**)), ses sorties (OUTPUT(**O**)) et ses clients (Customer (**C**)).

C'est un outil qui est souvent présenté sous forme d'une carte et qui permet d'avoir une vue globale du processus à améliorer en décrivant le processus du fournisseur au client.

2.7. Méthode QQQQCP⁶ :

En vue de collecter les données nécessaires la méthode QQQQCP adopte une attitude interrogative et systématique pour analyser une activité en général et un processus de production en particulier.

Cette attitude consiste à répondre à un ensemble de questions, qui décrivent la partie touchée par projet (**Qui**), de quoi il s'agit (**Quoi**), son périmètre (**Où**), sa situation temporelle (**Quand**), la méthodologie de réalisation (**Comment**) et l'objectif à atteindre (**Pourquoi**).

2.8. Lean Manufacturing :

Le Lean Manufacturing est un système de gestion de production basé sur trois éléments fondamentaux. Le premier est la réduction des coûts par l'élimination des gaspillages. Le second est la production juste à temps. Le troisième concerne la qualité. Une fois que l'entreprise arrive à faire fonctionner ces trois éléments de manière interdépendante, le système Lean atteint son point de résonance et donne des résultats durables, pérennes et fulgurants.

Un autre mot japonais, Muda qui signifie gaspillage, toutefois ce mot intègre de plus vastes connotations. Toute opération ne générant pas de valeur ajoutée est Muda.

⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_Pareto

⁶ Guillaume VAUX (2005) Outils méthodologiques du management six sigma



2.8.1. Les types de gaspillages :

- Gaspillages provenant de la surproduction.
- Gaspillages provenant des temps d'attente.
- Gaspillages occasionnés par les transports.
- Gaspillages dus aux stocks inutiles.
- Gaspillages dans les processus de fabrication.
- Mouvements et gestes inutiles.
- Gaspillages dus aux pièces défectueuses.
- Le potentiel humain inexploité.

2.9. L'automatisation :

2.9.1. Définition :

L'automatisation industrielle est l'art d'utiliser des systèmes programmable afin de réduire la charge de travail de l'opérateur tout en maintenant la productivité et la qualité désirées.

L'automatisation permet à l'entreprise d'améliorer sa compétitivité (coûts des produits, qualité, adaptabilité à la demande, ...). Elle a pour objet d'associer les moyens de production et de commande automatique qui permettent d'assurer la reproductibilité du résultat de la manière la plus autonome possible (plus au moins indépendant des interventions humaines).

2.9.2. Les objectifs de l'automatisation :

L'automatisation s'exprime en termes d'objectifs. Les principaux objectifs sont :

- Augmenter la productivité : fabriquer le maximum de produits pendant le minimum de temps.
- Améliorer la flexibilité de production : cela consiste à fabriquer le maximum de variétés de produits, avec le même équipement.

Ce qui nécessite l'utilisation de système de production ayant la capacité de :

- S'adapter rapidement aux changements de caractéristiques des produits à fabriquer, en reconfigurant la circulation des produits et des opérations,
- Répondre dans les plus brefs délais aux variations du volume des commandes, sans créer des stocks inutiles.
- Améliorer la qualité des produits.
- Contrôler le flux de production.
- Simuler des programmes de production.
- Améliorer les conditions de travail du personnel : Supprimer la pénibilité, Améliorer la sécurité.

2.9.3. L'Arduino :

a. Qu'est-ce qu'un système Arduino ?

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques, éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, etc... Arduino est le nom d'un « fabricant » de circuits imprimés sur lesquels il est possible de brancher toutes sortes d'appareils. Cette carte est programmable sur ordinateur via un câbles USB (ou autre) et permet ensuite de diriger n'importe quel appareil, il suffit pour cela de modifier le code qu'exécute l'Arduino.

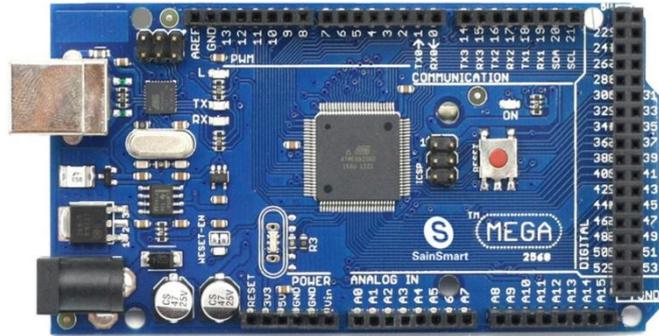


Figure 23: L'Arduino Méga 2560.

b. Pourquoi l'Arduino ?

Nous avons choisi de travailler durant notre projet avec des cartes Arduino pour les raisons suivantes :

- ✓ Les cartes Arduino donnent vraiment un potentiel de création quasi infini pourvu de disposer de matériel approprié. Il est possible de fabriquer des robots, de gérer des caméras, de commander des moteurs, d'alimenter automatiquement une plante au bout d'un laps de temps x,...
- ✓ Le langage de programmation utilisé est le C++, lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++.
- ✓ Et enfin les cartes Arduino restent accessibles dans le marché et avec des prix très bas.



Mise en œuvre du projet

Chapitre 3

Ce chapitre est consacré pour présenter :

- Le contexte général du projet
- La problématique
- La charte du projet
- La planification du projet
- La démarche détaillée du projet



I. Contexte général du projet :

1. Introduction :

Pour atteindre les objectifs, il importe de les fixer correctement, pour ce faire, le présent chapitre constitue le cadre général de mon projet au sein de la zone câble moteur Jaguar X250 (famille « Power Train »). La problématique et les objectifs visés seront clarifiés sous forme d'une charte de projet. Ceci se fera d'abord en suivant la démarche adéquate pour bien cerner le problème, ensuite analyser l'état actuel de la chaîne de production et finalement élaborer le sujet avant d'établir sa planification sous Gantt Project.

2. Problématique :

Pour être compétitive et faire face à la concurrence rude que connaît le marché du câblage automobile, toute entreprise doit être apte à maîtriser ses flux tout au long de sa chaîne logistique depuis l'approvisionnement des composants, jusqu'à la livraison des faisceaux en passant par le processus de fabrication. Cela nécessite une contribution massive de toutes les parties prenantes allant de l'opérateur jusqu'au premier responsable, qui doivent s'engager dans une politique d'amélioration continue.

C'est dans cette vision que Yazaki Kenitra vise en permanence la maîtrise de son processus et l'optimisation des différents coûts et charges. En effet, notre client JLR est très exigeant concernant la date de livraison, la quantité demandée ainsi que la qualité des produits. De ce fait, les objectifs de la production sont toujours suivis et mesurés en terme de taux de productivité. Néanmoins l'objectif de productivité souhaité par YMK n'est pas toujours atteint ce qui affecte le volume de production demandé par le client.

Dans le but de faire face à cette situation pénalisante, il a été nécessaire et primordiale d'étudier tous les types de dysfonctionnements et de déceler leurs causes. Cela va permettre de trouver des solutions efficaces et immédiates.

C'est dans ce contexte qu'on est amené à énoncer la problématique générale de notre projet qui donne à la fois la ligne directrice et l'objectif à atteindre. Dans notre cas elle peut être traitée en répondant à la question suivante : **Comment peut-on améliorer la productivité de la ligne câble moteur Jaguar-GTDI ?**

Pour décrire d'une manière claire et structurée notre problématique, on a utilisé l'outil QQQQCP qui est défini dans le tableau suivant :

Qui ? Qui est concerné par le problème ?	Départements : Production, Logistique, Ingénierie
Quoi ? C'est quoi le problème ?	Un taux de productivité faible et fluctuant
Où ? le lieu du problème	La ligne GTDI de production du câble moteur Jaguar
Quand ? quand le problème apparaît ?	Lorsque la demande du client augmente
Comment ? comment mesurer le problème ?	A partir des indicateurs de taux de productivité

Tableau 3 : Description de la problématique via l'outil QQQQCP.



Pourquoi ? pourquoi doit on résoudre ce problème ?

Pour améliorer la productivité de la zone et assurer la commande client en bonne qualité et sans aucun retard

3. Charte du projet :

Département	Ingénierie		Projet	Amélioration de la productivité de la ligne GTDI												
Lieu du projet	Yazaki Morocco Kenitra		Période	Du 08 Février au 21 Mai 2016												
Equipe du projet																
Membre	Position			Membre	Position											
Fouzia EL MARSLI	Elève ingénieur d'Etat en Système électronique et télécommunication			M. Hicham AHMICH	Superviseur Ingénierie Encadrant professionnel											
M. NOR-SAID ECHATOUI	Encadrant FST FES			M. Yassine HARRAK	Superviseur Production											
Limites du projet	Dans le temps : 15 semaines			M. Saifeddine CHANNA	Technicien Ingénierie											
	Dans l'espace : La ligne d'assemblage Câble moteur- GTDI			Objectifs : Accroître la productivité, non pas en travaillant plus, mais en travaillant mieux. En éliminant les gaspillages.												
Démarche :	Mois	Février			Mars				Avril			Mai			Outils utilisés	
	Semaine	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		3
Définir	Prévu															SIPOC - QQQQCP
	Réalisé															
Mesurer	Prévu														SAP – Chronométrage – Excel	
	Réalisé															
Analyser	Prévu														Ishikawa– Pareto – VSM – Simulation- Excel-	
	Réalisé															
Améliorer	Prévu														Plans d'actions – C++ - Brainstorming - analyse fonctionnelle	
	Réalisé															



II. Démarche détaillée du projet :

1. Introduction :

Ce chapitre consiste à décrire la zone du projet en terme de moyens matériels, humaines et les flux de production pour avoir une idée générale sur la zone d'assemblage câble moteur Jaguar X250- GTDI qu'on doit améliorer, ainsi que de tracer l'état avant de la zone au niveau de l'indicateur de taux de productivité direct et ses composants : les arrêts, l'effectif dans le but de visualiser durant la période du projet l'évolution de cet indicateur et ses composants.

2. Définir :

2.1. Présentation de la ligne GTDI :

2.1.1. Processus de production détaillé :

La ligne GTDI est située dans la zone P3 d'assemblage. Elle est destinée à la production des câbles moteurs pour Jaguar X250. La ligne produit 7 références de câbles et atteint en moyenne une production journalière de 90 faisceaux. Le processus de production se compose des opérations suivantes :

L'insertion :

Cette étape consiste à insérer les terminaux des fils, qui sont déjà passés par la coupe dans des connecteurs. Ces derniers permettent d'établir un circuit électrique débranchable, d'établir un accouplement mécanique séparable et d'isoler électriquement les parties conductrices. L'insertion se fait dans une chaîne qui se compose de 4 postes.

Dans notre ligne chaque poste d'insertion possède un schéma, toujours attaché en face de l'opérateur, qui a pour finalité de l'aider à suivre la séquence exacte des opérations nécessaires pour l'accomplissement de toutes les opérations d'insertion relatives au Part Number (Référence de faisceau) en cours de production (voir annexe 1). En d'autres termes, le support physique attaché montre à l'opérateur quelles références de fils et de connecteurs devrait-il prendre, dans quelles cavités de connecteurs devrait-il insérer les terminaux des fils et l'ordre adéquat de toutes ces opérations. La bonne lecture du schéma pré-requiert que les opérateurs aient déjà eu une formation d'environ un mois dans le centre de formation d'YMK.



Figure 25 : Poste d'insertion (en rouge le schéma).

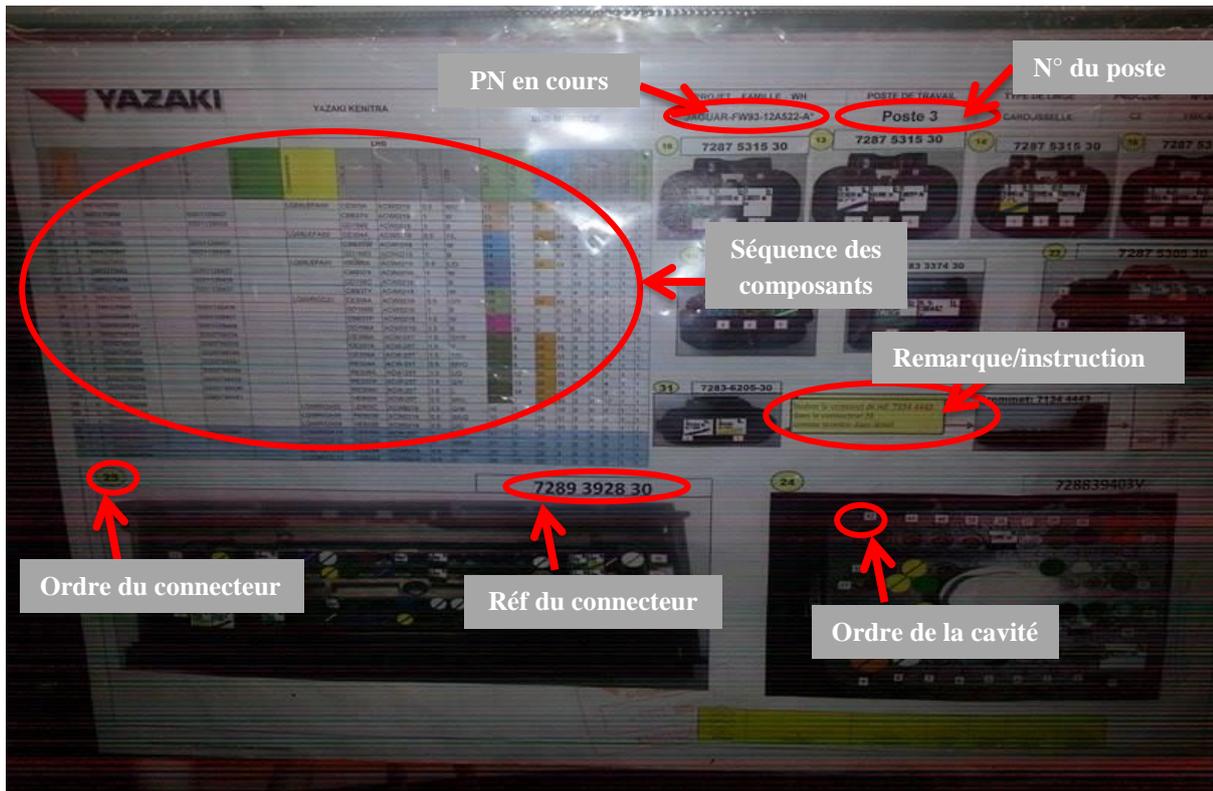


Figure 26 : Schéma de la séquence d'insertion.

La séparation :

Une fois toutes les opérations d'insertions terminées, le faisceau est attaché sur un support. Il sera ensuite transporté par un opérateur et étalé sur le Jig (planche) dans la ligne carrousel pour subir les opérations d'enrubannage. Cette opération s'appelle la séparation.

L'enrubannage :

L'enrubannage se fait dans la ligne carrousel, cette ligne est composée de Jigs (planches en bois avec un lay-out du câble), sur lesquelles les opérateurs réalisent l'ensemble des opérations d'assemblage (habillage enrubannage, insertion des tubes, contrôle dimensionnel...). Les tâches sont réparties par opérateur en fonction du nombre de Jigs. Ces derniers tournent en continu et à vitesse constante réglable (selon le Takt Time de la ligne) grâce à une structure mécanique motorisée en forme de "O", d'où l'appellation "Carrousel". Tous les opérateurs sont à l'extérieur et l'approvisionnement des composants se fait depuis des petites planches attachées à la partie supérieure des Jigs. Ces petites planches sont remplies de composants nécessaires pour tous les

opérateurs dans le carrousel juste après l'opération de séparation. Ce remplissage est assuré par un opérateur indirect (qui n'a pas d'effet direct sur le produit final) appelé Wazarumbo.



Figure 27 : Un Jig d'enrubannage.

Le test électrique :

C'est le contrôle de la continuité électrique, l'inversion, l'isolement, le court-circuit, le positionnement des contacts ainsi que le nombre de fils par planche. Le contrôle est assuré par un logiciel qui détecte le lieu de l'erreur et imprime une étiquette qui contient la date, le matricule de l'opératrice et les informations sur le faisceau. En général il existe deux types de problèmes qui sont détectés au niveau du test électrique :

- Des problèmes qui nécessitent une simple intervention (l'inversion par exemple) ; dans ce cas c'est l'opératrice qui fait le test électrique qui assure la réparation du défaut.
- Des problèmes qui nécessitent une grande intervention (manque de fil, problème d'étanchiété, ...) ; dans ce cas le câble est transporté vers la zone de «rework» qui se charge de la résolution du problème.

Le clip Checker :

Ce poste assure le montage des clips sur le câble. 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 provoquant des bruits et sera exposé aux détériorations à cause des frottements. Une fois l'opération de fixation des clips terminée, les câbles subissent un test de clips sur une machine de contrôle pour s'assurer que tous les clips ont été montés sur le faisceau et dans les positions désirées par le client.

Le test visuel (2^{ème} Visuel) :



C'est le contrôle dimensionnel sur des gabarits spéciaux pour garantir les côtes fonctionnelles du câblage ainsi que le contrôle d'aspect d'enrubannage et le contrôle mécanique (insertion, fermeture double verrouillage et l'étanchéité) et enfin le contrôle d'identification (référence annoncée / référence contrôlée). Une fois le test terminé, l'opérateur emballe le produit fini pour qu'il soit prêt à être transporté au magasin d'expédition.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des informations déjà citée :

Nom de la ligne		GTDI				
Nombre d'opérateurs directs		15				
Nombre de PN		7				
Production journalière moyenne		90 câbles par jour				
Nombre de shift / temps d'ouverture		1 shift / 7,66heures ~ 460 minutes				
Opération	Insertion	Séparation	Enrubannage	Test électrique	Clip Checker	Test visuel
Nombre de postes	4	1	5	1	3	1

Tableau 5: Tableau récapitulatif de la ligne GTDI.

2.1.2. Disposition des machines et des postes :

Lors de la création de l'usine, les responsables de Yazaki cherchaient la meilleure implantation du matériel et des machines dans toute l'usine en général et dans la zone du câble moteur Jaguar en particulier, de façon à faciliter la réalisation de toutes les opérations nécessaires à la production. Elle occupe une superficie de (13,4*7,70) m².

Les deux figures suivantes montrent respectivement la localisation de la ligne GTDI dans l'usine, et la disposition des machines, des postes d'insertion et des Jigs dans la ligne GTDI.

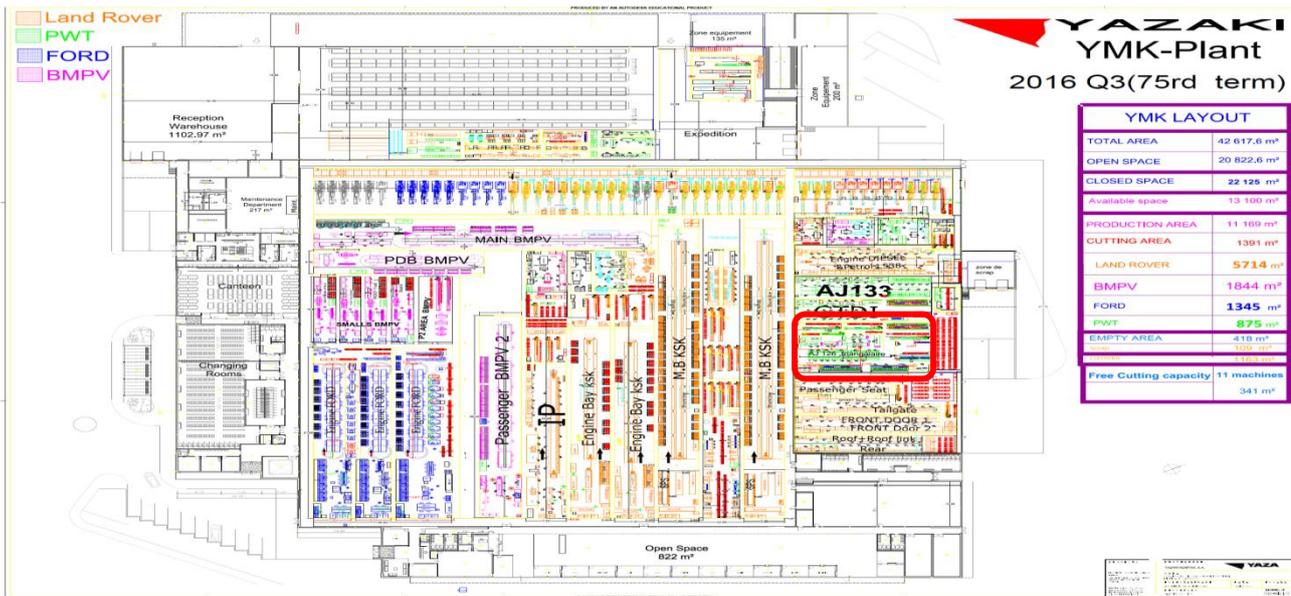


Figure 28: Layout de YMK.

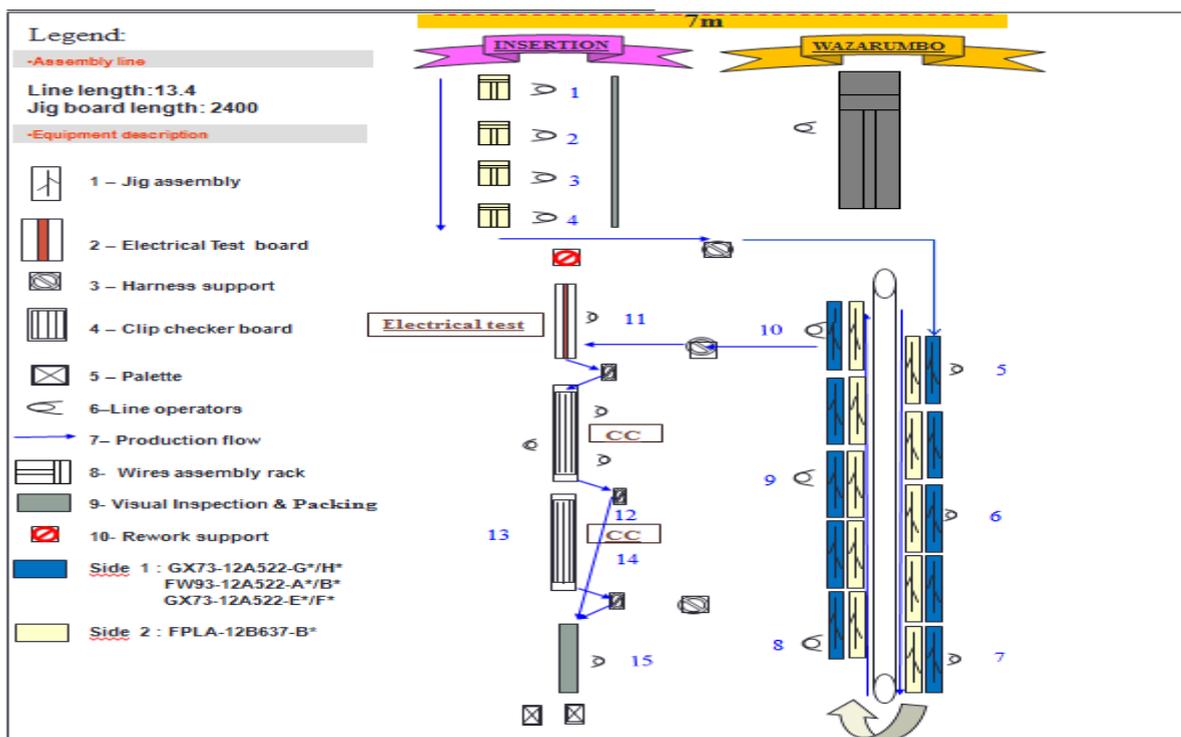


Figure 29: Lay-out de la ligne GTDI.

2.1.3. Diagramme SIPOC de la zone étudiée :

J'ai choisi de modéliser et présenter tous les éléments intervenants dans le processus que l'on souhaite améliorer grâce au diagramme SIPOC qui est un outil de visualisation qui permet de spécifier chacun des éléments constituant le processus.

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
-----------	--------	---------	---------	-----------



Fournisseurs de bobines de fil et de terminaux	-Fils, terminaux, bouchons...	<pre> graph TD A[Préparation de la matière première] --> B[La coupe] A --> C[Pré-assemblage] A --> D[Assemblage] B --> C C --> D </pre>	-Fils coupés -Fils coupés sertis -Rebuts vendable	-Zone pré-assemblage -Zone assemblage -Client externe (recyclage cuivre)
Fournisseurs de connecteurs	-Connecteurs		Faisceaux de fils	-Zone assemblage
Fournisseurs d'accessoires et de matériel de protection	-Accessoires -Clips -Matériel de protection		-Câbles finis -Déchets vendables -Déchets non vendables	-JLR -Client externe (recyclage)

Tableau 6: Diagramme SIPOC de la ligne.

2.2. Notion de la productivité :

La productivité a pour finalité de mesurer le degré de contribution d'un ou de plusieurs paramètres de production (matériels ou immatériels mis en œuvre dans le processus de transformation) à la variation du résultat final obtenu.

La mesure de la productivité se fait en divisant la production (sortie) par l'un des facteurs de production le plus significatif employé pour l'obtenir (entrée).

C'est dans ce contexte que YMK est soucieuse de bien suivre ces indicateurs de performance et en particulier celui de la productivité qui est considéré parmi l'un des indicateurs les plus significatifs qui donnent une vision claire sur l'état actuel des lignes de production. Pour ce faire Yazaki calcul sa productivité en utilisant la formule suivante :

$$Productivité = \frac{\sum \text{Heures produites}}{\sum \text{Heures payées}} \times 100 \quad (1)$$

Avec :

$$\sum \text{Heures Produites} = \sum (\text{Quantités produites} \times \text{ManHour total}) \quad (2)$$

$$\sum \text{Heures Payées} = (\text{Effectif présent} \times \text{Temps d'ouverture}) \quad (3)$$



Et :

Avec :

- **Quantités produites** : le nombre de câbles produit durant la période dans laquelle on veut calculer le taux de productivité.
- **Manhour** : c'est le temps nécessaire pour produire un câble fini par un seul opérateur tout au long de la chaîne de production. Chaque référence de câble (PN) à son propre MH.
- **Effectif présent** : le nombre d'opérateurs présents durant la période dans laquelle on veut calculer le taux de productivité.
- **Temps d'ouverture** : Représente le temps d'ouverture de la ligne dans notre cas il est égal à 7,66 heures.

Ainsi la relation de la productivité est :

$$Productivité = \frac{\sum(Quantités produites \times ManHour total)}{(Effectif présent \times Temps d'ouverture)} \times 100 \quad (4)$$

Remarque1 :

Vu les problèmes de productivité rencontrés, YMK est obligé, selon le besoin, d'ajouter des heures supplémentaires de travail afin de satisfaire la demande de ses clients dans les délais accordés.

Dans ce cas la relation de la productivité devient :

$$Productivité = \frac{\sum(Quantités produites \times ManHour total)}{(Effectif présent \times 7,66) + Heures supplémentaires} \times 100 \quad (5)$$

Remarque2 :

Il ne faut pas confondre productivité et efficacité, parce qu'en effet, YMK assure le suivi de ces deux indicateurs qui sont complémentaires mais qui se calculent de manières différentes. L'efficacité n'est autre que l'optimisation des ressources mises en œuvre pour atteindre un objectif. Elle se calcule en divisant les heures produites (déjà expliquées) sur les heures effectivement travaillées (Temps d'ouverture de la ligne moins le temps non productif total qui est le temps qui correspond à l'ensemble des activités indirectes ainsi que les arrêts de production).

$$Efficacité = \frac{\sum Heures produites}{\sum(Heures payées - TNP)} \times 100 \quad (6)$$



3. Mesurer :

3.1. Introduction :

Afin d'avoir une vision claire et de bien mener mon projet, il m'est indispensable, avant de commencer toute mesure, de rappeler et de bien fixer les objectifs que je veux atteindre.

Le principal objectif de mon projet est d'accroître la productivité de la ligne GTDI pour qu'elle puisse atteindre 120% et ceci avec une production journalière moyenne de 170 câbles. Pour ce faire, il faut tout d'abord commencer par faire les mesures nécessaires que je pourrai exploiter et analyser par la suite dans le but de trouver les causes racines de la chute du taux de productivité. Ceci me permettra par la suite de trouver les solutions adéquates pour atteindre mes objectifs déjà fixés. Cette partie va résumer toutes les mesures que j'avais faites durant mon étude.

3.2. Evolution du taux de productivité de la ligne GTDI :

L'indicateur qu'on vise à améliorer dans notre projet est le taux de productivité qui doit être calculé chaque jour par le chef de la ligne. Néanmoins, les objectifs du service production en termes de productivité ne sont pas atteints, chose qui se répercute directement sur les volumes produits et qui ne réussissent pas, en général, à satisfaire la demande client. Ceci signale une mauvaise utilisation et gestion des ressources.

Afin d'avoir une idée exacte sur cet indicateur, on a jugé nécessaire de faire un suivi de la productivité durant le premier mois de l'année en cours. Ceci nous aidera à voir l'évolution du taux de productivité ce qui nous permettra, ainsi, de pouvoir juger l'état de criticité de la productivité de notre ligne de production qui fait objet de notre étude.

La figure suivante résume l'évolution du taux de productivité durant le mois Janvier de l'année en cours :

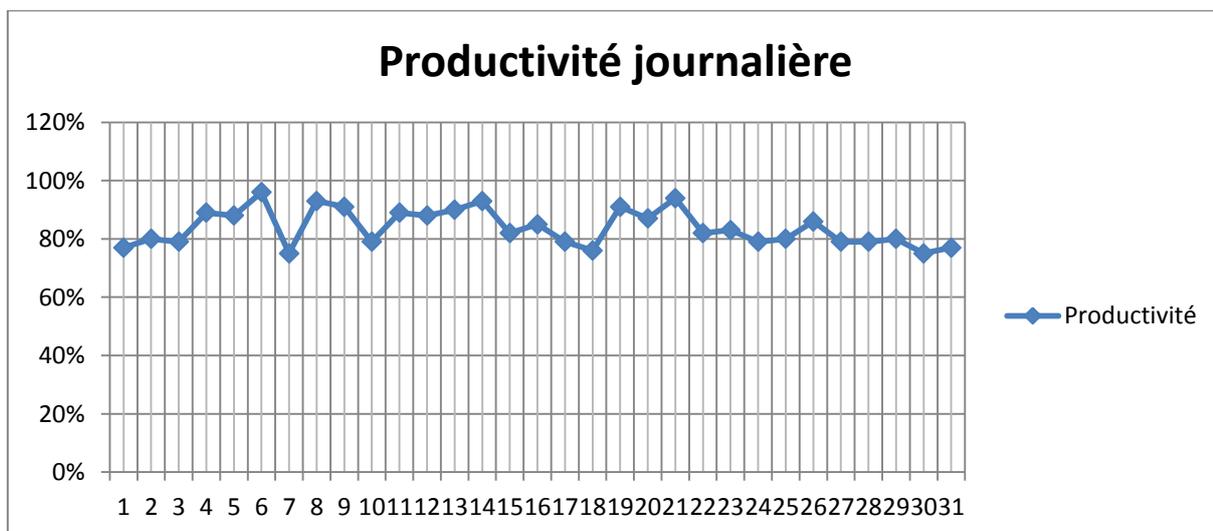


Figure 30: Productivité journalière du mois Janvier.



On remarque que la productivité de la ligne GTDI varie entre 75% et 96%. Elle n'est pas stable depuis le mois de Décembre et elle est loin d'atteindre l'objectif souhaité qui est de 120%, ceci ne remplit pas l'objectif souhaité par la direction.

Cela nous amène à nous approfondir en étudiant les éléments qui influencent directement la productivité de la ligne à savoir l'effectif et les heures de travail. En effet comme déjà cité, la productivité se calcul à YMK de la manière suivante :

$$Productivité = \frac{\sum(Quantités\ produites \times ManHour\ total)}{(Effectif\ présent \times Temps\ d'ouverture)} \times 100 \quad (7)$$

A part le « Manhour » qui est une donnée constante, les autres éléments restent variables et ont un impact direct sur la productivité.

3.3. Les quantités produites par la ligne GTDI :

L'un des principaux facteurs qui influencent la productivité d'une ligne est sa capacité de produire des quantités importantes. En effet plus notre ligne est capable de produire des câbles plus notre productivité sera améliorée. C'est dans cette vision que j'ai décidé de suivre l'historique des quantités produites par la ligne GTDI durant une période bien précise (les 11 premières semaines de l'année en cours) tout en les comparant avec les objectifs planifiés dans le plan directeur de production (MPS) de la même période. Les résultats de mon étude sont résumés dans la figure suivante :

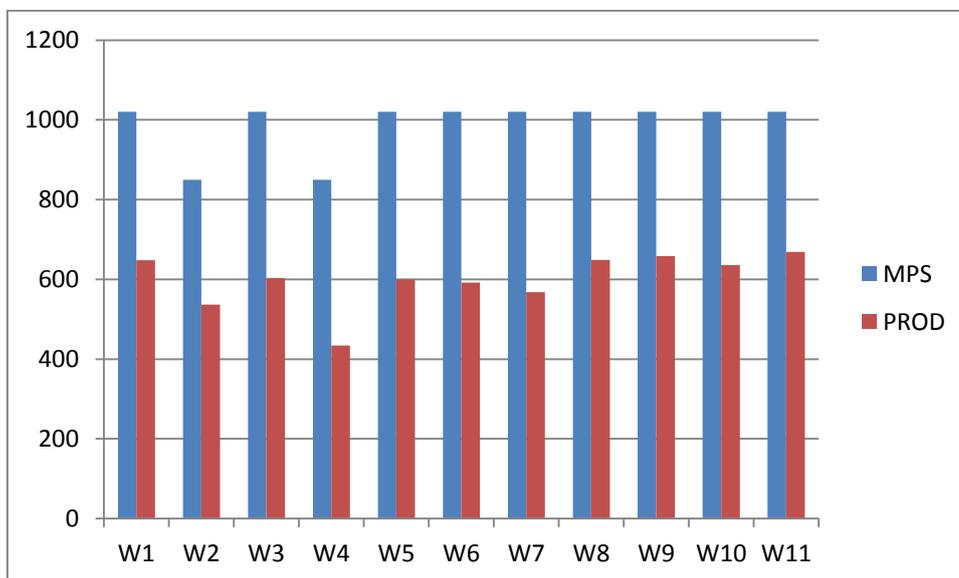


Figure 31: Comparaison entre les quantités produites et les quantités planifiées dans le PDP.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
MPS	1020	850	1020	850	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
Production	648	537	603	434	600	592	568	649	658	636	669



Ecart	-372	-313	-417	-416	-420	-428	-452	-371	-362	-384	-351
Ecart cumulé	-372	-685	-1102	-1518	-1938	-2366	-2818	-3189	-3551	-3935	-4286

Tableau 7: Les écarts entre les quantités produites et les quantités planifiées dans le PDP.

On remarque que, durant les 11 premières semaines de l'année, la production de la ligne GTDI n'a jamais pu atteindre l'objectif souhaité et qui est déjà planifié dans le PDP. Ceci engendre alors des écarts importants qui ne cessent de se cumuler chaque semaine.

3.4. Calcul du Takt Time :

Après avoir remarqué que la production ne réussit jamais à atteindre les objectifs planifiés dans le PDP, il était indispensable de calculer le Takt Time de la ligne GTDI qui désigne le rythme de production qu'elle devrait suivre afin qu'on puisse satisfaire la demande client.

Le calcul du Takt Time se fait de la manière suivante :

$$Takt\ Time = \frac{Temps\ d'ouverture\ (durant\ une\ période)}{Demande\ client\ (de\ la\ même\ période)} \quad (8)$$

Dans notre cas, la ligne GTDI travaille avec un seul shift par jour. Le temps de travail net du shift est de 7,66 heures soient 460 minutes par jour.

Concernant la demande client, on a exploité les prévisions de commandes fournis par le client. En effet le client JLR fournit via EDI des prévisions de commandes des 12 semaines à venir. On a tiré les prévisions de commandes de 11 semaines, et les avons exploités dans le calcul du Takt Time de notre ligne.

Le tableau suivant résume les commandes de JLR durant 11 semaines :

Familie	Description	Material	Weeks											Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
GTDI MY15	FW93 12A522AA	F000088088	86	126	82	102	108	58	14	42	8	17	25	668
GTDI MY15	FW93 12A522BA	F000088089	4	2	0	4	2	2	0	6	0	4	4	28
GTDI MY15	FPLA 12B637B	F000052087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTDI MY16	GX73 12A522FA	F000091939	0	0	30	22	14	20	14	10	10	10	8	138
GTDI MY16	GX73 12A522E	F000094155	200	220	356	280	250	250	260	104	122	104	83	2229
GTDI MY16	GX73 12A522GA	F000113869	380	342	344	374	336	474	578	462	816	620	496	5222
GTDI MY16	GX73 12A522HA	F000113870	290	260	230	240	230	220	280	260	240	210	240	2700

Tableau 8: Commandes de la ligne GTDI.

	960	950	1042	1022	940	1024	1146	884	1196	965	856	Total
Total demand	960	950	1042	1022	940	1024	1146	884	1196	965	856	10985
Available Time (min)	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	30360
Takt Time (min)	2,9	2,9	2,6	2,7	2,9	2,7	2,4	3,1	2,3	2,9	3,2	2,76

Tableau 9: Calcul du Takt Time.



Durant les onze semaines dans lesquelles on désire calculer notre Takt Time on a une demande totale de 10985 câbles que nous devons satisfaire durant un temps ouverture total de 30360 minutes. En divisant le temps d'ouverture par la demande totale on déduit que notre Takt Time est égal à 2,76 minutes soient 165 secondes.

En d'autres termes il nous faut produire un faisceau toutes les 165 secondes afin de satisfaire la demande du client JLR.

3.5. Mesure du Cycle Time :

Le Cycle Time est le temps mesuré entre deux sorties successives de produits finis. Le Cycle Time de la ligne sujette de notre étude doit être mesuré et comparé avec le Takt Time de la ligne de production GTDI. Pour ce faire, on a chronométré tous les postes de notre ligne à plusieurs reprises et on a obtenus les résultats suivants :

NB : La condition nécessaire pour répondre à la demande client est **Cycle Time ≤ Takt Time**.

Le tableau suivant résume les résultats du chronométrage effectué (en secondes) :

		Insertion				Taping						Inspection					
		P1	P2	P3	P4	WAS	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TE	CC1	CC2	CC3	2V
Time study	Take01	215	223	199	225	121	215	208	212	238	205	210	186	192	202	196	272
	Take02	208	226	206	225	125	213	215	214	227	225	216	184	189	194	195	279
	Take03	220	224	210	227	123	210	214	215	222	197	220	185	190	198	194	270
	Take04	213	223	206	224	122	212	225	201	252	214	213	184	191	198	194	272
	Take05	215	225	204	228	124	214	225	220	242	225	230	185	190	197	193	279
	Take06	218	224	207	221	123	212	230	215	251	220	249	183	192	198	196	270
	Take07	212	225	203	230	125	211	246	208	245	228	238	188	189	202	193	274
	Take08	220	226	205	222	123	216	235	212	240	235	244	187	193	200	195	272
	Take09	217	225	209	226	125	210	241	220	256	234	241	184	189	201	196	273
	Take10	208	223	206	224	129	216	270	220	261	234	226	184	188	199	197	276
	Take11	210	232	208	229	122	212	235	209	270	226	234	183	187	190	193	275
	Take12	218	215	202	228	120	216	230	219	252	232	235	187	192	197	201	274
	Take13	217	226	203	226	119	211	225	212	256	235	250	186	191	196	193	278
	Take14	211	225	208	228	121	213	236	214	253	228	236	184	190	202	194	271

Tableau 10: Chronométrage des postes de la ligne GTDI.

Pour que nos chronométrages soient représentatifs on était obligés de prendre plusieurs prises (14 prises) pour chaque poste de notre ligne de production. Ensuite, pour exploiter les données qu'on vient de mesurer, on a décidé de calculer la moyenne des temps cycles de chaque poste. Le tableau suivant résume les résultats obtenus (en secondes) :

		INSERTION				ENRUBANNAGE						INSPECTION				
		P1	P2	P3	P4	WAS	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TE	CC1	CC2	CC3



Min	208	215	199	221	119	210	208	201	222	197	210	183	187	190	193	270
Max	220	232	210	230	129	216	270	220	270	235	250	188	193	202	201	279
Moyenne	214	224	205	226	123	213	231	214	248	224	232	185	190	198	195	274
Takt Time	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165

Tableau 11: Moyennes des chronométrages de chaque poste.

Pour mieux visualiser les résultats obtenus, je les ai représentés sur le graphe suivant :

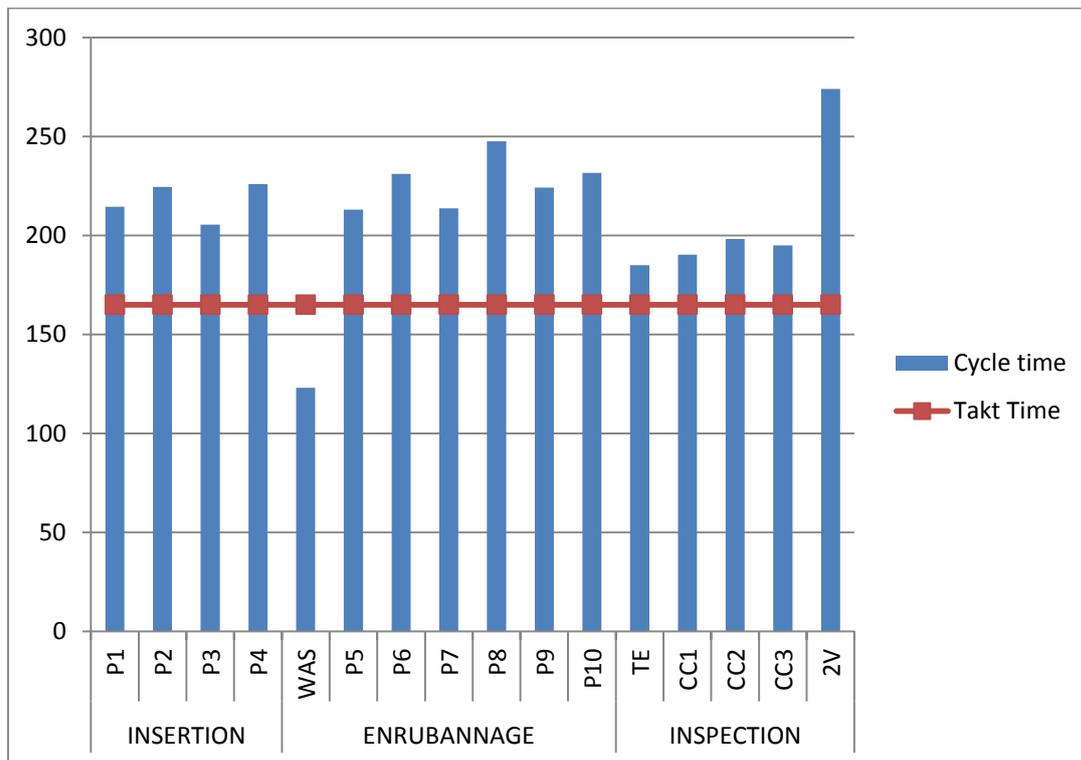


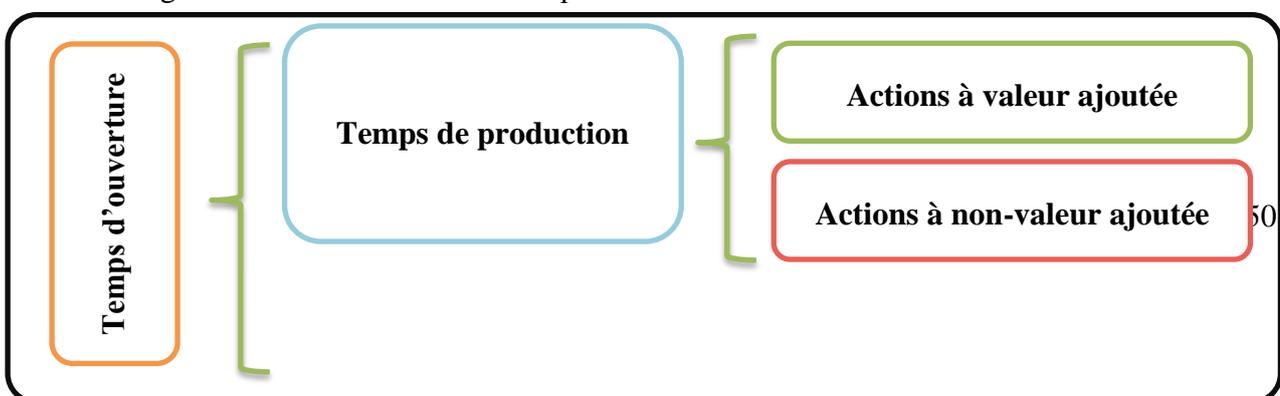
Figure 32: Cycles Times de chaque poste par rapport au Takt Time de la ligne.

On remarque qu'en général les postes ne sont pas équilibrés. En outre, on remarque aussi que les temps cycles de tous les postes directs de l'insertion, l'enrubannage, le test des clips et le test visuel dépassent le Takt Time de la ligne qu'on a déjà calculé.

3.6. Le temps d'ouverture de la ligne :

Comme je l'ai déjà précisé, la ligne sujette de mon projet travail en un seul shift qui produit pendant 7,66 heures par jour. Durant ce temps d'ouverture la ligne est soit en production ou soit, pour l'une des raisons, en arrêt. Le temps de production est à son tour caractérisé par deux types d'actions : des actions à valeur ajoutée et des actions à non-valeur ajoutée. Plus les arrêts diminuent et les actions à valeur ajoutée priment sur les actions à non-valeur ajoutée plus la productivité de notre ligne va croître.

La figure suivante illustre notre temps d'ouverture :



Temps d'arrêt

Figure 33: Illustration du temps d'ouverture de la ligne GTDI.

3.6.1. Les temps d'arrêt :

Comme toute ligne de production, la ligne GTDI rencontre aussi des arrêts dont les durées varient selon les causes et la vitesse de réaction pour poursuivre la production. On a mesuré les arrêts de la ligne durant les 11 premières semaines et avons obtenu les résultats qui sont résumés dans le tableau suivant :

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	Total
Temps d'arrêt (h)	0,16	1,95	2,82	2,88	2,14	0,25	0,75	0,41	0	0	0	11,36
Temps d'arrêt (min)	10	117	169	173	128	15	45	25	0	0	0	682

Tableau 12: Les arrêts de la ligne GTDI.

Pour mieux visualiser ces mesures, on a opté de les illustrer sur le graphe suivant :

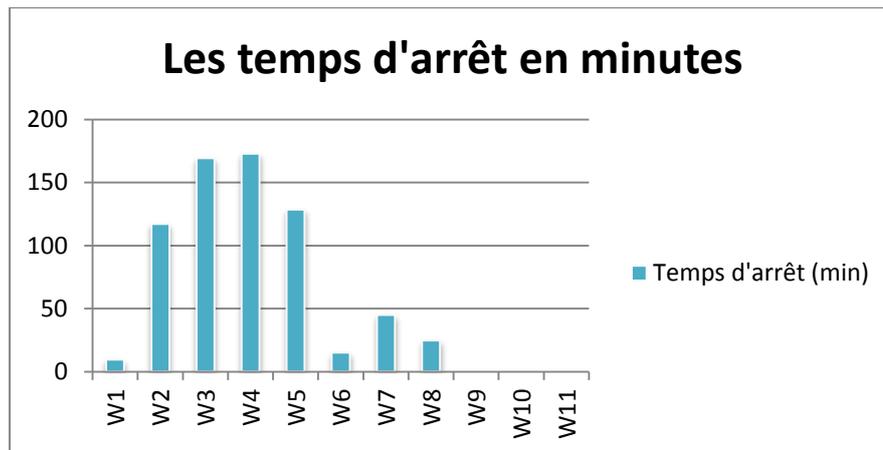


Figure 34 : Les temps d'arrêt de la ligne GTDI.

On remarque que la ligne GTDI a rencontré un total d'arrêts de 11,36 heures durant une période de 11 semaines soient l'équivalent d'une journée et demie de production.

3.6.2. L'origine des arrêts de production :

Comme on l'a déjà remarqué, la ligne de production GTDI est atteinte de temps en temps à différents types d'arrêts qui influencent le taux de productivité. On a décidé alors de les analyser et d'en déduire l'ensemble de causes à leur origine.

Le diagramme suivant résume le pourcentage et les causes des arrêts rencontrés par la ligne GTDI durant les 11 premières semaines de l'année en cours :

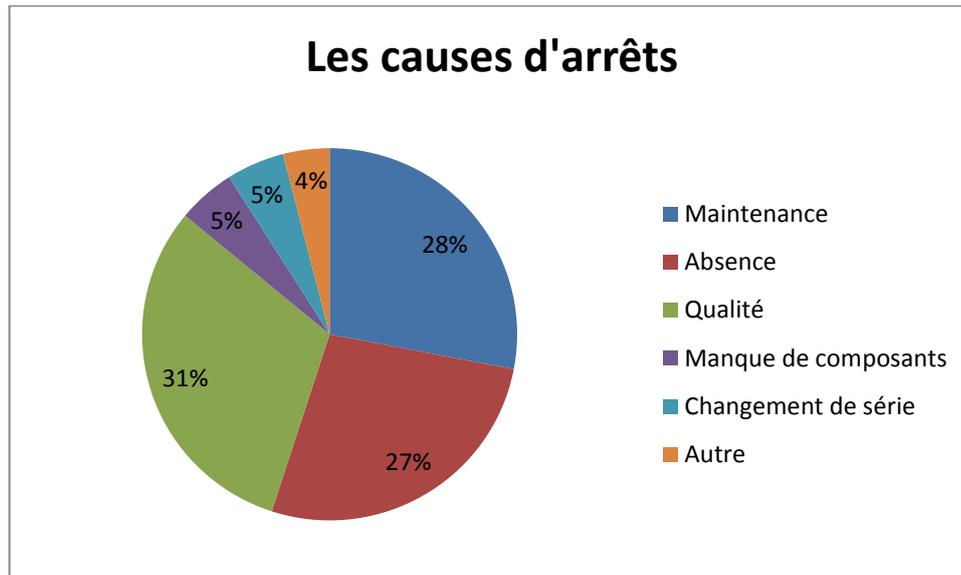


Figure 35: Les causes d'arrêt de la ligne GTDI.

Pour mieux analyser ces causes, on a tracé le diagramme de Pareto des causes d'arrêts :

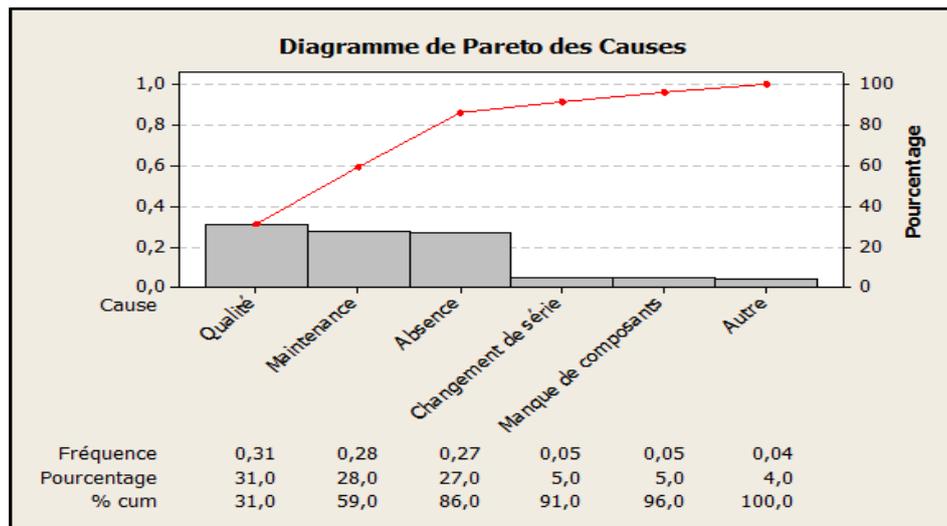


Figure 36: Diagramme de Pareto des causes d'arrêt.

Après l'analyse de l'historique des arrêts durant les 11 premières semaines, j'avais déduit que la plupart des arrêts sont causés par les défauts de qualité que subissent les câbles, la maintenance de la ligne, en plus des absences des opérateurs. Ces trois causes majeures ont un impact négatif sur la productivité de la ligne.

En effet, la ligne subit toujours des arrêts lorsqu'elle rencontre un défaut d'inversion dans le câble, ce défaut est souvent perçu dans la ligne lorsque les postes d'insertion ne mettent pas les fils dans les bonnes cavités ou lorsqu'ils n'insèrent pas la bonne référence de fil. Par conséquent la ligne est arrêtée au niveau du poste de test électrique dans le but de régler le problème rencontré.



D'une autre part, les machines du Test électrique et du Clip Checker tombent souvent en panne et nécessitent une intervention immédiate du service maintenance afin de résoudre le problème le plus tôt possible et permettre, ainsi, à la ligne de reprendre sa production.

Et enfin, l'absence des opérateurs de la ligne GTDI cause souvent des problèmes d'arrêts de ligne surtout que les absents sont remplacés par des opérateurs polyvalents ou des opérateurs en cours de formation. Ces derniers ne sont pas habitués à plusieurs tâches qu'ils doivent exécuter pour éviter l'arrêt total de la ligne GTDI. Ces absences causent à la fois des arrêts et des retards importants, et sont, par conséquent, à l'origine d'une chute considérable de la productivité.

3.6.3. Temps de production :

Comme déjà cité, notre temps dédié à la production est caractérisé par des actions à valeur ajoutée et d'autres à non-valeur ajoutée. J'ai donc essayé d'étudier l'environnement des postes afin de bien comprendre les flux physiques et d'informations, gérer leur chevauchement, et assurer un milieu convenable aux opérateurs tout en supprimant les Mudras qui existent, en traitant les arrêts qui influencent la productivité de la zone concernée.

3.6.3.1. VSM de l'état actuel de la ligne GTDI :

Pour bien analyser les flux physiques et d'informations de toute la ligne de production du câble moteur-Jaguar j'ai tracé une cartographie du flux de la zone de l'état actuel pour détecter les flux sans valeur ajoutée.

Avant de procéder à la réalisation du VSM, et vu que notre ligne produit 7 différents Part Numbers dont les matières premières, rentrants dans leurs nomenclatures (BOM), sont d'une grande variété, j'avais décidé de réaliser la cartographie des flux des PN qui sont les plus produits par notre ligne. Et concernant les composants de matière première, j'avais décidé de suivre le flux de deux composants qui sont présents dans tous les PN et qui sont d'une grande valeur par rapport aux autres composants à savoir le connecteur dont la référence est 7289-7122-30 et le joint dont la référence est S001275691.

Pour savoir lesquels des PN choisir, j'ai procédé par une mesure des Take Rates de chaque PN durant les 12 premières semaines. En effet, le Take Rate n'est autre que le pourcentage du temps durant lequel un PN a pris part dans la production durant une période bien déterminée. En d'autres termes c'est le pourcentage de temps alloué à la production d'un PN durant une période précise.

Le tableau suivant résume les Take Rates des 7 PN de notre ligne durant les 12 premières semaines de l'année en cours :



Material	PN	Take Rate (12 weeks)
F000088088	FW9312A522A	4%
F000088089	FW9312A522B	1%
F000091939	GX7312A522F	4%
F000094155	GX7312A522E	4%
F000113869	GX7312A522G	76%
F000113870	GX7312A522H	12%
F000052087	FPLA 12B637B	0%

Tableau 13: Take Rate des PN de la ligne GTDI.

Pour choisir les Part Numbers qui vont être sujets de notre cartographie, on a jugé nécessaire de réaliser le diagramme de PARETO des mesures ci-dessus la figure suivante représente le diagramme de PARETO des Take Rates des PN :

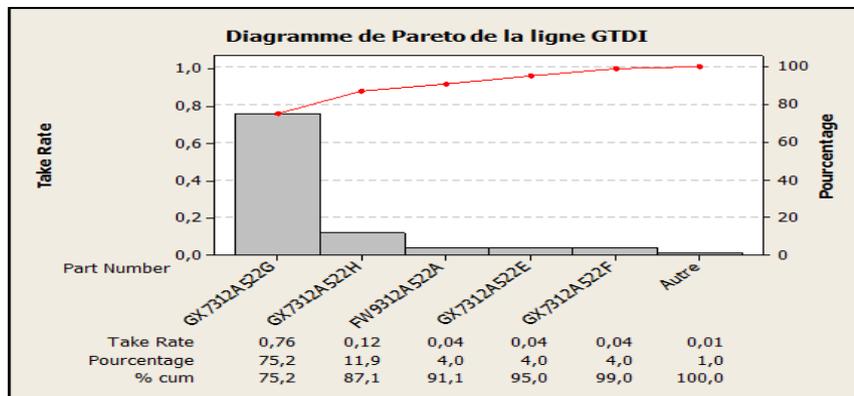


Figure 37: Diagramme de Pareto des Take Rate.

Depuis le diagramme de PARETO, il est clair que le PN : GX7312A522G est le câble que je devrai choisir pour réaliser le VSM puisqu'il représente le PN qui est produit durant 80% du temps de production de la ligne GTDI.

➤ Les informations collectées :

- ✓ Le flux physique de :
 - La bobine de fil : représentée par un trait rouge
 - Le connecteur : trait vert
 - Le câble entier : trait noir
- ✓ Les stocks encours de chaque poste et entre 2 postes successives.
- ✓ Les stocks des références des bobines dans le magasin et dans le supermarché.
- ✓ Le stock de référence de connecteur dans le magasin et dans le supermarché.
- ✓ La demande journalière du client.
- ✓ La consommation journalière.
- ✓ Le cycle time de chaque processus.
- ✓ Le flux de communication.
- ✓ Le nombre de shift et le temps de travail par jour.
- ✓ La fréquence de réception de la matière première (pour les deux composants).



- ✓ La fréquence d'expédition des produits finis.
- ✓ Le taux de rebut pour chaque processus.
- ✓ Le temps de set up de chaque poste.

➤ **La légende du VSM :**

Pour mieux comprendre les symboles adoptés dans le VSM, on a élaboré le tableau ci-dessous qui représente la légende résumant la signification de chaque symbole de la cartographie :

Symbole						
Signification	Transporteur ravitailleur	Transport routier	Source extérieure	Processus	Super-marché	Stock
Symbole						
Signification	Flux d'informations manuel	Flux d'information informatique	Opérateur	Flux poussé	First in first out	Kanban

Figure 38: légende du VSM



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès



Ci-dessous le VSM du câble GX7312A522G dès la réception de la matière première jusqu'à son expédition :

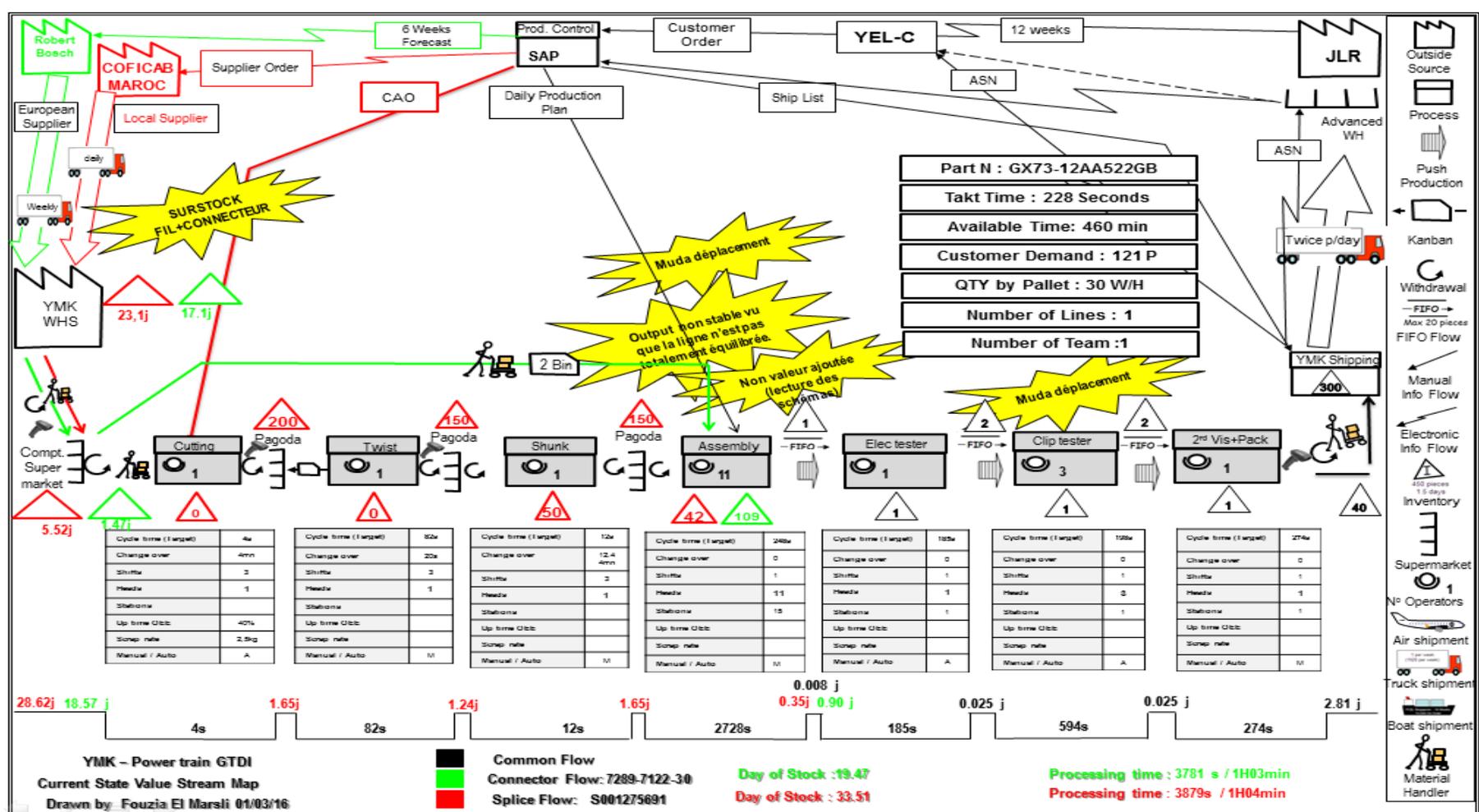


Figure 39: VSM de la ligne GTDI.



➤ **Informations tirées de la cartographie VSM :**

Après avoir réalisé notre cartographie de flux on a pu tirer les informations suivantes :

Les flux sans valeur ajoutée sont :

- Au niveau des postes d'insertion :
 - ❖ Lecture des schémas pour suivre la bonne séquence.
 - ❖ Déplacement entre le dernier poste d'insertion et le support de câbles qui sert de transition entre l'insertion et l'enrubannage.
- Au niveau des postes d'enrubannage :
 - ❖ Déplacement de l'opératrice du poste de séparation pour apporter le câble depuis le support de transition entre l'insertion et l'enrubannage.
 - ❖ Existence de postes d'enrubannage chargés et d'autres moins chargés.
- Au niveau des postes du test électrique et du clip Checker :
 - ❖ Des déplacements afin de déposer ou prendre le câble depuis un support.

Remarque :

- ❖ J'avais aussi remarqué, au cours de la réalisation de la cartographie des flux, que le magasin de matières premières souffre d'un surstock important au niveau des composants de matières premières que je suivais. En effet la couverture du fil était de 23,1 jours alors que le fournisseur de bobines de fil est très proche de l'usine de YMK et se situe dans la zone franche de Kenitra, la même remarque a été faite concernant le connecteur qui, malgré le fait que son fournisseur est à l'étranger (l'Allemagne), a un transit time (nécessaire pour réceptionner la matière première) beaucoup plus inférieur que la couverture en stock possédée par le magasin de matières premières de YMK.

3.7. Conclusion :

La phase "mesurer" nous a permis d'évaluer la situation actuelle du processus de production de la ligne GTDI en mesurant les différents paramètres constituant les états des lieux actuels. Ces mesures serviront, dans la prochaine phase, d'objets d'analyse pour détecter les causes exactes de notre problématique.



4. Analyser :

4.1. Introduction :

A ce stade de notre démarche, on est obligé d'analyser tous les éléments et les données déjà mesurés afin de bien comprendre le problème et parvenir par la suite à identifier les causes racines des écarts entre les objectifs souhaités et la situation actuelle.

4.2. Analyse des données mesurées :

Le taux de productivité non stable, qui tourne autour de 80% et qui est loin d'atteindre l'objectif fixé par Le service de production engendre une incapacité au niveau de la réalisation des objectifs de production planifiés au niveau du PDP.

En plus on a détecté que les postes de la ligne GTDI étaient chargés et ne pouvait pas suivre le rythme demandé par le client, chose qu'on avait détecté en comparant le Cycle Time de la ligne qui était supérieur à son Takt Time.

Ensuite, on a remarqué que la ligne est souvent atteinte de plusieurs arrêts qui ont un impact négatif sur la productivité.

Et enfin on a détecté plusieurs gaspillages (Mudas) au niveau de notre ligne qui sont en général des déplacements ou des actions à non-valeur ajoutée et qui doivent être éliminés afin d'exploiter au maximum notre temps d'ouverture et de le dédier le plus possible à des actions à valeur ajoutée. Ceci dans le but d'accroître notre productivité.

4.3. Diagramme d'ISHIKAWA :

Dans le but d'identifier les causes racines des défaillances au niveau de la productivité de la ligne GTDI on a procédé par un Brainstorming avec les membres de l'équipe de projet. Cette activité nous a permis de déceler l'ensemble des causes pouvant être à l'origine de notre problématique. C'est ainsi qu'on a pu dresser le diagramme d'« ISHIKAWA » en liant les causes relevés durant notre Brainstorming aux 5M : Matière, Main d'œuvre, Moyen, Méthode et Milieu de travail.

L'analyse par la méthode 5M nous a permis de dégager les causes les plus importantes des défaillances relevées lors de l'évaluation du processus et de les classer comme suit :

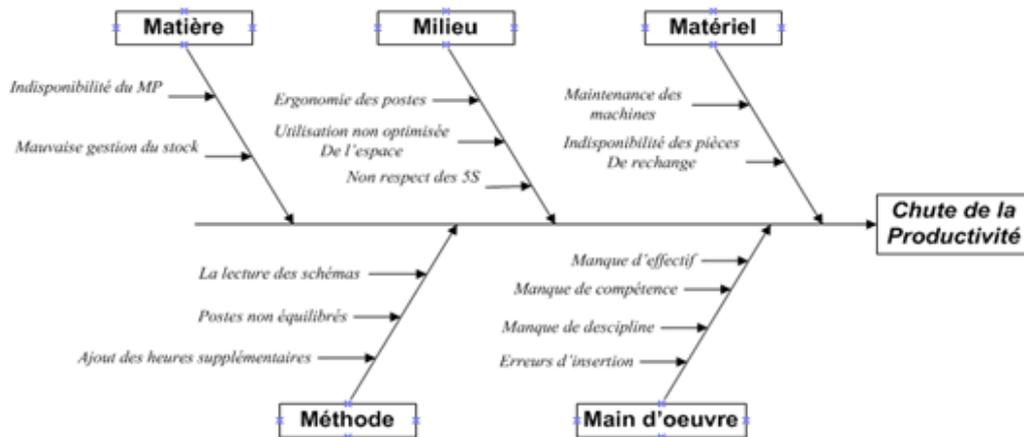


Figure 40: Diagramme d'Ishikawa.

Pour étudier le degré de criticité des différentes causes tirées par le diagramme d'Ishikawa, on a demandé une réunion avec les membres de l'équipe du projet à savoir : le responsable de la ligne, le superviseur ingénierie et le superviseur production pour évaluer les différentes causes détectées et pour les classer selon leurs degrés de criticités.

Il s'agit d'établir un vote sur la criticité de chaque cause tirée dans le diagramme d'Ishikawa en votant sur une échelle de 0 à 4 plus la cause est critique plus la note attribuée sera grande.

Il faut donc analyser le résultat du vote fait dans le but de classer un certain nombre de critères, d'opinions par ordre d'importance. Cette analyse se fait dans un tableau croisé dans lequel on place les causes en entête de ligne, et les votants en entête de colonne. Les valeurs du tableau représentent alors la note accordée par chaque votant.

On rappelle bien qu'il s'agit d'un classement par ordre d'importance, ou de priorité. Chaque votant va donc classer à sa guise les différentes opinions en leur affectant une valeur. Le tableau final est la synthèse de tous les classements.

Le tableau suivant montre le résultat de cette réunion :

Les causes	M.Ahmich	M.Harrak	M.Channa	Mlle. El Marsli	TOTAL
Indisponibilité de MP	1	1	0	1	3
Gestion de stock	1	1	1	1	4
Utilisation non optimisée de l'espace	4	4	3	4	15
Ergonomie des postes	1	1	1	1	4
Non-respect des 5S	0	0	1	0	1
Maintenance des machines	3	3	3	3	12
Indisponibilité des pièces de rechanges	1	1	1	1	4
Lecture des schémas d'insertions	4	4	4	4	16



Déséquilibres des postes	3	2	3	3	11
L'ajout des heures supplémentaires	2	2	1	2	7
Erreurs d'insertion	4	3	4	4	15
Manque d'effectif	4	3	3	3	13
Manque de compétence	3	3	3	2	11
Manque de discipline	2	2	0	0	4

Tableau 14: Résultat du vote pondéré.

Un classement de ces causes est primordial pour ressortir avec ceux qui influencent plus sur la productivité. Pour ce faire, la méthode de classification ABC ou bien de Pareto semble l'outil le plus efficace.

La figure ci-dessous représente le diagramme de Pareto tracé à base des résultats de vote :

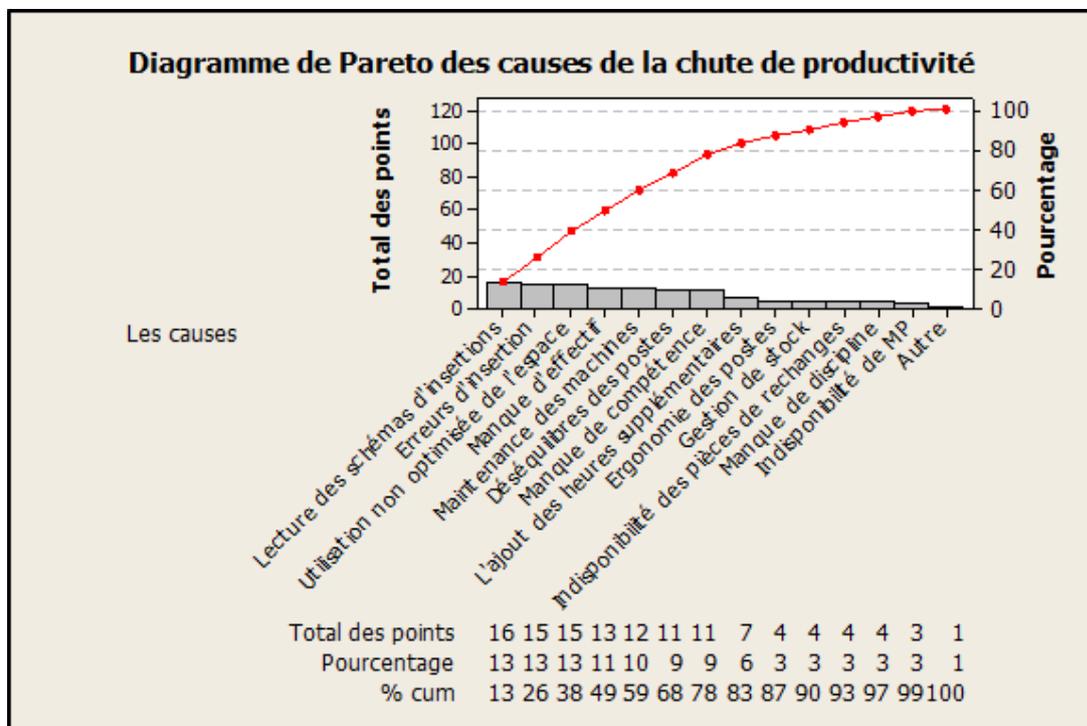


Tableau 15: Diagramme Pareto des causes de la chute de productivité.

Depuis le diagramme de Pareto tracé ci-dessus on a déduit que 80% des effets du problème de la productivité de la ligne GTDI sont causés par les éléments suivant :

- **La lecture des schémas d'insertion** qui permettent aux opérateurs des postes d'insertion de suivre la bonne séquence.
- **Les erreurs d'insertions** qui causent fréquemment des arrêts au niveau du poste électrique et ce à cause d'une erreur commise au niveau des postes d'insertion soit en inserant le fil dans la mauvaise cavité du connecteur soit en inserant la mauvaise référence de fil.
- **L'utilisation non optimisée de l'espace** qui est à l'origine de plusieurs gaspillages (Mudas de déplacement).



- **Le manque d'effectif** qui s'illustre par une charge supérieure à la capacité de la ligne.
- **La maintenance des machines** qui tombent souvent en panne et causent des arrêts de la ligne de production.
- **Les postes de production non équilibrés** qui impactent le cycle time de la ligne de production GTDI.
- **Manque de compétence** : un problème rencontré souvent lors de l'absence des opérateurs où l'on est obligé de les remplacer par des opérateurs polyvalents ou en cours de formation. Ces derniers n'ont pas assez de compétences pour se familiariser rapidement avec les nouvelles tâches qu'on leur a affectées.

La résolution et le contrôle de ces différentes causes détectées va permettre la résolution du problème de productivité de la ligne de production câble moteur-Jaguar.

4.4. Conclusion :

On a pu durant la phase « Analyser » de notre démarche « DMAIC » d'analyser l'ensemble des données mesurées. Ceci nous a permis de déduire les causes principales du problème que rencontre la ligne GTDI au niveau de son taux de productivité.

On va essayer dans les phases qui suivent de trouver les solutions nécessaires qui vont garantir l'atteinte des objectifs souhaités.



Amélioration de la productivité de la ligne GTDI

Chapitre 4

Ce chapitre est consacré pour présenter :

- La phase « Améliorer » qui apporte les solutions adéquates à la problématique.
- La phase « Contrôler » qui assure le contrôle et la maintenance des solutions proposées.
- Le chiffrage des gains.

1. Améliorer :

1.1. Introduction :

Nous allons, durant cette phase, proposer les solutions à toutes les causes déjà tirées qu'on avait jugées susceptibles d'être à l'origine de notre problématique. Ces solutions vont nous assurer par la suite l'amélioration du taux de productivité de notre ligne.

1.2. Traitement du problème de la maintenance des machines :

1.2.1. Présentation du problème :

Comme on a déjà précisé, la ligne de production qui fait objet de notre étude rencontre souvent des arrêts qui sont dus aux pannes des machines du test électrique et du clip Checker.

En effet une fois une machine tombe en panne, le service maintenance intervient pour la dépanner (maintenance palliative) dans le but de permettre au poste de poursuivre son activité. Ces dépannages ne sont pas efficaces, vu que les machines tombent encore en panne au niveau des pièces déjà dépannées.

En plus, durant les tests, l'opérateur insère les différentes pièces (connecteurs, clips,...) du câble qu'il est en train de tester dans les contre-pièces appartenant à la machine de test. Certaines contre-pièces ne détectent pas facilement les pièces insérées et amène la machine de test à afficher des erreurs au niveau du câble même si ce dernier est en bonne état. L'opérateur est obligé alors d'appliquer une pression sur toutes les pièces qui n'ont pas été détectées jusqu'à ce que le test soit validé.

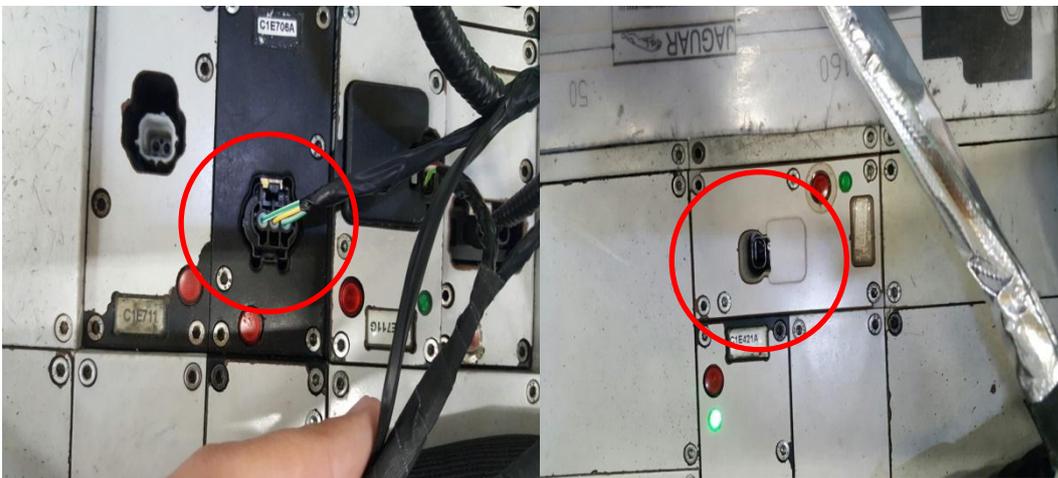


Figure 41: Exemple de contre pièces du test électrique.

1.2.2. Actions et solutions pour la résolution du problème :

Pour remédier au problème des dépannages, nous avons contacté le service maintenance en lui indiquant qu'il doit assurer une maintenance corrective curative au niveau des machines des tests électrique et du Clip Checker. En effet cette maintenance est réalisable surtout que la ligne



de production GTDI œuvre en un seul shift. C'est-à-dire que le service maintenance a assez de temps pour réparer les machines durant les heures non travaillées par les opérateurs. Ceci permettra d'éviter à la ligne plusieurs pertes dues aux arrêts.

Dans le but de résoudre le deuxième problème de la non-détection des pièces du câble par les machines de tests, nous avons relevé sur le terrain les références de toutes les contre-pièces qui avaient du mal à détecter les pièces du câble. Nous les avons par la suite communiquées au service maintenance pour qu'il puisse intervenir.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des références des contre pièces qui ont été communiquées au service maintenance pour qu'elles soient réparées :

Machine de test	Test électrique	Clip Checker
Contre pièces	C1E717A	CLIP 008
	C1E422A	CLIP 022
	C1E357E	CLIP 025
	C11-C	CLIP 029
	C1DC14	CLIP 037

Tableau 16: Liste des contres pièces a réparé.

1.3. Résolution du problème de gestion d'espace :

1.3.1. Présentation du problème :

Nous avons relevé durant notre analyse que plusieurs opérateur de la ligne GTDI sont obligés de se déplacer fréquemment sans que ce déplacement soit d'une valeur ajoutée. Ces déplacements sont considérés comme étant des gaspillages (Mudas de déplacement) qui, combinés, coûtent cher à la ligne et pénalisent directement son taux de productivité.

1.3.2. Actions et solutions pour la résolution du problème :

Nous avons essayé alors d'éliminer et de réduire les déplacements le maximum possible pour que les heures payées soient dédiées majoritairement à des actions à valeur ajoutée.

La figure suivante représente le « line concept » de la ligne GTDI et résume l'ensemble des déplacements effectués par les opérateurs :

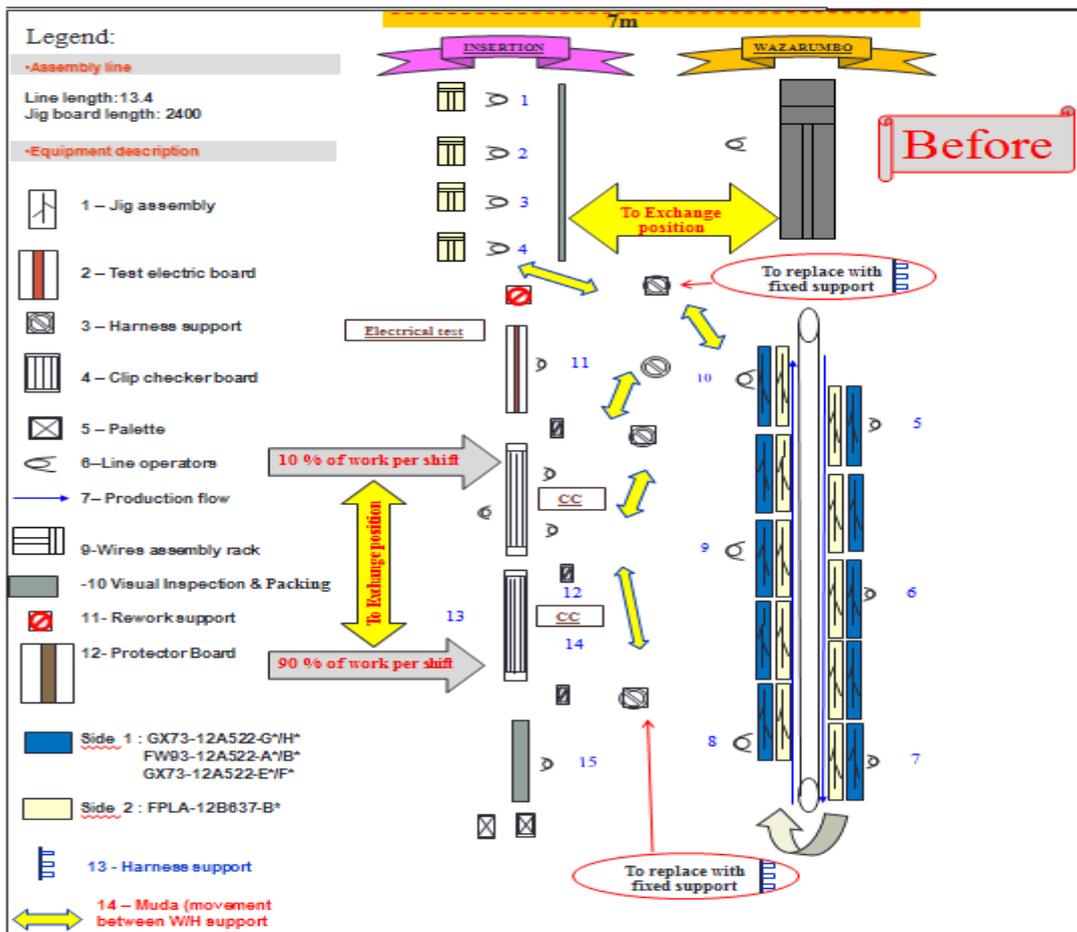


Figure 42 : Déplacements des opérateurs de la ligne GTDI.

Le dernier poste de l'opération d'insertion (opérateur N°4) doit, une fois qu'il termine ses tâches, amener le câble vers un support qui se trouve entre son poste et le poste de séparation qui le suit dans le processus de fabrication. L'opérateur du poste séparation doit à son tour se déplacer pour récupérer le câble depuis le support. Pour réduire ces déplacements, nous avons proposé les solutions suivantes :

- ✓ Echanger la position des postes d'insertion avec celle du poste wazarumbo pour réduire la distance entre les deux postes qui se succèdent à savoir l'insertion et la séparation.
- ✓ Remplacer le support qui se trouve entre les deux postes par un support fixe à côté du dernier poste d'insertion. Ceci évitera à ce dernier de se déplacer.
- ✓ Le transport du câble depuis le support vers le poste de séparation se fera par l'opérateur du poste wazarumbo qui est un opérateur indirect sous chargé. En effet il effectue une tâche dont le cycle time est plus petit comparé au cycle times des autres postes.

Le même problème de déplacement des opérateurs qu'on a déjà décrits se pose entre :

- ❖ Le dernier poste d'enrubannage et celui du test électrique.
- ❖ Le test électrique et le Clip Checker.



❖ Le Clip Checker et le test Visuel.

Nous avons décidé d'adopter la même solution déjà proposée et de remplacer les supports entre les postes par des supports fixes liés à l'un des postes (comme précisé dans la figure ci-dessus).

La ligne GTDI contient deux machines de test de Clips (Clip Checker). La première n'est utilisée que pour une seule référence de câbles alors que la deuxième est utilisée pour le reste. Donc, dans la plupart du temps, l'opérateur du test électrique est obligé de se déplacer une grande distance pour remettre le câble sur le support. Nous avons décidé de changer les positions des deux machines de Clip Checker pour éviter à l'opérateur du test électrique de se déplacer.

Le transport du câble depuis la machine du Clip Checker vers le support fixe lié au poste du test visuel se fera par l'opérateur du poste Clip Checker qui a un nombre de tâches réduits par rapport aux deux autres opérateurs du même poste. C'est-à-dire que c'est l'opérateur le moins chargé qui s'occupera du transport du câble vers le poste suivant.

Dans le but de résumer toutes les solutions proposées, nous avons décidé de les illustrer sur un line concept de la ligne qui montre l'état « après » de la ligne GTDI.

La figure ci-dessus représente le line concept de la ligne dans l'état « après » :

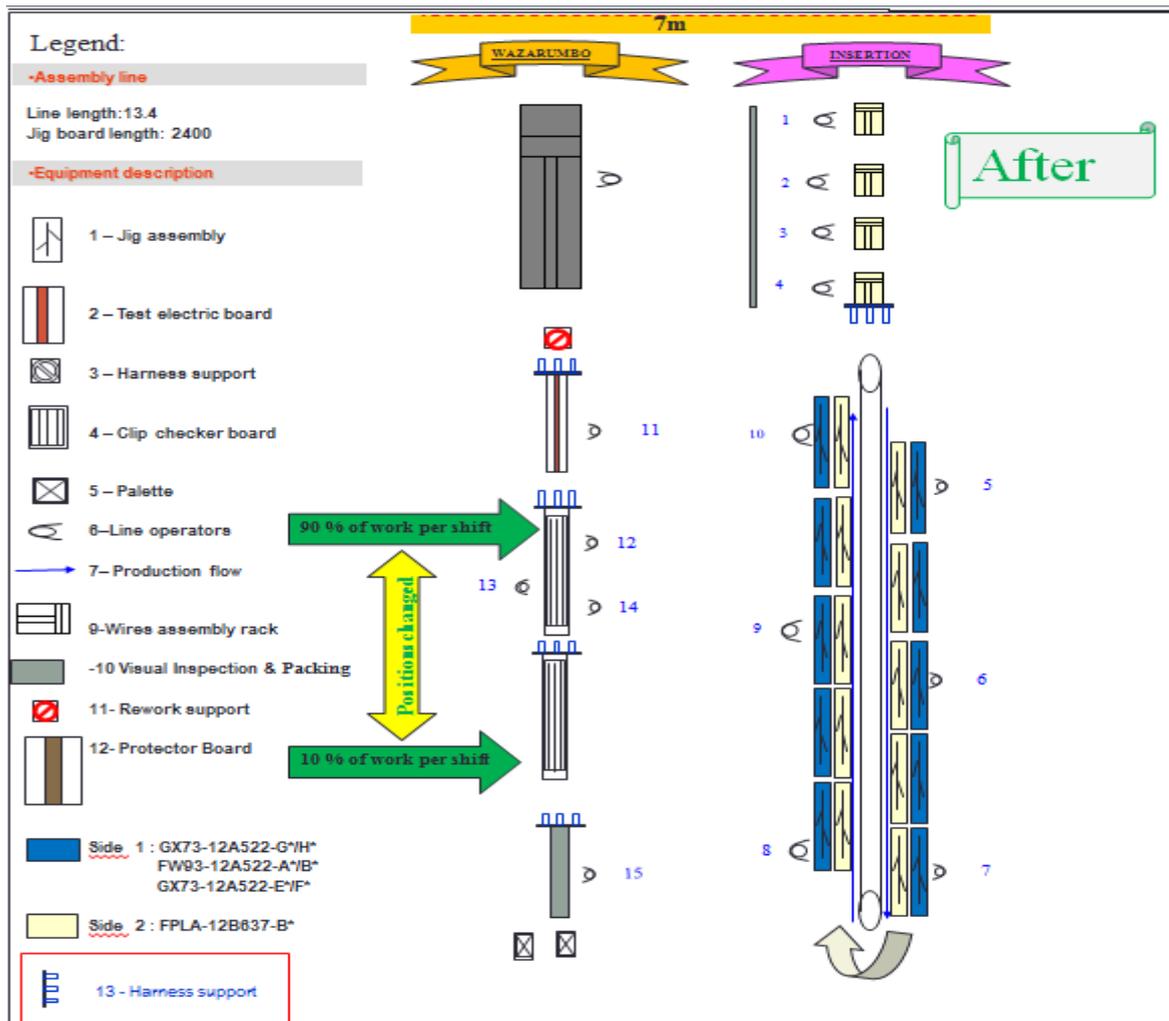


Figure 43: Ligne concept après changement.

1.4. Résolution du problème du manque d'effectif :

1.4.1. Présentation du problème :

Durant la phase d'analyse, nous avons relevé que parmi les causes du problème de la productivité se trouve le manque d'effectifs. En effet malgré le taux d'utilisation élevé des ressources la ligne n'arrive pas à atteindre ses objectifs en termes de production et de taux de productivité.

1.4.2. Actions et solutions pour la résolution du problème :

Afin de remédier à ce problème, nous avons décidé de calculer le nombre d'effectif nécessaire pour chaque opération de notre processus de fabrication. Pour ce faire, nous allons calculer le nouveau nombre d'opérateurs en nous basant sur les objectifs déjà fixés à savoir un taux de productivité qui atteint 120% et une production journalière de 170 câbles par jour qui permet de satisfaire la demande client.

Rappelons que la formule du calcul de la productivité est la suivante :





$$Productivité = \frac{\sum(Quantités\ produites \times ManHour\ total)}{(Effectif\ présent \times Temps\ d'ouverture)} \times 100 \quad (9)$$

Donc nous déduisons depuis cette relation la formule qui va nous permettre de calculer le nombre d'effectif nécessaire pour la ligne :

$$Effectif = \frac{\sum(Quantités\ produites \times ManHour\ total)}{(Productivité \times Temps\ d'ouverture)} \times 100 \quad (10)$$

Nous faisons une application numérique et on obtient :

$$Effectif = \frac{170 \times 72,45}{1,2 \times 460} = 22 \quad (11)$$

Nous déduisons ainsi que la ligne doit comporter un total de 22 opérateurs directs répartis sur les différents postes du processus.

Pour calculer le nombre d'effectif par poste, nous allons utiliser la même formule qu'on vient d'exploiter. Le seul changement c'est que nous allons remplacer le Manhour Total par les Manhour par process qui sont relatifs au Manhour de chaque opération.

Le tableau suivant résume les Manhour par process :

Processus	Insertion	Enrubannage	T.E	Clip Checker	2ème visuel
MH	19,6493	26,8745	6,7869	12,9481	6,5029

Tableau 17: Manhour par process.

Exemple de calcul d'effectif pour le processus d'insertion :

$$Effectif = \frac{170 \times 19,64}{1,2 \times 460} = 6 \quad (12)$$

Le processus d'insertion doit alors comporter 6 postes au lieu de 4 postes qui existent déjà.

De la même manière nous avons calculé le nombre d'opérateurs pour les autres processus et nous avons obtenu les résultats qui sont illustrés dans le tableau suivant :



Processus	insertion	enrubannage	T.E	Clip Checker	2ème visuel
Nombre d'opérateurs	6	8	2	4	2

Tableau 18: Nombre d'opérateurs par process.

1.5. Mise en œuvre des solutions proposées :

Ces solutions déjà proposées ont été réellement réalisées au niveau de la ligne GTDI. En effet, cette dernière a produit durant la deuxième semaine du mois Avril avec un total de 22 opérateurs, avec des machines maintenues, et avec une nouvelle disposition des postes.

Nous avons alors saisi l'occasion pour faire un suivi de la performance de la ligne et c'est en mesurant les nouveaux cycles times des postes et nous avons obtenus les résultats suivants :

	INSERTION						ENRUBANNAGE								INSPECTION								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Waz	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	TE1	TE2	CC1	CC2	CC3	CC4	2V1	2V2
Take 1	187	190	191	194	191	191	160	161	174	177	161	168	165	166	169	147	152	156	159	155	150	167	162
Take 2	189	193	185	190	192	193	159	164	173	179	165	169	163	166	168	147	155	157	159	153	153	163	161
Take 3	190	191	187	190	193	193	160	160	177	176	163	166	174	169	167	146	151	158	158	157	150	166	163
Take 4	193	192	192	188	192	191	159	162	177	177	164	168	165	170	169	150	155	157	160	156	150	166	163
Take 5	191	189	190	188	192	192	162	163	174	176	162	164	163	169	162	145	152	162	159	154	157	163	161
MIN	187	189	185	188	191	191	159	160	173	176	161	164	163	166	162	145	151	156	158	153	150	163	161
MAX	193	193	192	194	193	193	162	164	177	179	165	169	174	170	169	150	155	162	160	157	157	167	163
Moy	190	191	189	190	192	192	160	162	175	177	163	167	166	168	167	147	153	158	159	155	152	165	162
T.T	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163

Tableau 19: Nouveaux Cycle Times des postes après amélioration.

Pour mieux analyser ces données nous avons décidé de tracer le graphe suivant :

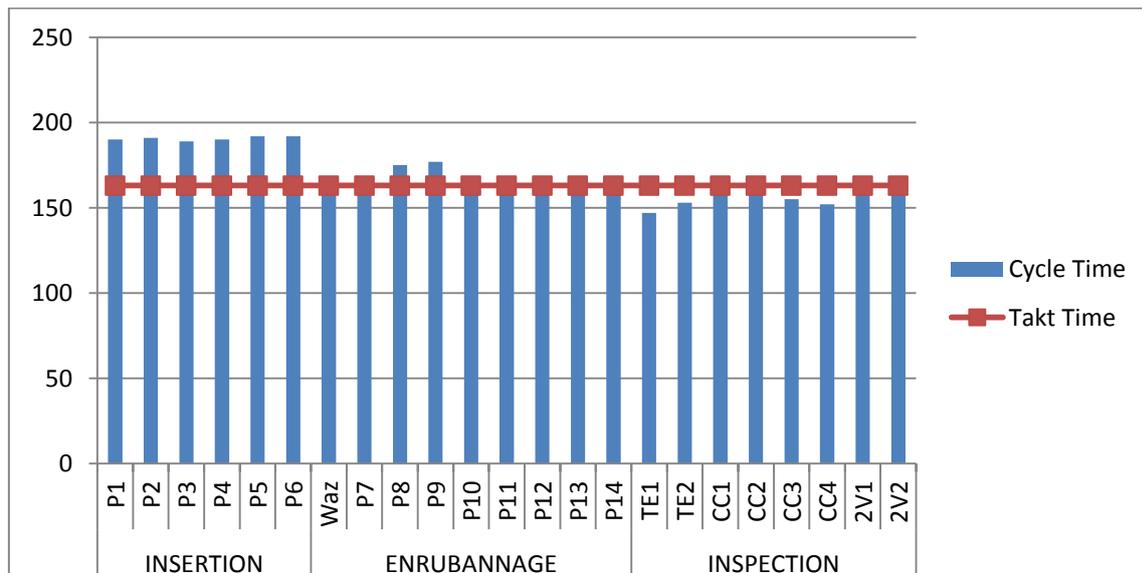


Figure 44: Nouveaux Cycle Times des postes.

Nous remarquons qu'en général les cycles times de tous les postes ont diminué. En plus, le fait que la ligne GTDI est toujours en phase de croissance (Ramp-up) justifie les cycles times de



quelques postes qui dépassent légèrement le Takt Time de la ligne. En effet, une fois la ligne atteindra sa phase de maturité, les postes pourront produire avec des cycles times inférieurs au Takt time de la ligne.

Nous avons aussi remarqué que les postes d'enrubannage ne sont toujours pas équilibrés.

Enfin, nous avons constaté depuis les mesures faites que les postes d'insertions ont toujours des cycles times élevés par rapport au Takt time de la ligne. Ceci implique qu'il faut s'attaquer aux actions à non-valeur ajoutée au niveau de ces postes.

A partir de ces remarques tirées nous avons décidé de faire des améliorations que nous allons expliciter dans les paragraphes qui suivent.

1.6. Résolution des problèmes soulevés au niveau de l'insertion :

1.6.1. Présentation des problèmes :

Le taux de productivité de notre ligne est souvent affecté par des problèmes qui se posent au niveau des postes d'insertion. En effet, comme on l'a déjà précisé durant la phase d'analyse, les opérateurs se basent durant l'insertion des fils dans les connecteurs sur des schémas qui les aident à suivre la bonne séquence. Cette opération est considérée comme étant une activité à non-valeur ajoutée.

En plus, et malgré l'existence des schémas, les opérateurs commettent des erreurs durant les insertions, chose qui condamne la ligne à s'arrêter par la suite au niveau du poste du test électrique influençant négativement sur le taux de productivité de la ligne.

Et enfin, en cas d'absences des opérateurs, les remplaçants sont soit des opérateurs polyvalents soit des opérateurs encore en cours de formation. Ces derniers ne réussissent pas à s'adapter facilement avec les tâches qu'ils doivent effectuer sachant que la formation pour les opérateurs destinés à l'insertion prend un mois voire plus.

L'ensemble de ces problèmes présentés ne peut que causer une chute du taux de productivité de la ligne d'où la nécessité de trouver une solution immédiate et fiable.

1.6.2. Actions et solutions pour la résolution du problème :

Pour faire face à cette situation pénalisante il s'est avéré nécessaire de proposer une solution technique d'automatisation de la ligne d'insertion au sein de la ligne de production GTDI. Cette action facilitera cette tâche aux opérateurs et diminuera le maximum possible le temps des actions à non-valeur ajoutée à savoir la lecture des schémas et la formation des opérateurs d'insertion.

1.6.2.1. Etat actuel / Etat désiré :

Cette méthode aide à comprendre où nous sommes et vers quel état ou solution voulons-nous cheminer, pour faire on analyse la situation actuel et on précise les attendus du projet.

Le tableau suivant illustre cette analyse :



Situation actuelle	Situation désirée
Perte du temps dans la lecture des supports.	L'opérateur n'a plus besoin de lire les supports.
Influence négative sur la production de la ligne au cas d'absentéisme des opérateurs	Rendre la possibilité de remplacer les opérateurs faisable et facile
Erreurs d'insertion	Eviter complètement les erreurs d'insertion
La non-stabilité du cycle time de la ligne	Contrôle du cycle time de la ligne
Une longue durée de formation des opérateurs d'insertion	Diminution de la durée de formation des opérateurs d'insertion

Tableau 20: les spécifications du problème et les perspectives désirées.

1.6.2.2. Principe de la solution :

Nous allons nous servir d'une carte électronique de type Arduino pour automatiser la ligne d'insertion au sein de la ligne GTDI.

A l'entrée on doit identifier quel produit sur lequel on va travailler (7 référence pour la ligne d'étude GTDI) soit par un scan qui va représenter la référence du PN, soit par un bouton d'un clavier. Une fois le produit est déterminé, la séquence des LEDs doit commencer dans le poste. La LED correspondante à la première référence du fil que l'opérateur doit prendre va s'allumer pendant une durée bien déterminée, le temps que l'opérateur puisse prendre le fil et l'insérer dans la cavité du connecteur. Ensuite elle doit s'éteindre pour que la deuxième LED correspondante au deuxième fil s'allume et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on termine toute les opérations relatives au PN choisi sur ce poste.

De cette façon l'opérateur n'a plus besoin d'apprendre les références des fils qui s'interviennent dans chaque faisceau de câble, leurs emplacements et même la séquence d'insertion, ce qui permet de diminuer largement la période de formation, ainsi de travailler avec une efficacité plus élevée hors du commencement d'un nouveau projet et de contrôler le Takt time du câble.

REMARQUE :

Les temps d'allumage des différents LED ne sont pas les mêmes parce que le temps nécessaire pour l'insertion d'un fil dans un connecteur change selon la complexité et la taille du ce dernier.

1.6.2.3. L'analyse fonctionnelle :

a. Expression du besoin :

Le but du projet est d'automatiser la partie d'insertion de la ligne de production, l'idée consiste à réaliser un système à base d'Arduino qui permet d'allumer un grand nombre de LEDs d'une façon séquentielle avec une commande clavier et d'afficher sur un LCD le nom du PN concernés.

Les LEDs représentent les fils qui rentrent dans la fabrication d'un PN (faisceau électrique) et la façon d'allumage séquentielle montre à l'opérateur l'ordre qui doit suivre dans l'insertion des fils.

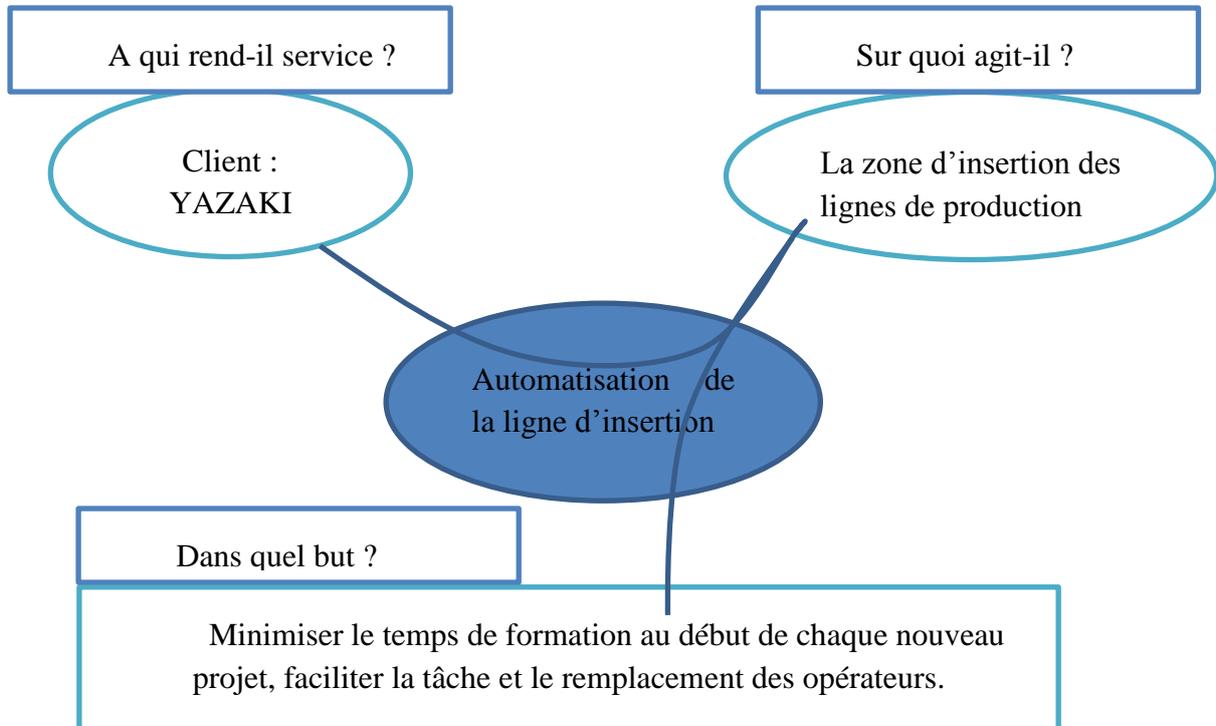


Figure 45: diagramme bête a corne.

b. Validation du besoin :

- *Pourquoi le produit existe-t-il ?*
- ✓ Dans le but de minimiser le temps que prend la formation du personnel au début de chaque projet, de faciliter la tâche et le remplacement des opérateurs et de contrôler le cycle time du câble.
- *Qu'est ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?*
- ✓ La rentabilité du système et son influence sur la productivité.
- *Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?*
- ✓ Le non rentabilité du système et la grande variété des parts Number.

c. Analyse fonctionnelle du besoin :

Diagramme pieuvre :

Il s'agit ici de déceler les différentes interactions entre le système (Arduino) et son environnement extérieur (la ligne de production, client, opérateurs, etc.) dans l'objectif de

déterminer ses différentes fonctions principales qui justifient son existence ainsi que ces fonctions contraintes qui représentent une limitation au choix de la conception.

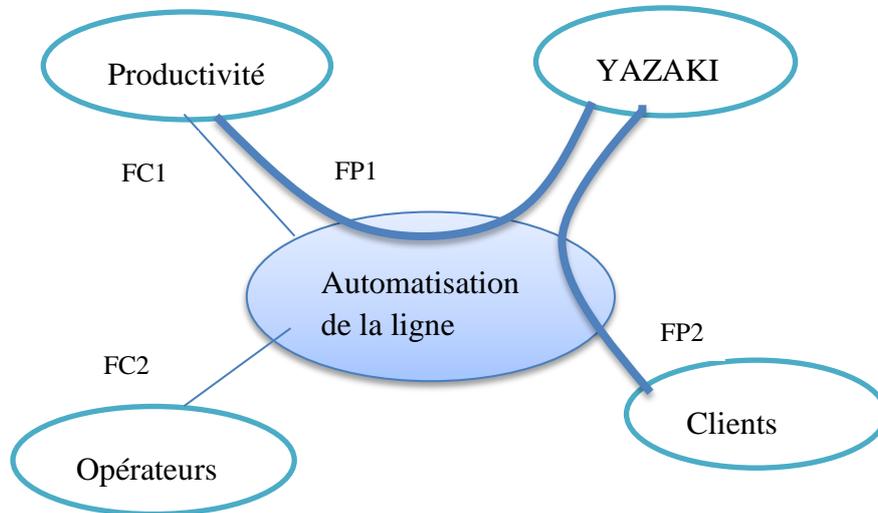


Figure 46: Diagramme de Pieuvre pour la phase de définition.

Fonctions	Description
FP1	Contrôler et augmenter la productivité de la société YAZAKI.
FP2	Satisfaire la demande client dans un délai juste à temps
FC1	Augmenter la productivité.
FC2	Faciliter la tâche à l'opérateur.

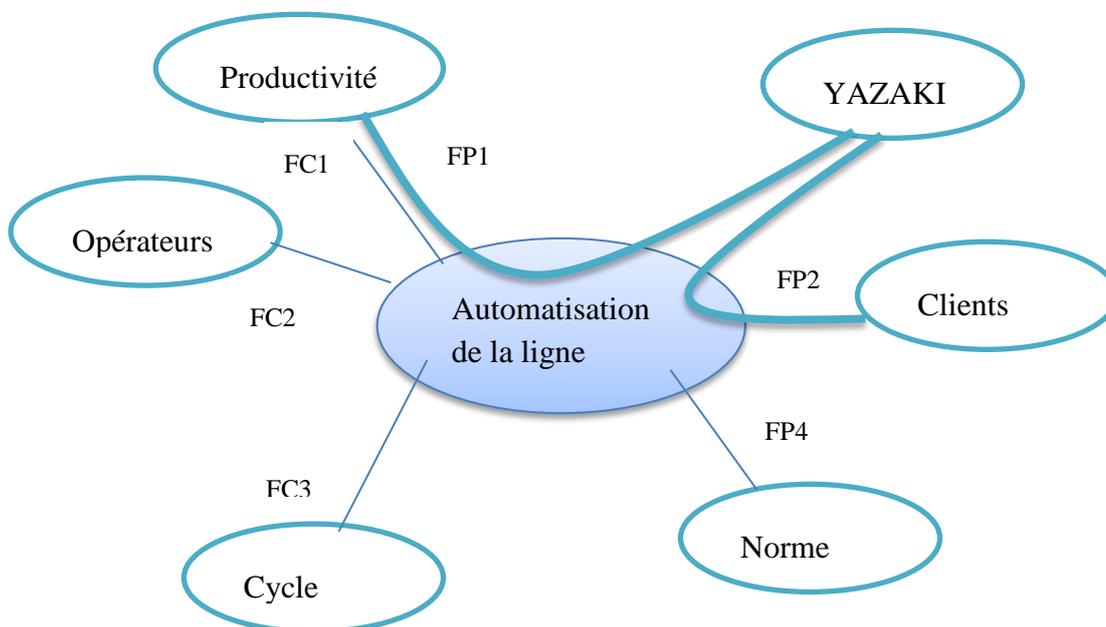


Figure 47: Diagramme Pieuvre dans la phase de fonctionnement.



Fonctions	Description
FP1	Contrôler et augmenter la productivité de la société YAZAKI.
FP2	Satisfaire la demande client dans un délai juste temps
FC1	Augmenter la productivité.
FC2	Faciliter la tâche à l'opérateur.
FC3	Contrôler le cycle time du câble.
FC4	Respecter les normes de fabrications des câbles

d. Conclusion :

Le système à deux fonctions principales : contrôler et augmenter la productivité de la société YAZAKI et satisfaire la demande client dans un délai juste temps et un ensemble de fonctions contraintes dont les plus importantes sont de respecter les normes de fabrication de câble(pour éviter les erreurs), de contrôler le cycle time et de faciliter la tâche aux opérateurs.

1.6.2.4. Enonciation du cahier de charge :

En but d'améliorer et de contrôler la productivité des lignes de production en général et notre ligne d'étude GTDI en particulier, au lancement des nouveaux projets et même après la phase de ramp up, on compte réaliser un système automatisé qui répond aux exigences suivantes :

- ✓ Améliorer la productivité.
- ✓ Contrôler le cycle time de la ligne d'insertion.
- ✓ Diminuer la durée de la formation d'équipe.
- ✓ Faciliter le travail pour les opérateurs.

1.6.2.5. Planning du travail :

Pour organiser le travail et pouvoir le réaliser en une durée limitée de trois mois, je dresse mes phases de réalisation du projet à l'aide du diagramme de GANTT ci-dessous pour mieux gérer mon temps :

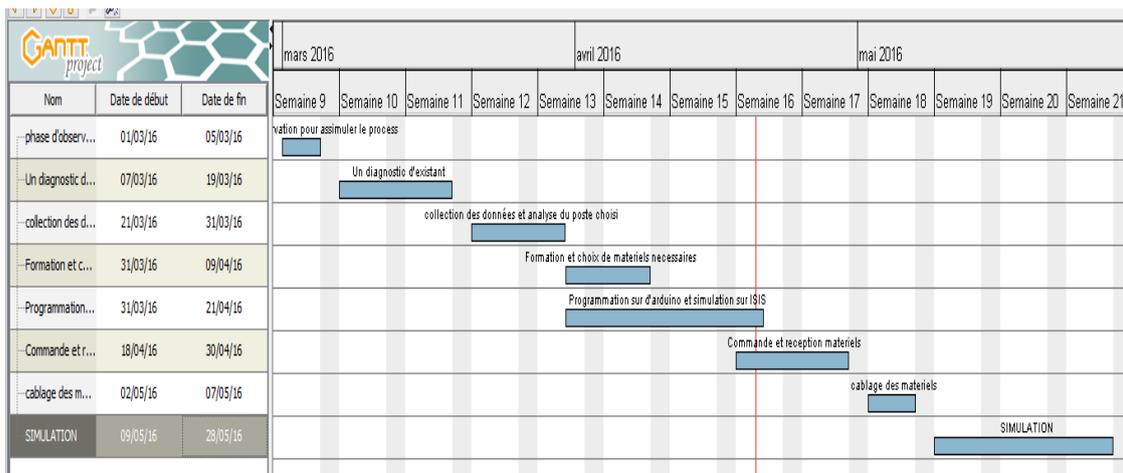


Figure 48: Diagramme Gantt du projet.

1.6.3. Les phases préparatoires du projet

Afin de pouvoir mettre en place un plan d'action, il sera primordial de bien analyser le cahier de charge du projet, de simuler le concept d'insertion, de choisir un poste prototype convenablement et de collecter les informations nécessaires.

1.6.3.1. Collectes de données :

Après amélioration, la famille GTDI contient à présent six postes d'insertion, devant chaque opérateur un nombre de boîtiers qui contiennent les fils qui va utiliser pour l'assemblage des faisceaux électrique réalisés sur cette ligne.

Ces boîtiers sont organisés et classés dans un ordre prédéfinis par YAZAKI et qui est présentés comme suit :

Devant chaque opérateur d'insertion les boîtiers de fils sont rangés dans une matrice de 15 colonnes fixes et 5 lignes au minimum, les lignes dépendent de la complexité du câble et du nombre de fils utilisés dans les PN fabriqués dans cette ligne.

Les postes d'assemblage de la famille GTDI contiennent des matrices de 15 colonnes (15 boîtiers par ligne) et 5 lignes (A, B, C, D, E) dont les boîtiers de la première ligne sont numérotés comme suit : A1, A2, A3, A4, A5, A15 et de la même façon les lignes B, C, D et E.



Figure 49 : L'allure d'un poste d'insertion.

1.6.3.2. Choix du poste prototype :

La famille GTDI produit 7 PN différents (7 faisceaux électriques différents). Les postes d'insertion travaillent en chaîne. Le premier poste d'insertion fait une partie du travail et le fait passer au poste suivant et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les opérations soient réalisées.

Chaque poste a une séquence d'insertions de fils qu'il doit respecter pour réaliser un faisceau de fils parmi les 7 faisceaux.

Pendant l'analyse des séquences d'insertion (**voir annexe 2**), nous avons remarqué que certains Part Numbers ont les mêmes séquences d'insertions au niveau du même poste d'insertion.

Par exemple au niveau du premier poste, les PN : GX7312A522EB et GX7312A522GA ont la même séquence d'insertion

Dans le même poste les PN : GX7312A522HA et GX7312A522FB ont la même séquence.

En d'autres termes même si la ligne de production produit en sortie 7 PN différents, il existe des PN qui ont les mêmes séquences d'insertion au niveau de certains postes. Ceci va simplifier notre tâche au niveau de la programmation de la carte Arduino.

Le tableau suivant résume l'ensemble des séquences par poste :



Poste	Nombre de séquences (différentes)	Les Parts Numbers	Nombre de positions par séquence
1	5	FW9312A522AB	11
		FW9312A522BB	12
		GX7312A522EB & GA	13
		GX7312A522HA & FB	13
		FPLA12B637BC	12
2	5	FW9312A522AB	11
		FW9312A522BB	11
		GX7312A522EB & GA	11
		GX7312A522HA & FB	11
		FPLA12B637BC	11
3	7	FW9312A522AB	10
		FW9312A522BB	10
		GX7312A522EB	10
		GX7312A522GA	11
		GX7312A522HA	11
		GX7312A522FB	10
		FPLA12B637BC	14
4	5	FW9312A522AB	13
		FW9312A522BB	13
		GX7312A522EB & GA	11
		GX7312A522HA & FB	11
		FPLA12B637BC	9
5	5	FW9312A522AB	14
		FW9312A522BB	14
		GX7312A522EB & GA	14
		GX7312A522HA & FB	14
		FPLA12B637BC	11
6	5	FW9312A522AB	12
		FW9312A522BB	12
		GX7312A522EB & GA	12
		GX7312A522HA & FB	12
		FPLA12B637BC	8

Tableau 21: les PN réalisés dans chaque poste et le nombre de fils qui les composent.



Pendant la phase de test, on doit choisir un poste sur lequel on va travailler pour tester la faisabilité de notre solution avant de généraliser la solution sur les autres postes de la ligne d'insertion de GTDI voire les autres lignes d'insertion dans d'autres lignes de production.

On doit alors choisir un poste parmi les six postes de la famille GTDI comme poste prototype sur lequel on va adapter la programmation de la carte Arduino ainsi que le matériel nécessaire pour la réalisation du système.

Les six postes ne se diffèrent pas beaucoup et ne présentent pas une grande variété. En effet Ils réalisent presque tous le même nombre des séquences différentes (5 séquences) et ont presque les mêmes nombres de fils par séquence à l'exception du poste 3 qui réalise plus de séquences (7 séquences).

Donc pour commencer la programmation de notre carte Arduino, on choisit comme poste de test le premier poste d'insertion sur lequel sera adapté notre programme afin de pouvoir automatiser sa séquence d'insertions.

1.6.3.3. Description technique des outils utilisés :

1.6.3.3.1. Matériels et logiciels nécessaires.

➤ *Matériel :*

- Une carte compatible Arduino : dans notre cas une carte Arduino méga.
- Un registre de décalage série ou parallèle de 8 bits pour dupliquer les sorties d'Arduino.
- Clavier 16 boutons (Matrice 4x4).
- Un afficheur LCD.
- Composants de bases (LEDs, Résistances, câbles, Breadboard, régulateur 5V).

➤ *Logiciels :*

- L'environnement de développement d'Arduino.

1.6.3.3.2. Introduction au système Arduino :

a. Qu'est-ce qu'Arduino ?

Le système Arduino est un outil pour fabriquer de petits ordinateurs qui peuvent capter et contrôler davantage les choses du monde matériel que votre ordinateur de bureau. C'est une plateforme open-source d'électronique programmée qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

L'Arduino est une famille de cartes électroniques à microcontrôleur open-source née en Italie en 2005. Ces cartes basées sur une interface entrée/sortie simple et sur un environnement de développement proche du langage C.

Parmi toutes les cartes de la famille Arduino, j'ai choisi la version Méga parce qu'il me faut un grand nombre de sorties pour contrôler le grands nombre de LEDs dans chaque poste et qui peut atteindre 100 LEDs par poste.

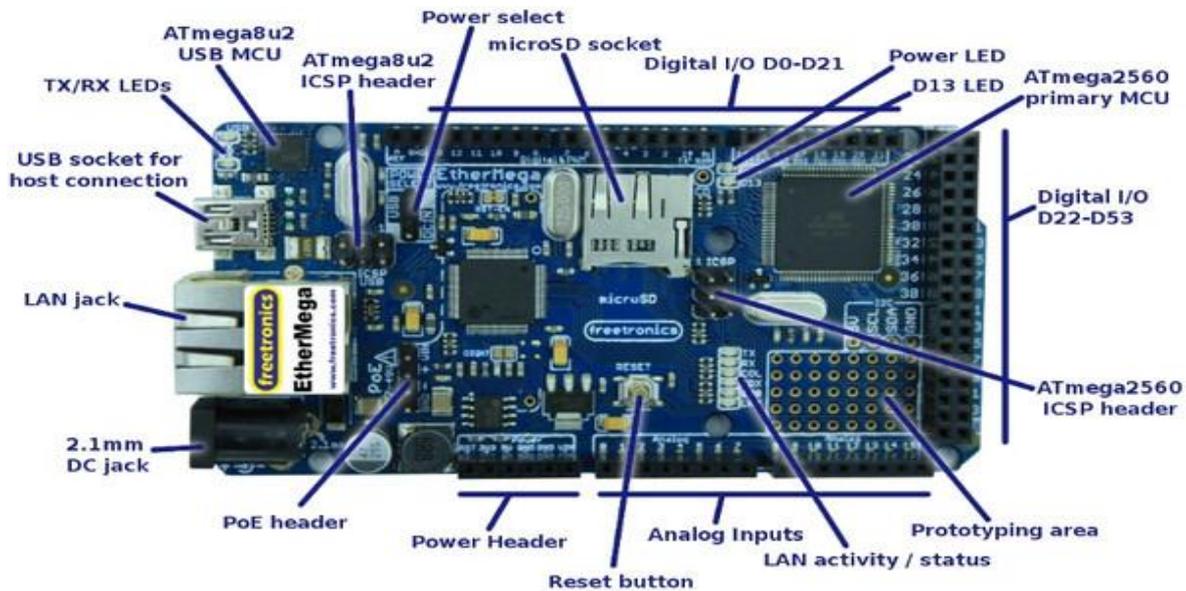


Figure 50: Carte Arduino méga.

La carte Arduino Méga 2560 est une carte à microcontrôleur basée sur un ATmega2560, Cette carte dispose :

- de 54 broches numériques d'entrées/sorties (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)),
- de 16 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques),
- de 4 UART (port série matériel),
- d'un quartz 16Mhz,
- d'une connexion USB,
- d'un connecteur d'alimentation jack,
- d'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit"),
- et d'un bouton de réinitialisation (reset).

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, Pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

b. Synthèse de caractéristiques :

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques de la carte Arduino utilisée :



Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	16 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	256 KB dont 8 KB sont utilisés par le boot loader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	8 KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	4 KB
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tableau 22: les caractéristiques de l'Arduino méga.

La carte Arduino méga peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus). L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées Ground (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation.

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte méga est entre 7V et 12V.

Les broches d'alimentation sont les suivantes⁷ :

⁷ http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.MaterielMega2560



- VIN. La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). Vous pouvez alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- 5V. La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de toute autre source d'alimentation régulée.
- 3V3. Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V). L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA
- GND. Broche de masse.

1.6.3.3.3. Registre à décalage 74HC595 :

En analysant la solution, une première question se pose : *comment contrôler un grand nombre de LEDs individuellement lorsqu'un Arduino ne possède que 54 pins au maximum (pour la version Mega2560 qu'on va utiliser) ?*

C'est en cherchant une réponse à la question que j'ai découvert qu'il existe des composants Bit Shift Register et plus particulièrement le composant **74HC595** 8-bit Shift Register qui répond à notre demande et qui a la particularité d'être pas cher et assez simple à utiliser.

a. Qu'est-ce qu'un registre de décalage :

Un registre à décalage est un système logique permettant la retranscription/mémorisation des données depuis une connexion série/parallèle et leur restitution vers une interface série/parallèle.

Le circuit intégré 74HC595 et un registre à décalage 8 bits, permettant de piloter facilement 8 sorties numériques à l'aide d'une liaison série composé de 3 points. Cela permet de multiplier les sorties de la carte Arduino.

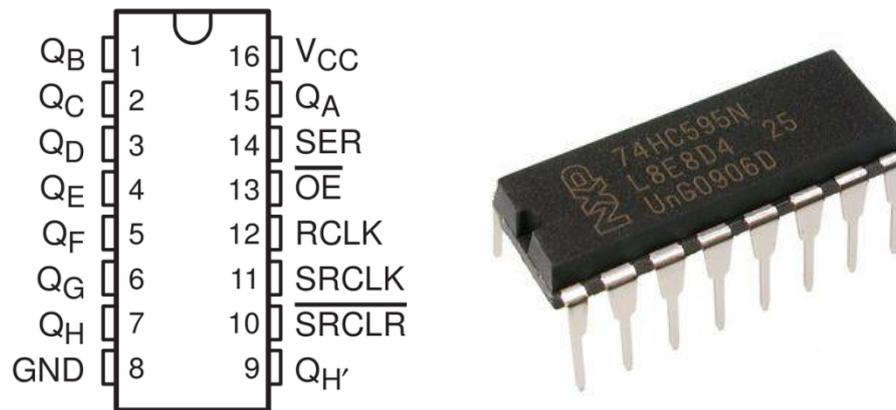


Figure 51 : Registre a décalage 74HC595.

b. Le fonctionnement du Shift Register HC595 :

Comme tout composant électronique, il faut commencer par l'alimenter d'abord pour le faire fonctionner, les broches d'alimentation sont la broche 16 (VCC) et la broche 8 (masse) et la tension à appliquer pour l'alimenter : entre 2V et 5.5V (et idéalement 5.0V) c'est la même plage d'alimentation de l'Arduino ce qui lui permette de bien fonctionner avec.

Le tableau suivant montre les branches du HC595 :

PIN	SYMBOLE	Description
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 15	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 et Q15	sorties de données parallèle
8	GND	Ground (0 V)
9	Q7'	sortie série de données
10	MR	master reset (active LOW)
11	SHcp	l'entrée horloge du registre de décalage
12	STcp	l'entrée stockage du registre de décalage
13	OE	
14	DS	entrée de données série
16	VCC	alimentation

Tableau 23: les branches du 74HC595.

Les sorties sont les broches de 1 à 7 et la broche 15, l'entrée des données série, qui va commander les sorties du composant, se trouve sur la broche 14 (*serial data input*), une sortie particulière est disponible sur la broche 9 (*serial data output*) appelé branche de « débordement » elle permet de mettre en cascade plusieurs 74HC595.

Sur la broche 10 on trouve le *Master Reset*, pour mettre à zéro toutes les sorties. Elle est active à l'état BAS.



Les branches 11 et 12. Ce sont des « horloges », Lorsque nous envoyons un ordre au 74HC595, nous envoyons cet ordre sous forme d'états logiques, cet ordre est composé de 8 états logiques, exemple « 01010111 ». Cet ordre va précisément définir l'état de sortie de chacune des sorties du 74HC595, c'est à l'aide de l'horloge lié au pin 11 le composant peut dissocier chaque bit qui arrive. De cette façon il arrive à différencier entre les « 1 » qui se suivent pour bien détecter les trois. La seconde horloge sert à déterminer si le composant doit mettre à jour les états de ses sorties ou non, en fonction de l'ordre qui est transmis. Lorsque ce signal passe de l'état BAS à l'état HAUT, le composant change les niveaux logiques de ses sorties en fonction des bits de données reçues.

1.6.3.3.4. Régulateur de tension :

Le régulateur de tension utilisé est de type 7805, il est idéal pour stabiliser une tension à une valeur fixe. Il a comme rôle de baisser la tension de 24 V (la tension à la sortie des transformateurs de la société) à 5V.

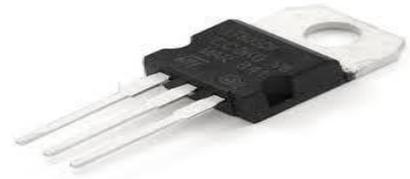


Figure 52 : Régulateur 7805.

Caractéristiques :

- Courant, sortie : 200mA
- Efficacité max : 80%
- Gamme tension entrée VDC : 21.6V à 26.4V
- Puissance : 1W
- Régulation, charge : 8%
- Température de fonctionnement max...: 85°C
- Température d'utilisation min : -40°C
- Tension d'alimentation : 24V
- Tension d'entrée : 24VDC
- Tension de sortie : 5V ;

1.6.3.3.5. Afficheur LCD :

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents qui nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité.



Figure 44: Afficheur LCD

1.6.3.3.6. Les composants de base pour le projet :

a. Les LEDS :

La LED (Lightning Emmiting Diode) également appelée DEL (Diode Electro Luminescente) est un composant électronique de la famille des composants Optoélectroniques capable d'émettre de la lumière lorsqu'un courant électrique le parcourt.

Les LEDs peuvent être de couleurs différentes : bleu, jaune, vert, rouge, blanc ...

On choisit une couleur clair qui peut être détecté facilement par l'opérateur : exemple le rouge.

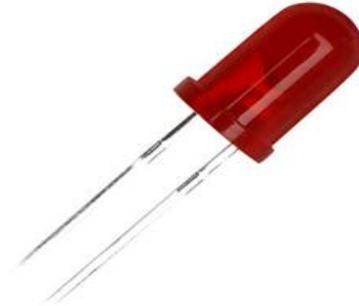


Figure 53 : LED rouge.

b. Clavier 16 touches :

C'est un clavier matriciel composés de 16 touches (4 lignes et 3 colonnes) chaque touche va faire référence un PN.

Notre ligne de production fabrique seulement 7 PN différents ce qui rend l'utilisation de ce clavier déjà bien suffisant.



Figure 54 : clavier 4x3 touches.

c. Breadboard :

C'est une matrice de connexion déjà prêt à être utilisé pour faire la liaison entre les différents composants et l'Arduino.

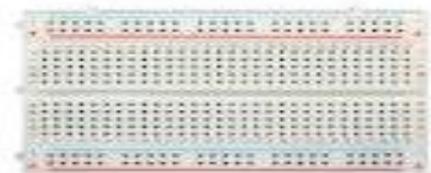


Figure 55 : Breadboard.

d. Les résistances :

La plupart du temps, on ne peut pas brancher directement une LED sur une source de tension (pile, adaptateur, etc.). Il faut mettre en série une résistance de limitation de courant qu'elle Cère à limiter le courant entre ces bornes pour éviter de la gêter.



La valeur de cette résistance doit être calculée de telle sorte qu'elle protège la LED mais en même temps de façon à ne pas trop diminuer sa luminosité. Cette valeur est toujours

1.6.3.4. Le code :

Pour faire fonctionner une carte Arduino, il doit être évidemment programmé. Le langage de programmation utilisé est C++.

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application de Java libre et de multiplateforme servant d'éditeur et de compilateur et qui peut aussi transférer le programme au travers de la liaison série. Ce logiciel est disponible sur le site d'Arduino.

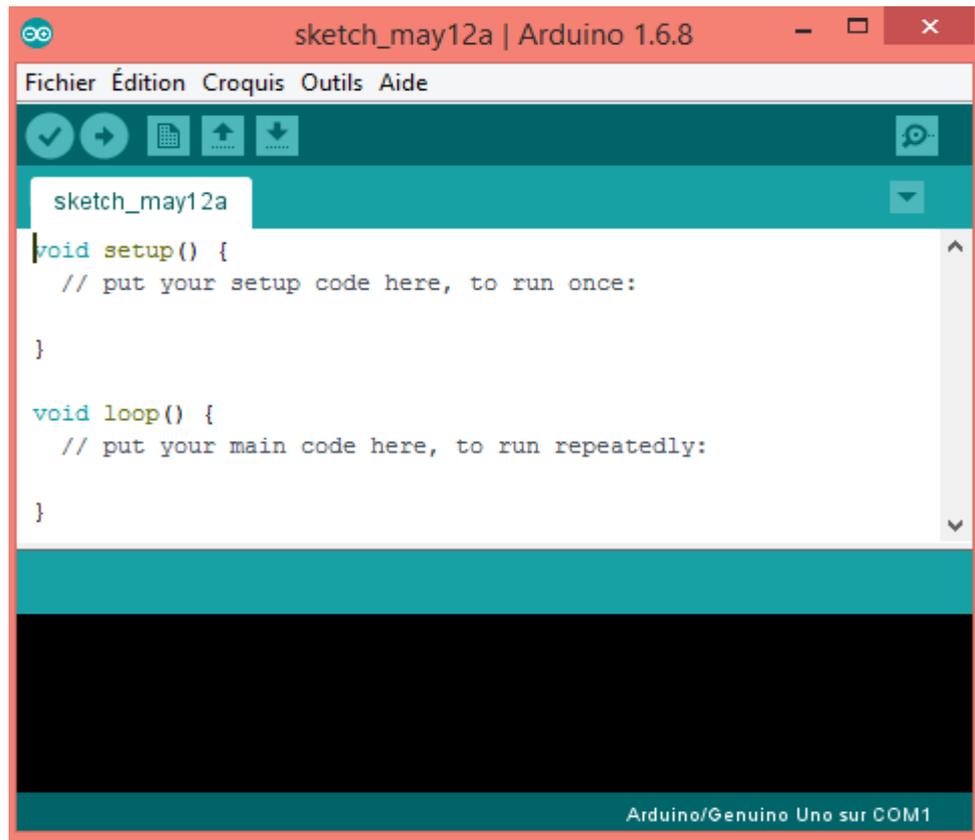


Figure 56 : logiciel de programmation Arduino.

Un code Arduino contient trois parties essentielles :

- ✓ La partie déclaration des variables (optionnelle)
- ✓ La partie initialisation et configuration des entrées/sorties : la fonction `setup ()`
- ✓ La partie principale qui s'exécute en boucle : la fonction `loop ()`

Dans chaque partie d'un programme sont utilisées différentes instructions issues de la syntaxe du langage Arduino.

Les deux fonctions spéciales, `setup ()` et `loop ()` sont deux fonctions primordiales qui sont partie intégrante de tout code en programmation d'Arduino.

La fonction `setup ()` doit être appelée au début du code lorsque le programme commence. Cette fonction n'est exécutée qu'une seule fois au démarrage du programme. C'est la partie du



programme privilégié pour réaliser les tâches de déclaration des variables, d'initialisation des broches numériques/analogiques ou des bibliothèques.

La fonction `loop ()` est appelée ensuite et exécutée en boucle sans fin de façon indéfinie, et le code qu'elle contient est exécuté à chaque passage. C'est à ce niveau que sera écrit le cœur de votre programme.

Après l'identification du besoin et la collecte des données nécessaires nous sommes parvenus à écrire le code adéquat pour réaliser l'automatisation de notre ligne d'insertion (**voir annexe 3**).

1.6.3.5. Simulation de la solution :

a. Présentation d'ISIS :

Une fois le code écrit, et vu la non disponibilité immédiate du matériel nécessaire, j'ai décidé d'effectuer une simulation de mon code sur ordinateur via le logiciel Proteus qui m'avait permis d'identifier les erreurs et les anomalies que rencontrait mon code.

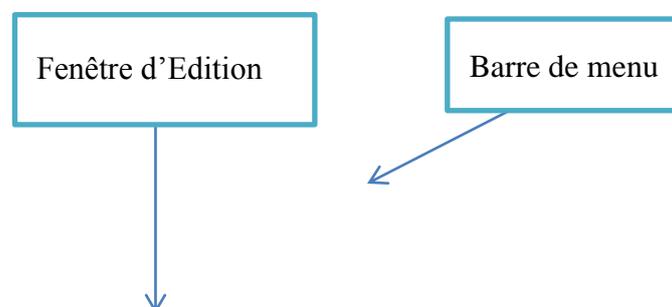
Ceci est d'une grande importance pour voir à quel point nous avons pu atteindre les objectifs déjà fixés avant même de passer à la partie pratique une fois le matériel acheté.

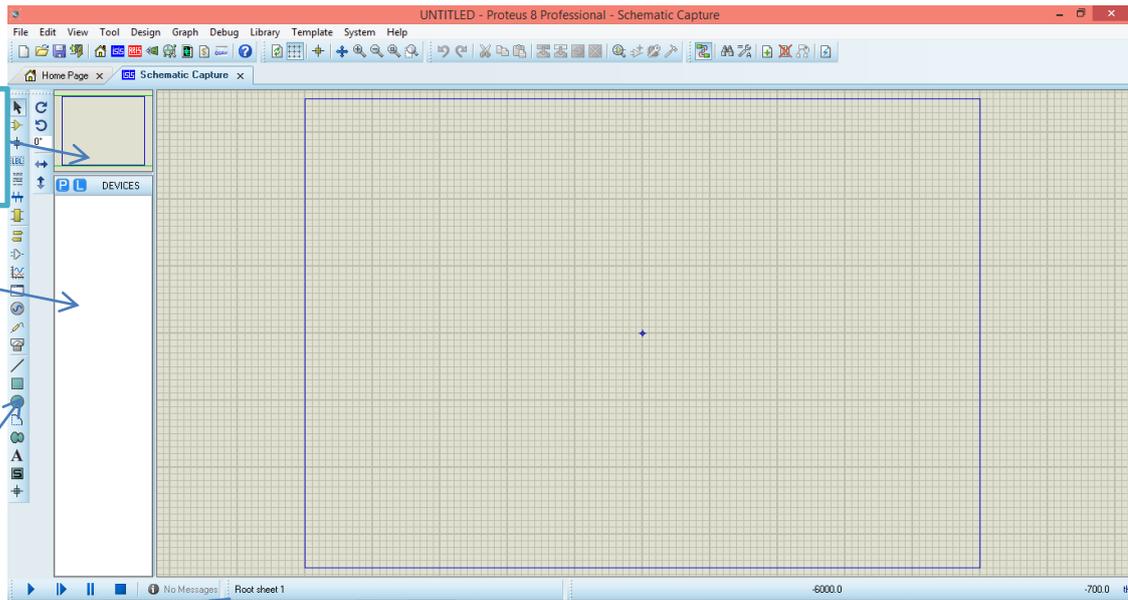
Le logiciel Proteus est un logiciel libre de simulation et de conception de circuits électroniques, il est composé de trois modules

- ✓ L'éditeur de schéma ISIS.
- ✓ Le simulateur LISA.
- ✓ L'outil de conception de circuit imprimé ARES.

On s'intéresse à l'éditeur de schéma ISIS pour tester le fonctionnement du schème électronique réalisé pour tester notre code Arduino. Ce dernier (ISIS) produit d'une part, une liste d'équipotentiels qui peut être utilisée par le simulateur LISA et l'outil de conception de circuit imprimé ARES, d'autre part, une liste de matériel et des rapports de contrôle des règles électriques.

Après avoir cliqué sur Proteus 8 professionnel puis ISIS la fenêtre suivante s'affiche :





Fenêtre
d'ensemble

Sélecteur
d'objet

Boite d'outils

Commande d'animation

Zone de message

b. Exécution de la simulation :

Une fois le code écrit et implémenté dans le logiciel de simulation Proteus, et une fois le câblage de nos composants est réalisé sur la feuille de travail on peut commencer notre simulation.

La figure ci-dessous montre la simulation de notre code sur l'interface ISIS pour deux parts Number :

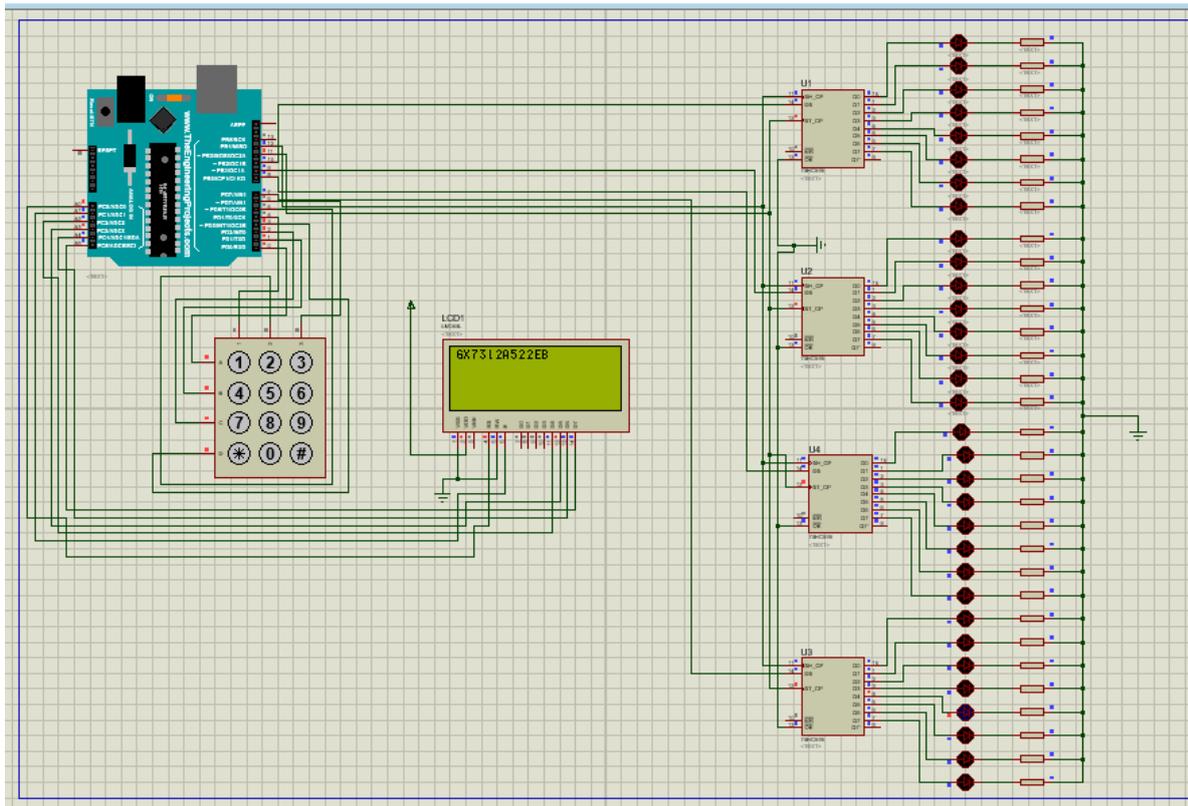


Figure 57 : Simulation du code sur Proteus.

On clique sur le bouton relatif au Part Number qu'on veut réaliser, Ce dernier s'affiche sur l'écran LCD et la séquence des LEDs commence à s'allumer.

Ainsi nous avons pu atteindre notre objectif en réalisant cette automatisation qui permet de contrôler notre ligne d'insertion et de contribuer avec une grande partie dans l'amélioration de la productivité de notre ligne GTDI.

1.7. Conclusion :

Nous avons ainsi pu proposer des solutions efficaces et performantes qui nous ont permis de résoudre tous les problèmes qui ont été soulevés durant notre analyse.

L'ensemble de ces améliorations étaient à l'origine de la réalisation de l'ultime objectif de notre projet qui est d'améliorer la productivité de notre ligne GTDI.



2. Contrôler :

2.1. Introduction :

Après toute amélioration, on doit à la fois assurer le contrôle et la maintenance de la solution dans le temps, et chiffrer les gains des réalisations qu'on va assurer.

C'est dans cette perspective qu'on va consacrer cette phase à ces deux finalités qu'on vient de citer pour pouvoir nous situer vis-à-vis les objectifs qu'on avait fixé avant le début du projet.

2.2. La solution relative à la maintenance des machines :

Pour contrôler cette solution, nous avons décidé de réaliser une fiche qui sera attachée aux machines de test (**voir annexe 4**). Cette fiche sera remplie par l'opérateur à chaque fois qu'il réalise que certaines contre-pièces ne détectent plus les pièces du câble insérées dans la machine.

Cette fiche permettra par la suite au service maintenance de réparer les contre-pièces sujettes du problème lorsque le shift ne travaille pas. Ceci permettra une maintenance automatique de ces contre-pièces sans que les opérateurs n'aient besoin d'arrêter la ligne pour informer le service maintenance de l'existence d'une anomalie. En d'autres termes cela permet à la fois de contrôler et d'anticiper les arrêts que pourrait rencontrer la ligne de production.

Il est aussi à noter que depuis l'application de cette amélioration sur le terrain, la ligne ne s'est arrêtée que lors du changement des séries.

2.3. La solution relative à la gestion d'espace :

La nouvelle organisation de la ligne a permis d'éliminer un grand nombre de déplacements inutiles qui affectaient la productivité de la ligne. Le tableau suivant résume les gains assurés par la nouvelle solution :

Opérateur	Distance de déplacement(m)		Gain
	Avant	Après	
Insertion	2,5	0	2,5
Séparation	2,5	0	2,5
Enrubannage	1	2	-1
Test Electrique	4	0	4
Clip Checker	4	3	1
2éme visuel	2	0	2
Total			11

Tableau 24: Les gains en déplacements.

Nous avons donc pu éliminer 11 mètres de déplacements par câble. Cela va assurer un gain journalier de 1870 mètres par jour lorsque la ligne atteindra sa phase de maturité et produira 170 câbles par jour.



2.4. L'impact des solutions sur la productivité de la ligne :

Il est clair qu'après la réalisation de toute solution, il serait évident qu'on mesure le taux de productivité que la ligne de production GTDI a pu atteindre. Sachant que les premières améliorations ont été mises en pratique réellement sur la ligne à partir de la 2^{ème} semaine du mois avril, nous avons pu suivre la productivité de notre ligne et nous avons obtenu les résultats suivants :

	Etat avant	Mois Avril	Mois Mai
Productivité	80%	99%	109%
Efficience	82%	99%	109%

Tableau 25: Suivi de la productivité après améliorations.

La productivité est toujours en croissance vu que la ligne n'a pas encore pu atteindre sa phase de maturité. Elle est encore en phase de croissance (Ramp-up) et l'amélioration que connaît la productivité durant cette phase promet que la ligne va atteindre les objectifs de notre projet lors de la phase de maturité.

2.5. L'impact de l'automatisation sur la ligne GTDI :

Vu la non disponibilité du matériel nécessaire pour l'application de la solution d'automatisation de la ligne d'insertion, nous étions obligé de mesurer nos gains réalisés juste en nous basant sur les gains en temps que nous allons réaliser. Nous nous sommes donc basés sur le GUM Global Unit Manhour pour mesurer les temps à valeur non-ajoutée que nous avons pu éliminer de la ligne.

Le tableau suivant résume l'ensemble des gains réalisés :

poste	Cycle Time avant (s)	Cycle Time Après (s)	Gain (s)
1	190	154	36
2	191	156	35
3	189	152	37
4	190	153	37
5	192	158	34
6	192	158	34

Tableau 26: Temps à non-valeurs ajoutée éliminés.

2.6. Conclusion :

L'ensemble des améliorations proposées ont été d'une grande importance pour la ligne GTDI. En effet l'impact de tous les gains qu'on a pu réaliser a été clairement remarqué au niveau de l'évolution du taux de productivité de notre ligne GTDI. Aussi avons-nous pu atteindre nos objectifs prédéfinis avant le début de notre étude.



Conclusion général

Ce projet de fin d'études a été l'occasion de mettre en œuvre un certain nombre de connaissances acquises tout au long de ma formation « Système électronique et télécommunication » et encore plus une occasion de découvrir le monde industriel.

Au terme de ce projet, on est arrivé à atteindre les objectifs fixés au début du stage par les responsables d'ingénierie et de production à savoir une productivité de 120% dans la zone assemblage du câble moteur GTDI. Pour compléter ce travail et aller jusqu'au bout de l'amélioration de la zone, on a jugé important d'élaborer une automatisation comme outil de contrôle du temps cycle et d'élimination des actions à non-valeur ajoutée que ce soit lors de la production ou de la formation des ouvrier. Ceci a permis d'atteindre les objectifs visés.

On a tout d'abord commencé par une analyse de la situation actuelle de la ligne de production GTDI étudiée pour bien cerner tous les aspects du projet. Ensuite on a abordé la phase d'amélioration avec une démarche adéquate adaptée à ses besoins et à sa problématique initiale. Par la suite nous étions amenés à établir des processus suivant les standards de l'entreprise afin de faciliter la tâche aux opérateurs lors de la phase d'application des améliorations proposées. En dernier lieu et pour une gestion plus efficace des variations de la productivité, on a élaboré un système automatiser pour la ligne d'insertion qui permet, grâce à ces atouts de promettre un taux de productivité élevé.

Incontestablement ce stage, a été, au-delà de la contribution que me fut offerte au sein de Yazaki Morocco Kenitra, l'occasion pour une réelle intégration professionnelle. Il constitue pour moi une expérience enrichissante et complète qui conforte mon désir d'exercer mon futur métier dans un environnement multinational.



Bibliographie

1. Gestion de production (Alain COURTOIS, Maurice Pillet, MARTINBONNEFOUS)
2. 8 muda.pdf
3. Value Stream Mapping Formation (Consortium de recherche FOR@C)

Webographie

4. www.wikipédia.org
5. <http://www.qualite-conseil.com/ameliorer-productivite.htm>
6. <http://chohmann.free.fr/lean/vsm.html>
7. <https://www.arduino.cc/>
8. <https://openclassrooms.com/courses/programmez-vos-premiers-montages-avec-arduino>
9. <https://openclassrooms.com/courses/perfectionnez-vous-dans-la-programmation-arduino>



ANNEXES



Annexe 2 : les séquences d'insertion pour le poste 1.

Poste	S numbers	Description	Séquence	FW9312A522AB	FW9312A522BB	GX7312A522EB	GX7312A522GA	GX7312A522HA	GX7312A522FB	FPLA12B637BC
1	S001318459	Joint Simple	B12		1			1	1	
1	S001275579	Joint Twist	A11			1	1			
1	S000635755	Joint Simple	B12		1			1	1	
1	S001318457	Joint Twist	B12		1			1	1	
1	S001275577	Joint Twist	A11			1	1			
1	S001128451	Fil Simple	C12		1					
1	S001128364	Fil Simple	A15	1		1	1			
1	S001318527	Fil Simple	B15					1	1	
1	S001318458	Joint Twist	B12		1			1	1	
1	S001275578	Joint Twist	A11			1	1			
1	S000951264	Fil Simple	D8							1
1	S000951267	Fil Simple	B8					1	1	1
1	S001275641	Fil Simple	A8			1	1			
1	S000635818	Fil Simple	C15		1					
1	S000635685	Fil Simple	C3	1						
1	S001318541	Fil Simple	B6					1	1	
1	S001275642	Fil Simple	A4			1	1			
1	S000951270	Fil Simple	D6							1
1	S001275618	Twist Simple	A12			1	1			
1	S001318523	Twist Simple	B11					1	1	
1	S000635689	Fil Simple	A4	1	1					
1	S001318545	Fil Simple	B10					1	1	
1	S001275646	Fil Simple	A10			1	1			
1	S000951274	Fil Simple	D7							1
1	S000635827	Fil Simple	B14		1			1	1	
1	S001275648	Fil Simple	A14	1		1	1			
1	S001128461	Fil Simple	C13		1					
1	S001128375	Fil Simple	C1	1						
1	S001318547	Fil Simple	B8					1	1	
1	S001275649	Fil Simple	A6			1	1			
1	S000951278	Fil Simple	D4							1
1	S000635697	Fil Simple	A3	1	1	1	1	1	1	
1	S001275619	Twist Simple	A12			1	1			



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès



1	S001318524	Twist Simple	B11					1	1	
1	S000635703	Fil Simple	B4	1	1					
1	S001318551	Fil Simple	B7					1	1	1
1	S001275655	Fil Simple	A7			1	1			
1	S000635840	Fil Simple	B13		1			1	1	
1	S001275658	Fil Simple	A13	1		1	1			
1	S001128467	Fil Simple	C14		1					
1	S001128382	Fil Simple	C2	1						
1	S001318554	Fil Simple	B7					1	1	
1	S001275659	Fil Simple	A5			1	1			
1	S000951286	Fil Simple	D5							1
1	S000635716	Fil Simple	B3	1	1					
1	S001318561	Fil Simple	B9					1	1	1
1	S001275665	Fil Simple	A9			1	1			
1	S000951291	Fil Simple	C4	1	1					1
1	S000951320	Fil Simple	D1							1
1	S000951321	Fil Simple	D2							1
1	S000951322	Fil Simple	D3							1



Annexe 3 : le code élaboré pour programmer l'Arduino maître.

```
#include <LiquidCrystal.h> //bibliothèque LCD.
#include <Keypad.h> // bibliothèque key pad.
#include <Wire.h> // bibliothèque du protocole de communication I2C.
const byte lig = 4; // 4 lignes du clavier.
const byte col = 3; //3 colonnes du clavier.
char touches[lig][col] = { // définition des éléments de la matrice du clavier.
    {'1','2','3'},
    {'4','5','6'},
    {'7','8','9'},
    {'*','0','#'}
};

byte BrochesLignes[lig] = {13, 14, 15, 16}; //connexions utilisées pour les broches de lignes du
clavier.
byte BrochesColonnes[col] = {17, 18, 19}; //connexions utilisées pour les broches de colonnes
du clavier.
LiquidCrystal lcd(20,21,22,23,24,25);
Keypad clavier = Keypad( makeKeymap(touches), BrochesLignes, BrochesColonnes, lig, col ) ;
// définition du constructeur du key pad nommé clavier.
char touche;
const int verrou = 11 ; // le pin 11 de l'Arduino est lié au verrou.
const int horloge = 12; // le pin 12 de l'Arduino est lié au clock.
const int data[10] = {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}; // tableau des pins lié aux différents pins data des
74HC595.
int del1[13]= {1000,2000,1500,3000,4000,1000,1000,1000,1000,1000,3000,2000,2300}; // le
tableau délai du premier part number.
int del2[13]= {1500,2000,1500,3000,4000,1000,1000,1000,1000,1000,3000,2000,2300}; // le
tableau délai du 2 part number
```



```
int del3[14]= { 1000,2000,1500,3000,4000,1000,1000,1000,1000,1000,3000,2000}; // le tableau  
délai du 3 part number.
```

```
int del4[13]= { 1000,2000,1500,3000,4000,1000,1000,1000,1000,1000,3000,2000}; // le tableau  
délai du 4 part number.
```

```
int del5[13]= { 1000,2000,1500,3000,4000,1000,1000,1000,1000,1000,3000}; // le tableau délai  
du 5 part number.
```

```
int tab[16] = { 1,2,4,8,16,32,64,128,1,2,4,8,16,32,64,128}; // tableau des valeurs qui seront  
affichés sur les # démultiplexeur HC595.
```

```
int i;
```

```
void setup () // la partie du programme qui sera initialiser une fois au début de compilation du  
programme.
```

```
{
```

```
    lcd.begin(20,4); delay(10); // initialiser le LCD a 20 caractère et 4 lignes et un délai de  
10ms pour initialiser.
```

```
    lcd.print("LCD OK") ; delay(100); // écrire sur le LCD pour 100ms pour tester.
```

```
    lcd.clear(); // supprimer le LCD.
```

```
    for (i=0; i<(sizeof(data)/sizeof(data[0])); i++)
```

```
    {
```

```
        pinMode(data[i], OUTPUT); // définir les éléments du tableau data autant que sortie.
```

```
    }
```

```
    pinMode(verrou, OUTPUT); // définition du verrou autant que sortie.
```

```
    pinMode(horloge, OUTPUT); // définition du clock autant que sortie.
```

```
    Wire.begin(); // activation du protocole I2C for master.
```

```
}
```

```
void loop() // la partie du programme qui sera répété infiniment.
```

```
{
```

```
    touche = clavier.getKey(); // création d'un élément constructeur et l'initialiser par la valeur  
cliquer sur le clavier.
```

```
    char command = touche;
```

```
    if (touche == '1'){
```

```
        lcd.print("GX7312A522HA/FB"); // écrire le nom du part number correspondant.
```

```
        int k=0; // un entier qui va préciser sur quelle case du tableau data [] on travaille.
```



```
for(int i=0; i<(sizeof(del1)/sizeof(del1[0])) ; i++) // une boucle qui parcourt tous les  
éléments du tableau del1 [].
```

```
{  
    digitalWrite(verrou, LOW);  
    shiftOut(data[k], horloge, LSBFIRST, tab[i]);  
    digitalWrite(verrou, HIGH);  
    delay(del1[i]);  
    if(i==7) k++; digitalWrite(data[k-1], LOW); // si i== 7 (CAD on a déjà  
parcourus tt les leds du premier HC595), on leurs donne l'ordre de s'éteindre  
    if(i==(sizeof(del1)/sizeof(del1[0]))) digitalWrite(data[k], LOW); // si (i==  
taille de del1) (CAD on a parcourus tt les leds du premier HC595),ils vont s'éteindre.  
}
```

```
    lcd.clear();
```

```
}
```

```
else if (touche == '2') // la même chose se répète si on clique sur la touche 2 du clavier  
mais avec d'autres leds.
```

```
{
```

```
    lcd.print("GX7312A522EB/GA");
```

```
    int k=2;
```

```
    for(int i=0; i<(sizeof(del2)/sizeof(del2[0])) ; i++)
```

```
    {
```

```
        digitalWrite(verrou, LOW);
```

```
        shiftOut(data[k], horloge, LSBFIRST, tab[i]);
```

```
        digitalWrite(verrou, HIGH);
```

```
        delay(del2[i]);
```

```
        if(i==7) k++; digitalWrite(data[k-1], LOW);
```

```
        if(i== (sizeof(del2)/sizeof(del2[0]))) digitalWrite(data[k], LOW);
```

```
    }
```

```
    lcd.clear();
```

```
}
```

```
else if (touche == '3')
```



```
{  
  lcd.print("FW9312A522BB");  
  int k=4;  
  for(int i=0; i< (sizeof(del3)/sizeof(del3[0])) ; i++)  
  {  
    digitalWrite(verrou, LOW);  
    shiftOut(data[k], horloge, LSBFIRST, tab[i]);  
    digitalWrite(verrou, HIGH);  
    delay(del3[i]);  
    if(i==7) k++; digitalWrite(data[k-1], LOW);  
    if(i== (sizeof(del3)/sizeof(del3[0]))) digitalWrite(data[k], LOW);  
  }  
  lcd.clear();  
}  
else if (touche == '4')  
{  
  lcd.print("FPLA12B637BC");  
  int k=6;  
  for(int i=0; i<(sizeof(del4)/sizeof(del4[0])) ; i++)  
  {  
    digitalWrite(verrou, LOW);  
    shiftOut(data[k], horloge, LSBFIRST, tab[i]);  
    digitalWrite(verrou, HIGH);  
    delay(del4[i]);  
    if (i==7) k++; digitalWrite(data[k-1], LOW);  
    if (i== (sizeof (del4)/sizeof(del4[0]))) digitalWrite(data[k], LOW);  
  }  
  lcd.clear();  
}  
else if (touche == '5')
```



```
{  
  lcd.print("FW9312A522AB");  
  int k=8;  
  for(int i=0; i< (sizeof(del5)/sizeof(del5[0])) ; i++)  
  {  
    digitalWrite(verrou, LOW);  
    shiftOut(data[k], horloge, LSBFIRST, tab[i]);  
    digitalWrite(verrou, HIGH);  
    delay(del5[i]);  
    if (i==7) k++; digitalWrite(data[k-1], LOW);  
    if (i== (sizeof(del5)/sizeof(del5[0]))) digitalWrite(data[k], LOW);  
  }  
  lcd.clear();  
}  
else if (touche == NO_KEY) // si on ne clique pas sur aucune touche  
{  
  for(int i=0; i< (sizeof(data)/sizeof(data[0])); i++) // une boucle sur toute les éléments du  
tableau des data.  
  {  
    digitalWrite(verrou, LOW);  
    shiftOut(data[i], horloge, LSBFIRST, 0); // mettre tt les LEDs liés au différentes  
HC595 au niveau bas.  
    digitalWrite(verrou, HIGH);  
  }  
}  
Wire.beginTransmission(2); // transmit to second Arduino #2  
Wire.write (command) ;      // envoi de commande.  
Wire.endTransmission ();    // fin d'envoi de commande.  
}
```



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès





Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès



ANNEXE 4: Fiche de suivi pour la maintenance des contre-pièces.



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès

