



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Faculté des Sciences et Techniques de Fès  
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'études

Préparé par

**GOUIZA Zineb**  
**GUENNOUN Imane**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

Synchronisation logistique : Livraison avec  
production en séquence

Lieu : YAZAKI-Tanger  
Réf : 15 /IMT15

Soutenu le 30 Juin 2015 devant le jury :

- Pr. EL HAMMOUMI Mohammed (Encadrant FST)
- Mme. YAÂGOUBI Zineb (Encadrante Société)
- Pr. CHAFI Anas (Examinateur)
- Pr. GADI Fouad (Examinateur)



## Avant-propos

Le présent travail a été réalisé par GOUIZA Zineb et GUENNOUN Imane, dans le cadre d'un stage de projet de fin d'études pour la formation Ingénieur de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Il a pour objectif la réalisation d'un projet, la familiarisation du jeune ingénieur avec l'environnement du travail ainsi que l'évaluation des compétences et du degré d'adaptation.

Nous prouvons que cette expérience en entreprise qui était assez enrichissante et complète tant sur le plan technique que sur le plan relationnel, est un bon entraînement et un vrai tremplin vers le marché du travail. En effet, elle conforte notre désir d'exercer notre futur métier d' « INGENIEUR » et nous encourage pour un bon avenir professionnel. Enfin, nous tenons à exprimer notre satisfaction d'avoir travaillé dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.

Ayant l'opportunité d'effectuer un stage de fin d'études au sein du département Ingénierie de l'entreprise internationale YAZAKI, nous avons pu travailler sur un sujet d'actualité et qui n'a jamais été proposé auparavant au sein de l'entreprise. Ce projet intitulé : « synchronisation logistique : livraison avec production en séquence » est proposé par le service REFA appartenant au même département.

L'encadrement a été assuré par Mr EL HAMMOUMI Mohammed l'encadrant pédagogique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Mme YAAGOUBI Zineb coordinatrice du département Ingénierie et Mme AMCHICH Zahra coordinatrice REFA.

Nous avons eu le plaisir d'avoir le soutien et le support, tout au long de la période de notre stage, de Mr TEFFAL Saïd Directeur des opérations.

## Dédicaces

*À tous ceux qui n'ont pas cessé de nous encourager durant toute la période de notre stage ;*

*À nos chers parents, notre exemple éternel, notre source de joie et de bonheur, ceux qui se sont toujours sacrifiés pour nous voir réussir ;*

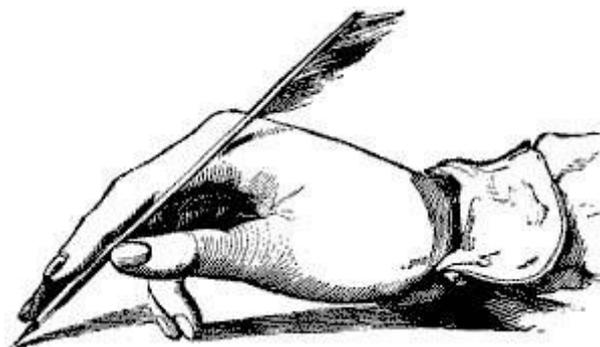
*À notre belle famille, pour son amour et son support continu ;*

*À nos frères et sœurs, pour le soutien et l'encouragement qu'ils nous en accordés, nous exprimons notre profonde gratitude ;*

*À nos chers amis, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus dévoués et nos vœux les plus sincères ;*

*À nos professeurs, pour leur soutien et orientation tout au long de notre cursus universitaire ;*

*À ceux qui nous ont aidées, apprécié nos efforts et créé le milieu favorable, l'ambiance joyeuse et l'atmosphère joviale pour nous procurer ce travail.*



## Remerciements

Nous souhaitons remercier toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

En particulier, nous commençons par remercier notre encadrant pédagogique Mr EL HAMMOUMI Mohammed, chef de département de Génie Industriel à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, qui n'a cessé de nous orienter, nous conseiller et de nous donner toutes les explications utiles et nécessaires tout au long de notre parcours universitaire notamment pendant la durée de stage. Nous lui adressons notre profond respect.

Nous tenons à remercier Mme YAAGOUBI Zineb et Mme AMCHICH Zahra nos encadrantes industrielles pour les efforts qu'elles ont fournis pour nous guider durant cette période de stage. Elles n'ont épargné aucun effort pour mettre à notre disposition tout ce dont nous avons besoin pour réussir ce travail.

Nos vifs remerciements sont aussi accordés à Mr TEFFAL Saïd, le manager du département Ingénierie pour l'intérêt qu'il nous a manifesté malgré toutes ses responsabilités au sein de l'entreprise.

Nous remercions aussi tout le personnel de l'entreprise YAZAKI particulièrement le personnel du département Ingénierie qui nous a aidé à passer ce stage dans les meilleures conditions possibles et qui nous a accueilli chaleureusement.

A cette occasion, notre gratitude et notre reconnaissance sont exprimées à nos chers parents qui nous ont inconditionnellement soutenues tout au long de nos aventures professionnelles. Nous espérons être à la hauteur de leurs attentes. Nous adressons également nos remerciements les plus sincères à nos frères et sœurs qui ont toujours été à nos côtés et qui n'ont cessé de nous diriger.

Nos remerciements intenses sont réservés à nos chers amis et nos familles pour leurs encouragements et leurs supports.

## Liste des acronymes

- ❖ YEL: YAZAKI Europe Limited.
- ❖ YMO: YAZAKI Morocco.
- ❖ VSM: Value Stream Mapping.
- ❖ KSK: KundenSpezifische kabel (Câble Spécifique Client)
- ❖ SAP: Systems, Applications, and products for data Processing.
- ❖ REFA : Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung  
(Organisation industriel de la conception du travail)
- ❖ MH : Main Hour
- ❖ PSA: Peugeot Société Anonyme.
- ❖ B9: Citroën Berlingo.

# Listes des figures et tableaux

Figure 1: Répartition des implantations de YAZAKI à travers le monde .....	11
Figure 2: Activités de YAZAKI.....	12
Figure 3: Principaux clients de YAZAKI par zones.....	14
Figure 4: Principaux clients de YAZAKI Morocco S.A. ....	16
Figure 5: Organigramme YAZAKI.....	17
Figure 6: Câble produit par YAZAKI MOROCCO .....	18
Figure 7: Différents types de câblage.....	19
Figure 8: Fil Electrique.....	19
Figure 9: Composants d'un terminal.....	20
Figure 10: Différents types de connecteurs .....	20
Figure 11: Différents Accessoires .....	21
Figure 12: Flux de production .....	21
Figure 13: Processus de la coupe.....	22
Figure 14: Processus de fabrication.....	22
Figure 15: Processus du Montage.....	23
Figure 16: Layout du projet B9 .....	25
Figure 17: Diagramme Pareto de la consommation du mois janvier 2015 de la Famille Habitable B9	27
Figure 18: Cartographie VSM de la référence PCEGH01295 .....	29
Figure 19 : Simulation du processus de montage.....	30
Figure 20: Graphe du suivi de la productivité du mois janvier 2015 .....	30
Figure 21: Identification des câbles pendant le déroulement du test.....	32
Figure 22: Temps de cycle des références.....	32
Figure 23 : Simulation du chevauchement des opérateurs .....	34
Figure 24: Bête à cornes du projet.....	36
Figure 25: Diagramme Pieuvre du projet .....	36
Figure 26: Diagramme GANTT du déroulement du projet.....	38
Figure 27 : Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01295.....	43
Figure 28: Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01354.....	44
Figure 29: Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01449.....	44
Figure 30: Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01587.....	45
Figure 31: Diagramme ISHIKAWA .....	46
Figure 32 : Diagramme Pareto des causes.....	46
Figure 33 : Exemple du plan d'actions .....	47
Figure 34: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH01295.....	48
Figure 35: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH01354.....	49
Figure 36: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH0144.....	49
Figure 37: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH01587.....	50
Figure 38: Composants de la carte Arduino UNO .....	51
Figure 39: Composants de la carte Arduino MEGA .....	52
Figure 40 : Schéma du système de visualisation sur ISIS .....	56
Figure 41 : Simulation sur FlexSim du processus de montage en production modulaire .....	68
Figure 42 : Introduction du code de la chaine pour accéder à l'interface du scan .....	69

## Mémoire du projet de fin d'études

Figure 43 : Interface du scan .....	69
Figure 44 : Auto collant de la caisse .....	70
Figure 45 : Confirmation du code de l'auto collant pour fermer la caisse .....	70
Figure 46 : Interface du scan pour le concept KSK.....	71
Figure 47 : Layout du processus de montage en production modulaire .....	74
Tableau 1: Historique de YAZAKI.....	13
Tableau 2: Fiche technique de YAZAKI MOROCCO S.A. ....	15
Tableau 3: Caractéristiques des 3 familles du projet B9 .....	25
Tableau 4:MH de quelques références .....	28
Tableau 5: Déroulement du test.....	31
Tableau 6: Fonctions du diagramme Pieuvre .....	37
Tableau 7: Opérations effectuées par les opérateurs en insertion .....	39
Tableau 8: Classification des opérations .....	40
Tableau 9: Chronométrage des opérations .....	41
Tableau 10: Chronométrage de chaque poste d'insertion de la Référence PCEGH01295 .....	42
Tableau 11: Tac Time des références étudiées.....	50
Tableau 12: Caractéristiques de la carte Arduino UNO .....	51
Tableau 13: Caractéristiques de la carte Arduino MEGA .....	52
Tableau 14: Table des entrées-sorties des postes 14 et 15 .....	54
Tableau 15: caractéristiques du matériel utilisé dans le système de visualisation .....	55
Tableau 16: Table de l'étude financière.....	58
Tableau 17: Gain annuel obtenu des plans d'actions .....	59
Tableau 18 : Liste des modules de la famille Habitable du projet B9 .....	63
Tableau 19: Décomposition des modules entre les opérateurs pour la référence PCEGH01295 .....	64
Tableau 20: Temps nécessaires pour chaque opération.....	67
Tableau 21: Table de l'étude financière en appliquant une production modulaire .....	73

# Sommaire

Avant-propos.....	1
Dédicaces.....	2
Remerciements .....	3
Liste des acronymes .....	4
Listes des figures et tableaux .....	5
Sommaire .....	7
Introduction Générale.....	10
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise.....	11
Introduction.....	11
I. YAZAKI corporation .....	11
1-1 Présentation .....	11
1-2 Activités de YAZAKI.....	12
1-3 Historique de YAZAKI.....	13
1-4 Objectifs.....	13
II. YAZAKI MOROCCO S.A.....	15
2.1 Fiche technique .....	15
2.2 A propos de YAZAKI MOROCCO .....	15
2.3 Clients de YAZAKI Morocco .....	16
2.4 Vision de l'entreprise.....	16
2.5 Organigramme.....	16
2.6 Fonction des départements .....	18
III. Production à YMO .....	18
3.1 Types de câblage : .....	19
3.2 Composants du câblage .....	19
3.2.1 Fil électrique.....	19
3.2.2 Terminaux.....	20
3.2.3 Connecteurs.....	20
3.2.4 Accessoires .....	20
3.3 Processus de fabrication .....	21
3.3.1 Coupe.....	22
3.3.2 Pré-assemblage .....	22
3.3.3 Montage .....	23

## Mémoire du projet de fin d'études

Conclusion .....	23
Chapitre II : Présentation du projet.....	24
Introduction : .....	24
I. Analyse de l'existant.....	24
1.1 Etat actuel.....	24
1.1.1 Définition du projet B9 .....	24
1.1.2 Cartographie VSM .....	25
1.1.3 Simulation sur FlexSim .....	29
1.2 Suivi de productivité.....	30
II. Présentation du sujet .....	31
2.1 Flux synchrone.....	31
2.2 Test : .....	31
2.2.1 Principe et déroulement du test .....	31
2.2.2 Résultat du test .....	32
2.2.3 Analyse de l'impact .....	34
III. Cahier des charges.....	34
3.1 Acteurs du projet.....	34
3.2 Contexte et définition du problème.....	35
3.3 Analyse fonctionnelle du projet .....	36
3.4 Objectif .....	37
3.5 Périmètre.....	37
3.6 Déroulement du projet.....	37
Conclusion : .....	38
Chapitre 3 : Analyse et étude de la problématique .....	39
Introduction.....	39
I. Diagramme Yamazumi .....	39
1.1 Classification des opérations.....	39
1.2 Chronométrage des opérations .....	40
1.3 Réalisation du diagramme Yamazumi .....	43
II. Actions d'amélioration .....	45
2.1 Identification des causes critiques .....	45
2.2 Kaizen .....	47
2.3 Equilibrage.....	47
III. Visualisation .....	50

## Mémoire du projet de fin d'études

3.2	Programmation ARDUINO.....	50
3.2.1	Définition et choix de la carte ARDUINO.....	51
3.2.2	Tables des entrées sorties.....	53
3.2.3	Choix du matériel utilisé.....	55
3.3	Programme.....	56
3.4	Simulation sur ISIS.....	56
IV.	Etude financière.....	57
V.	Résultats obtenus.....	59
	Conclusion.....	59
	Chapitre 4 : Concept KSK.....	60
	Introduction.....	60
I.	Etude de l'implémentation du concept KSK.....	60
1.1	Définition et principe.....	60
1.2	Réalisation.....	60
1.3	Simulation sur FlexSim :.....	67
II.	Système SAP.....	68
2.1	Définition et principe.....	68
2.2	Etat actuel.....	68
2.3	Solution proposée.....	70
III.	Etude financière :.....	72
IV.	Résultats obtenus.....	74
	Conclusion.....	74
	Conclusion Générale.....	75
	Références.....	77
	Annexes.....	78

# Introduction Générale

De nos jours, les entreprises deviennent de plus en plus confrontées à une demande variable et fortement influencées par plusieurs facteurs, vu la grande concurrence que connaît le monde industriel, ce qui a conduit à une tension croissante sur les flux. Les entreprises, en particulier celles spécialisées dans la production de produits de masses diversifiés, ont pensé à orienter leurs efforts vers le développement de nouvelles approches de pilotage de flux dans le but de mieux satisfaire le client en minimisant leurs coûts. Pour y arriver, les grandes boîtes se penchent sur l'organisation de leur chaîne logistique.

L'industrie automobile a été pionnière en faisant émerger la notion de livraison et/ou production synchrone. Les constructeurs automobiles font effectivement appel à des fournisseurs extérieurs avec un enjeu : Approvisionner le bon produit dans des délais courts, pour minimiser les coûts de stockage voir éliminer le stock intermédiaire. Répondre à cet enjeu n'est pas évident ce qui pousse ces fournisseurs à établir de bonnes stratégies d'approvisionnement et de pilotage de flux. En effet, tenir compte de l'information sur la demande et non seulement de l'information sur le système (niveau de stock, état du système ...) semble une bonne stratégie menée par les managers vu son impact sur le pilotage de flux. En d'autre terme, obtenir la demande du client en amont permet à l'entreprise de bien estimer ses besoins et d'améliorer ses méthodes de pilotage.

Dans cette perspective, l'équipementier YAZAKI se voit dans l'obligation de se lancer dans ce concept. Notre stage de fin d'études s'inscrit dans cette optique sous le thème : Synchronisation logistique : Livraison avec production en séquence. Nous aurons à analyser l'impact de la production synchrone sur la productivité d'une chaîne d'assemblage en effectuant un test. Dans un premier lieu, nous proposerons des améliorations s'articulant autour des principes KAIZEN. Puis, nous programmerons un système de visualisation avec des cartes Arduino qui permettra de faciliter la détection des circuits et connecteurs entrant dans chaque référence. Cette partie aura comme objectif de diminuer l'impact total du test. Finalement, nous aurons à élaborer une étude financière de ce projet.

Le dernier chapitre entre dans le cadre du principe de la différenciation retardée considérée comme la meilleure solution menée par les fournisseurs et les équipementiers des entreprises du secteur automobile pour une synchronisation logistique. En effet, nous aurons à consacrer cette partie à une étude de l'implantation du concept KSK (câble spécifique client). Nous aurons ainsi à décomposer la production des modules entre les opérateurs d'une façon équitable puis nous proposerons la nouvelle conception de la chaîne du montage. Et pour une livraison synchrone, nous aurons à étudier l'environnement convenable dans le standard du scan qui sera utilisé dans le système SAP. Pour terminer, nous étudierons cette solution financièrement afin de comparer les deux méthodes proposées.

# Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise

## Introduction

Depuis sa création en 1929, YAZAKI n'a cessé de croître et de se développer afin de devenir le grand groupe que nous connaissons aujourd'hui. Nous allons consacrer cette partie pour présenter YAZAKI au niveau national et international, en précisant ses secteurs d'activités, son organigramme et son processus de fabrication.

## I. YAZAKI corporation

### 1-1 Présentation

YAZAKI a vu le jour en 1929 de la main du père SADAMI YAZAKI. Le groupe YAZAKI avait d'abord commencé dans la vente du câblage automobile, pour s'orienter après vers sa production.

YAZAKI est devenue en octobre 1941 l'un des leaders dans le domaine du câblage et des composants pour automobile avec un capital de 3.1915 milliards Yen. Actuellement elle est présente dans 38 pays (Figure 1). 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 200 000 employés dans le monde.

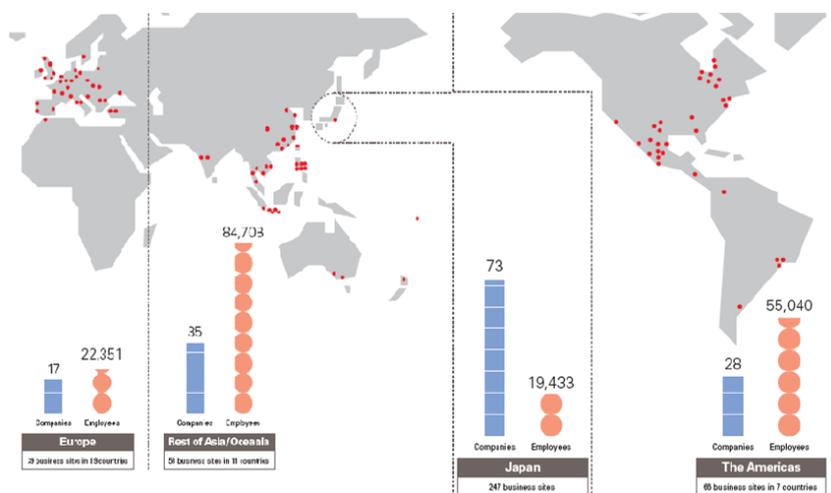


Figure 1: Répartition des implantations de YAZAKI à travers le monde

## 1-2 Activités de YAZAKI

Aujourd'hui, son activité principale est le câblage, la fabrication de composants électriques pour automobiles et instruments, la fabrication de fils câbles électriques, la fabrication de produits de gaz, et la climatisation.

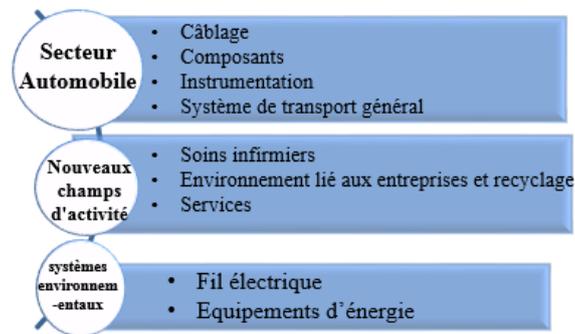


Figure 2: Activités de YAZAKI

L'activité principale de la société est la conception et fabrication du câblage, qui est un ensemble de conducteurs électriques (câbles entre autres), de terminaux, connecteurs et matériels de protection.

YAZAKI vise de même à :

- Proposer les dernières technologies avec des prix compétitifs et des standards Qualité irréprochables.
- Etendre les opérations internationales en partageant avec les communautés locales la prospérité et les valeurs.
- Offrir une réponse immédiate aux clients à travers un réseau mondial.

### ➤ Secteur automobile

YAZAKI fournit une large gamme de produits pour le secteur automobile, et plus spécialement le câblage automobile et les instruments de mesure. Elle occupe la place de leader mondial dans le secteur Automobile. Ses produits sont utilisés par une large clientèle au Japon tout comme dans le reste du monde.

YAZAKI s'est affirmé en une position unique dans le marché. Chaque solution est un système complètement indépendant, spécialement conçu pour le client concerné. C'est cette coopération entre YAZAKI et ses clients qui est derrière le succès des systèmes et des produits développés par la société Japonaise et qui fait que les solutions soient optimales pour le fonctionnement du véhicule et de la meilleure qualité qui soit.

Il faut dire que les fonctions de sécurité des véhicules sont en constante évolution et amélioration. Les véhicules sont plus confortables que jamais. Les systèmes électriques intelligents délivrent des standards très poussés et augmentent la complexité du système du véhicule. Les ingénieurs en développement chez YAZAKI travaillent pour développer des produits innovants d'une façon continue.

### 1-3 Historique de YAZAKI

*Tableau 1: Historique de YAZAKI*

<b>1929</b>	<b>YAZAKI est fondée par Mr. Sadami YAZAKI</b>
<b>1938</b>	YAZAKI ouvre sa première usine de câblage électrique
<b>1941</b>	Sadami YAZAKI établit YAZAKI Corporation à Tokyo
<b>1949</b>	Début de la production de câblage automobile
<b>1950</b>	Début de la production de l'instrumentation
<b>1959</b>	YAZAKI parts Co. Ltd Est établie
<b>1960</b>	YAZAKI installe sa production de gaz mètre à l'usine de Shimada
<b>1963</b>	Premier bureau de vente à l'étranger ouvert aux USA
<b>1966</b>	Bureau représentant en Europe ouvert en Suisse
<b>1979</b>	Début de la production des boîtes de jonctions
<b>1980</b>	Etablissement de YAZAKI Europe avec l'ouverture du premier bureau de ventes européen aux Royaumes Unis
<b>1981</b>	Début de la production de fibres optiques et de connecteur
<b>1986</b>	Ouverture de la première implantation de production en Europe au Portugal
<b>1987</b>	Ouverture du premier département européen de R&D en Allemagne
<b>1993</b>	Première communauté avec CAN Connexion pour SAAB Europe
<b>1998</b>	YUK ( YAZAKI United Kingdom) changes name to YAZAKI Europe Limited
<b>2001</b>	Fondation de joint-venture avec Siemens (SY System Technology)
<b>2002</b>	Ouverture de YAZAKI MOROCCO SA premier site Africain
<b>2003</b>	Première communauté avec OLED (Organic Light Emitting Diode)
<b>2004</b>	Début de la production de l'électronique et l'instrumentation
<b>2007</b>	YAZAKI Corporation reçoit le prix d'excellence en affaires de la famille (par IMD / Suisse)
<b>2011</b>	Ouverture de YAZAKI-Kenitra
<b>2012</b>	Etablissement de YAZAKI Corporation des systèmes Energétiques
<b>2013</b>	Ouverture de YAZAK- Meknès

### 1-4 Objectifs

Les objectifs principaux de YAZAKI sont :

## Mémoire du projet de fin d'études

- Satisfaire ses clients et ses employés ;
- Avoir des produits de bonne qualité, à juste temps et à moindre coût en se basant sur la créativité et l'esprit d'équipe ;
- Améliorer les conditions de travail en appliquant la discipline des 5S <sup>1</sup>;
- Améliorer la communication et la motivation ;
- Adopter l'approche PDCA (Plan, Do, Check and Act);
- Cerner et résoudre les problèmes à l'origine ;
- Encourager les décisions créatives axées sur l'amélioration continue ;
- Mettre en place une organisation apprenante, et créer un esprit de compétition ;
- Garantir un respect de l'homme, responsabilisant mutuellement l'ensemble du personnel.

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 (Figure 3), telles que : **FORD, JAGUAR, PSA, RENAULT-NISSAN, FIAT, TOYOTA.**

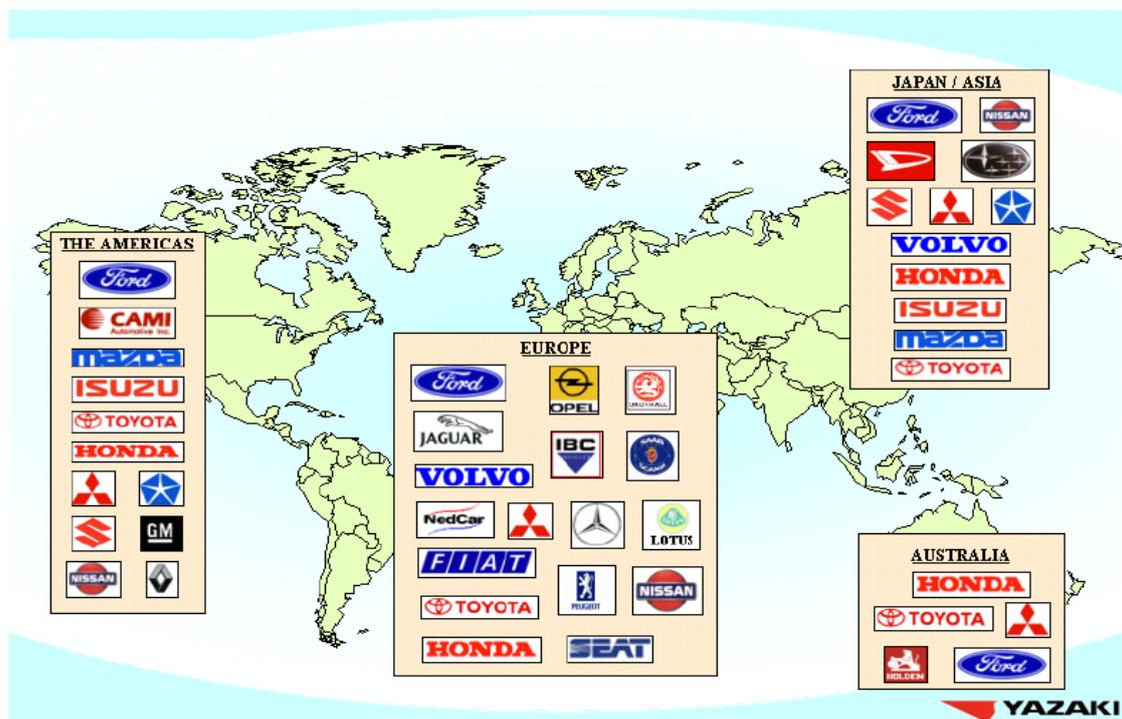


Figure 3: Principaux clients de YAZAKI par zones

<sup>1</sup> Ordonner, Ranger, Dépoussiérer, Rendre évident, Etre rigoureux.

## II. YAZAKI MOROCCO S.A.

### 2.1 Fiche technique

Tableau 2: Fiche technique de YAZAKI MOROCCO S.A.

<b>Raison sociale</b>	<b>YAZAKI Maroc</b>
<b>Type de société</b>	Société Anonyme
<b>Capital</b>	86.025.400 DH Convertibles
<b>Employés</b>	Plus de 5000 en 2011
<b>Chiffre d'affaire</b>	Plus de 150 millions DHS
<b>Sites de production</b>	Tanger 2001, Kenitra 2010, Meknès 2013
<b>Création</b>	2001
<b>Registre de commerce</b>	20521
<b>Patente n°</b>	50279338
<b>Identification Fiscale</b>	04906347
<b>N° d'affiliation CNSS</b>	6555702
<b>Adresse</b>	Lot 101 Zone Franche d'exploitation Aéroport Tanger 90 000
<b>Tél</b>	05 39 39 90 00
<b>Fax</b>	05 39 39 34 48 – 05 39 39 35 03
<b>Site</b>	<a href="http://www.yazaki-europe.com">www.yazaki-europe.com</a>

### 2.2 A propos de YAZAKI MOROCCO

YAZAKI a été d'abord installé à Tanger Free Zone en 2001. Elle était au départ une succursale de la branche portugaise. Ce n'est qu'en mai 2003 qu'elle acquiert son indépendance et devient YAZAKI Morocco S.A., avec un capital de 8 millions d'euros (88 millions de DH).

Le Maroc a été le premier pays africain dans lequel YAZAKI à inaugurer son site opérationnel pour la production du câblage automobile.

Le choix initial de la ville de Tanger est légitimé par plusieurs raisons dont:

- ♦ La proximité avec le continent européen : Tanger étant située à 14 KM de l'Espagne ;
- ♦ La fréquence des liaisons et correspondances maritimes ;
- ♦ L'existence d'un aéroport International ;
- ♦ La vocation même de la ville : 2<sup>ème</sup> ville industrielle du pays ;
- ♦ Les privilèges fiscaux, les aides à l'acquisition et à la construction dont peut bénéficier un investisseur que propose la Tanger Free Zone.

Avec deux importantes unités de production à Tanger et à Kenitra, YAZAKI Maroc a réalisé un chiffre d'affaires de 150 millions d'euros en 2010 pour un total d'emplois supérieur à 4500 postes.

La nouvelle architecture de la multinationale japonaise qui produit des câblages électriques pour l'industrie automobile n'envisage pas d'agrandir ses usines de Tanger et de

Kenitra avec leurs 4000 et 1000 employés respectivement, mais plutôt de créer autour de chacune de ces unités un réseau d'unités de production satellites de 200 à 500 employés, d'où l'investissement de plus de 10 millions d'euros dans une unité de fabrication de faisceaux de câbles à Meknès en 2013.

### 2.3 Clients de YAZAKI Morocco

Depuis son installation à Tanger, YAZAKI travaille essentiellement pour ses clients Ford, Renault-Nissan, Peugeot, Citroën, Faurecia, Jaguar et Land Rover.

Depuis l'ouverture de l'unité de Kenitra, celle-ci produit exclusivement pour les clients Jaguar et Land Rover.

Actuellement, l'unité de Meknès s'occupera à produire uniquement pour le client Renault.



Figure 4: Principaux clients de YAZAKI Morocco S.A.

### 2.4 Vision de l'entreprise

La vision de l'entreprise YAZAKI s'articule sur différents points clés :

- La main d'œuvre : la complexité de l'assemblage des fils et ses composants nécessite en moyenne plus de six heures de main d'œuvre, de ce fait vient le poids de cet élément dans la vision de l'entreprise.
- La communication : le rôle du management est d'assurer un meilleur partage de l'information.
- Le client : la satisfaction du client est au centre d'intérêt de la société, c'est la raison de son efficacité.
- La qualité : le personnel de YAZAKI Tanger ne doit accepter que la qualité supérieure dans l'ensemble des tâches qu'il entreprend.
- Citoyenneté : YAZAKI Tanger est une entreprise citoyenne. Entre autres, des actions managériales y sont développées. Elles vont dans le sens d'une prise de connaissance de la protection de l'environnement.

### 2.5 Organigramme

La structure de l'organigramme est une structure fonctionnelle, qui englobe un ensemble d'activités diverses, et l'information circule entre eux en assurant une certaine coordination qui minimise le pourcentage des défauts et de dysfonctionnement interne.

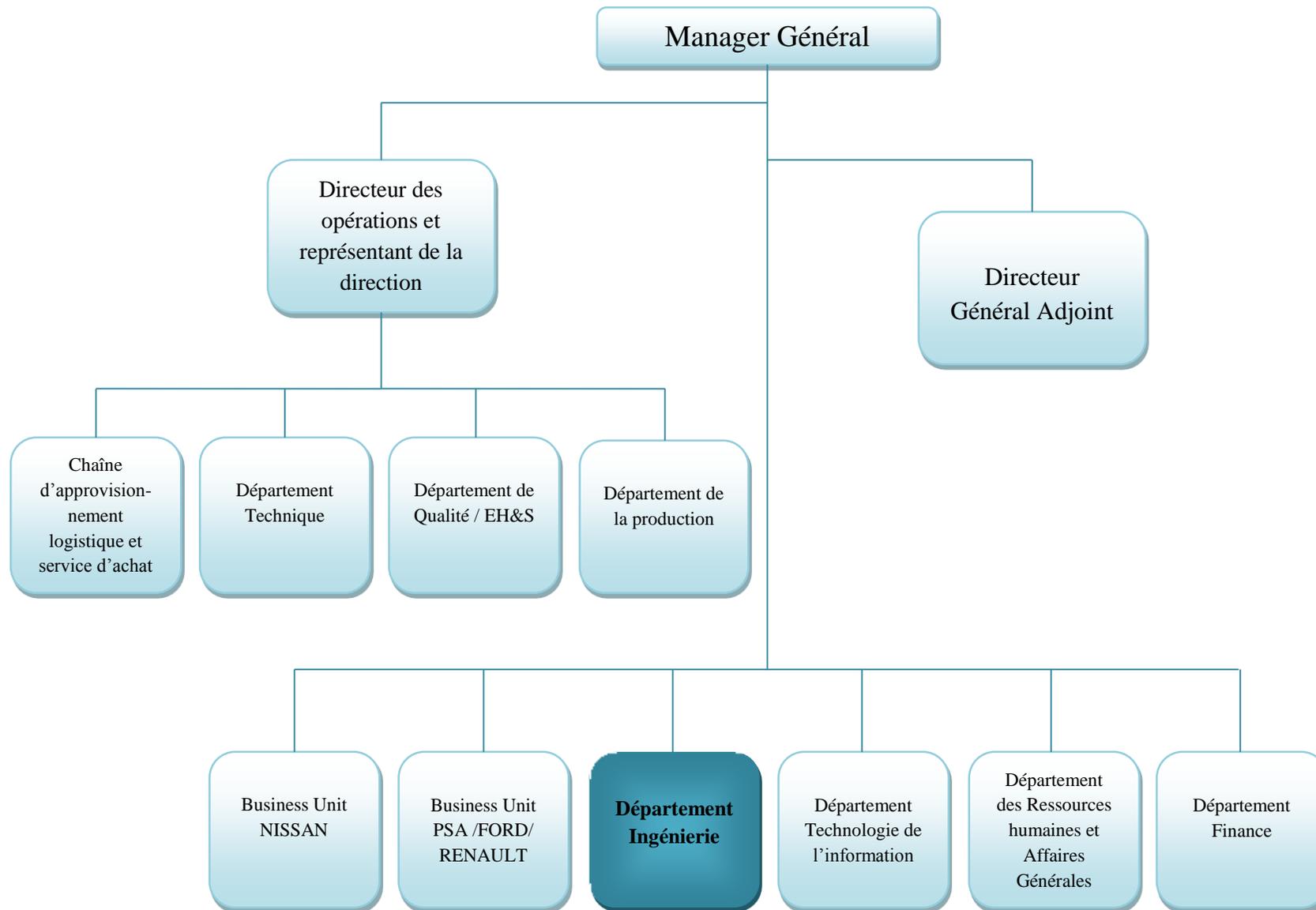


Figure 5: Organigramme YAZAKI

## 2.6 Fonction des départements

- **Le département des ressources humaines** : sa mission est de disposer à temps des effectifs suffisants et en permanence, assurer une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation. Il joue aussi le rôle de facilitateur et accompagnateur en social afin d'atteindre des objectifs escomptés par le groupe en matière de ressources humaines.

- **Le département finance** : il doit assurer les fonctions financières et comptables de l'entreprise, développer et implanter les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie tout en veillant à la préservation du patrimoine financier de l'entreprise.

- **Le département logistique** : son rôle est d'optimiser la mise en place et le lancement des programmes de fabrication tout en assurant une gestion optimale du stock et une expédition à temps aux clients.

- **Le département qualité** : est le garant de la politique et du système qualité de l'entreprise à travers l'implantation d'un système qualité fiable qui répond aux exigences des clients afin d'atteindre le niveau de qualité escompté sur le plan du processus et des produits.

- **Le département ingénierie** : il a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par les Directions Ingénierie et Qualité du groupe.

- **Le département production** : il a pour principale mission la réalisation des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.

### III. Production à YMO

L'activité de YAZAKI Maroc est la conception des câbles électriques qui servent à réaliser la conductivité électrique entre les différents points dans l'automobile de la source d'énergie (la batterie) aux consommateurs de celle-ci.

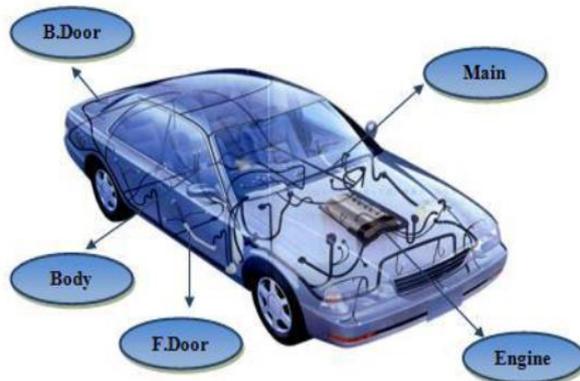


Figure 6: Câble produit par YAZAKI MOROCCO

### 3.1 Types de câblage :

Un câblage se compose d'une multitude de fils électriques et terminaux coupés, sertis, soudés et groupés à l'aide des connecteurs et avec des adhésifs selon un schéma et des conditions spécifiques aux clients. Il assure la distribution électrique, le transfert des informations et la commande électrique entre les différents points dans l'automobile de la source d'énergie (la batterie) aux consommateurs de cette énergie.

Le câblage se subdivise en plusieurs parties liées. On trouve :



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

Figure 7: Différents types du câblage

Cette division est très utile pour :

- Faciliter le montage dans la voiture ;
- Faciliter la réparation en cas de panne du fonctionnement électrique dans l'automobile.

### 3.2 Composants du câblage

#### 3.2.1 Fil électrique

C'est le composant principal du câblage. Il est utilisé pour conduire le courant électrique d'un point à un autre avec la perte minimale possible. Le fil électrique se compose d'un isolant et de filaments. Il est désigné par son espèce, sa section et sa couleur...

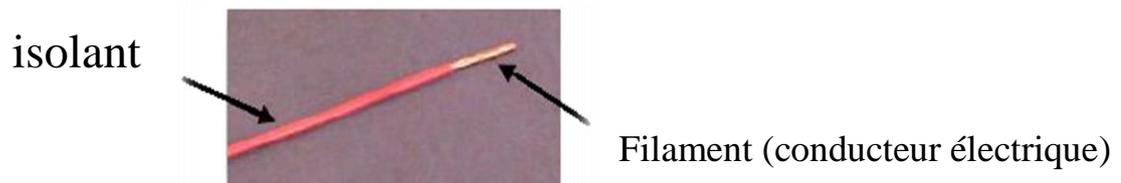


Figure 8: Fil Electrique

### 3.2.2 Terminaux

Les terminaux sont les pièces qui assurent une bonne connectivité et un minimum de perte de tension.

Les composants du terminal sont :

- 1 : Boca de sino
- 2 : Saillance de conducteur
- 3 : L'ato-ashi
- 4 : Saillance d'isolation
- 5 : Les Lances des terminaux
- 6 : Saillance de ligament
- 7 : L'apparence du bouchon

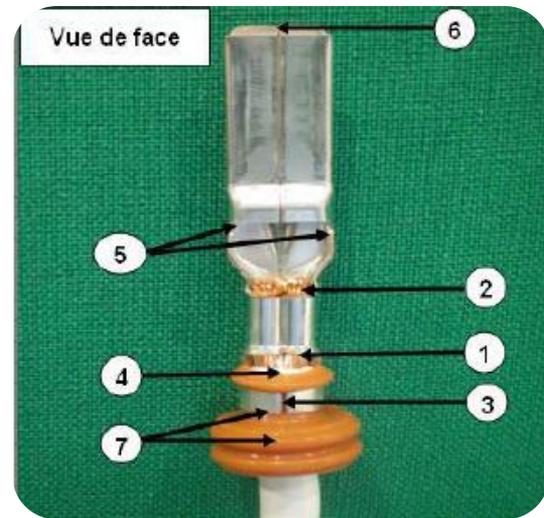


Figure 9: Composants d'un terminal

### 3.2.3 Connecteurs

Les connecteurs sont des pièces où les terminaux seront insérés, Ils permettent de :

- Etablir un circuit électrique débranchable.
- Etablir un accouplement mécanique séparable.
- Isoler électriquement les parties conductrices.

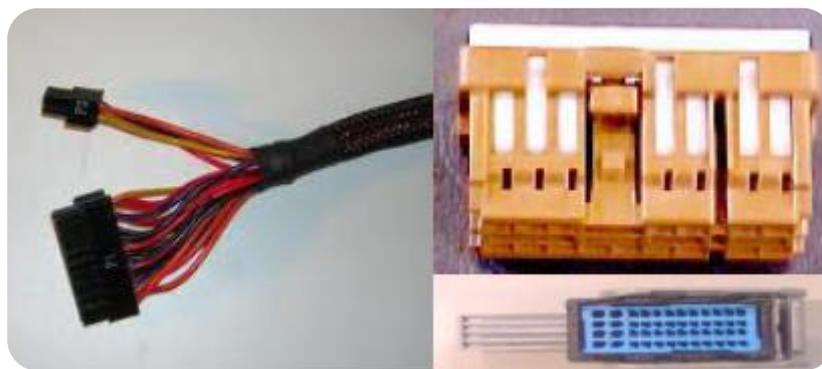


Figure 10: Différents types de connecteurs

### 3.2.4 Accessoires

Ce sont des composants servent de la protection et d'isolation du câblage.



Figure 11: Différents Accessoires

### 3.3 Processus de fabrication

Le processus de fabrication de la société YMO illustré dans la Figure 12 est composé de plusieurs étapes.

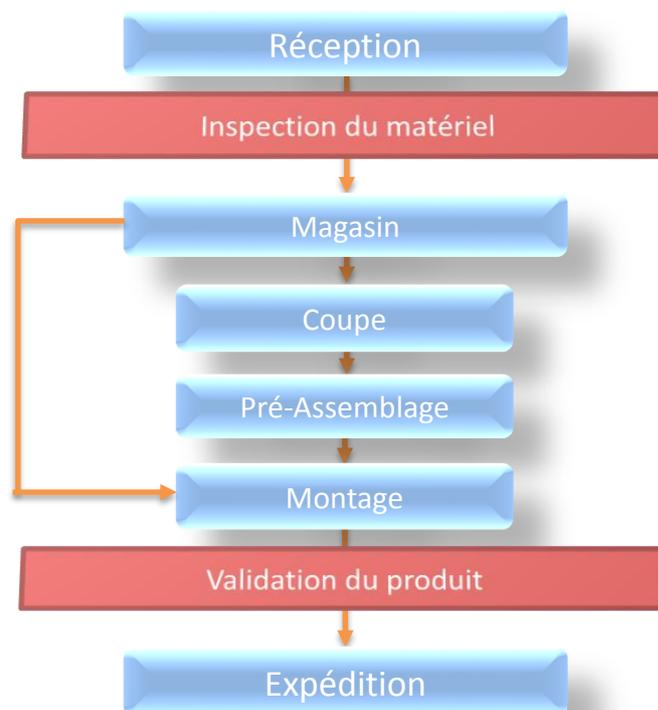


Figure 12: Flux de production

### 3.3.1 Coupe

C'est la première étape dans le processus de production de l'entreprise, elle consiste en le découpage de la matière première (les fils électriques) selon l'instruction (ordre de fabrication ou le Kanban) qui contient :

- La longueur désirée.
- Le dénudage<sup>2</sup>.

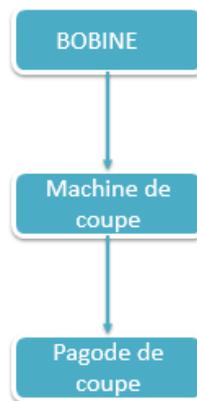


Figure 13: Processus de la coupe

### 3.3.2 Pré-assemblage

Dans cette étape nous trouvons plusieurs postes de travail, l'un pour faire le sertissage, l'autre pour faire le soudage plus d'autres opérations. Ainsi nous avons :

- Mecal : c'est le sertissage manuel, on ajoute le terminal et le bouchon au fil.
- Bonder : c'est le sertissage de plusieurs fils en un seul terminal.
- Portes d'accessoires : pour l'insertion des accessoires (par exemple le bouchon).
- Traction : pour chaque secteur il y a une machine de traction qui mesure la capacité du fil.

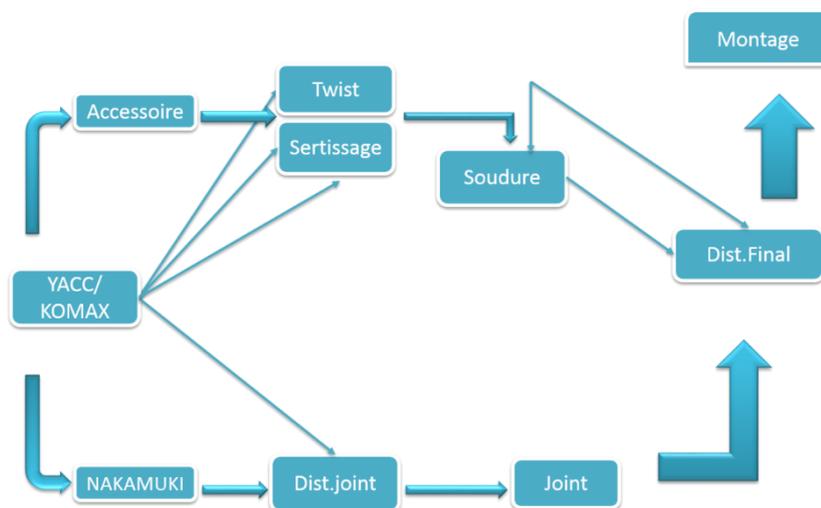


Figure 14: Processus de fabrication

<sup>2</sup> Séparation de l'isolant des filaments du fil pour le sertissage du terminal.

### 3.3.3 Montage

C'est le processus final de production dans lequel la liaison des circuits qui constituent un câblage électrique est réalisée.

On distingue les chaînes de montage, les clip-checkers, les machines de test électriques, les visseuses, et les tests visuels.

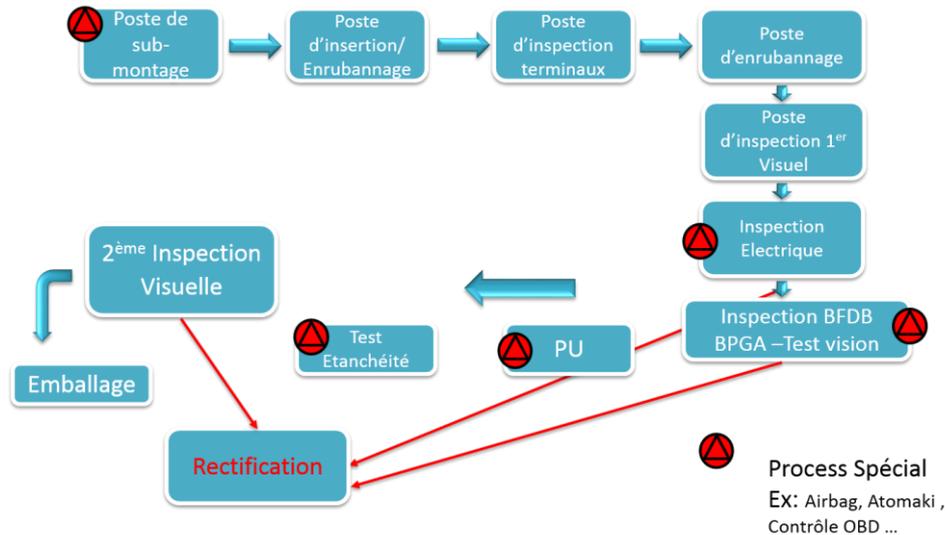


Figure 15: Processus du Montage

## Conclusion

Avant de présenter et de détailler la problématique de notre projet, nous avons consacré ce premier chapitre à la présentation de l'organisme d'accueil, à préciser les types de ses activités et à détailler son processus de production.

## Chapitre II : Présentation du projet

### Introduction :

Notre projet de fin d'études a été effectué au sein de l'entreprise YAZAKI spécialisée dans le domaine du câblage. Dans cette partie, nous allons présenter la problématique du projet, en analysant tout d'abord l'état actuel, puis en présentant notre sujet et finalement en élaborant un cahier des charges.

### I. Analyse de l'existant

#### 1.1 Etat actuel

##### *1.1.1 Définition du projet B9*

En juillet 1996, le constructeur automobile français Citroën, a lancé la première version de la première camionnette moyenne mono-volume : le Berlingo, et en 2008 pour la deuxième génération.

Elle est produite dans trois sites d'assemblage :

- Vigo (Espagne).
- Mangualde (Portugal).
- Buenos Aires (Argentine).

YAZAKI Tanger est le fournisseur des deux premiers sites (Vigo, Mangualde). Ces deux villes se trouvent sur la frontière entre l'Espagne et le Portugal et elles sont distantes d'environ 40Km. Elles se trouvent à 1500 Km de Tanger.

Comme il a déjà été mentionné auparavant, le câblage automobile se subdivise en plusieurs parties, concernant celui de la voiture Berlingo, YAZAKI s'occupe de la fabrication de l'ensemble des familles de câblage de ce modèle. En particulier, au sein de YAZAKI Tanger nous trouvons :

- Famille Principale (Main).
- Famille Habitable (Body).
- Famille IP (PDB).

#### ❖ *Espace occupé par le projet B9*

Le plan de l'usine YAZAKI implantée sur une surface d'environ 48 000 m<sup>2</sup>, se divise en plusieurs zones selon les différents projets. Concernant le projet B9, il occupe une surface d'environ 1550 m<sup>2</sup> (Figure 16).



Figure 16: Layout du projet B9

❖ **Caractéristiques des familles :**

Chaque famille produit un ensemble de Références de câble appelées PartNumber. Ces dernières sont caractérisées par un MH qui représente le temps nécessaire pour fabriquer un câble par le même opérateur. Chaque famille possède un MH moyen.

Le Tableau 3 regroupe les caractéristiques des familles du projet B9.

Tableau 3: Caractéristiques des 3 familles du projet B9

Familles	Volume/shift (câbles)	Nombre de shift	Nombre de chaîne	MH (min)	Nombre d'opérateurs	Espace (m2)
Principale	490	2	2	111.62	46	1000
Habitacle	230	2	1	76.62	35	350
IP	260	2	1	38.58	19	200

Pour les familles principale et IP, elles n'atteignent pas les 100 % de l'objectif donc elles ont encore des problèmes dans la production normale.

Concernant notre travail, nous avons choisi de travailler sur la famille Habitacle possédant 81 PartNumber.

1.1.2 Cartographie VSM

La cartographie VSM est un outil regroupant toutes les actions (à valeur ajoutée et à non-valeur ajoutée) qui amènent un produit d'un état initial à un état final, dans le but de :

- Obtenir une vision simple et claire d'un processus,
- Avoir une représentation du temps de défilement du produit choisi,
- Visualiser les différents flux au sein d'une production.

## Mémoire du projet de fin d'études

Vu la diversité des produits (références), nous ne pouvons pas élaborer une seule cartographie VSM pour tout l'ensemble, ce qui nous amène à classer les différentes références selon un diagramme PARETO du point de vue vente afin de sélectionner les partNumber les plus consommés.

*Diagramme de Pareto : il se présente sous la forme d'une série de colonnes triées par ordre décroissant, elles sont généralement accompagnées d'une courbe des valeurs cumulées de toutes les colonnes.*

L'historique de la consommation du mois Janvier nous permet de tracer le diagramme de Pareto de consommation suivant :

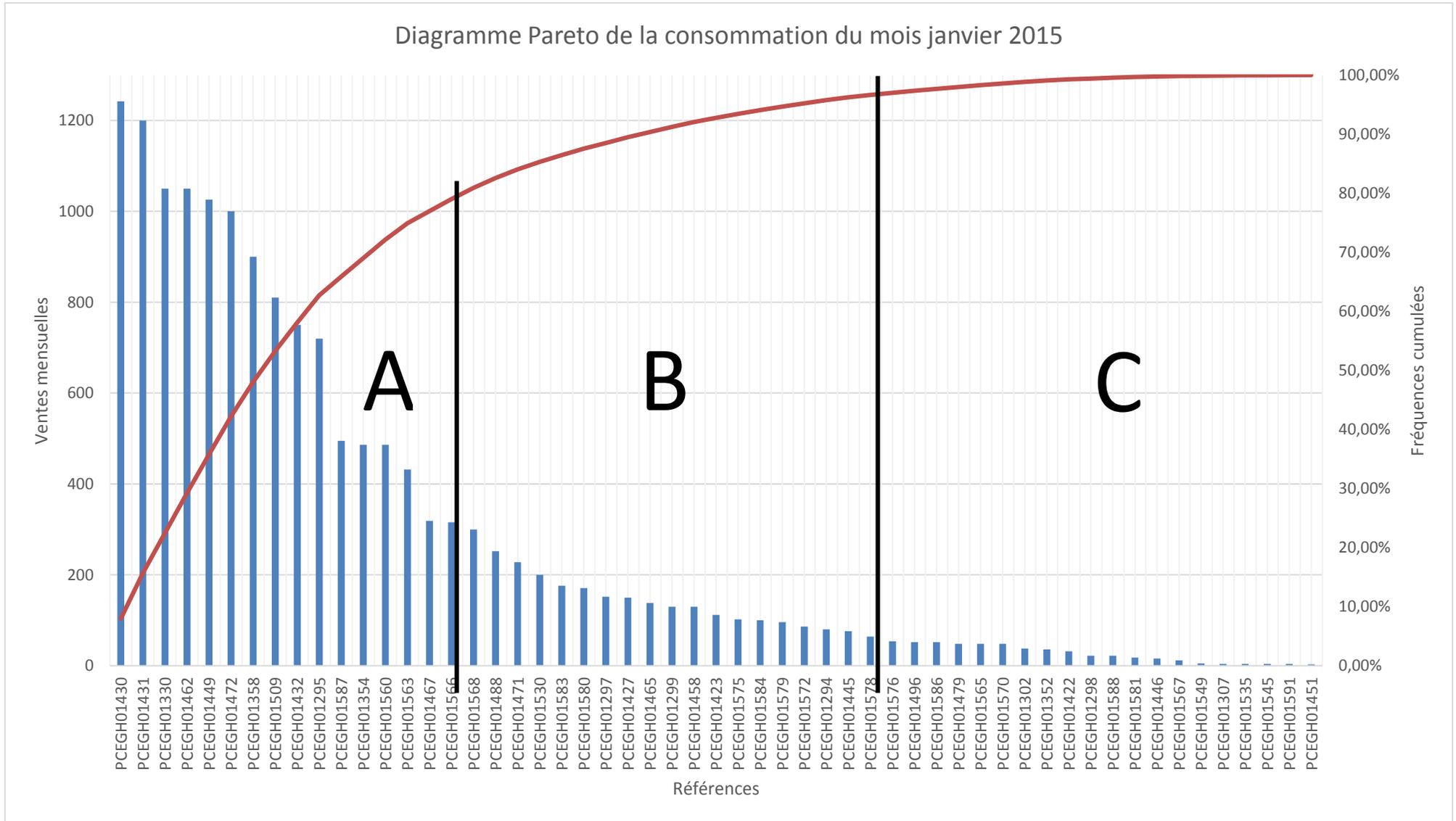


Figure 17: Diagramme Pareto de la consommation du mois janvier 2015 de la Famille Habitable B9

Mémoire du projet de fin d'études

En se basant sur le MH de chaque référence nous pouvons conclure que la référence PCEGH01295 est une référence critique vu qu'elle a un MH assez important (Tableau 4) et elle appartient à la zone A du diagramme Pareto :

Tableau 4:MH de quelques références

Item	Part N°	Level	CKT	Harness	Clips	Con.	Operator quantity analysis					Total Line	Tac Time EUM2	MH
							Ps Sub - Ass.	Person Taping	Person Insp.	Clip checker	Packaging			
1	PCEGH01294	100	169				15	9	2	7	2	35	2,47	86,37
2	PCEGH01496	000	109				15	9	2	7	2	35	2,03	71,18
3	PCEGH01560	000	100				15	9	2	7	2	35	1,84	64,23
4	PCEGH01561	000	83				15	9	2	7	2	35	1,70	59,49
5	PCEGH01562	000	109				15	9	2	7	2	35	1,90	66,62
6	PCEGH01295	100	159				15	9	2	7	2	35	2,42	84,70
7	PCEGH01422	040	119				15	9	2	7	2	35	2,10	73,56
8	PCEGH01423	040	116				15	9	2	7	2	35	2,08	72,79

Nous avons élaboré ainsi la cartographie VSM pour la référence PCEGH01295.

## Mémoire du projet de fin d'études

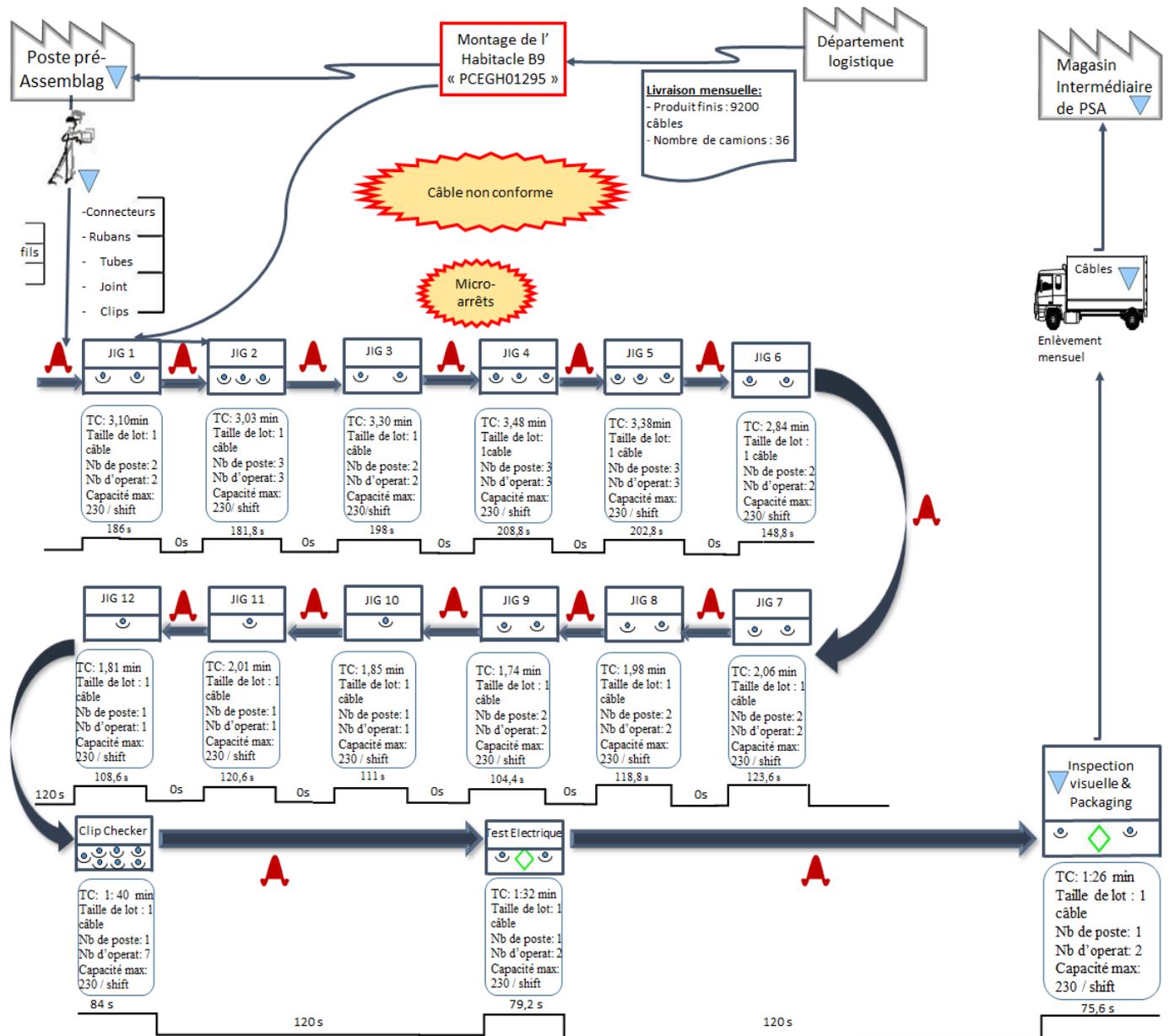


Figure 18: Cartographie VSM de la référence PCEGH01295

### 1.1.3 Simulation sur FlexSim

*FlexSim est un logiciel de simulation permettant la modélisation en 3D des systèmes réels.*

Afin de bien visualiser le processus de la chaîne d'assemblage, nous proposons cette simulation sur le logiciel FlexSim détaillant l'ensemble des opérations que connaît le câble depuis l'insertion jusqu'à l'emballage.

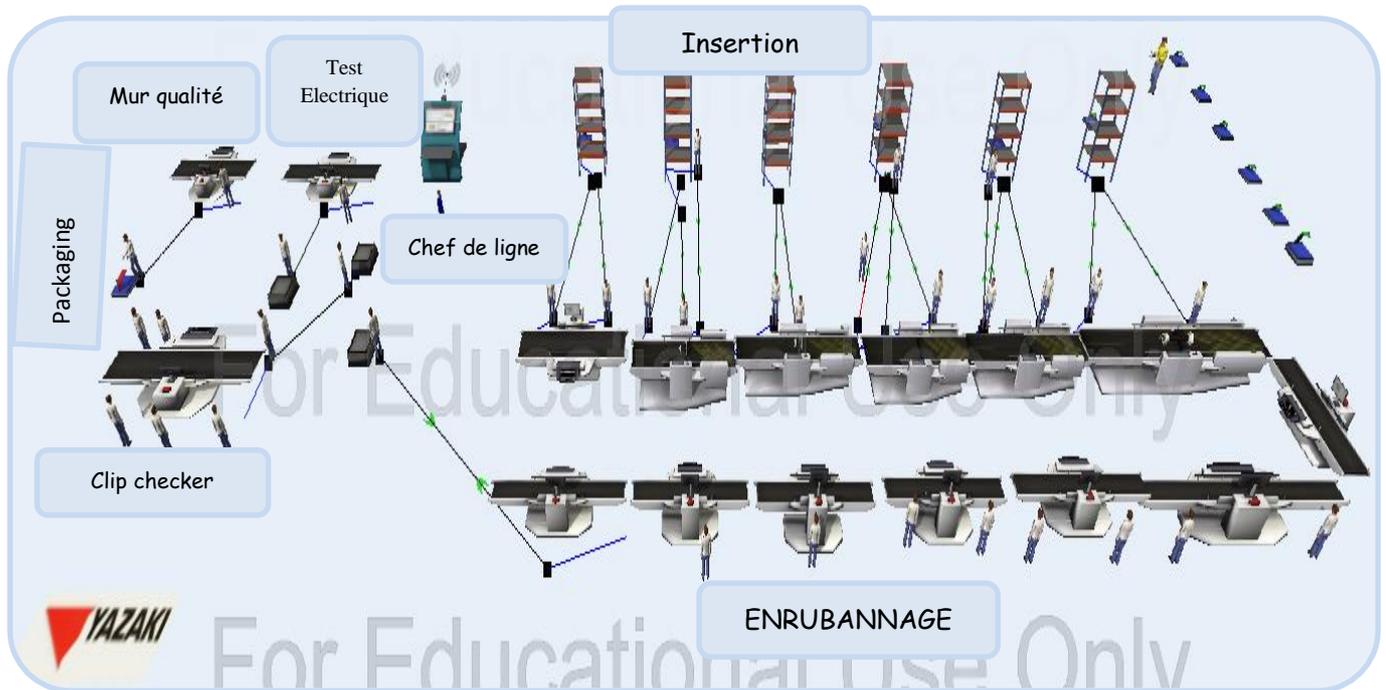


Figure 19 : Simulation du processus de montage

Comme la Figure 19 l'illustre, la chaîne de montage est composée de douze Jig-board avec six postes d'insertion. Une fois le câble est assemblé, il passe par le clip-checker afin de fixer les clips. Puis, il est testé électriquement et finalement il passe au mur qualité pour voir si le câble répond aux exigences du client.

## 1.2 Suivi de productivité

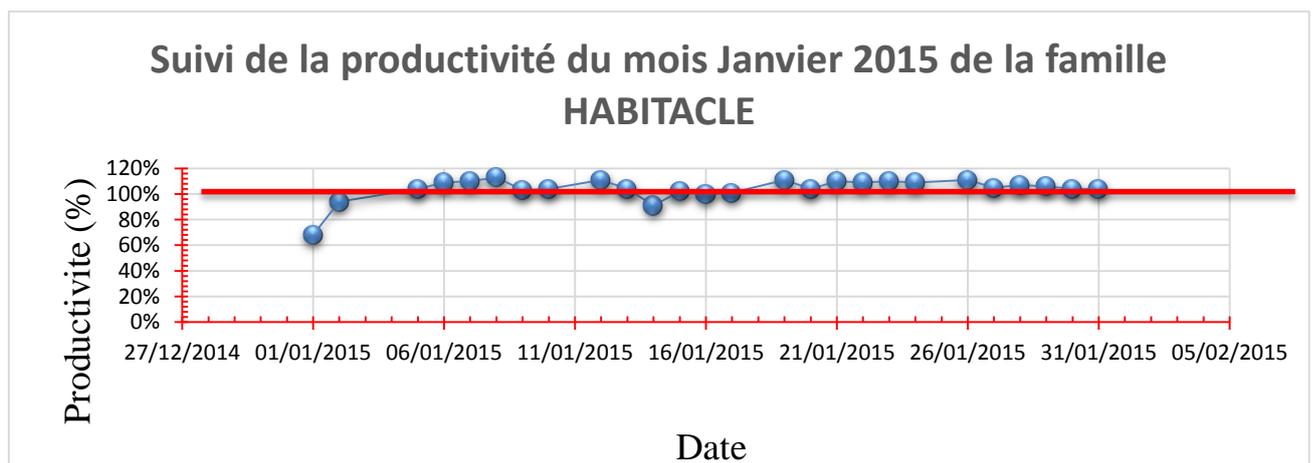


Figure 20: Graphique du suivi de la productivité du mois janvier 2015

Nous remarquons que pendant la production normale, la chaîne d'assemblage atteint dans la plus part du temps l'objectif souhaité. Cela nous mène à se poser les questions suivantes :

- Quel serait l'influence de la production synchrone sur cette chaîne ?

- Arriverons-nous à avoir le même résultat en produisant en séquence ?

D'où l'intérêt des chapitres qui suivent.

## II. Présentation du sujet

### 2.1 Flux synchrone

Le concept de synchronisation est habituellement associé à celui de coordination en temps réel du fonctionnement de plusieurs systèmes pour atteindre un objectif de performance global. Son principe est très simple : l'équipementier livre ses sous-ensembles en bord de ligne d'assemblage du constructeur, exactement dans l'ordre de passage des véhicules sur la ligne.

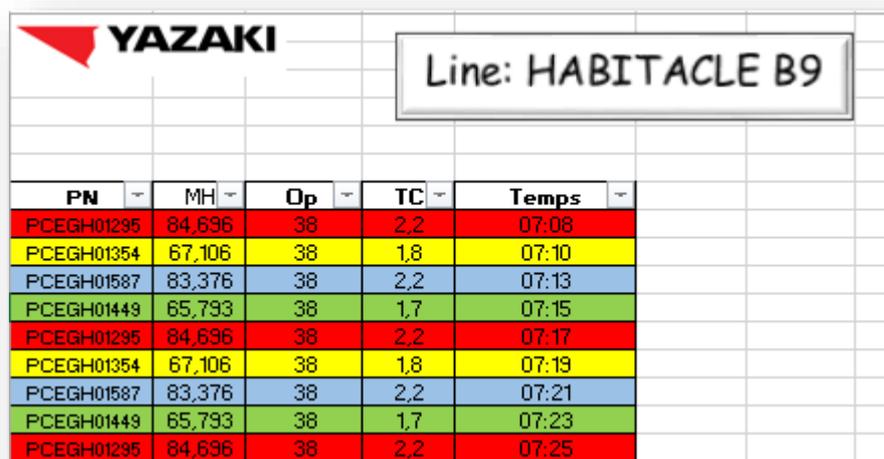
### 2.2 Test :

#### 2.2.1 Principe et déroulement du test

Pour pouvoir déterminer et préciser les problèmes que la chaîne de production rencontrera en appliquant ce nouveau concept nous avons effectué un test de synchronisation accompagnés des responsables du projet.

Le test s'est déroulé comme suit :

Tableau 5: Déroulement du test



The image shows a screenshot of a YAZAKI production line control interface. At the top left is the YAZAKI logo. To the right, a box displays 'Line: HABITACLE B9'. Below this is a table with the following columns: PN, MH, Op, TC, and Temps. The table contains 10 rows of data, each with a different background color for the 'PN' and 'Temps' columns.

PN	MH	Op	TC	Temps
PCEGH01295	84,636	38	2,2	07:08
PCEGH01354	67,106	38	1,8	07:10
PCEGH01587	83,376	38	2,2	07:13
PCEGH01449	65,793	38	1,7	07:15
PCEGH01295	84,636	38	2,2	07:17
PCEGH01354	67,106	38	1,8	07:19
PCEGH01587	83,376	38	2,2	07:21
PCEGH01449	65,793	38	1,7	07:23
PCEGH01295	84,636	38	2,2	07:25

Nous avons choisi quatre références ordonnées de façon à ce que nous produisons un câble plus chargé ayant un MH important puis un autre moins chargé, etc... avec un décalage de 2 minutes qui représente le temps de cycle de la chaîne de production du client.(Tableau 5)

Nous avons préparé un stock de circuits, connecteurs, joints ... pour éviter tout arrêt de la ligne de production.

Nous avons organisé une réunion avec les opérateurs et le chef de ligne pour expliquer le déroulement du test.

Chaque Jig-board<sup>3</sup> et chaque Câble sont identifiés de la façon suivante (Figure 23)



Figure 21: Identification des câbles pendant le déroulement du test

### 2.2.2 Résultat du test

Arrivées aux termes de notre test, nous pouvons conclure que l'application de la synchronisation au sein de l'usine YAZAKI ne s'avère pas évidente. En effet, nous avons trouvé un impact total de 21,5%.

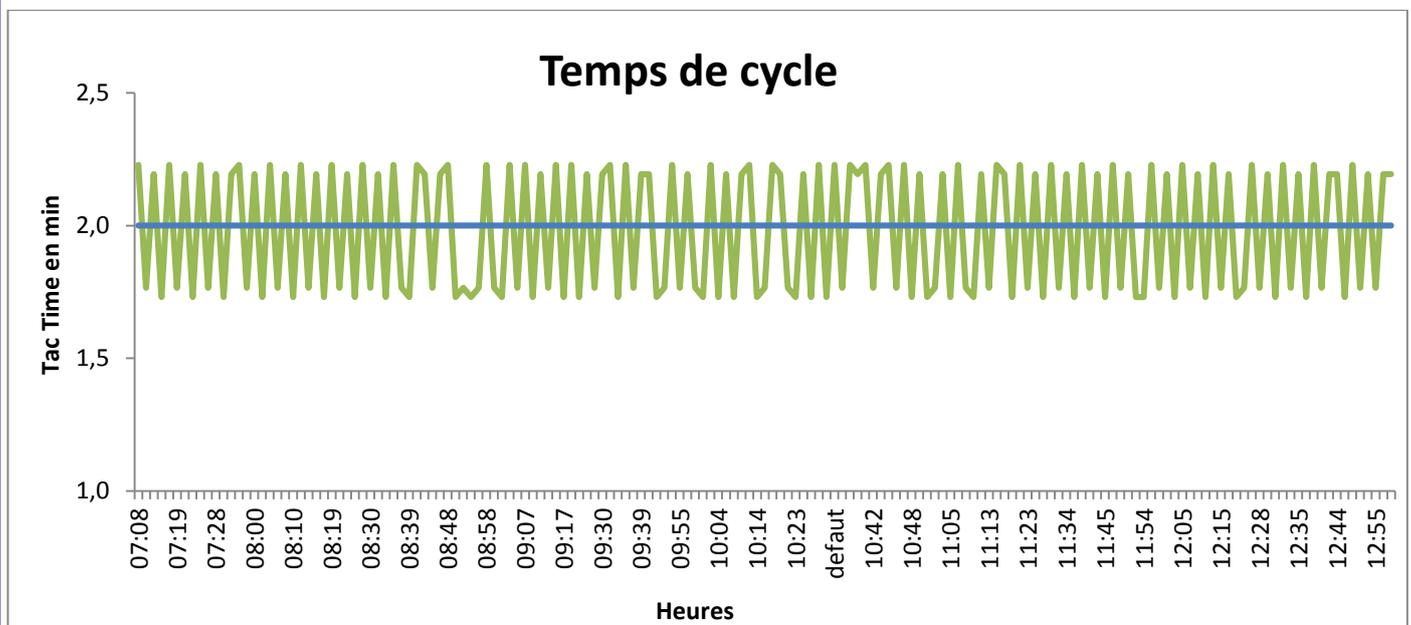


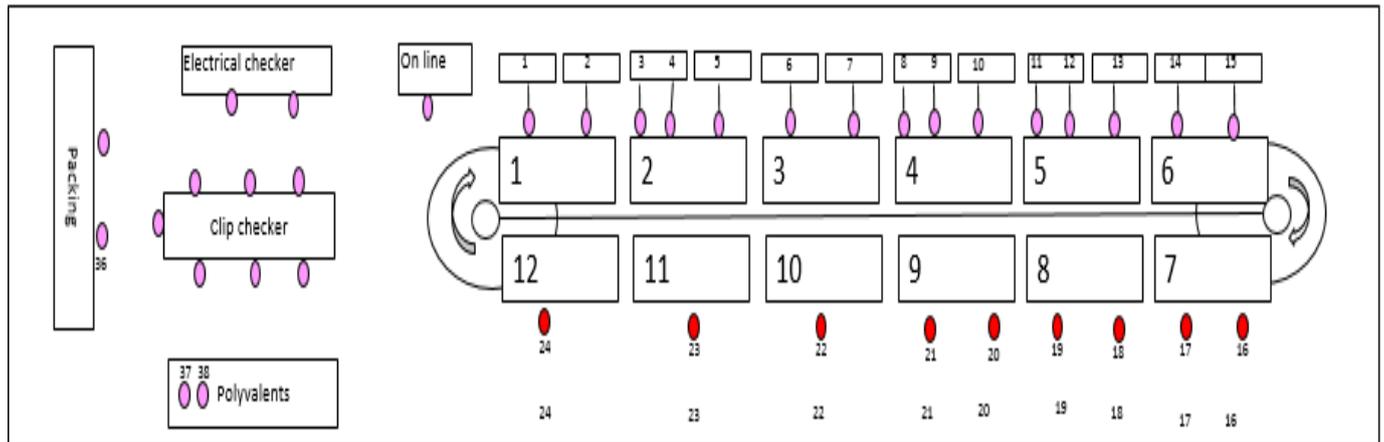
Figure 22: Temps de cycle des références

<sup>3</sup> Tableau conçu pour l'assemblage des faisceaux de câble.

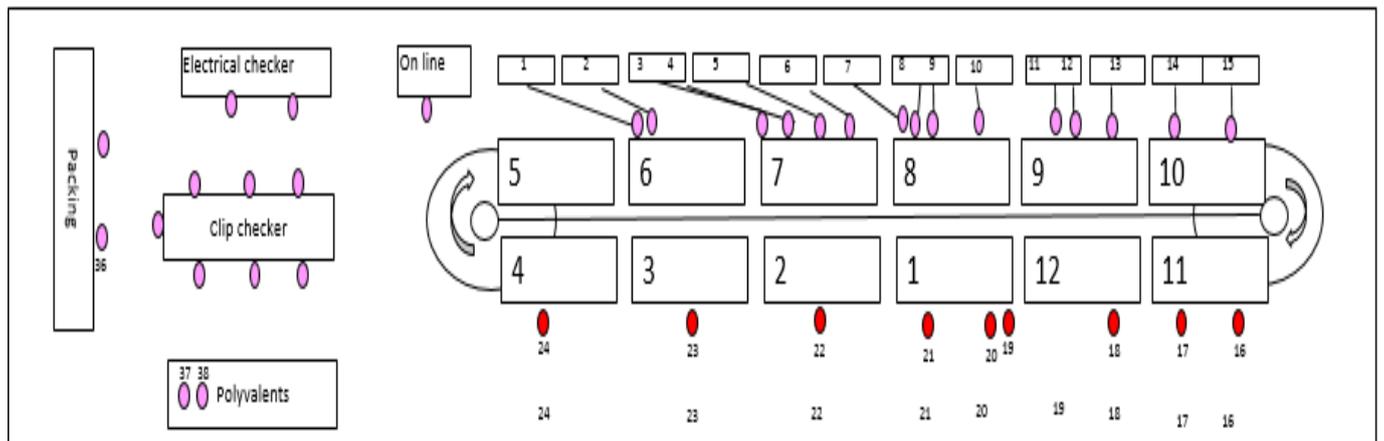
## Mémoire du projet de fin d'études

Cette différence de temps de cycle de chaque référence crée un chevauchement entre les opérateurs de la ligne de production comme le montre la figure 22.

A T=0 min



A T= 16 min



A T=28 min

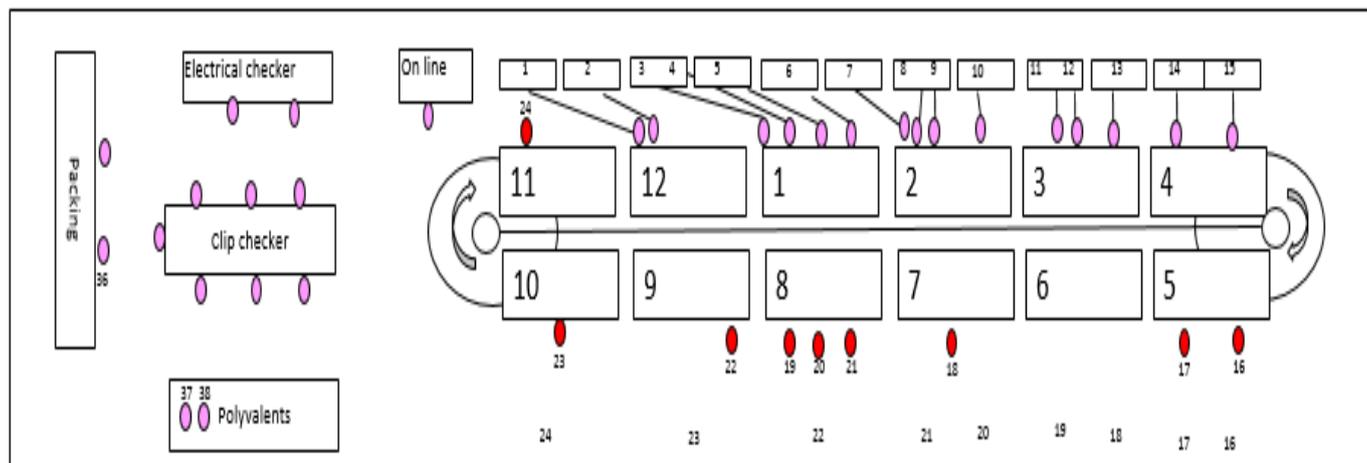


Figure 23 : Simulation du chevauchement des opérateurs

### 2.2.3 Analyse de l'impact

#### ❖ Impact sur la production

Cette méthode de production nous a permis de produire 164 câbles au lieu de 182 câbles pendant la même durée dans une production normale. Il en résulte alors un impact de **10%**.

#### ❖ Impact de la préparation

L'impact de la préparation est d'environ **4,5%** et s'illustre principalement dans la préparation des joints.

#### ❖ Impact du gaspillage de la manipulation

Les opérateurs perdent environ 10s pour lire le schéma du montage à chaque fois qu'une nouvelle référence entre à la chaîne de l'assemblage d'où un impact de **7%**.

## III. Cahier des charges

### 3.1 Acteurs du projet

#### ✚ Le maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage est l'entreprise « YAZAKI-TANGER ». Le sujet a été proposé par le service REFA<sup>4</sup> au sein du département ingénierie représenté par Mme AMCHICH Zahra « coordinatrice REFA ».

#### ✚ Le maître d'œuvre

<sup>4</sup> Service de la conception du travail, l'organisation industriel et le développement dans l'entreprise.

Le maître d'œuvre est la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, représentée par Mademoiselle GOUIZA Zineb et Mademoiselle GUENNOUN Imane Ingénieurs d'état en Ingénierie Mécatronique.

✚ Le tuteur pédagogique

Monsieur EL HAMMOUMI Mohammed : Chef de département de Génie Industriel au sein de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

✚ Le tuteur industriel

- ◆ Mme YAAGOUBI Zineb : Coordinatrice Ingénierie.
- ◆ Mme AMCHICH Zahra : Coordinatrice REFA.

### 3.2 Contexte et définition du problème

Depuis 2012, PSA connaît une perte nette à cause de la crise économique, ce qui l'a poussé à suivre une démarche permettant la réduction des coûts d'approvisionnement. En d'autres termes, elle cherche à éliminer le stock intermédiaire.

En effet, vu que YMO est l'un des équipementiers essentiels de PSA, elle a exigé à YMO à développer de nouvelles approches de pilotage de flux, plus précisément, synchroniser sa chaîne logistique pour une production en séquence. Cependant, le fait de passer d'une production normale à une production synchronisée ne s'avère pas évident, suite au test que nous avons effectué pour extraire les problèmes rencontrés :

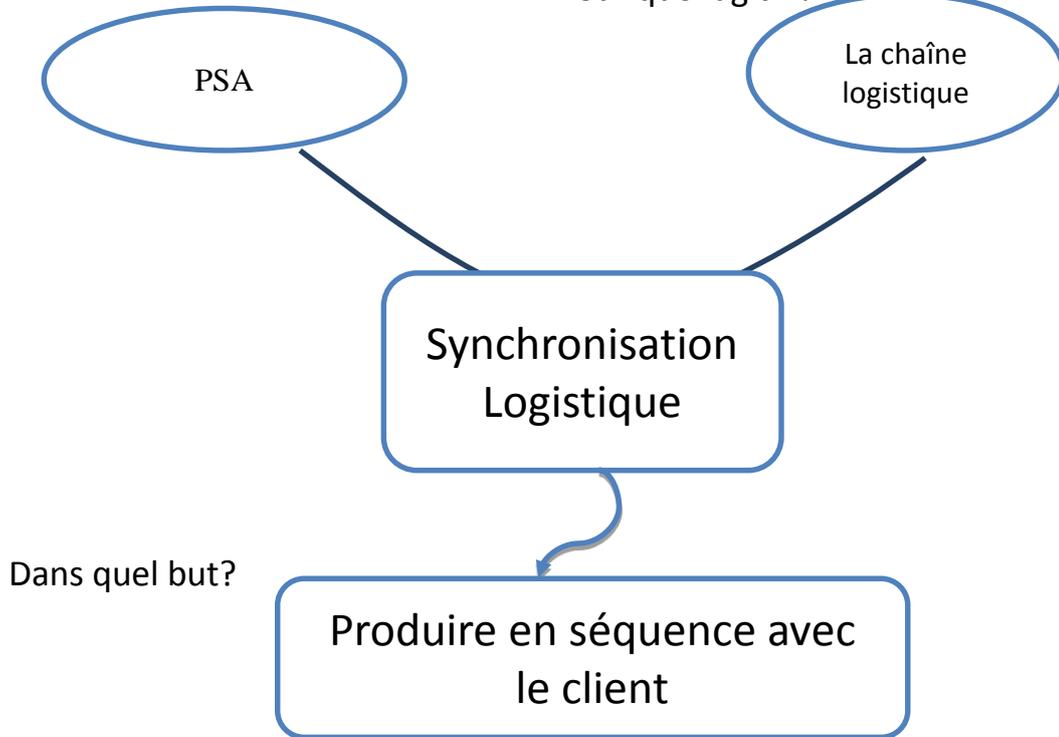
- Adaptation des opérateurs.
- Retard au niveau de la chaîne d'assemblage.
- Augmentation des encours (entre la coupe et l'assemblage).
- Non-satisfaction de l'objectif de la productivité.

### 3.3 Analyse fonctionnelle du projet

- Diagramme Bête à cornes

A qui rend-il service?

Sur quoi agit-il?



Dans quel but?

Figure 24: Bête à cornes du projet

- Diagramme de Pieuvre :

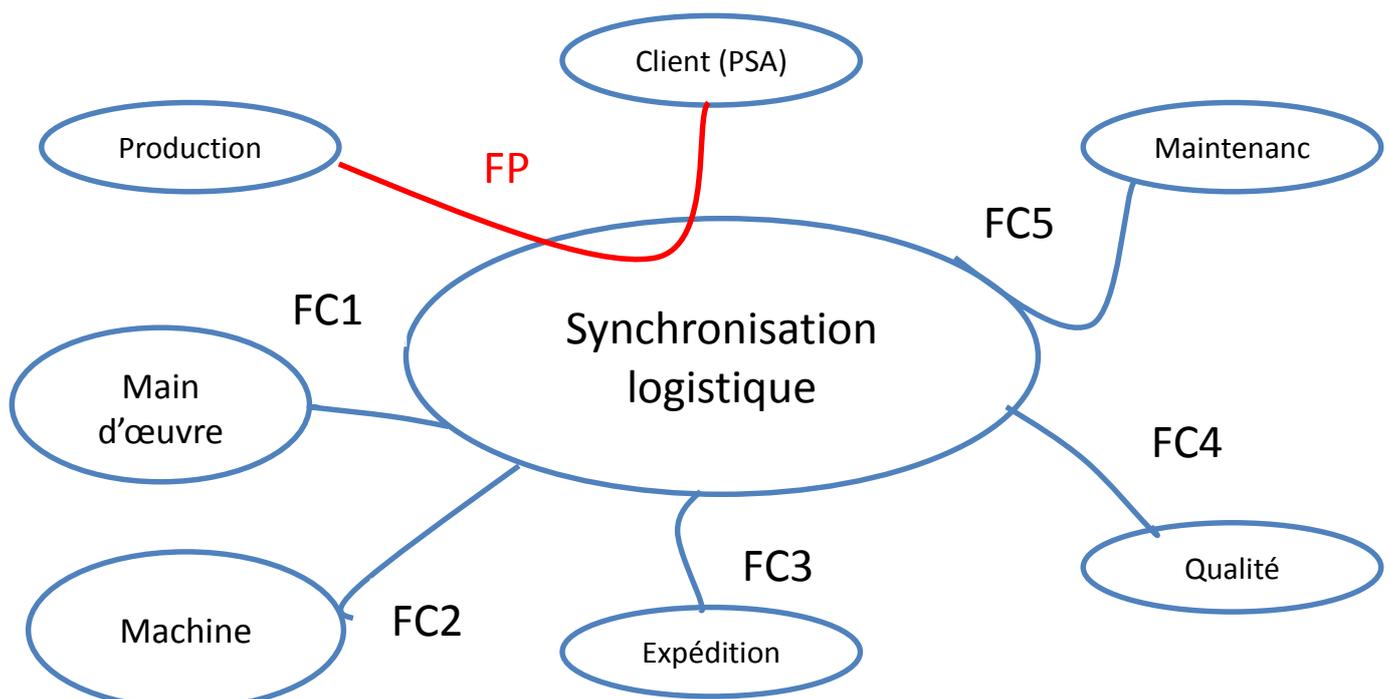


Figure 25: Diagramme Pieuvre du projet

Tableau 6: Fonctions du diagramme Pieuvre

FP	Produire en séquence avec le client
FC1	Adapter l'opérateur à une production unitaire
FC2	Fixer la vitesse de la chaîne de montage sous une vitesse constante (2minutes) qui est la vitesse de la chaîne de production du client
FC3	Livrer au client les câbles ordonnés dans un box selon le même enchainement de sa chaîne de production
FC4	Produire un câble qui respecte les normes de la qualité de YAZAKI
FC5	Réduire les pannes de la chaîne d'assemblage afin d'arriver à l'objectif fixé (un câble sur 2 minutes)

### 3.4 Objectif

Comme toute grande boîte, YMO cherche à pérenniser sa clientèle. Nous sommes donc censées appliquer des améliorations au niveau de la chaîne logistique pour réussir à produire en séquence afin de satisfaire le client. Pour y arriver, nous visons à diminuer l'impact calculé à partir du test d'une part et de proposer des solutions pour pouvoir fixer la vitesse de la chaîne à 2 minutes d'autre part.

### 3.5 Périmètre

Nous nous concentrons sur la famille Habitable du projet B9.

### 3.6 Déroulement du projet

Pour répondre au travail demandé et afin d'arriver aux objectifs cités auparavant, nous avons planifié notre projet selon un diagramme GANTT comme le montre la figure suivante :

## Mémoire du projet de fin d'études

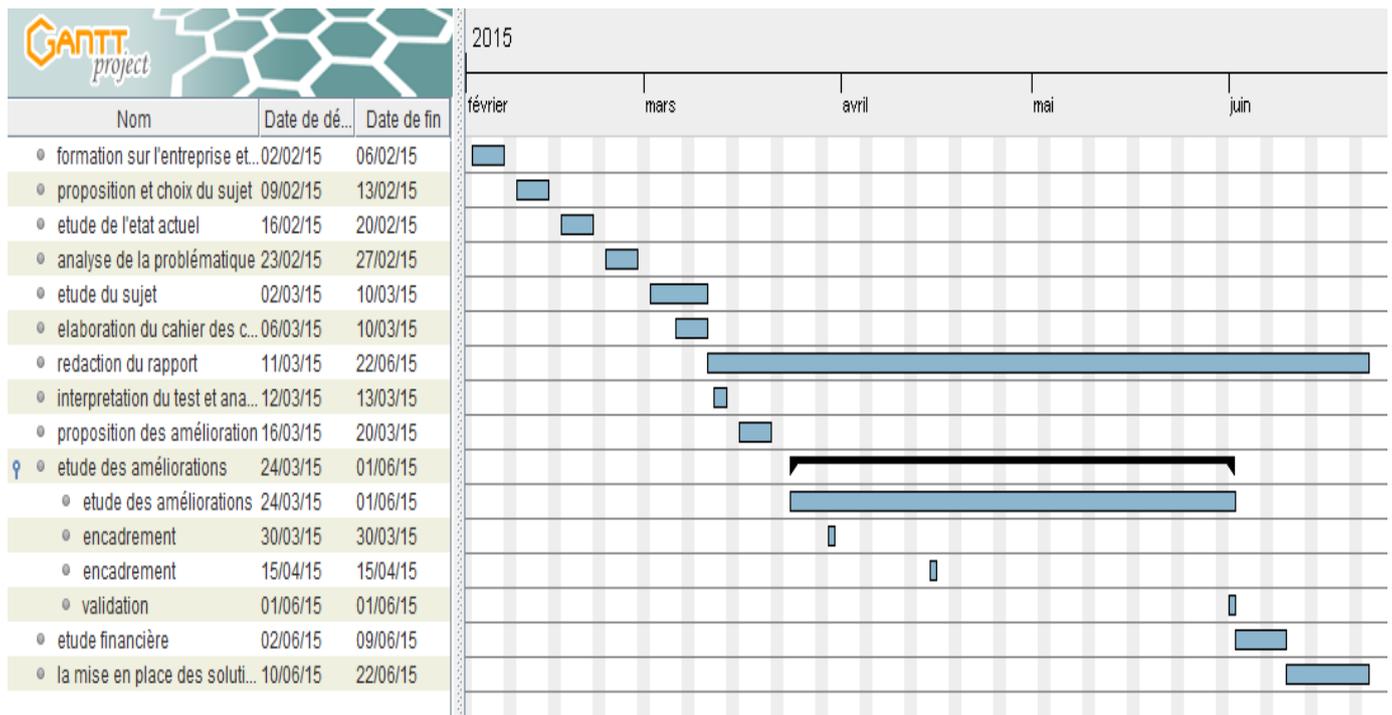


Figure 26: Diagramme GANTT du déroulement du projet

### Conclusion :

Avant d'entamer notre sujet, il est nécessaire de présenter la problématique, d'où l'intérêt de ce chapitre. Il a été consacré à présenter l'état actuel et à détailler le sujet par l'élaboration du cahier des charges.

# Chapitre 3 : Analyse et étude de la problématique

## Introduction

Ce chapitre est consacré à l'analyse de la problématique. Il comporte dans un premier lieu une réalisation du diagramme Yamazumi qui constitue la base des actions d'amélioration proposées, puis une programmation d'un système de visualisation grâce à la carte Arduino.

### I. Diagramme Yamazumi

#### 1.1 Classification des opérations

En se basant sur le principe du Taylorisme et en décomposant chaque tâche en sous tâches, nous sommes arrivées à collecter l'ensemble des opérations effectuées par les opérateurs dans chaque poste durant la partie insertion du processus du montage.

*Tableau 7: Opérations effectuées par les opérateurs en insertion*

<b>Opérations</b>
- Insérer le terminal dans le connecteur
- Fixer la couverture du connecteur
- Mettre le connecteur dans la Jig-board
- Mettre les fils dans la Jig-board
- Mettre le grommet <sup>5</sup> dans la Jig-board
- Fixer le clip du connecteur
- Fermer le protecteur du connecteur
- Fermer la sécurité du connecteur
- Mettre la sécurité du connecteur de l'airbag
- Mettre les fils à disposition
- L'opérateur ne suit pas le même trajet
- Des va-et-vient inutiles durant le montage du câble
- Se déplacer vers le chariot des box vides
- Se déplacer vers le poste Schunk <sup>6</sup>
- Séparation des joints chevauchés
- Séparer les joints
- Séparer les joints chevauchés de l'airbag
- Ouvrir la fermeture des joints
- Insérer les fusibles dans un connecteur
- Mettre l'Eyelet <sup>7</sup> dans la Jig-board
- Remplir le box des grommet
- Tirer les fils pour insertion
- Fixer le grommet
- Mettre les connecteurs dans le connecteur assembleur

<sup>5</sup> Passe fil.

<sup>6</sup> Machine désigné au soudage par Ultrason des métaux non ferreux.

<sup>7</sup> Type de terminal.

Après avoir collecté les opérations, nous les avons classifiées comme le montre le Tableau 8 :

Tableau 8: Classification des opérations

<b>Opérations à valeur ajoutée</b>	<b>Opérations à non-valeur ajoutée mais non supprimables</b>	<b>Opérations à non-valeur ajoutée et supprimables</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Insérer le terminal dans le connecteur</li><li>- Fixer la couverture du connecteur</li><li>- Mettre le connecteur dans la Jig-board</li><li>- Mettre les fils dans la Jig-board</li><li>- Mettre le grommet dans la Jig-board</li><li>- Fixer le clip du connecteur</li><li>- Fermer le protecteur du connecteur</li><li>- Fermer la sécurité du connecteur</li><li>- Insérer les fusibles dans un connecteur</li><li>- Mettre le 'Eyelet' dans la Jig-board</li><li>- Fixer le grommet</li><li>- Ouvrir la fermeture des joints</li><li>- Mettre la sécurité du connecteur de l'airbag</li><li>- Mettre les connecteurs dans le connecteur assembleur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mettre les fils à disposition</li><li>- Tirer les fils pour insertion</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'opérateur ne suit pas le même trajet</li><li>- L'opérateur fait des va et vient durant le montage du même câble</li><li>- Se déplacer vers le chariot des box vides</li><li>- Se déplacer vers le poste Schunk pour apporter les joints</li><li>- Séparation des joints chevauchés</li><li>- Séparer les joints</li><li>- Séparer les joints chevauchés de l'airbag</li><li>- Remplir le box des grommets</li></ul>

## 1.2 Chronométrage des opérations

Une fois la collection et la classification des opérations sont établies un chronométrage serait nécessaire pour aborder l'analyse du diagramme Yamazumi.

L'ensemble des temps mesurés s'illustre dans le Tableau 9:

Tableau 9: Chronométrage des opérations

	<b>Opérations</b>	<b>Chronométrages (min)</b>
<b>A valeur ajoutée</b>	Insérer le terminal dans le connecteur	0,055
	Fixer la couverture du connecteur	0,0902
	Mettre le connecteur dans la Jig-board	0,0628
	Mettre le grommet dans la Jig-board	0,066
	Fixer le clip du connecteur	0,1386
	Fermer le protecteur du connecteur	0,0451
	Fermer la sécurité du connecteur	0,0374
	Insérer les fusibles dans un connecteur	0,1276
	Mettre le 'Eyelet' dans la Jig-board	0,053
	Fixer le grommet	0,22
	Ouvrir la fermeture des joints	0,0902
	Mettre la sécurité du connecteur de l'airbag	0,0374
	Mettre les connecteurs dans le connecteur assembleur	0,065
	Mettre les fils dans la Jig-board	0,066 (moyenne)
	<b>A non-valeur ajoutée mais non supprimables</b>	Mettre les fils à disposition
Tirer les fils pour insertion		0,032
L'opérateur ne suit pas le même trajet		0,100
<b>A non-valeur ajoutée et supprimables</b>	L'opérateur fait des va et vient durant le montage du même câble	0,050
	Se déplacer vers le chariot des box vides	0,425 (moyenne)
	Se déplacer vers le poste Schunk pour apporter les joints	0,033
	Séparation des joints chevauchés	0,050
	Séparer les joints	0,067
	Séparer les joints chevauchés de l'airbag	0,167
	Remplir le box des grommets	0,450

Nous avons pris comme exemple, la Référence PCEGH01295 afin de détailler ce chronométrage par poste pour chaque type d'opération. (Voir Annexe 1 pour le chronométrage des autres références).

Tableau 10: Chronométrage de chaque poste d'insertion de la Référence PCEGH01295

Référence	Opérations	Postes	Chronométrages (min)
PCEGH01295	A valeur ajoutée	1	2,205
		2	2,112
		3	1,766
		4	1,719
		5	2,469
		6	1,010
		7	2,631
		8	2,369
		9	1,625
		10	2,474
		11	2,596
		12	2,268
		13	2,099
		14	2,054
		15	1,050
	A non-valeur ajoutée mais non supprimables	1	0,115
		2	0,198
		3	0,198
		4	0,115
		5	0,198
		6	0,115
		7	0,198
		8	0,198
		9	0,198
		10	0,281
		11	0,198
		12	0,198
		13	0,198
		14	0,198
		15	0,115
		1	0,683
		2	0,700
		3	0,333
		4	0,517
		5	0,383
		6	0,400
		7	0,467
		8	0,483
		9	0,533
		10	0,583
		11	0,550
		12	0,600

A non-valeur ajoutée et supprimables	13	0,667
	14	0,700
	15	0,733

### 1.3 Réalisation du diagramme Yamazumi

Le diagramme Yamazumi est un graphe représentant les tâches exécutées à un poste de travail, sous forme de rectangles dont la hauteur est proportionnelle au temps nécessaire à leur exécution.

Les tâches sont décomposées en trois catégories identifiées par trois couleurs :

- Vert : tâche à valeur ajoutée.
- Orange : tâche à non-valeur ajoutée mais non supprimable.
- Rouge : tâche à non-valeur ajoutée et supprimable.

Nous avons ainsi réalisé le diagramme Yamazumi des quatre références rencontrées dans le test et nous sommes arrivés aux résultats suivants :

❖ PCEGH01295

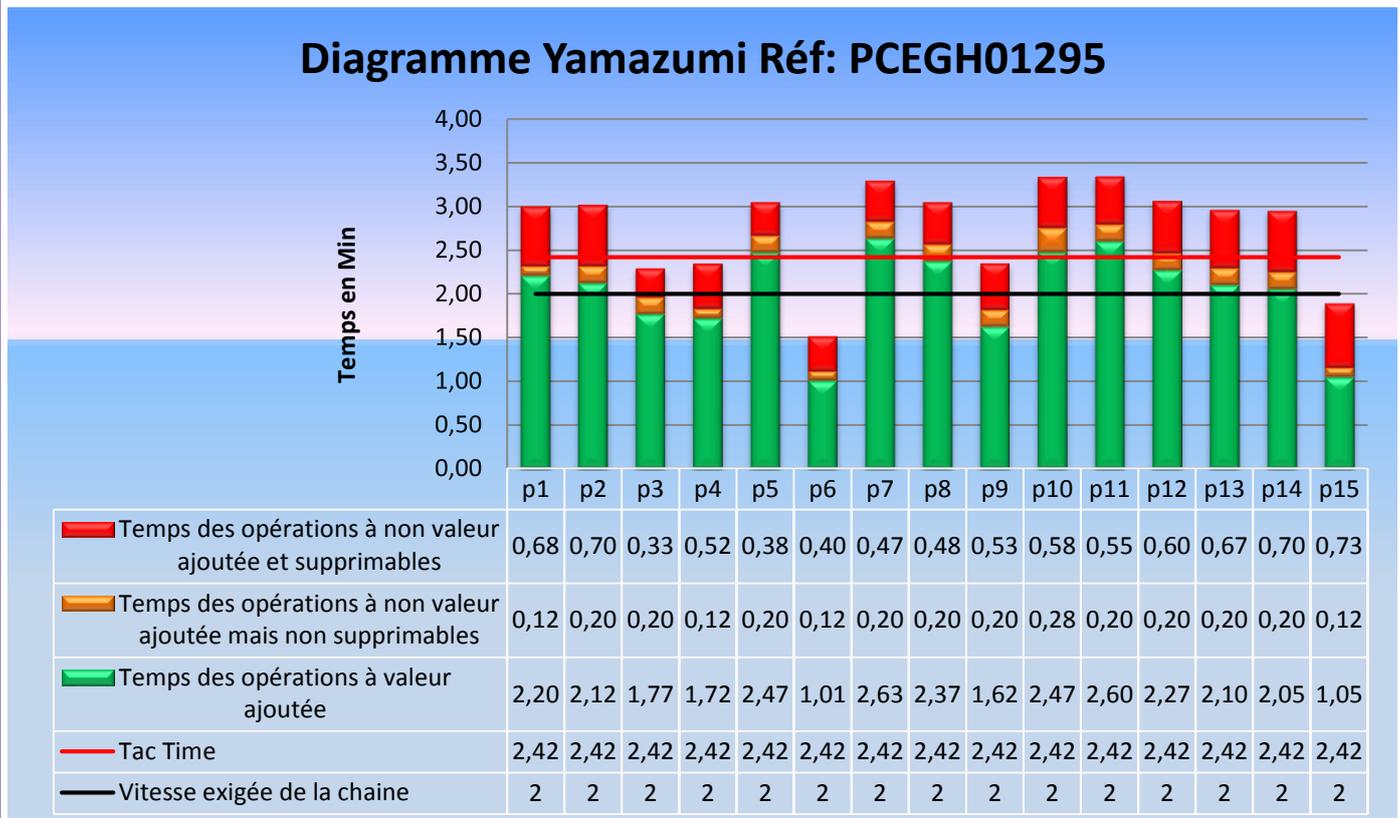


Figure 27 : Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01295

❖ PCEGH01354

### Diagramme Yamazumi Réf: PCEGH01354

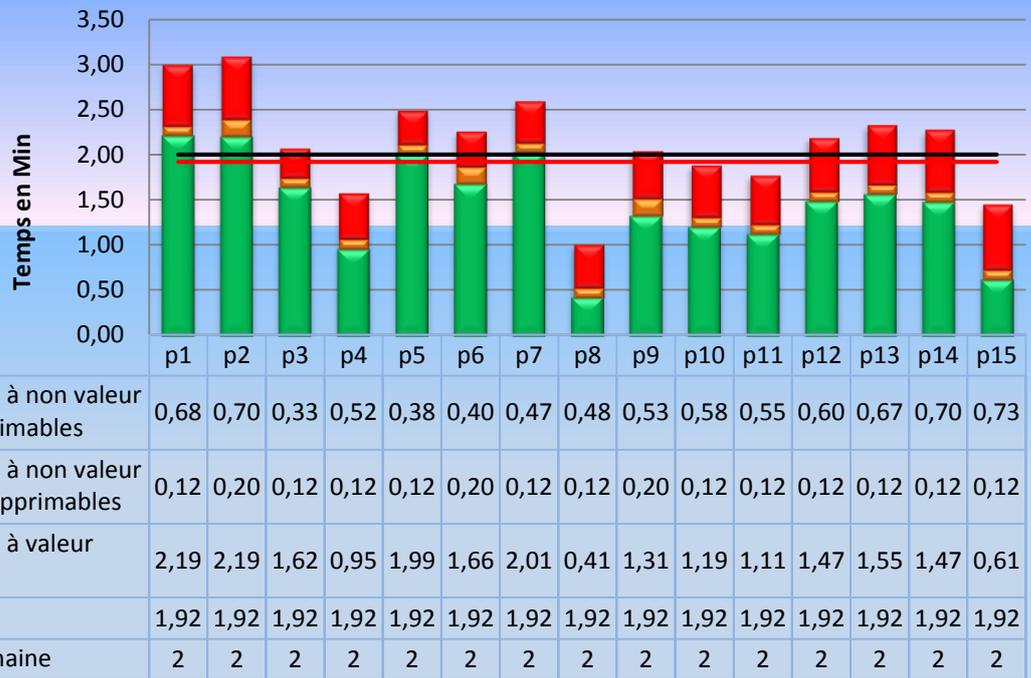


Figure 28: Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01354

❖ PCEGH01449

### Diagramme Yamazumi Réf: PCEGH01449

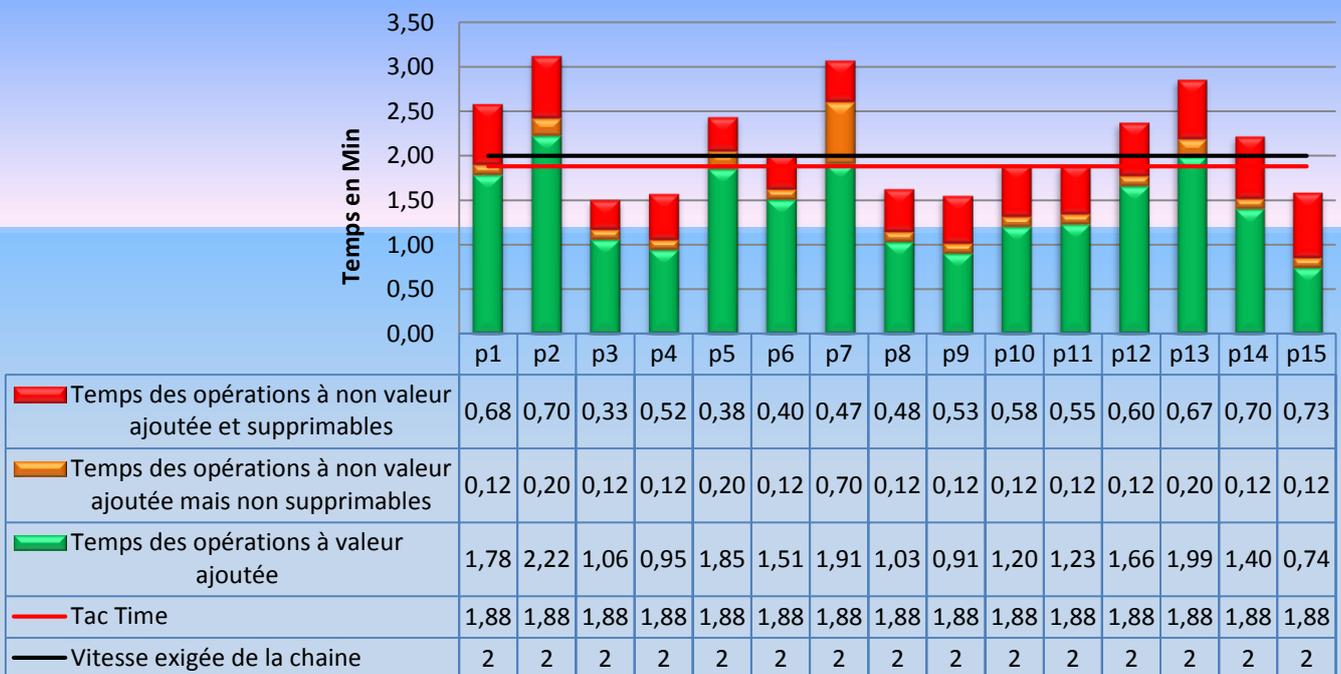


Figure 29: Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01449

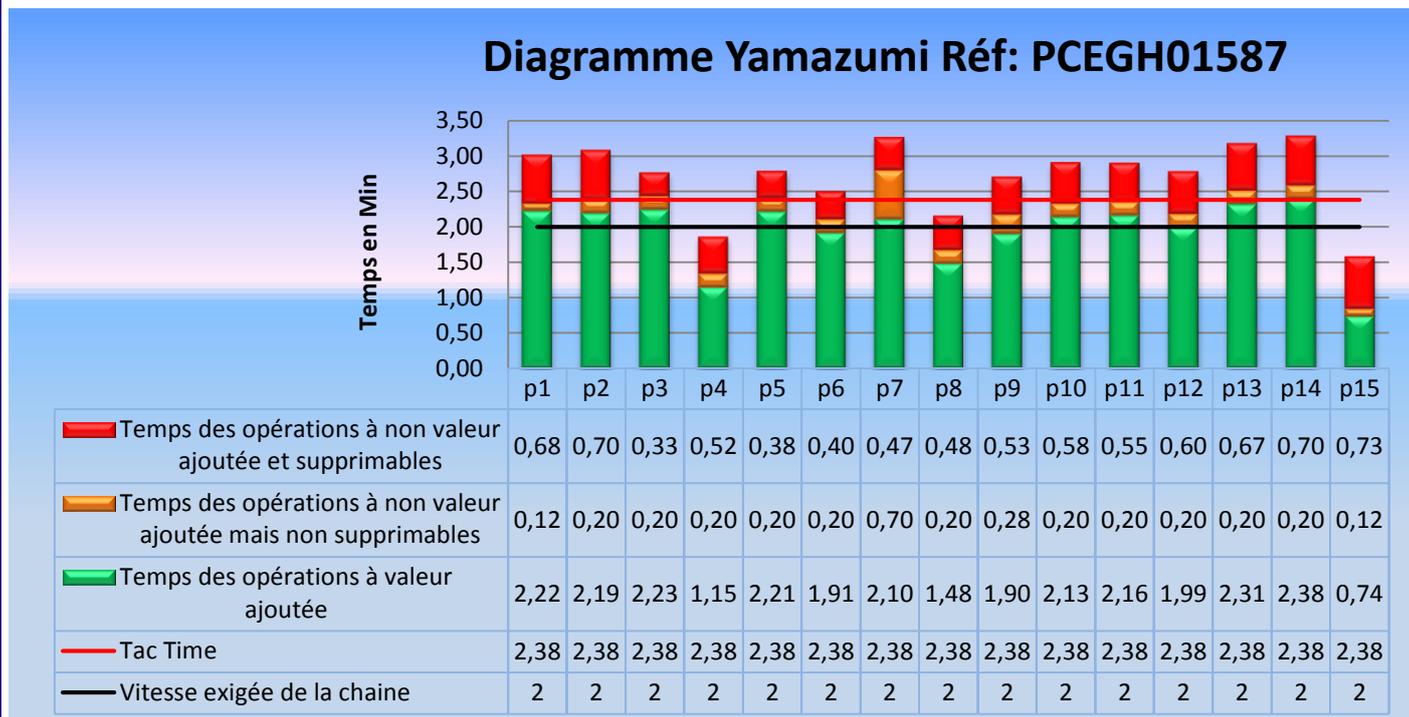


Figure 30: Diagramme Yamazumi de la référence PCEGH01587

Avec pi = postes d'insertion

Cette analyse des opérations, nous a permis d'extraire un ensemble de causes, contribuant à un retard qui se produit en production normale ainsi qu'en production en séquence.

## II. Actions d'amélioration

### 2.1 Identification des causes critiques

Tout d'abord, nous avons commencé par identifier les causes contribuant au retard en observant l'ensemble des tâches exécutées par les opérateurs, ensuite nous avons effectué un brainstorming avec l'équipe du projet afin de les classer selon les 5M (Matière première, Main d'œuvre, Milieu, Méthode et Machine).

Nous sommes menées ainsi à élaborer le diagramme Ishikawa suivant :

## Mémoire du projet de fin d'études

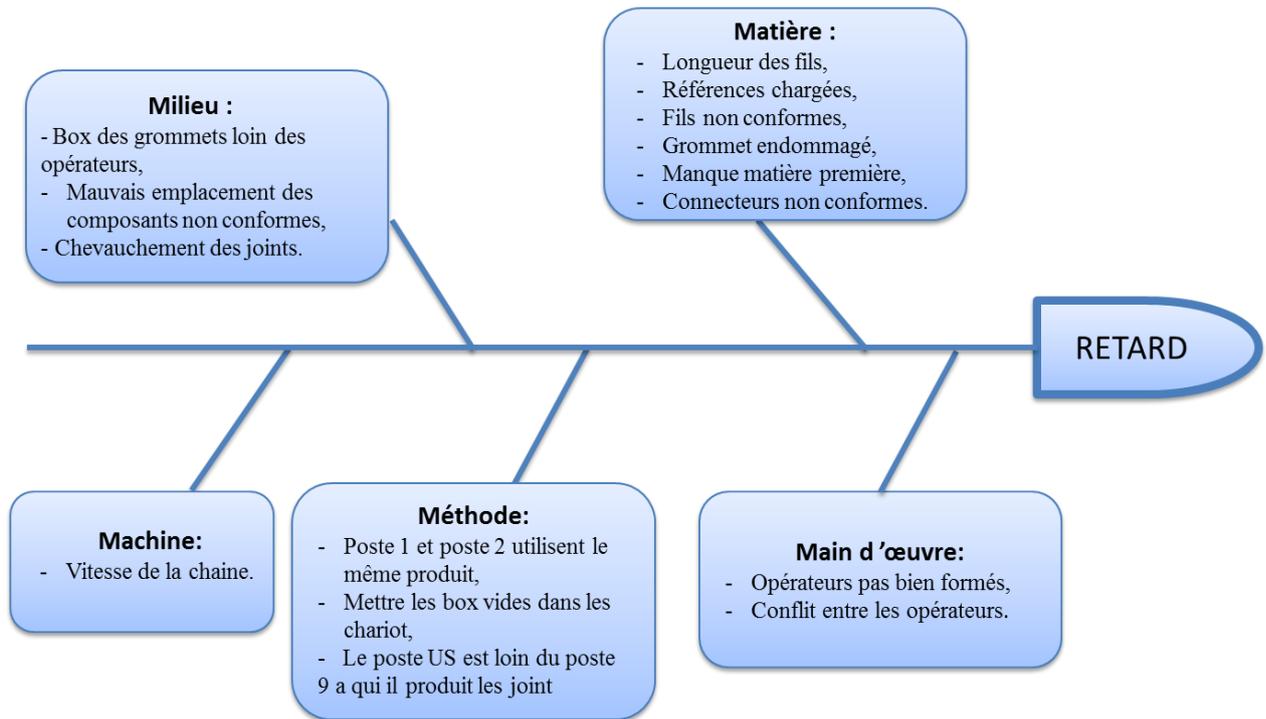


Figure 31: Diagramme ISHIKAWA

Après une analyse Pareto (Figure 31) sur l'ensemble des causes contribuant au retard, nous avons pu rassembler celles qui sont critiques (zone A) et sur lesquelles nous nous concentrerons lors de l'élaboration du plan d'actions.

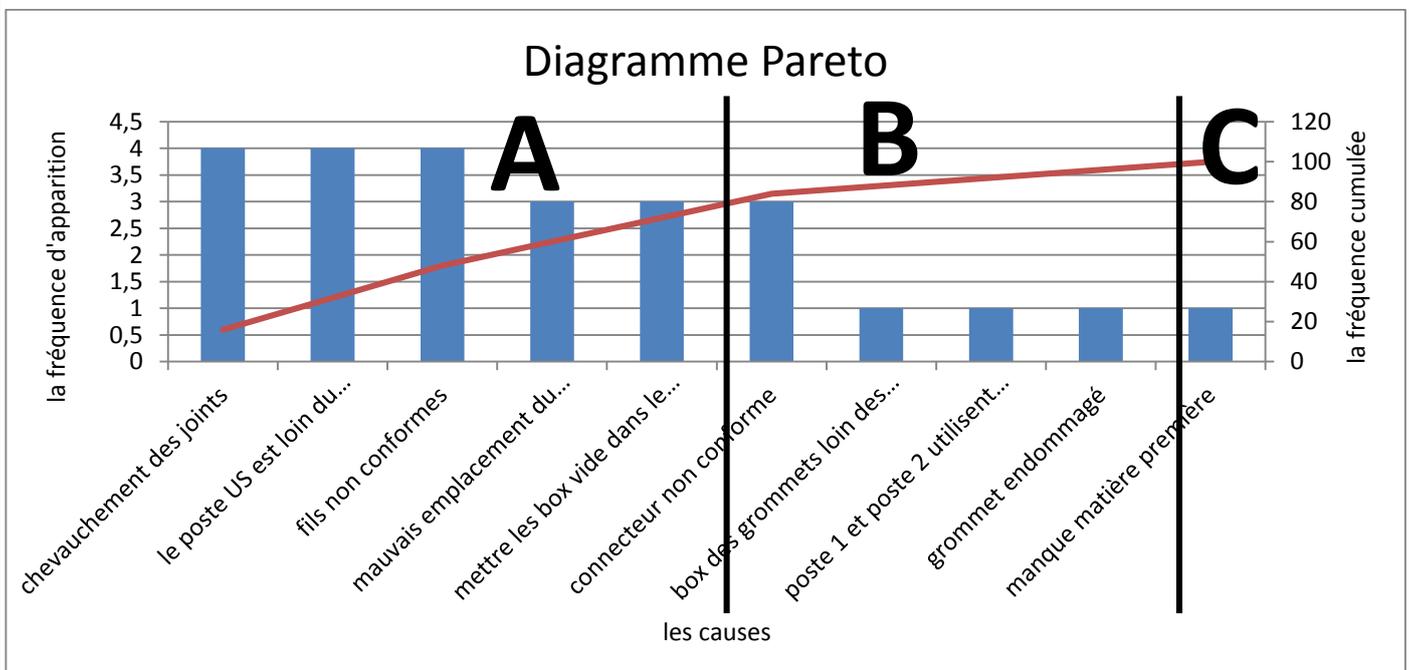


Figure 32 : Diagramme Pareto des causes

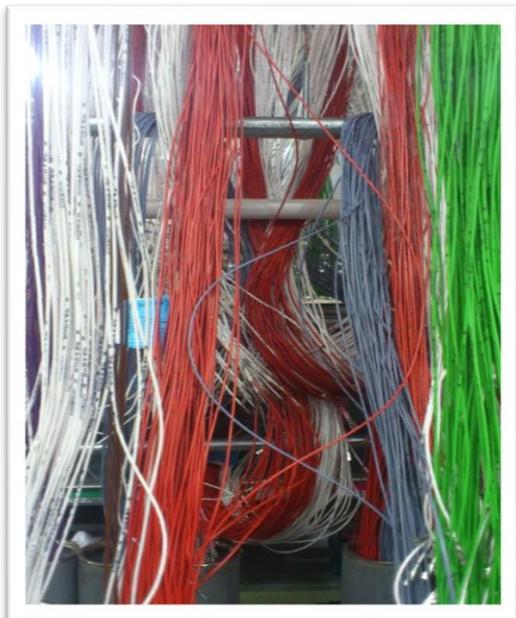
## 2.2 Kaizen

Dans le cadre de l'amélioration continue et afin de diminuer le retard, nous avons proposé un plan d'action.

La Figure 32 illustre un exemple des améliorations proposées. L'ensemble du plan d'action est détaillé dans l'Annexe 2.

### PROBLEME RENCONTRE

### SOLUTION PROPOSEE



#### DESCRIPTION DU PROBLEME

Chevauchement des joints du poste 3 qui entraîne des endommagements des fils et des terminaux.

#### DESCRIPTION DE LA SOLUTION

Changer l'emplacement des joints : utiliser des demi-tubes de diamètre 15 cm afin de séparer les joints l'un de l'autre.

#### RESULTAT OBTENU

Un gain de 3s et de 35 euros comme coût de SCRAP. Nous aurons ainsi un gain annuel de 18 735 euros

Figure 33 : Exemple du plan d'actions

## 2.3 Equilibrage

Après avoir éliminé les opérations à non-valeur ajoutée supprimables et diminuer celles à non-valeur ajoutée non supprimables grâce aux méthodes de l'amélioration continue, nous entamons par la suite l'équilibrage des postes afin de diminuer la charge d'un opérateur par rapport à un autre.

En effet, nous avons procédé d'une manière à ce que les opérateurs, qui travaillent simultanément dans la même Jig-board, n'aient aucun connecteur en commun. Afin d'éviter

tout chevauchement, nous avons distribué quelques connecteurs qui se situent dans la même partie de la Jig-board.

Par exemple, les postes 1 et 2 de la référence PCEGH01295 avaient les connecteurs 3 et 7 en commun, nous avons proposé ainsi de garder le connecteur 3 pour le poste 1 et le connecteur 7 pour le poste 2. Et pour équilibrer nous avons déplacé le connecteur 23 du poste 1 au poste 2.

Après tous les changements et les améliorations effectués, nous avons eu un résultat remarquable illustré dans les nouveaux diagrammes Yamazumi représentés dans les Figures 34 à 37.

❖ PCEGH01295

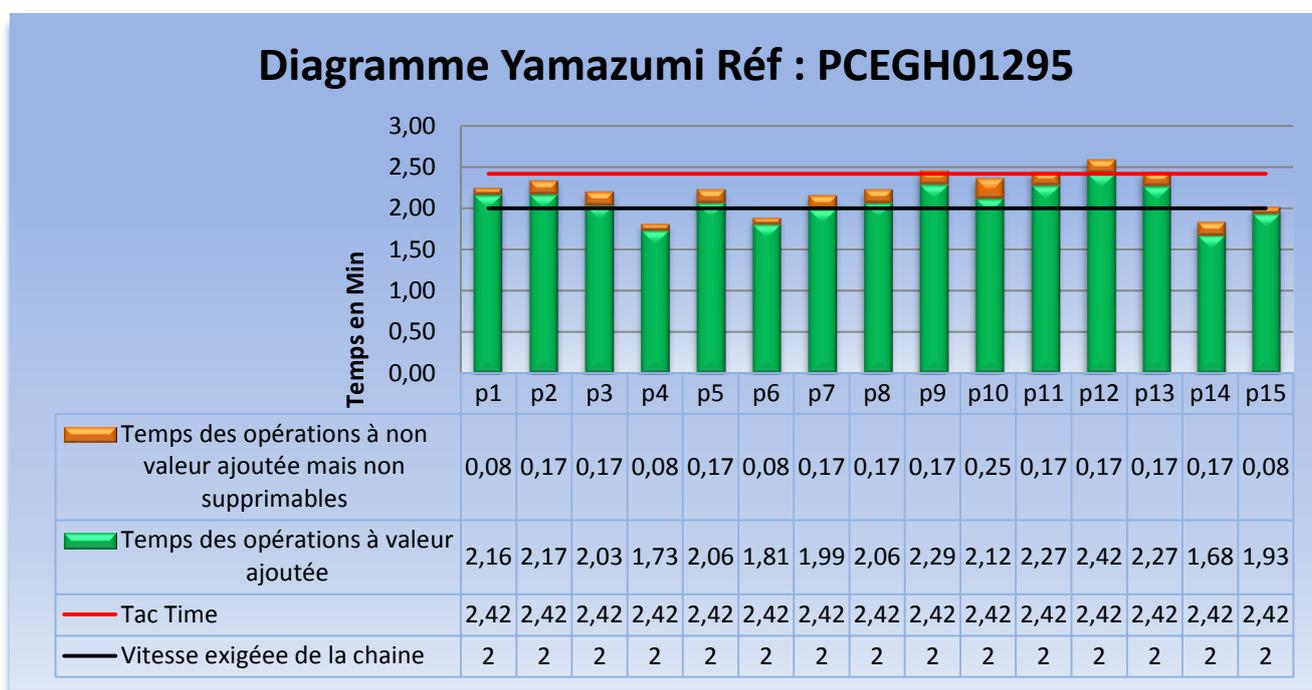


Figure 34: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH01295

❖ PCEGH01354

### Diagramme Yamazumi Réf : PCEGH01354

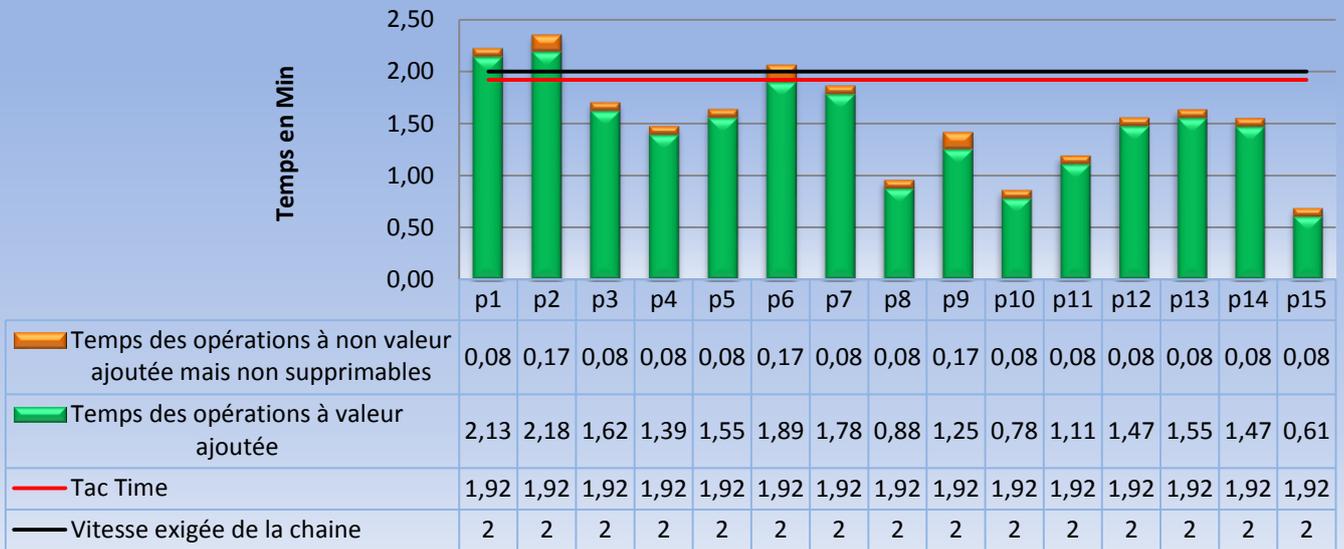


Figure 35: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH01354

❖ PCEGH01449

### Diagramme Yamazumi Réf : PCEGH01449

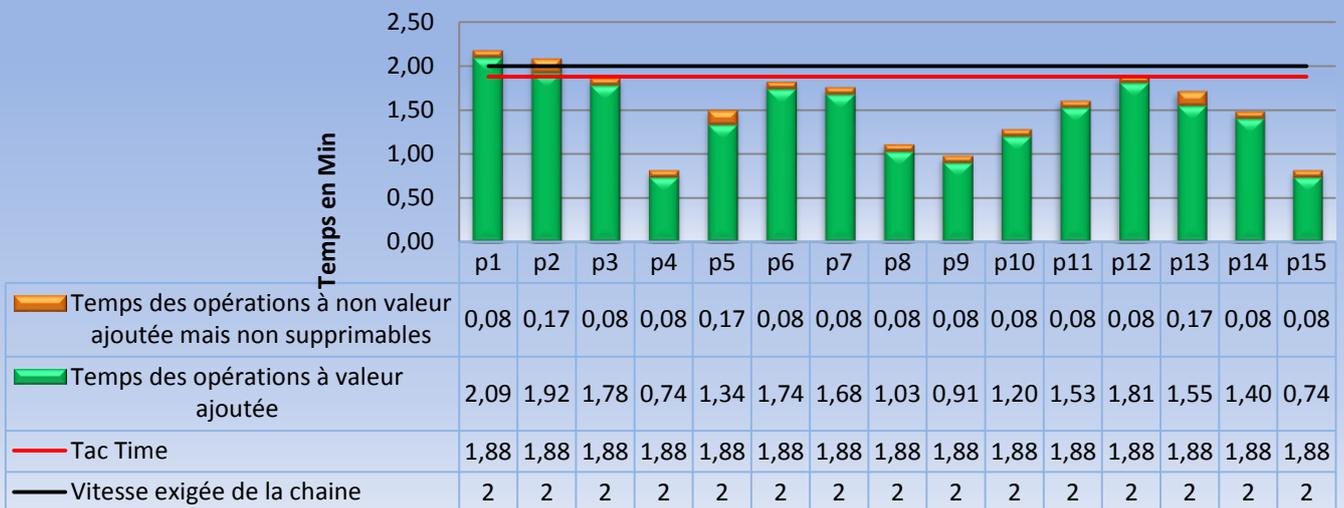


Figure 36: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH0144

❖ PCEGH01587

### Diagramme Yamazumi Réf : PCEGH01587

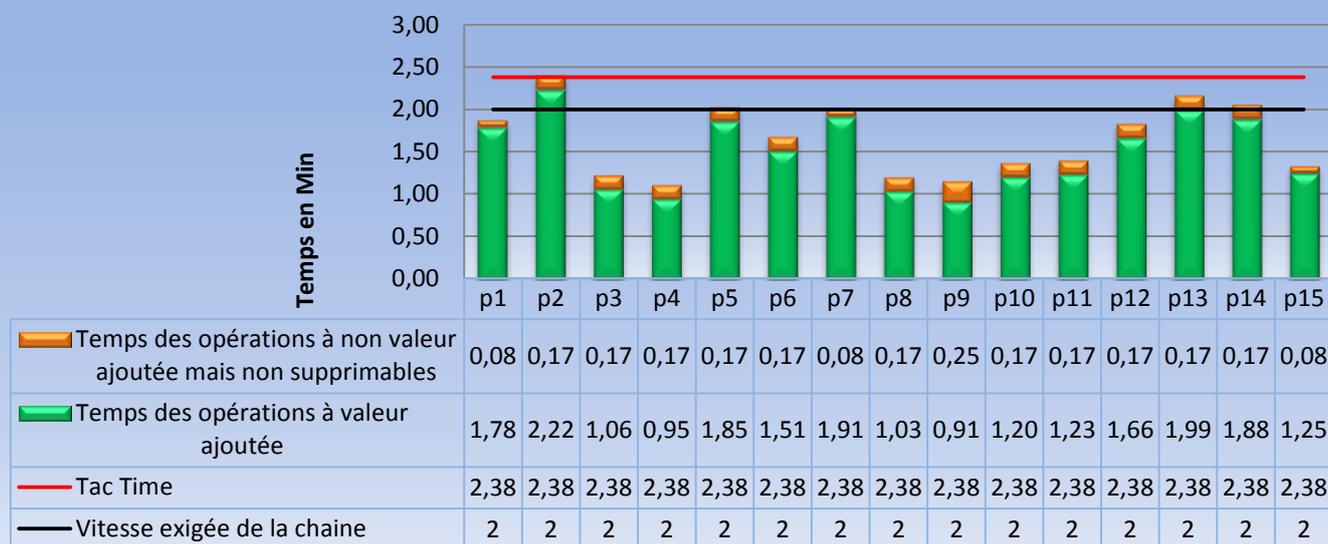


Figure 37: Diagramme Yamazumi amélioré de la référence PCEGH01587

Cet équilibrage nous a permis d'atteindre en plusieurs cas le tac time de chaque référence (Voir Tableau 11). Mais si l'on remarque bien, le temps de cycle de certains opérateurs est, dans certain cas, supérieur à la valeur exigée par le client (2min) ce qui explique l'intérêt d'intégrer une nouvelle méthode de production qui sera étudiée dans le Chapitre 4.

Tableau 11: Tac Time des références étudiées

Référence (PartNumber)	Tac Time (min)
PCEGH01295	2.42
PCEGH01449	1.88
PCEGH01587	2.38
PCEGH01354	1.92

Le Tac Time représente le MH divisé par le nombre d'opérateur

### III. Visualisation

#### 3.2 Programmation ARDUINO

Afin de diminuer l'impact dû à la manipulation, nous avons proposé un système de LEDs programmé par une carte Arduino dont le but de faire allumer les LEDs des circuits (LEDs Rouges) et connecteurs (LEDs Vertes) entrant dans la référence en production qui sera affichée dans un Ecran LCD.

### 3.2.1 Définition et choix de la carte ARDUINO

La carte Arduino est une carte électronique constituée de deux éléments :

- Le **logiciel** : gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris
- Le **matériel** : carte électronique basée autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmen.

En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement moins couteuses ce qui est un critère majeur pour chaque entreprise.

✓ Les différentes cartes ARDUINO

Il existe plusieurs types des cartes Arduino dont nous pouvons citer les plus utilisés :

➤ Arduino UNO :

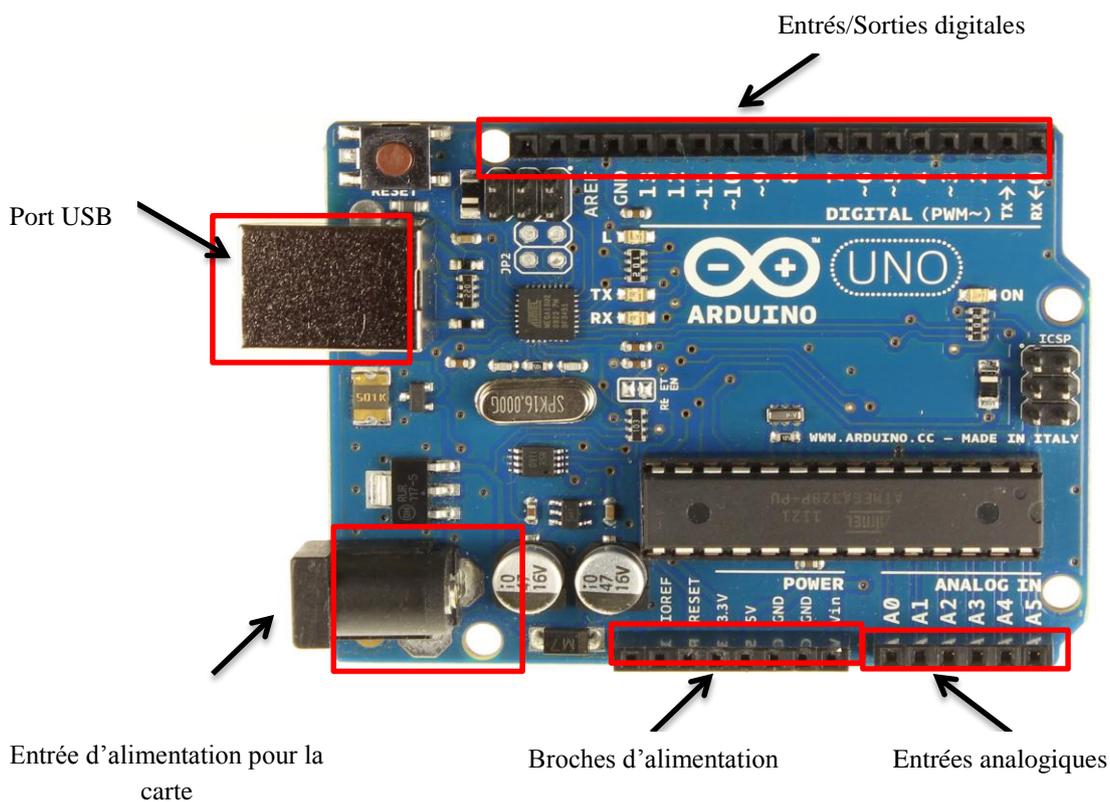


Figure 38: Composants de la carte Arduino UNO

Tableau 12: Caractéristiques de la carte Arduino UNO

<b>Microcontrôleur</b>	<b>ATmega323</b>
<b>Tension de fonctionnement</b>	5V
<b>Tension d'alimentation (recommandée)</b>	7 à 12 V
<b>Tension d'alimentation (limites)</b>	6-20V

<b>Broches E/S numériques</b>	14 dont 6 sorties PMW
<b>Broches d'entrées analogiques</b>	6(utilisable en broches E/S numériques)
<b>Intensité maxi par broche E/S (5V)</b>	40 mA
<b>Intensité maxi pour la sortie 3.3V</b>	50 m
<b>Mémoire Flash</b>	32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader
<b>Mémoire SRAM</b>	2 KB
<b>Mémoire EEPROM</b>	1 KB
<b>Fréquence Horloge</b>	16 MHz
<b>Dimensions</b>	68.6mm x 53.3mm

➤ Arduino MEGA

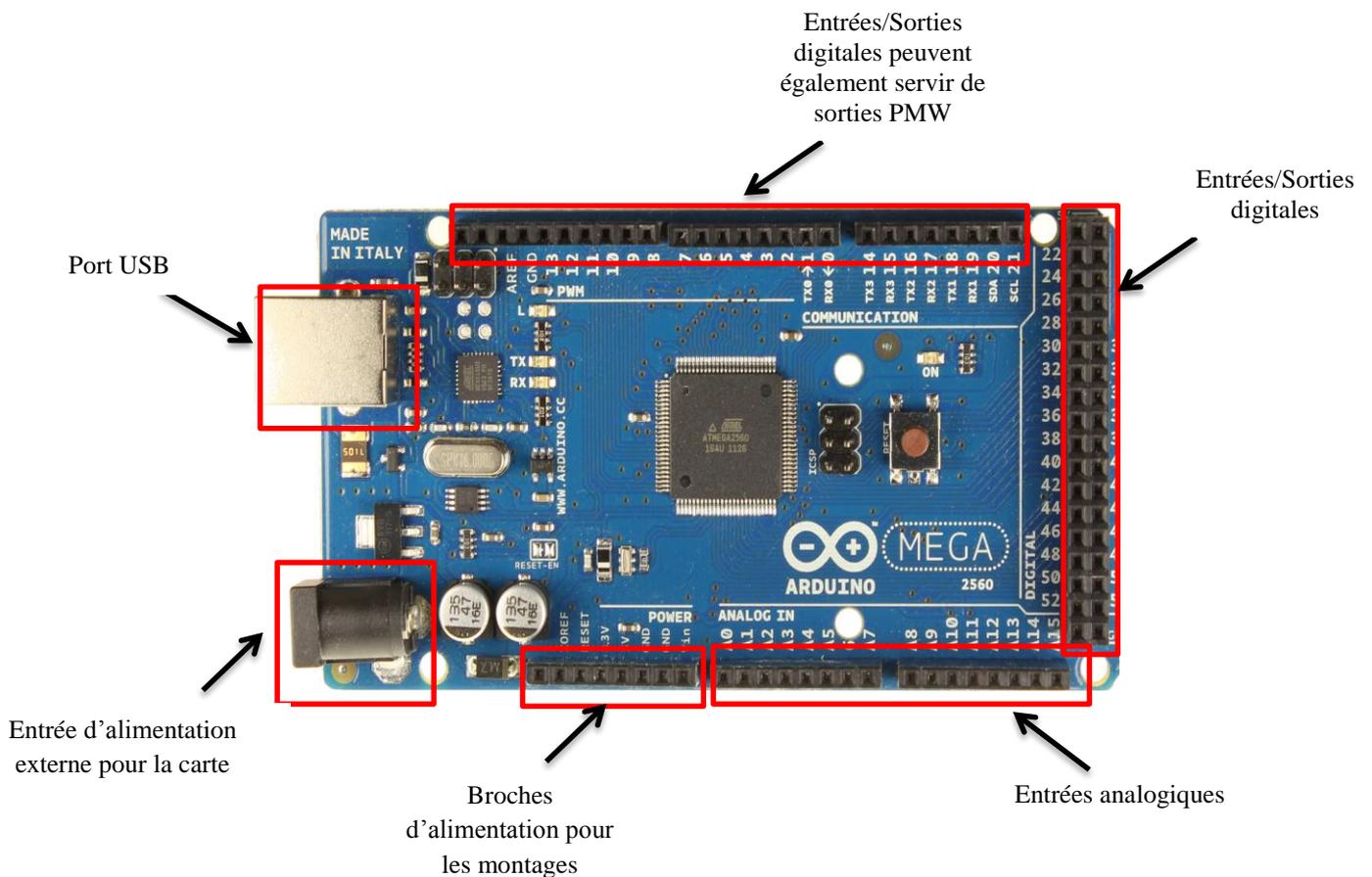


Figure 39: Composants de la carte Arduino MEGA

Tableau 13: Caractéristiques de la carte Arduino MEGA

Microcontrôleur	ATmega2560
<b>Tension de fonctionnement</b>	5V
<b>Tension d'alimentation recommandée</b>	7-12V
<b>Tension d'alimentation limites</b>	6-20V
<b>Broches E/S numériques</b>	54(dont 14 disposent d'une sortie PMW)
<b>Broches d'entrées analogiques</b>	16 (utilisables en broches E/S numériques)
<b>Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)</b>	40 mA

<b>Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3</b>	50 mA
<b>V</b>	
<b>Mémoire Programme Flash</b>	256 KB dont 8 KB sont utilisés par le bootloader
<b>Mémoire SRAM (mémoire non volatile)</b>	8KB
<b>Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)</b>	4 KB
<b>Vitesse d'horloge</b>	16 MHz

### 3.2.2 Tables des entrées sorties

Dans chaque cas, nous avons besoin de trois boutons poussoirs, le premier sera lié au RESET afin de redémarrer le programme en cas de besoin, le deuxième permet à l'opérateur de s'assurer que toutes les LEDs marchent bien et le troisième entraine le changement de référence. Concernant les sorties du programme, nous avons des LEDs rouges et d'autres vertes pour identifier respectivement les circuits et les connecteurs.

Le tableau suivant résume les entrées-sorties utilisées dans le programme du 14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> postes selon chaque référence. (Les tables des entrées sorties des autres postes sont détaillées dans l'Annexe 3).

Tableau 14: Table des entrées-sorties des postes 14 et 15

			Adresse	Sortie carte	PCEGH01354	PCEGH1587	PCEGH1295	PCEGH1449
<b>Sortie</b>	<b>CIRCUITS</b>	CPB93093	J1	0	X	X		
		CPB93901	J2	1				X
		6209E	F1	2				
		6220	F2	3				
		CPB90298	J3	4			X	
		CPB93100	J4	5			X	
		CPB93107	J5	6	X	X	X	
		CPB93113	J6	7				X
		EB01	F3	8	X	X	X	
		CPB93109	J7	9			X	
		6209D.	F4	10				
		6508	F5	11		X	X	
		6509	F6	12		X	X	
		652	F7	13	X	X	X	X
		6558B	F8	14	X	X	X	X
		6216	F9	15	X	X	X	
		9024	F10	16		X	X	X
		9025	F111	17		X	X	X
		9293	F12	18			X	
		9293A	F13	19			X	X
		6299	F14	20		X		
		BM03	F15	21			X	
		4411	F16	22	X	X	X	X
	6300	F17	23	X	X	X	X	
	<b>CONNECTEURS</b>	47	C1	24	X	X		
		51	C2	25				X
		53	C3	26		X		
		60	C4	27				
62		C5	28					
<b>Entrée</b>	<b>BOUTON POUSSOIRE</b>	B1	Bouton	X	X	X	X	X
		B2	Boutonn	X	X	X	X	X
		B3	Reset	X	X	X	X	X

### 3.2.3 Choix du matériel utilisé

Dans chaque cas, nous avons un total des entrées et sorties dépassant la capacité d'une carte Arduino UNO ce qui nous a amené à choisir une carte Arduino MEGA.

D'une autre part, si nous branchons une LED sur une pile directement elle prendra le courant maximal qu'elle ne pourra pas supporter ce qui entrainera par la suite sa destruction. La présence d'une résistance donc s'impose afin de limiter le courant et d'assurer un fonctionnement optimal de la LED.

Selon la loi d'Ohm et la loi des mailles nous avons :  $U=R*I$  et  $V= U + U_{LED}$

Avec :

$U$  : la différence de potentiel dans la Résistance

$V$  : La tension à la sortie de la broche

$U_{LED}$  : La différence de potentiel dans la LED

Nous aurons ainsi :

$$R = \frac{V - U_{led}}{I}$$

A.N.

$$R = \frac{5 - 1.2}{40 * 10^{-3}}$$

$R = 95 \Omega$
-----------------

Après tout calcul fait, nous avons trouvé une valeur minimale de la résistance de 95  $\Omega$ . Nous avons choisi ainsi une résistance de 110  $\Omega$ .

Le Tableau 15 ci-après regroupe les caractéristiques du matériel dont nous aurons besoin dans notre système de visualisation.

Tableau 15: caractéristiques du matériel utilisé dans le système de visualisation

Désignation	Caractéristiques	Quantités	Photos
<b>Carte Arduino</b>	ARDUINO MEGA2560 R3	6	
<b>Led</b>	Rouge	200	
	Vert	60	
<b>Résistance</b>	110 Ohm	260	

<b>Bouton poussoir</b>	-	12	
<b>Ecran LCD alphanumérique</b>	32*2	6	
<b>Potentiomètre</b>	10 kOhms	6	

### 3.3 Programme

Dans un premier lieu, nous avons commencé par déclarer les variables et leur affecter l'adresse de la broche tout en incluant les bibliothèques utilisées dans le programme. Puis dans la fonction setup(), nous avons affecté les entrées et les sorties aux variables déclarées grâce à l'instruction pinMode(). Et finalement, dans la fonction loop() nous avons saisi le programme complet en faisant appel à des fonctions programmées par la suite.

### 3.4 Simulation sur ISIS

*ISIS est un logiciel qui permet la création de schémas et la simulation électrique.*

Nous avons visualisé la solution proposée grâce au logiciel ISIS qui, après avoir chargé le programme dans la carte Arduino, nous a donné le résultat suivant.

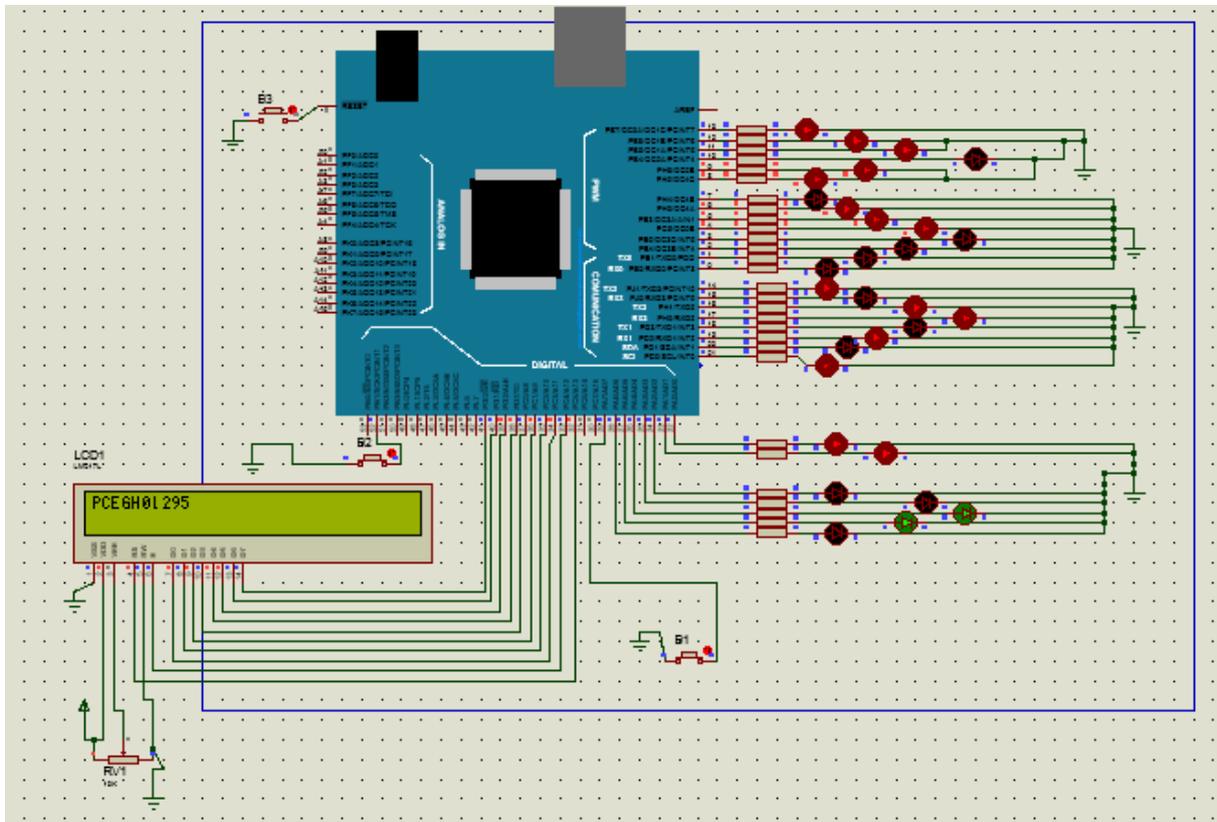


Figure 40 : Schéma du système de visualisation sur ISIS

#### IV. Etude financière

Le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des calculs faits afin d'étudier la rentabilité de cette solution. En effet, pour un investissement de 179 706 € équivalent à 2 012 708 DHS nous avons eu une estimation de gain en première année de 4 614 482 DHS. Après tout calcul fait du cash – flow, il s'est avéré alors que ce projet est rentable après une période de 6 mois et 22 jours.

Avec un taux d'actualisation égal à 3%.

Voir Annexe 5 pour l'explication du calcul des amortissements.

Mémoire du projet de fin d'études

Tableau 16: Table de l'étude financière

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Investissement(€)</b> 179 706										
<b>Chiffre d'Affaire(€)</b>	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600
<b>Charge :</b>										
• Terrain	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268
• Electricité	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704
• Salaire des opérateurs	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2	198055,2
• Matière première	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000
<b>total charge(€)</b>	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2	3007027,2
<b>Excédent Brut d'Exploitation</b>	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8	470572,8
<b>Amortissement(€)</b>	19058	19058	19058	19058	19058	19058	19058	19058	19058	19058
<b>Résultat avant l'IS</b>	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8	451514,8
<b>Impôt sur bénéfice</b>	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545	39507,545
<b>Résultat après l'IS (€)</b>	<b>412007,255</b>									
<b>CAF d'exploitation</b>	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255	431065,255
<b>(1+t)<sup>-n</sup></b>	0,971	0,943	0,915	0,888	0,863	0,837	0,813	0,789	0,766	0,744
<b>Cash-flow actualisé</b>	418509,96	406320,35	394485,77	382995,90	371840,68	361010,36	350495,50	340286,89	330375,62	320753,03
<b>CF cumulé(€)</b>	418509,96	824830,30	800806,12	777481,67	754836,57	732851,04	711505,86	690782,39	670662,52	651128,66

## V. Résultats obtenus

Après l'application des plans d'actions proposés dans le Chapitre II-2, nous aurons un gain annuel total d'environ 204 630 € équivalent à 2 291 852 DHS, détaillé selon le tableau suivant :

*Tableau 17: Gain annuel obtenu des plans d'actions*

Kaizen	Gain annuel (€)
Utiliser des demi-tubes pour les joints du poste 3 afin de résoudre le problème de chevauchement	18 735
Utiliser des pagodes au lieu des sachets pour les joints du poste 10	72 913
Mettre à côté de chaque poste un emplacement pour les box vides	1 889
Diminuer le lot size de la machine de la coupe de 1500 à 500	106 051
Mettre le poste Schunk près du poste 9 afin d'éviter les va et vient inutiles de l'opérateur	4 285
Changer l'emplacement des box des fils non conformes	36
Utiliser une pagode pour les joints de l'airbag du poste 4	721
Total	204 630 €

D'autre part, ces plans d'actions ainsi que le système de visualisation étudié dans le Chapitre III nous ont permis de diminuer l'impact total de la production synchrone calculé dans le test de 15.6%.

En effet, supprimer les retards dus à la préparation à l'aide des méthodes KAIZEN nous permet d'éliminer l'impact de la préparation qui est égal à 4.5% après le test. En plus, si l'on intègre le système de visualisation, l'opérateur ne va perdre qu'environ 2s ce qui implique un gain de 8s pour chaque référence. Ces impacts auront évidemment une influence sur la production.

Récapitulatif :

- ❖ Impact de la production : 2.7%
- ❖ Impact de la préparation : 1.2%
- ❖ Impact de la manipulation : 2%
- ⇒ Impact total : 5.9%

## Conclusion

Dans le chapitre ci-dessus, nous avons pu réduire l'impact du test, grâce à un ensemble d'actions d'améliorations étudiées tout au long de ce chapitre, qui s'illustre dans l'application du diagramme Yamazumi accompagné par une étude Kaizen ainsi qu'un équilibrage des postes de travail, et finalement la réalisation d'un système de visualisation. Une étude financière a fait l'objet de la dernière partie de ce chapitre.

# Chapitre 4 : Concept KSK

## Introduction

L'intérêt de ce chapitre s'illustre dans l'étude de l'implémentation du concept KSK, tout en précisant son principe, sa réalisation ainsi qu'une simulation du nouveau processus de fabrication, à l'aide du logiciel FlexSim. Une étude du système SAP s'impose par la suite afin de l'adapter au nouveau concept.

### I. Etude de l'implémentation du concept KSK

#### 1.1 Définition et principe

Le concept KSK signifiant Câble Spécifique Client, consiste à livrer au client un câble contenant seulement les options demandées. Il se caractérise par une production modulaire, où les différents composants du câble sont décomposés en modules ayant chacun une option précise.

Un câble KSK est utilisé dans une voiture spécifique, et il couvre exactement, toutes les caractéristiques nécessaires de cette voiture. En conséquence, il n'y a pas de connexions électriques redondantes (fils inutiles) qui provoquent une augmentation de coût du produit.

#### 1.2 Réalisation

La production modulaire est la principale spécification du concept KSK, elle consiste à préparer à l'avance les modules et de ne garder que leur assemblage au niveau de la chaîne du montage.

Grâce à une analyse de la liste des modules de la famille Habitable, nous avons pu classer les différents fils et connecteurs qui constituent chaque module, comme le montre le tableau ci-dessous :

Fils	Réf Connecteurs	Réf Connecteurs	Temps en min	Module	REFERENCES DE BASE
3020U	7	80	0,110	M1	Conda PAV et Plafonnier (VP) et HP arrière
3021U	5	80	0,110		
6207	8		0,055		
6207B	22		0,055		
6207C	23		0,055		
M302U	80		0,055		
6204F	48		0,055	M6	Conda PB VU
6293A	48	5	0,110		

Mémoire du projet de fin d'études

<b>6209D</b>	48		0,055	M14	VU Porte Battante 0 / 1 PLC super conda
<b>620</b>	3	5	0,110		Superconda
<b>6206A</b>	22	8	0,110		(Porte
<b>6206B</b>	23	8	0,110	M16	Avant)/Sécurité enfant/Selec zone
<b>6277</b>	3	6	0,110		AR (tout type VU)
<b>MC46B</b>	36	42	0,110	M19	Rbag latéraux thermique
<b>3020P</b>	7	27	0,110		
<b>3021P</b>	5	27	0,110		
<b>6204B</b>	22	22	0,110		
<b>6204C</b>	23	23	0,110		
<b>8450</b>	3	47	0,110	M2	Conda PAV et Plafonnier (VP) et HP arrière
<b>8451</b>	3	47	0,110		
<b>8470</b>	3	30	0,110		
<b>8471</b>	3	30	0,110		
<b>M302P</b>	27		0,055		
<b>9024</b>	5	49	0,110		
<b>9025</b>	5	49	0,110		
<b>M750A</b>	49		0,055		
<b>M750B</b>	49		0,055	M30/M31	AAS Bosch thermique - AAS Bosch Électrique
<b>MC60A</b>	50		0,055		
<b>ZE14B</b>	49		0,055		
<b>ZE14C</b>	49		0,055		
<b>6209</b>	2		0,055	MT1	Mod. Tech Conda PLC G et/ou Conda PLC D et/ou VU superconda
<b>Z5007</b>	18	8	0,110	M17	CDPL thermique
<b>640A</b>	24		0,055		
<b>6450A</b>	24		0,055		
<b>6451A</b>	24		0,055		
<b>6452A</b>	24		0,055		
<b>6453A</b>	24		0,055	M23	Commut. Rétro élec. DAD
<b>6454A</b>	24		0,055		
<b>6455A</b>	24		0,055		
<b>M640A</b>	24		0,055		
<b>V640A</b>	24		0,055		
<b>640</b>	1		0,055		
<b>6450</b>	1		0,055		
<b>6451</b>	1		0,055	M22	Commut. Rétro élec. DAG
<b>6452</b>	1		0,055		
<b>6453</b>	1		0,055		

Mémoire du projet de fin d'études

<b>6454</b>	1		0,055		
<b>6455</b>	1		0,055		
<b>M6406</b>	1		0,055		
<b>V6406</b>	1		0,055		
<b>6435</b>	1		0,055	M24	Rétro rabattable DAG
<b>AECP0</b>	1	6	0,110		
<b>MCP05</b>	29		0,055	M26	Prise 12Volt AR
<b>1062</b>	3	4	0,110		
<b>1063</b>	3	4	0,110	M35	STT
<b>EB01</b>	8	22	0,055	M4	LVE/LVI
<b>6204D</b>	46		0,055		
<b>6205D</b>	46		0,055		
<b>6209B</b>	46		0,055		
<b>6251</b>	7	46	0,110	M10	Conda PLC Gauche ( DAD )
<b>6288</b>	7	46	0,110		
<b>EM46G</b>	46		0,055		
<b>4411</b>	44	7	0,110		
<b>AE3</b>	4		0,055		
<b>AE30</b>	16		0,055		
<b>M4400</b>	44		0,055	S1	Socle thermique
<b>Z01A</b>	3	8	0,110		
<b>Z03</b>	3	8	0,110		
<b>300B</b>	19		0,055		
<b>AE32</b>	19		0,055		
<b>AE809</b>	19	3	0,110	M11	PMF (VP .PMF. 2PLC .PORTE VOLET AR)
<b>EM46D</b>	19		0,055		
<b>6042A</b>	3	22	0,110		
<b>6052A</b>	3	22	0,110		
<b>6082</b>	3	23	0,110		
<b>6105</b>	6		0,055		
<b>6105A</b>	23		0,055		
<b>6105B</b>	22		0,055	M5	LVI
<b>6184</b>	3	6	0,110		
<b>BE01</b>	8		0,055		
<b>EB01A</b>	23		0,055		
<b>EB01B</b>	22		0,055		
<b>6092</b>	3	23	0,110		
<b>ZE14A</b>	3		0,055	M34	MCP
<b>ZE14</b>	2		0,055	MT6	Mod. Tech AAS thermique et/ou MCP
<b>210</b>	13	40	0,110		
<b>9017</b>	21	40	0,110		
<b>9018</b>	21	40	0,110	M36	Attelage
<b>BC01</b>	21	40	0,110		

Mémoire du projet de fin d'études

<b>BM03</b>	60	51	0,110		
<b>ZBSR1</b>	21	40	0,110		
<b>ZBSR2</b>	40	39	0,110		
<b>V830</b>	8		0,055	MT7	Mod. Tech Siège chauffant et/ou commut rétro DAG et/ou commut rétro DAD
<b>6216</b>	5	48	0,110	M7	Conda Volet
<b>6282</b>	4	48	0,110		
<b>521</b>	2	48	0,110		
<b>522</b>	6	48	0,110		
<b>811</b>	48		0,055	M27	ESVAR / LUNCHA
<b>811A</b>	2		0,055		
<b>811B</b>	2		0,055		
<b>8487</b>	3	17	0,110	M32	Micro (RNEG ou BTA ou USB Box)
<b>8488</b>	3	17	0,110		
<b>6297</b>	4	48	0,110		
<b>6298</b>	4	48	0,110	M33	Lunette ouvrante
<b>6299</b>	5	48	0,110		
<b>6204<sup>E</sup></b>	31		0,055		
<b>6205<sup>E</sup></b>	31		0,055		
<b>6209C</b>	31		0,055	M9	Conda PLC Droite ( DAG)
<b>6250</b>	31	7	0,110		
<b>6287</b>	31	7	0,110		
<b>EM55C</b>	31		0,055		
<b>640B</b>	8		0,055		
<b>6450B</b>	22		0,055		
<b>6451B</b>	22		0,055		
<b>6452B</b>	22		0,055	MT3	
<b>6453B</b>	23		0,055		
<b>6454B</b>	23		0,055		
<b>6455B</b>	23		0,055		
<b>BH04A</b>	11	9	0,110	MT5	Mod. Tech Rétro Rabat. DAG et/ou Rétro Rabat. DAD Thermique
<b>BH04B</b>	11	9	0,110		
<b>BH02A</b>	9	41	0,110	M28	Siège chauffant thermique
<b>BH02B</b>	9	34	0,110		
<b>6205F</b>	48		0,055	M15	VP PB Conda simple ou VP PB Superconda / sécu enfant 0/1PLC ou

Tableau 18 : Liste des modules de la famille Habitable du projet B9

Actuellement, la chaîne dispose de quinze opérateurs au niveau de l'insertion. En appliquant ce nouveau concept, nous sommes censées appliquer des modifications sur la chaîne. En effet, nous proposons de garder quatre opérateurs en insertion et quatre opérateurs pour la préparation des modules.

La décomposition de la préparation des modules entre les opérateurs a été conçue d'une manière à avoir le même nombre de fils dans chaque poste, ainsi que chaque opérateur au niveau de la chaîne (insertion) est dédié à un poste de préparation et s'occupe de l'assemblage de ses différents modules.

Pour illustrer cela, nous avons pris comme exemple le PartNumber PCEGH01295 présenté dans le Tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19: Décomposition des modules entre les opérateurs pour la référence PCEGH01295

		Réf Connecteurs A	Réf Connecteurs B	Module	PCGH01295
<b>Opérateur 1</b>	3020U	7	80	M1	x
	3021U	5	80		
	6207	8			
	6207B	22			
	6207C	23			
	M302U	80			
	BH04A	11	9	MT5	x
	BH04B	11	9		
	3020P	7	27	M2	
	3021P	5	27		
	6204B	22	22		
	6204C	23	23		
	8450	3	47		
	8451	3	47		
	8470	3	30		
	8471	3	30		
	M302P	27			
	620	3	5		
	6206A	22	8		
	6206B	23	8		
	6277	3	6		
	521	2	48	M27	x
	522	6	48		
	811	48			
	811A	2			
	811B	2			
AECPO	1	6	M26		

Mémoire du projet de fin d'études

	MCP05	29			
	6209	2		MT1	x
	EB01	8	22	M4	x
	Z5007	18	8	M17	x
<b>Opérateur 2</b>	6205F	48		M15	x
	6204F	48		M6	x
	6293A	48	5		
	6209D	48		M14	x
	6204E	31		M9	x
	6205E	31			
	6209C	31			
	6250	31	7		
	6287	31	7		
	EM55C	31			
	640B	8		MT3	x
	6450B	22			
	6451B	22			
	6452B	22			
	6453B	23			
	6454B	23			
	6455B	23			
	1062	3	4	M35	
	1063	3	4		
	210	13	40	M36	x
	9017	21	40		
	9018	21	40		
	BC01	21	40		
	BM03	60	51		
	ZBSR1	21	40		
	ZBSR2	40	39		
300B	19				
AE32	19		M11		
AE809	19	3			
EM46D	19				
<b>Opérateur 3</b>	6204D	46		M10	
	6205D	46			
	6209B	46			
	6251	7	46		
	6288	7	46		
	EM46G	46			
	V830	8		MT7	x
	4411	44	7	S1	x

Mémoire du projet de fin d'études

	AE3	4				
	AE30	16				
	M4400	44				
	Z01A	3	8			
	Z03	3	8			
	6042A	3	22			
	6052A	3	22			
	6082	3	23			
	6105	6				
	6105A	23				
	6105B	22		M5		
	6184	3	6			
	BE01	8				
	EB01A	23				
	EB01B	22				
	6092	3	23			
	6216	5	48			
	6282	4	48	M7		
	6297	4	48			
	6298	4	48	M33		
	6299	5	48			
	BH02A	9	41	M28	x	
	BH02B	9	34			
<b>Opérateur 4</b>	640	1				
	6450	1				
	6451	1				
	6452	1				
	6453	1		M22	x	
	6454	1				
	6455	1				
	M6406	1				
	V6406	1				
	640A	24				
	6450A	24				
	6451A	24				
	6452A	24				
	6453A	24		M23	x	
	6454A	24				
	6455A	24				
	M640A	24				
	V640A	24				
		ZE14A	3		M34	x

Mémoire du projet de fin d'études

	9024	5	49				
	9025	5	49				
	M750A	49		M30/M31	x		
	M750B	49					
	MC60A	50					
	ZE14B	49					
	ZE14C	49					
	6435	1				M24	x
	ZE14	2				MT6	x
	8487	3	17	M32	x		
	8488	3	17				
	MC46B	36	42	M19	x		

Un calcul du temps nécessaire pour chaque opération s'impose, et il en résulte :

Tableau 20: Temps nécessaires pour chaque opération

Références	Opérateurs préparation	Durée (min)	Opérateurs assemblage	Durée (min)
<b>PCGH01295</b>	Opérateur 1	1.32	Opérateur 1	1.69
	Opérateur 2	1.1	Opérateur 2	1.58
	Opérateur 3	0.33	Opérateur 3	0.84
	Opérateur 4	1.1	Opérateur 4	1.96
<b>PCGH01354</b>	Opérateur 1	1.48	Opérateur 1	1.36
	Opérateur 2	0.33	Opérateur 2	0.76
	Opérateur 3	0.22	Opérateur 3	0.95
	Opérateur 4	0.60	Opérateur 4	1.01
<b>PCGH01587</b>	Opérateur 1	1.81	Opérateur 1	1.69
	Opérateur 2	0.66	Opérateur 2	1.20
	Opérateur 3	0.49	Opérateur 3	1.72
	Opérateur 4	0.99	Opérateur 4	1.96
<b>PCGH01449</b>	Opérateur 1	0.77	Opérateur 1	0.87
	Opérateur 2	0.05	Opérateur 2	1.14
	Opérateur 3	0.55	Opérateur 3	1.86
	Opérateur 4	0.99	Opérateur 4	1.44

1.3 Simulation sur FlexSim :

En adaptant une production modulaire, nous sommes amenées à appliquer des changements sur la chaîne de montage.

Une simulation sur FlexSim (Figure 40) montre l'ensemble des changements à effectuer.

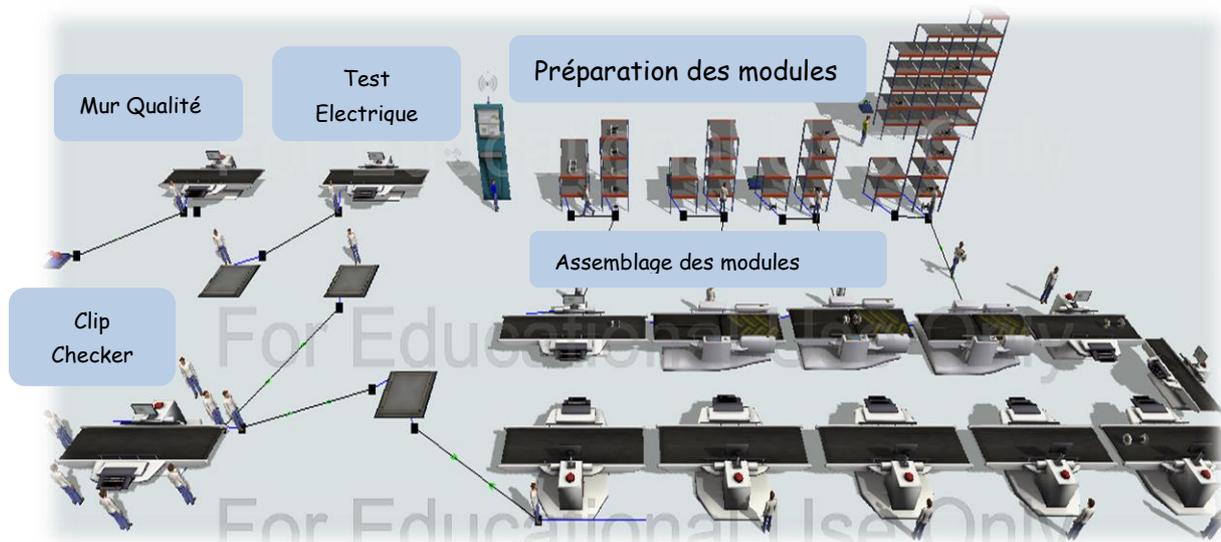


Figure 41 : Simulation sur FlexSim du processus de montage en production modulaire

## II. Système SAP

### 2.1 Définition et principe

Il s'agit d'un progiciel de gestion d'entreprise appartenant à la famille des ERP. C'est un système dans lequel les différentes fonctions de l'entreprise (comptabilité, finance, production, approvisionnement, marketing, ressources humaines, qualité, maintenance, ...) sont reliées entre elles par l'utilisation d'un système d'information centralisé sur la base d'une configuration client/serveur.

### 2.2 Etat actuel

A la fin du processus du montage, nous trouvons un poste intitulé « Mur qualité » (2<sup>ème</sup> visuel), au niveau duquel l'opérateur vérifie la conformité du câble avant l'opération du scan pour l'emballage, qui s'effectue à l'aide du système SAP.

Tout d'abord, le planificateur lance l'ordre de fabrication à l'aide d'une application liée automatiquement au système SAP.

Après avoir intégré le plan de production au système SAP, le planificateur doit, grâce à la transaction YPPPL, valider le plan à l'opérateur.

Au niveau du poste « Mur qualité », en cliquant sur l'icône SAP, l'opérateur a accès automatiquement à l'interface Box Completion où il doit seulement introduire le code de la chaîne (Figure 53) afin d'afficher l'ensemble des ordres introduits par le planificateur.

## Mémoire du projet de fin d'études



Figure 42 : Introduction du code de la chaîne pour accéder à l'interface du scan

Une fois le code de la chaîne est validé, l'interface du scan s'affiche (Figure 41) :

Pour supprimer les câbles de la caisse

Pour visualiser les ordres de production pour cette chaîne

Le numéro de série du câble scanné

Les données relatives à la caisse active

Le code de la caisse ouverte

La référence du produit

La quantité totale de la caisse

La quantité actuelle dans la caisse

La quantité totale de la commande

Handling Unit	Label part number	Material	Material Description	Box Quant.	Box Qua...	Target Ord	Unit	Customer Name 1	Rev1
178535479	9801721980000...	F0000...	9801721980	6	3	84		401221	PCA - ... 01

Figure 43 : Interface du scan

Le scan du premier câble produit, d'un ordre de production, permet d'imprimer l'auto collant généré par le système correspondant à la caisse de cet ordre.

## Mémoire du projet de fin d'études

C'est cette étiquette qui va être scannée au niveau de l'expédition, pour la validation.

Annotations de l'étiquette :

- Référence client: RCA
- EXPÉDITEUR: Yazaki Morocco S.A
- La quantité de la caisse: 4
- Le code de la caisse: 178535523
- Le code du produit sur SAP: F00044570

DESTINATION <b>RCA</b>	POINT DE DECHARGEMENT	EXPÉDITEUR <b>Yazaki Morocco S.A</b>
CODE ROUTAGE [ ]	POINT DE DESTINATION	
CODE PRODUIT(P) <b>9801722480</b>	PDS NET <b>4 KGM</b>	QUANTITE(Q) <b>4</b>
	PDS BRUT <b>5 KGM</b>	DATE <b>P141209</b>
No. ETIQUETTE(S) <b>178535523</b>	NB. <b>1</b>	DESCRIPTION <b>CABLE POSITIF BATTERIE</b>
	REF FOURNISSEUR (305) <b>F00044570</b>	
	No. LOT <b>0120141209</b>	INDICE MODIF <b>B02M03</b>
	FOURNISSEUR (V) <b>81143Y</b>	

Figure 44 : Auto collant de la caisse

Une fois le scan du dernier câble de la caisse est effectué, le système demande de rescanner le code qui se trouve sur l'auto collant pour fermer la caisse (Figure 44) :

NO	Product ID
6	00000022331133
5	00000022331132
4	00000022331131
3	00000022331130
2	00000022331129
1	00000022331128

	Target	Actual
Order:	84	11
Box:	6	5

Message de confirmation: YEK(1)/010 Scan Box label to confirm

Figure 45 : Confirmation du code de l'auto-collant pour fermer la caisse

La caisse étant transportée à l'expédition, l'opérateur refait le même travail pour le nouvel ordre de production

### 2.3 Solution proposée

Auparavant, en production normale, l'emballage ne posait aucun problème. Le numéro de série imprimé sur l'auto-collant de la caisse, correspond à une seule référence.

Pour une production en séquence, le standard du scan implémenté actuellement à YMO ne contient pas l'environnement convenable pour ce nouveau processus.

## Mémoire du projet de fin d'études

Après plusieurs tentatives de recherche, nous avons pu trouver le fonctionnement du Box Completion dans l'environnement KSK.

Dans un premier lieu, il n'est plus nécessaire de suivre les étapes pour créer un ordre de fabrication par le planificateur, vu que l'ordre sera déjà lancé par le client via le système. En d'autres termes, l'ordre existera en amont sur le système, il suffira de le valider par le planificateur afin de le faire apparaître au niveau du 'Mur qualité'.

Une fois l'ordre est validé, une étiquette sera imprimée indiquant que le box est dédié à un ordre KSK, puis une interface Box Completion similaire à celle utilisée en processus standard, s'affiche. La différence cette fois-ci réside dans le fait que l'opérateur ne peut effectuer aucune modification sur le système, contrairement au processus normal.

Arrivé au 'Mur qualité', le câble contient déjà un code à barres sur son étiquette qui doit être scanné. Ce code est le même sur l'ordre de fabrication, mais sans le caractère principal (Groupe Partie Identifier). Après le scan, une étiquette est imprimée contenant cette fois-ci le code à barres complet (Groupe Partie Identifier + PRODN<sup>8</sup>), et sera collée sur le sachet du câble spécifique.

Handling Unit	Label part number	Material	Material description	Box Quan...	Box Quanti	Target Ord	Unit	Customer	Name 1	RevLev	Carl
I003 PIT-01	PIT-01-007I003	CG0000	VW PQ120 Main W	1		1		100016	Yazaki E	01	UP
I003 PIT-04-0	PIT-04-019I003	CG0000	VW PQ120 Main W	1		1		100016	Yazaki E	01	UP
I003 PIT-04-0	PIT-04-032I003	CG0000	VW PQ120 Main W	1		1		100016	Yazaki E	01	UP
I003 PIT-04-0	PIT-04-034I003	CG0000	VW PQ120 Main W	1		1		100016	Yazaki E	01	UP
I003 39ST-06	39ST-06-13I003	CG0000	VW PQ120 Main W	1		1		100016	Yazaki E	01	UP

Figure 46 : Interface du scan pour le concept KSK

En conclusion, le principe du scan en production en séquence via le SAP, considère un câble comme une boîte caractérisée par un code à barres spécifique divisé en deux parties : l'une est commune pour tous les câbles de la même commande et l'autre est spécifique pour

<sup>8</sup> Identification d'un câble final dans le système SAP.

Mémoire du projet de fin d'études

chacun. Le Box rassemblant l'ensemble des boites (câbles) est étiqueté par le code spécifique à cet ordre de fabrication.

### III. Etude financière :

Afin de calculer la rentabilité en appliquant ce nouveau concept de production, nous avons élaboré une étude financière regroupée dans le tableau ci-dessous.

L'investissement étant égal à 1 806 280 DHS nous a donné une estimation de gain en première année de 7 997 674 DHS. Après avoir calculé le cash-flow, nous avons trouvé que le projet est rentable après une période de 6 mois et 18 jours.

Mémoire du projet de fin d'études

Tableau 21: Table de l'étude financière en appliquant une production modulaire

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Investissement(€)</b>	161 275										
<b>Chiffre d'Affaire(€)</b>		3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600	3477600
<b>Charge :</b>											
• Terrain		2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268	2268
• Electricité		6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704	6704
• Salaire des opérateurs		160960,8	160960,8	160960,8	160960,8	160960,8	160960,8	160960,8	160960,8	160960,8	160960,8
• Matière première		2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000
<b>total charge (€)</b>		2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8	2969932,8
<b>Excédent Brut d'Exploitation</b>		507667,2	507667,2	507667,2	507667,2	507667,2	507667,2	507667,2	507667,2	507667,2	507667,2
<b>Amortissement</b>		18658	18658	18658	18658	18658	18658	18658	18658	18658	18658
<b>Résultat avant l'IS</b>		489009,2	489009,2	489009,2	489009,2	489009,2	489009,2	489009,2	489009,2	489009,2	489009,2
<b>Impôt sur bénéfice</b>		42788,305	42788,305	42788,305	42788,305	42788,305	42788,305	42788,305	42788,305	42788,305	42788,305
<b>Résultat après l'IS (€)</b>		446220,895	446220,895	446220,895	446220,895	446220,895	446220,895	446220,895	446220,895	446220,895	446220,895
<b>CAF d'exploitation</b>		464878,895	464878,895	464878,895	464878,895	464878,895	464878,895	464878,895	464878,895	464878,895	464878,895
<b>(1+t)^-n</b>		0,971	0,943	0,915	0,888	0,863	0,837	0,813	0,789	0,766	0,744
<b>Cash-flow actualisé</b>		451338,73	438192,94	425430,04	413038,88	401008,62	389328,76	377989,08	366979,69	356290,96	345913,56
<b>Cash-flow cumulé(€)</b>		451338,73	889531,68	863622,99	838468,92	814047,50	790337,37	767317,84	744968,78	723270,66	702204,52

#### IV. Résultats obtenus

Une implémentation du concept KSK, semble importante et bénéficiaire. Une production modulaire nous permettra de réduire la charge de la chaîne d'assemblage, tout en diminuant le nombre d'opérateurs en insertion, de quinze personnes à seulement huit personnes, ainsi qu'en adaptant le temps nécessaire pour produire un câble en moins de 2 min.

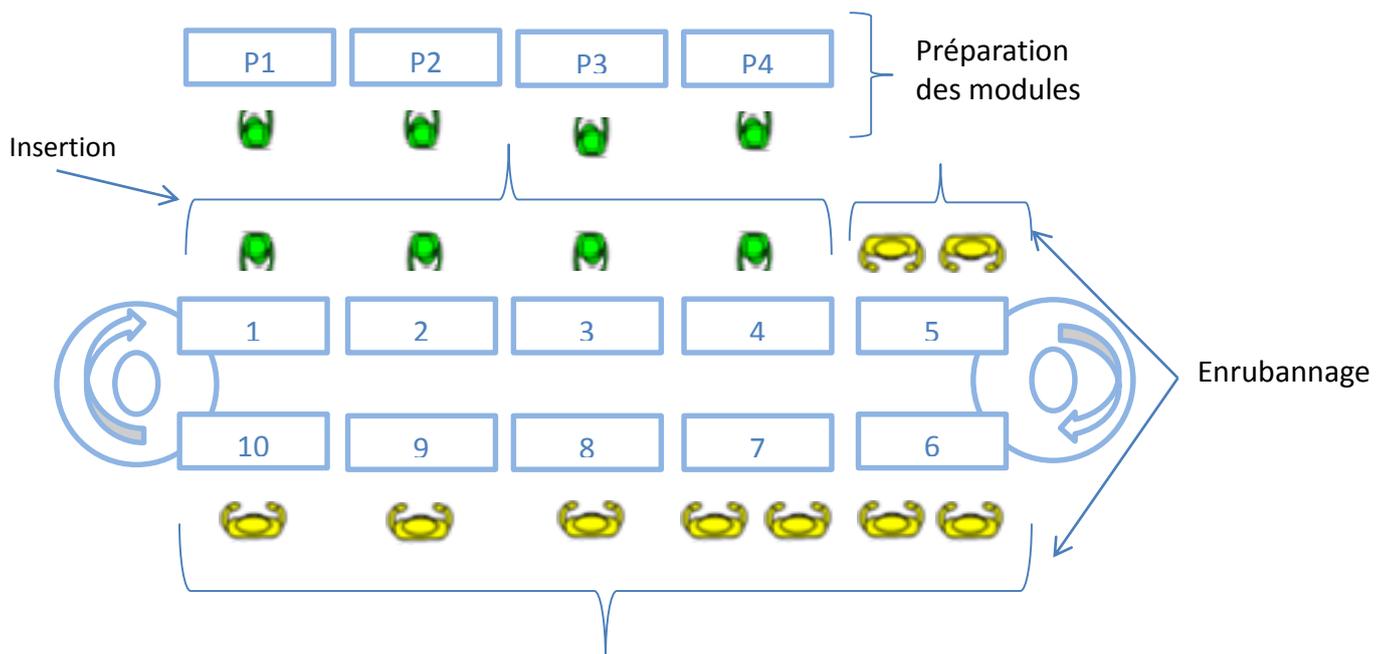


Figure 47 : Layout du processus de montage en production modulaire

#### Conclusion

Ce dernier volet, nous a mené à donner une étude de l'implémentation du concept KSK, accompagnée d'une vision sur le système SAP et son adaptation à ce concept. Pour finir, nous avons élaboré une étude financière.

## Conclusion Générale

Aujourd'hui la chaîne logistique devient l'une des préoccupations des centres de production automobile. En effet, leur mission consiste à chercher la meilleure synchronisation possible entre le flux principal des véhicules et tous les flux d'approvisionnement des composants. Ceci doit permettre de réduire les coûts de stockage de ces constituants. Pour ce faire, la politique de la chaîne logistique des équipementiers s'articule autour de la philosophie du juste en séquence (JIS) visant à respecter la chaîne de montage du client en produisant d'une façon synchrone et en séquence avec ce dernier. Le but est de pouvoir fournir au client final le véhicule prévu avec les options demandées.

Dans le cadre de notre stage au sein de YMO, nous avons pu étudier l'impact de cette synchronisation sur la production de la famille Habitable B9 du client PSA. Après avoir analysé cet impact, nous avons proposé des améliorations afin de le diminuer.

D'une part, nous avons travaillé sur des méthodes de KAIZEN afin de supprimer l'impact de la préparation. D'autre part, dans le but d'éviter le chevauchement des opérateurs lors de la production nous avons équilibré les postes de chaîne de montage grâce au diagramme YAMAZUMI. Finalement, et afin de diminuer l'impact de la manipulation nous avons programmé un système de visualisation par des cartes ARDUINO. Nous avons ainsi diminué l'impact total de 15.6%. Afin d'appliquer ces améliorations nous avons besoin d'un investissement de 16 800 DHS et qui entraînerait un gain annuel de 2 206 165 DHS.

La synchronisation logistique se caractérise par un faible temps de réaction laissé au fournisseur, ce qui l'oblige à mobiliser les principes de différenciation retardée dans la conception de ces produits et de ces processus. D'où l'intérêt du dernier chapitre. Dans cette partie, nous avons fait une étude de l'implémentation du concept KSK tout en proposant l'environnement convenable pour ce processus de fabrication dans le standard du système SAP.

Arrivées aux termes de notre analyse, nous pouvons conclure que le concept KSK est la solution la plus efficace pour la synchronisation logistique.

La valeur de ce travail et la qualité des données présentées expliquent les efforts fournis pour arriver aux bons résultats présentés dans ce rapport. Les difficultés qu'on a rencontrées lors de ce stage viennent, d'une part de la rareté des informations disponibles sur la production en séquence, vu que c'est un sujet qui n'a jamais été traité auparavant chez YMO. D'autre part, nous pouvons mentionner que le personnel et les responsables de la société accueillante sont tellement occupés que nous trouvons du mal à recevoir des réponses à nos questions et nos demandes.

Suite à ce projet, il est recommandé aux responsables production d'appliquer les améliorations proposées dans le plan d'actions et qui ne sont pas encore mises en place. Il est nécessaire aussi de faire la programmation des autres postes de la chaîne afin d'obtenir un système de visualisation global. Enfin rappelons que notre analyse ne concernait que quatre références, donc il faut suivre la même démarche pour les autres références afin de généraliser

## Mémoire du projet de fin d'études

l'étude et d'arriver aux résultats souhaités. Dans ce cas, nous recommandons d'intégrer l'instruction de communication entre la carte Arduino et l'ordinateur, tout en ayant une liaison avec le planning de production incorporé dans le système SAP.

## Références

- [1] Genie-industriel [en ligne] Disponible sur : < <http://genie-industriel.grenoble-inp.fr/20-avancees-scientifiques/flux-synchrones-une-revolution-des-modes-d-apvisionnement-317024.kjsp>> (consulté le 12.02.2015)
- [2] VINCENT Giard, GISELE Mendy. Amélioration de la synchronisation de la production sur une chaîne logistique. In : Revue Française de gestion industrielle (cote P39), 2006, pp.63-82
- [3] Hohmann.over-blog [en ligne] Disponible sur : <<http://hohmann.over-blog.com/article-le-mariage-de-pareto-et-yamazumi-39062748.html>> (consulté le 15.03.2015)
- [4] Flossmanuals [en ligne]. Disponible sur : < <http://fr.flossmanuals.net/arduino/historique-du-projet-arduino> > (consulté le 15.04.2015)
- [5] Eskimon, Olyte. Openeducationeuropa [en ligne]. Disponible sur : <http://www.openeducationeuropa.eu/fr/course/arduino-pour-bien-commencer-en-lectronique-et-en-programmation> (consulté le 15.04.2015)
- [6] Wikipedia [en ligne]. Disponible sur : < [http://fr.wikipedia.org/wiki/Value\\_Stream\\_Mapping](http://fr.wikipedia.org/wiki/Value_Stream_Mapping)> (consulté le 01.03.2015)
- [7] Wikipedia [en ligne]. Disponible sur : < [http://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme\\_de\\_Pareto](http://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_Pareto) > (consulté le 01.03.2015)

# Annexes

Annexe[1] : Chronométrage des opérations .....	1
Annexe[2] : Plan d'actions .....	2
Annexe[3] : Table des entrées-sorties .....	5
Annexe[4]: Préparation des modules .....	9
Annexe[5] : Calcul des amortissements .....	12

## Annexe [1] : Chronométrage des opérations

Tableau 1: Chronométrage des opérations de la référence PCEGH01449

Référence	Opérations	Postes	Chronométrages (min)
PCEGH01449	A valeur ajoutée	1	1,784
		2	2,224
		3	1,059
		4	0,945
		5	1,854
		6	1,508
		7	1,908
		8	1,034
		9	0,907
		10	1,203
		11	1,232
		12	1,659
		13	1,990
		14	1,405
		15	0,744
	A non-valeur ajoutée mais non supprimables	1	0,115
		2	0,198
		3	0,198
		4	0,115
		5	0,198
		6	0,115
		7	0,198
		8	0,198
		9	0,198
		10	0,281
		11	0,198
		12	0,198
		13	0,198
		14	0,198
		15	0,115
	A non-valeur ajoutée et supprimables	1	0,683
		2	0,700
		3	0,333
		4	0,517
		5	0,383
		6	0,400
		7	0,467
		8	0,483
		9	0,533
		10	0,583
		11	0,550
		12	0,600
		13	0,667
		14	0,700
		15	0,733

## Annexe [2] : Plan d'actions

Tableau 2 : Plan d'actions

### PROBLEME RENCONTRE



### DESCRIPTION DU PROBLEME

### DESCRIPTION DE LA SOLUTION

### RESULTAT OBTENU

### SOLUTION PROPOSEE



L'emplacement des joints du poste 10 n'est pas convenable, ce qui contribue au chevauchement des joints

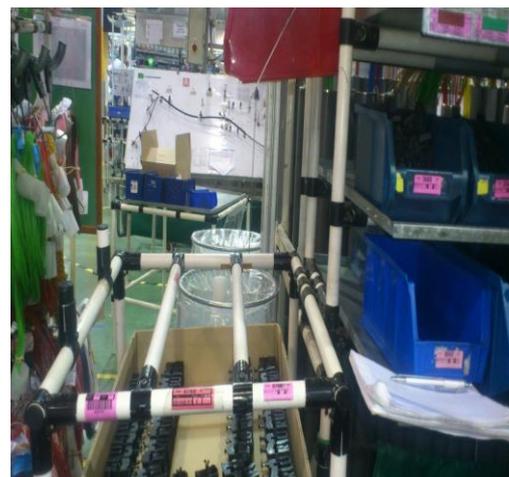
Mettre des pagodes devant le poste 10 avec une étiquette pour chaque référence

Un gain de 4s et de 230 euros comme coût de SCRAP. Nous aurons ainsi un gain annuel de 72 913 euros



### DESCRIPTION DU PROBLEME

### DESCRIPTION DE LA SOLUTION



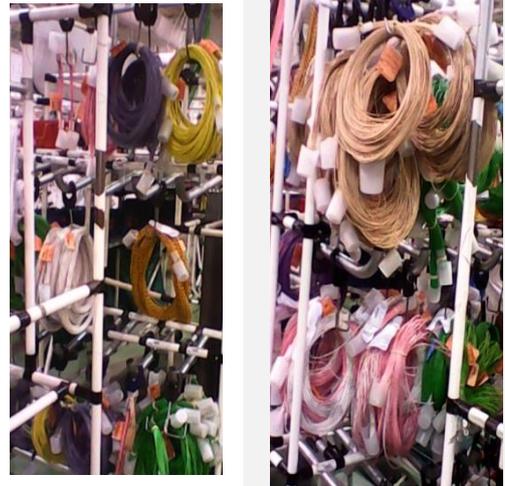
Les chariots des box vides se trouvent loin du poste

Mettre à côté de chaque poste un emplacement pour les box vides

## RESULTAT OBTENU



Un gain de 1s. Nous aurons ainsi un gain annuel de 1 889 euros.



## DESCRIPTION DU PROBLEME

les pagodes sont très chargées ce qui peut les casser et endommager parfois les fils qui tombent par terre.

## DESCRIPTION DE LA SOLUTION

Diminuer le lot size de la machine de la coupe de 1500 à 500.

## RESULTAT OBTENU

Un gain de 3s et de 375 euros comme coût de SCRAP. Nous aurons ainsi un gain annuel de 106 051 euros.



## DESCRIPTION DU PROBLEME

L'opérateur du poste 9 perd du temps pour aller chercher les joints du poste US

## DESCRIPTION DE LA SOLUTION

Mettre le poste US à côté du poste 9  
Un gain de 2s. Nous aurons ainsi un gain annuel de 4 285 euros.

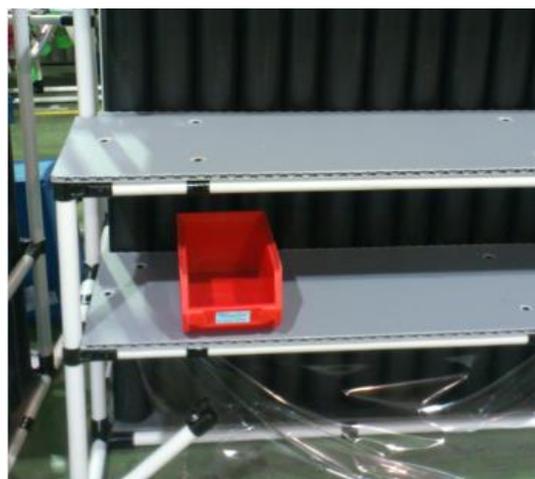
## RESULTAT OBTENU



**DESCRIPTION DU PROBLEME**

**DESCRIPTION DE LA SOLUTION**

**RESULTAT OBTENU**



Les box des fils non conformes sont mal placés

Changer l'emplacement des box des fils non conformes

Un gain de 0.5s. Nous aurons ainsi un gain annuel de 36euros.



**DESCRIPTION DU PROBLEME**

**DESCRIPTION DE LA SOLUTION**

**RESULTAT OBTENU**

Les joints de l'airbag du poste 4 se mettent dans un seul sachet ce qui entrainera un chevauchement. L'opérateur perd au mois 10s dans chaque câble

Utiliser une pagode pour les joints, considérés sensibles, au lieu d'un sachet en couvrant chaque joint avec un petit sachet

Un gain de 10s. Nous aurons ainsi un gain annuel de 721 euros.

## Annexe [3] : Tables des entrées-sorties

*Tableau 3 : Table des entrées-sorties des postes 1 à 5*

			Adresse	Sortie carte	PCEGH01354	PCEGH1587	PCEGH1295	PCEGH1449
<b>POSTE 1 – POSTE 2</b>	<b>CIRCUITS</b>	620		0	X	X	X	X
		8430	F2	1	X	X	X	X
		8431	F3	2	X	X	X	X
		8470	F4	3	X	X		
		8471	F5	4	X	X		
		8487	F6	5			X	X
		8488	F7	6			X	X
		3020P	F8	7	X	X		
		3020U	F9	8			X	X
		3021P	F10	9	X	X		
		3021U	F11	10			X	X
		1062	F12	11		X	X	
		1069	F13	12				
		6277	F14	13	X	X	X	X
		6914	F15	14	X	X	X	X
		6916	F16	15	X	X	X	X
		8410	F17	16	X	X	X	X
		8411	F18	17	X	X	X	X
		BE62A	F19	18				
		BE62B	F20	19				
		Z01A	F21	20	X	X	X	X
		Z03	F22	21	X	X	X	X
		6450B.	F23	22	X	X	X	
		6450A B	F24	23				X
		6452B	F25	24	X	X	X	
		6452A B	F26	25				X
		6451B.	F27	26	X	X	X	
		6451A B	F28	27				X
<b>CONNECTEURS</b>	1	C1	28	X	X	X		
	3	C2	29		X	X	X	
	4	C3	30		X	X		
	5	C4	31	X	X	X	X	
	6	C5	32	X	X	X	X	
	7	C6	33	X	X	X	X	
	8	C7	34	X	X	X	X	
	12	C8	35					
	17	C9	36			X	X	
	22	C10	37	X	X	X	X	
	23	C11	38	X	X	X	X	
	24	C12	39					

		27	C13	40	X	X		
		30	C14	41	X	X		
		63	C15	42				
		80	C16	43			X	X
<b>POSTE3 – POSTE 4 – POSTE5</b>	<b>CIRCUITS</b>	2905	F1	0	X	X	X	X
		522	F2	1	X	X	X	
		S00155 7773	J1	2	X	X		
		S00155 1815	J2	3			X	
		S00155 7831	J3	4				X
		6204D	F3	5	X	X		X
		6204 <sup>E</sup>	F4	6	X	X	X	
		6207A	F5	7				
		6283	F6	8	X	X	X	X
		6297	F7	9		X		
		6526	F8	10		X	X	
		6527	F9	11		X	X	
		6528	F10	12				
		6529	F11	13				
		F29	F12	14		X		
		6287	F13	15		X		
		6301	F14	16	X	X	X	X
		CPB93 899	J4	17	X	X	X	X
		6915	F15	18	X	X	X	X
		6917	F16	19	X	X	X	X
		6435B.	F17	20		X	X	
		6535A B	F18	21				
		6435	F19	22				
		6435A	F20	23				
		6435B	F21	24				
		2055	F22	25	X	X	X	X
		2100	F23	26	X	X	X	X
		2201	F24	27	X	X	X	X
		264	F25	28	X	X	X	X
		290	F26	29	X	X	X	X
		6428	F27	30		X	X	
		6429	F28	31		X	X	
		AECP0	F29	32		X	X	X
		6338	F30	33			X	
A841	F31	34	X	X	X	X		
<b>CONNECTEURS</b>	10	C1	35					
	11	C2	36		X	X		
	25	C3	37	X	X	X	X	
	31	C4	38	X	X	X		
	38	C5	39	X	X	X	X	

		41	C6	40			X	
		46	C7	41	X	X		X
		48	C8	42	X	X	X	X
		14	C9	43				
		29	C10	44		X	X	X
		2	C11	45	X	X	X	X
		32	C12	46	X	X	X	X
		33	C13	47		X	X	X
		34	C14	48	X	X	X	X
		47	C15	49	X	X		
		53	C16	50		X		
		43	C17	51		X		
		45	C18	52		X		

## Annexe [4] : Préparation des modules

*Tableau 4 : Préparation des modules de la référence PCEGH01449*

		Connecteurs	Connecteurs	Module	PCEGH01449
<b>Opérateur 1</b>	3020U	7	80	M1	x
	3021U	5	80		
	6207	8			
	6207B	22			
	6207C	23			
	M302U	80			
	BH04A	11	9	MT5	
	BH04B	11	9		
	3020P	7	27	M2	
	3021P	5	27		
	6204B	22	22		
	6204C	23	23		
	8450	3	47		
	8451	3	47		
	8470	3	30		
	8471	3	30		
	M302P	27			
	620	3	5		
	6206A	22	8		
	6206B	23	8		
	6277	3	6		
	521	2	48	M27	
	522	6	48		
	811	48			
	811A	2			
	811B	2			
	AECPO	1	6	M26	x
	MCP05	29			
	6209	2		MT1	x
	EB01	8	22	M4	
Z5007	18	8	M17		
<b>Opérateur 2</b>	6205F	48		M15	x
	6204F	48		M6	x

	6293A	48	5		
	6209D	48		M14	x
	6204E	31			
	6205E	31			
	6209C	31		M9	
	6250	31	7		
	6287	31	7		
	EM55C	31			
	640B	8			
	6450B	22			
	6451B	22			
	6452B	22		MT3	x
	6453B	23			
	6454B	23			
	6455B	23			
	1062	3	4		
	1063	3	4	M35	
	210	13	40		
	9017	21	40		
	9018	21	40		
	BC01	21	40	M36	
	BM03	60	51		
	ZBSR1	21	40		
	ZBSR2	40	39		
	300B	19			
	AE32	19			
	AE809	19	3	M11	
	EM46D	19			
<b>Opérateur 3</b>	6204D	46			
	6205D	46			
	6209B	46		M10	x
	6251	7	46		
	6288	7	46		
	EM46G	46			
	V830	8		MT7	x
	4411	44	7		
	AE3	4			
	AE30	16		S1	x
	M4400	44			
	Z01A	3	8		
	Z03	3	8		
	6042A	3	22		
6052A	3	22	M5	x	

	6082	3	23		
	6105	6			
	6105A	23			
	6105B	22			
	6184	3	6		
	BE01	8			
	EB01A	23			
	EB01B	22			
	6092	3	23		
	6216	5	48	M7	
	6282	4	48		
	6297	4	48		
	6298	4	48	M33	
	6299	5	48		
	BH02A	9	41	M28	
	BH02B	9	34		
<b>Opérateur 4</b>	640	1			
	6450	1			
	6451	1			
	6452	1			
	6453	1		M22	x
	6454	1			
	6455	1			
	M6406	1			
	V6406	1			
	640A	24			
	6450A	24			
	6451A	24			
	6452A	24			
	6453A	24		M23	x
	6454A	24			
	6455A	24			
	M640A	24			
	V640A	24			
	ZE14A	3		M34	
	9024	5	49		
	9025	5	49		
	M750A	49			
	M750B	49		M30/M31	x
MC60A	50				
ZE14B	49				
ZE14C	49				

6435	1		M24	
ZE14	2		MT6	x
8487	3	17	M32	x
8488	3	17		
MC46B	36	42	M19	

## Annexe [5] : calcul des amortissements

Tableau 5: Calcul des amortissements de la première étude

	Prix	durée de vie	taux d'amortissement en %	quantité	amortissement en €
<b>Test Electrique</b>	80 000	7	14,29%	1	11428,57
<b>Clip-Checker</b>	18 000	7	14,29%	1	2571,43
<b>Jig-Board</b>	2 000	10	10,00%	12	2400,00
<b>2<sup>ème</sup> visuel</b>	380	10	10,00%	1	38,00
<b>Schunk (US)</b>	25 000	10	10,00%	1	2500,00
<b>Ordinateur</b>	300	5	20,00%	2	120,00
				<b>amortissement</b>	<b>19058</b>

Tableau 6: Calcul des amortissements de la deuxième étude

	Prix	durée de vie	taux d'amortissement en %	quantité	amortissement en €
<b>Test Electrique</b>	80 000	7	14,29%	1	11428,57
<b>Clip-Checker</b>	18 000	7	14,29%	1	2571,43
<b>Jig-Board</b>	2 000	10	10,00%	10	2000,00
<b>2<sup>ème</sup> visuel</b>	380	10	10,00%	1	38,00
<b>Schunk (US)</b>	25 000	10	10,00%	1	2500,00
<b>Ordinateur</b>	300	5	20,00%	2	120,00
				<b>amortissement</b>	<b>18658</b>

## **Résumé**

Le présent rapport constitue le fruit du travail réalisé dans le cadre de notre stage de fin d'études de 3<sup>ème</sup> année cycle ingénieur en Mécatronique à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, effectué à la société YMO.

Le travail effectué s'inscrit dans le cadre d'un projet de synchronisation logistique : Livraison avec production en séquence. Il porte sur l'analyse et l'étude de l'impact dû au changement du mode de production.

Dans un premier lieu, nous évaluons l'état actuel du projet B9 sur lequel nous travaillons, en réalisant une cartographie VSM, ainsi qu'une simulation du processus de montage et un suivi de la production actuelle.

Un test de synchronisation sur la famille Habitacle du projet B9, est crucial pour le commencement de notre travail. A partir de l'impact calculé du test, et dans le but de réduire son pourcentage, nous élaborons un plan d'action s'illustrant dans la réalisation du diagramme Yamazumi, afin de décortiquer les différentes opérations du processus de montage, accompagné d'une étude Kaizen, un équilibrage des postes de travail et un système de visualisation programmé à l'aide de la carte Arduino.

Par la suite, nous sommes menées à étudier l'implantation du concept KSK en précisant son principe et en l'appliquant sur la chaîne de montage étudiée, tout en prenant en considération l'adaptation du système SAP avec ce nouveau mode de production.

Pour finir, une étude financière est élaborée pour achever le projet.

**Mots clés:** synchronisation, production en séquence, impact, équilibrage, KSK, SAP.

## **Abstract**

The present report illustrates the work achieved at YMO within the framework of our end-of-study internship requirement for the third year engineering program at the Faculty of Sciences and Techniques of Fes.

The internship was part of the logistics synchronization project – production in sequence with the customer – which aims at studying and analyzing the impact related to the change in production mode.

First of all, we evaluate the current state of the B9 project by performing a VSM, a simulation of the assembly process, and monitoring the current production.

A synchronization test on the body family of the B9 project is the key element to the initiation of our work. In order to reduce the percentage of the impact measured from the test, an action plan was established. It consisted of the implementation of the Yamazumi Diagram in order to analyze the different operations of the assembly process, a Kaizen study, a balancing of the work positions, and a monitoring system programmed with the Arduino Card.

Then, we studied the implementation of the KSK-concept with a focus on its principle and its application to the studied assembly line, taking into consideration the adaptation of the SAP system to this new production mode.

At the end, a financial study was conducted to assess the feasibility of the project.

**Keywords:** Synchronization, production in sequence, impact, balancing, KSK, SAP.