

Dédicace

Nous dédions cet humble travail...

À mes chers parents : Fatima et M'hammed,

Aucune expression, aussi élaborée qu'elle soit, ne pourrait traduire ma profonde gratitude et notre reconnaissance pour toutes ces années, tant de sacrifices et de dévouement. Vous êtes symbole de bonté, de courage et de responsabilité. Vos prières, vos bénédictions, votre sacrifice étaient pour nous le principal support pour que nous puissions arriver à notre but. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de notre éternelle reconnaissance et notre amour indéfectible. Que Dieu vous garde, vous comble de santé, et vous accorde longue vie.

Mes deux chers frères, Sofiane et Brahim

Que ce travail soit pour vous la preuve de mon attachement au symbole de la compassion que vous présentez pour moi. Veuillez trouver ici l'expression de mes nobles sentiments. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.

À tous mes amis,

Vos affections et vos encouragements ont toujours été pour moi les plus précieux. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite. Aux personnes spéciales et bien particulièrement Achraf, Chaïmae et Ayoub pour tous les moments inoubliables que j'ai passé avec vous, pour l'encouragement et le soutien que vous m'avez offert. Je vous dis MERCI.

Hamza.

Remerciements

Au terme de ce travail, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes en guise de reconnaissance, la gratitude que nous devons à tous ceux dont nous avons sollicité l'aide et la collaboration durant ce projet.

Tout d'abord, nous tenons à remercier Monsieur Achraf Batali, Manager département IE, pour m'avoir accueilli et accordé cette opportunité. Nous remercions également Monsieur Ayoub Sahrane, responsable SAP, pour son implication, ses conseils et pour son accompagnement tout au long de ma période de stage.

J'adressons également mes sincères remerciements à Madame Mounia Karama, superviseur SAP.

Nous tenons à remercier particulièrement et à témoigner toutes nos reconnaissances à mes dames Meryem Bouya technicien spécialisé SAP, hajar el kaïhouayji technicien SAP pour leur collaboration et coopération afin que je puisse mener à bien notre projet et atteindre les objectifs fixés. Nous remercions notre encadrant académique AHMED ABOUTAJEDDINE professeur à la FST pour son temps consacré, son aide et ses conseils.

Par ailleurs, nous remercions également tout le corps professoral du département génie mécanique de La FST Fès de m'avoir assuré une formation solide et de m'avoir appris à être toujours à la hauteur.

Nous remercions aussi l'ensemble du personnel de YAZAKI Meknès : Cadres, employés et opérateurs, notamment Messieurs MEHDI, ANAS et MOUHA pour leurs soutiens, leurs aides et surtout, pour leurs sympathies. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus distingués.

Résumé

Dans le but d'améliorer la performance de sa zone de production, de réduire les coûts de non qualité et d'éliminer toute sorte de gaspillage, YAZAKI MEKNES cherche à la mise en place de projets d'amélioration continue. C'est dans cette optique que YAZAKI MOROCCO MEKNES nous a confié ce projet de fin d'études intitulé : Optimisation des produits semi-finis par l'amélioration du service SAP ».

L'optimisation des produits semi-finis, dont la première partie est l'amélioration de la matrice kanban et la deuxième partie est l'optimisation de la distribution des fils de la zone P3, est un projet qui nécessite des acquis énormes et un savoir-faire. Pour la mise en œuvre de cette amélioration, nous avons choisi d'utiliser la méthode DMAIC. Notre étude s'est basée sur la détection des anomalies ayant des effets sur la matrice Kanban et en général sur la production. Ensuite, et après avoir pu détecter les MUDAS existants, nous avons pu analyser les données et extraire les modes de défaillances et leurs effets et leurs criticités afin d'élaborer un plan d'action. Ce dernier vise la modification du paramètre critique de la matrice Kanban afin de réduire le lot size des classes critiques. Ensuite, nous avons pu optimiser la distribution des fils sur les pagodes afin de minimiser les déplacements des distributeurs à l'aide d'une modélisation mathématique. Enfin, nous avons pu réduire les encours et les déplacements inutiles lors de la distribution des fils sur les pagodes de la zone P3.

Abstract

In order to improve the performance of its production area, reduce non-quality costs and eliminate all kinds of waste, YAZAKI MEKNES seeks to set up continuous improvement projects. It is with this in mind that YAZAKI MOROCCO MEKNES entrusted us with this graduation project entitled: "Optimization of finished seedling products by improvement of the SAP service".

The optimization of finished seedlings, the first part of which is the improvement of the Kanban matrix and in the second part is optimizing the distribution of the wire, is a project that requires enormous achievements and know-how. For the implementation of this improvement, we have chosen to use the DMAIC method. Our study was based first on the detection of anomalies having effects on the Kanban matrix and in general on production. Then, and after being able to detect the existing MUDAS, we were able to analyze the data and extract the failure modes and their effects and criticalities in order to develop an action plan. The latter aims to modify the critical parameter of the Kanban matrix in order to reduce the lot size of critical classes. Then, we were able to optimize the distribution of the wires on the pagodas in order to minimize the movements of the distributors. Finally, we were able to reduce outstanding and unnecessary travel during distribution.

Liste des abréviations

YEL : YAZAKI EUROPE LIMITED

YMM : YAZAKI MOROCCO MEKNES

IE : industry engineering

P1 : Zone de coupe

P2 : Zone de pré-assemblage

P3 : Zone d'assemblage

SAP : Systems, Applications, Products.

BOM: Bill of Material (Nomenclature du câble)

VSM: value stream mapping

EDI : Echange de données informatisées

BS : Bundle Size

LS : Lot Size.

FS : facteur de sécurité.

RLT : Replenishment lead time.

AVG : Average.

SN : Référence d'un fils.

FN : Référence YAZAKI d'un câble.

PN : Référence client d'un câble

Table des Matières

ChapitreI: Contexte général du projet	1
1.Présentation de la société d'accueil	2
1.1. Présentation du groupe YAZAKI	2
1.2. Clients de YAZAKI.....	3
1.3. Présentation de YAZAKI Meknès (YMM)	4
1.4. Démarche Qualité du Yazaki.....	8
1.5. Processus de production	8
1.5.1. Planification	10
1.5.2. Réception.....	10
1.5.3. Production	11
ChapitreII: Cadrage du projet.....	20
1. Identification des opportunités	21
1.1. Etablir la charte du projet	21
1.2. Générer et ressentir plusieurs opportunités	21
1.2.1. Préciser nos clients	21
1.2.2. Suivre les passions personnelles	21
1.2.3. Exprimer les frustrations	22
1.2.4. Générer l'ensemble des opportunités	22
1.3. Cerner les opportunités	23
1.4. Développer les opportunités promises.....	23
1.5. Evaluation des opportunités	24
2. Allocation des ressources et planification.....	24
2.1. Allocation ressources.....	24
2.2. Planification.....	24
2.2.1. Démarche suivie.....	25
2.2.2. Diagramme Gantt	28
2.2.3. Objectif du projet	28
2.2.4. Risques et les contraintes du projet.....	29
ChapitreIII: Etat de l'existant.....	30
1.Phase « Définir »	31
1.1. Gestion du système SAP	31
1.1.1. Traitement Master DATA	31
1.1.2. Lancement kanban	32

1.2. Diagramme SIPOC du la zone P3	32
1.3. Méthode QQOCP	34
1.4. Définition des gains prévisionnels.....	35
2.Phase « Measure »	35
2.1. Détermination de la chaine critique.....	35
2.2. Détection des problèmes.....	36
2.2.1. Sources de gaspillages.....	36
2.2.2. Value Stream Map (VSM)	36
2.3. Surproduction	37
2.3.1. Etape de lancement de production	37
2.3.2. Fluctuations	38
2.4. MUDA de surstockage	39
2.5. MUDA Déplacements inutiles	40
2.5.1. Diagramme spaghetti	40
2.6. Brainstorming	42
2.6.1. Définition du Brainstorming	42
2.6.2. Application.....	42
ChapitreIV: Analyse des données	44
1. Analyse du processus : Diagramme d'Ishikawa.....	45
2. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité	46
2.1. Définition de l'AMDEC	46
2.1.1. Préparation	46
2.2. Application	46
2.2.1. Processus étudié	47
2.2.2. Groupe de travail.....	47
2.2.3. Constitution du dossier.....	47
3. Classification des fils	52
3.1. « Take rate »	52
3.2. Matrice Kanban	52
ChapitreV: Recherche et élaboration des solutions.....	54
1. Réduction de lot size	55
1.1. Fils de type « Law Runner » et « high Runner ».....	55
1.1.1. Modification de RLT.....	55
1.1.2. Stock de sécurité	60

1.1.3. Modification de la fiche kanban.....	60
1.1.4. Nouvel adressage des pagodes	61
1.1.5. Traitement manuel des « Law Runner »	61
2. Conception d'une nouvelle pagode	63
2.1. Choix des familles	63
2.2. Cahier de charge	63
2.3. Conception d'une nouvelle structure sous Robot Structural analysis	64
2.4. Etude statique	65
3. Optimisation de la distribution des fils par recherche opérationnelle.....	65
3.1. Formulation du problème	65
3.2. Etude bibliographique	65
3.3. Analogie	66
3.4. Modélisation mathématique	66
3.5. Résolution du modèle mathématique	67
3.5.1. Méthode de résolution : algorithme génétique.....	67
3.5.2. Logiciel C-plex.....	68
3.5.3. Implémentation du modèle.....	69
3.5.4. Résultat.....	71
3.5.5. Interprétation.....	71
Chapitre VI: Contrôle et Estimation des gains.....	73
1. Suivre des améliorations	74
1.1. Introduction	74
1.2. Action de réduction de RLT	74
1.3. Action de nouvel adressage des pagodes.....	76
1.4. Action d'Optimisation de la distribution des fils sur les pagodes	76
bibliographie.....	81
Annexe.....	82

Liste des figures

Figure 1 : Localisation mondiale de YAZAKI.....	2
Figure 2 : Principaux clients de YAZAKI.....	3
Figure 3 : Vente globales par secteur	4
Figure 4: YAZAKI MOROCCO MEKNES.....	4
Figure 5 : Projets de YAZAKI Meknès.....	5
Figure 6 : Organigramme de YAZAKI Meknès.....	6
Figure 7: Politique Qualité	8
Figure 8: Schéma du processus de production	10
Figure 9: Transitions de la matière du magasin au supermarché	11
Figure 10 : Flux de production	11
Figure 11 : Etapes de production.....	12
Figure 12 : Machines Schleuniger et Komax	13
Figure 13 : Outil de sertissage (l'applicateur).....	13
Figure 14 : Terminale	13
Figure 15 : Opération de twist	15
Figure 16 : Tableaux (JIG) de la chaine de montage.....	15
Figure 17 : Pagode.....	16
Figure 18 : Opérations réalisées dans la zone de montage	16
Figure 19 : Opération d'insertion.....	17
Figure 20 : Opérations d'inspection et tests visuels.....	18
Figure 21 : Câble ensaché.....	18
Figure 22 : Zones d'expédition.....	19
Figure 23 : Zone de confort	22
Figure 24 : DFSS	26
Figure 25 : Démarche DMAIC	26
Figure 26 : Comparaison entre DMAIC et DFSS	28
Figure 27 : Etapes de la phase « DEFINE »	31
Figure 28 : Etape du traitement Master DATA	31
Figure 29 : Etapes de lancement Kanban	32
Figure 30 : Value Stream Map	37

Figure 31 : Pagode sur chargé	40
Figure 32 : Etablissement du diagramme FAST	47
Figure 33 : Processus AMDEC	48
Figure 34 : Fiche kanban	61
Figure 35 : Adressage des emplacements « Law Runner »	61
Figure 36 : Système push	62
Figure 37 : Nouvelle pagode	64
Figure 38 : Problématique	66
Figure 39 : Algorithme génétique.....	68
Figure 40 : Programme	70
Figure 41 : Données.....	71
Figure 42 : Matrice kanban avant	74
Figure 43 : Matrice Kanban Après	75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique de YAZAKI Meknès	5
Tableau 2 : Vote pondéré.....	23
Tableau 3 : Evaluation de l'opportunité	24
Tableau 4 : Equipe du projet.....	24
Tableau 5 : Méthode QQQOCP	34
Tableau 6 : Heures totales des arrêts des chaines	35
Tableau 7 : Résultats de production des SNS par shift	38
Tableau 8 : Résultat de la production	39
Tableau 9 : Distance et le temps pour alimenter les postes par shift.....	41
Tableau 10 : Distance entre poste et pagode	42
Tableau 11 : AMDEC.....	51
Tableau 12 : Take rate du projet PDB	52
Tableau 13 : Classification des fils.....	56
Tableau 14 : Lot size RLT=24h.....	58
Tableau 15 : Lot size RLT=12h.....	59
Tableau 16 : Capabilité des machines	60
Tableau 17 : Résultats	60
Tableau 18 : Cycle « Law Runner »	62
Tableau 19 : Diminution du lot size	75
Tableau 20 : Gain estimés	75
Tableau 21 : Distance parcourue et temps de la nouvelle distribution.....	77
Tableau 22 : Comparaison des résultats avant et après l'application de la solution	78

Liste des diagrammes

Diagramme 1 : SIPOC pour la zone P1 et P2.....	33
Diagramme 2 : SIPOC pour la zone P1 et P2.....	34
Diagramme 3 : Analyse des fluctuations.....	39
Diagramme 4 : Spaghetti	41
Diagramme 5 : Ishikawa.....	45
Diagramme 6 : FAST	48
Diagramme 7 : Analyse PARETO de l'AMDEC.....	51
Diagramme 8 : Comparaison entre « Law Runner » et « high Runner »	55
Diagramme 9 : Comparaison entre système et terrain.....	57
Diagramme 10 : Evolution WIP	76
Diagramme 11 : Nouveau Diagramme Spaghetti.....	77

Introduction générale

L'industrie automobile est un secteur porteur au Maroc, qui bénéficie depuis toujours d'une attention particulière des sphères politiques et économiques. Aujourd'hui, et plus que jamais, les entreprises opérantes dans ce domaine se trouvent dans l'obligation d'améliorer leurs performances industrielles afin de gérer la concurrence énorme que connaît ce domaine. Ainsi, Le service ingénierie, noyau de cette amélioration, joue un rôle très important dans l'entreprise. Qu'il s'agisse d'une société de services ou d'une compagnie manufacturière, le succès d'une entreprise est directement relié à sa conception du système de production ainsi qu'à sa gestion. Toute perturbation dans la production des produits semis finis nécessaire à la fabrication du produit fini peut entraîner des arrêts fréquents des chaînes de production, arrêts dont les conséquences sont coûteuses. C'est non seulement des coûts supplémentaires mais parfois des anomalies qui font un tort considérable dans le rendement.

C'est dans cette vision, que YAZAKI Meknès vise à améliorer la qualité de son produit, sa performance et son système de gestion de production pour s'adapter à la demande de son client Renault et atteindre les objectifs souhaités.

Consciente de ses défis concurrentiels, YAZAKI Meknès à travers son service SAP a exprimé plusieurs frustrations sur lesquels nous nous sommes basés pour traiter le Projet de Fin d'Etudes s'intitulant « Optimisation des produits semi-finis par l'amélioration du service SAP » ayant pour buts :

- Identifier l'opportunité.
- Analyser et critiquer les données du système.
- Détecter les anomalies sur système et sur terrain
- Proposer des solutions.
- Améliorer la matrice Kanban.
- Réduction de surstockage des pagodes
- Optimiser la distribution des fils de la zone P3
- Quantifier le gain.

Suite aux améliorations proposées, d'une part les quantités des fils critiques est diminué par la moitié contribuant à la diminution des encours. En effet, la valeur de stock maximale est passée de 3.3 jours de stock chiffré à 200000 € à 1.7 jours de stock chiffré à 140780 €, soit une réduction de 59220 €, équivalent à 651420 dirhams, et d'une autre part la conception d'une nouvelle structure plus capacitaire avec les mêmes dimensions des structures existantes a permis de diminuer la surcharge des pagodes. La modélisation mathématique faite a optimisé la distribution des fils de la zone P3. Ceci a comme objectif la minimisation du temps de la distribution des fils sur les postes et l'élimination des déplacements inutiles, ce qui a permis d'affecter un seul distributeur à l'alimentation de trois chaînes adjacentes.

Pour présenter nos résultats, notre travail sera présenté selon les chapitres suivants :

Le premier chapitre présente une description générale de l'entreprise au sein de laquelle le projet de fin d'études s'est déroulé.

Le second chapitre traite le cadrage général du projet, ainsi que la stratégie de conduite de projet qui a été adoptée pour le réaliser.

Le troisième chapitre fera l'objet de l'établissement de l'états d'existant, il sera dédié à la première phase de la méthode DMAIC, à savoir : la phase 'Définir', où seront détaillées toutes les données nécessaires au lancement de notre projet. La phase 'Mesurer', quant à elle, sera consacrée à l'évaluation de la performance actuelle du processus et fera l'objet du troisième chapitre.

Le quatrième chapitre est consacré à l'analyse des solutions envisageables et des plans d'actions.

Le cinquième chapitre est consacré à l'amélioration et à l'application des plans d'actions sur le terrain et sur le système. Les travaux effectués et les perspectives vont conclure ce chapitre.

Le sixième chapitre vient donc clôturer cette étude, via un calcul des gains obtenus grâce aux améliorations proposées et aux changements appliqués.



Chapitre I: Contexte général du projet

Dans ce premier chapitre, nous exposons le contexte général de notre projet industriel de fin d'études. Nous présentons :

- ❖ *Le groupe YAZAKI*
- ❖ *L'organisme d'accueil :*
 - ✓ *Son activité*
 - ✓ *Sa structure*
 - ✓ *Son organigramme*
 - ✓ *Son processus de production*
- ❖ *Démarche suivie*



1. Présentation de la société d'accueil

Dans cette partie, nous allons commencer par une présentation du YAZAKI, ensuite nous montrerons les différents projets, et les départements du groupe YAZAKI Mekkès. Enfin, nous aborderons la démarche qualité de Yazaki et le processus de fabrication depuis la réception de la matière première par le fournisseur jusqu'à l'expédition du produit fini au client.

1.1. Présentation du groupe YAZAKI

Créé en 1929 par le père SADAMI YAZAKI, le groupe YAZAKI a commencé au début par la vente du câblage automobile, pour passer par la suite vers leur production. En octobre 1941, YAZAKI est devenue l'un des leaders dans le domaine du câblage, composants pour automobile avec un capital de 3.1915 milliards Yens. Actuellement YAZAKI est représentée dans 38 pays, elle compte à son actif plus que 153 sociétés et 410 unités réparties entre usines de production, centres de service au client, centres techniques et technologiques, et fait employer plus de 180 000 employés dans le monde. La figure 1 montre la localisation mondiale de YAZAKI.[1]

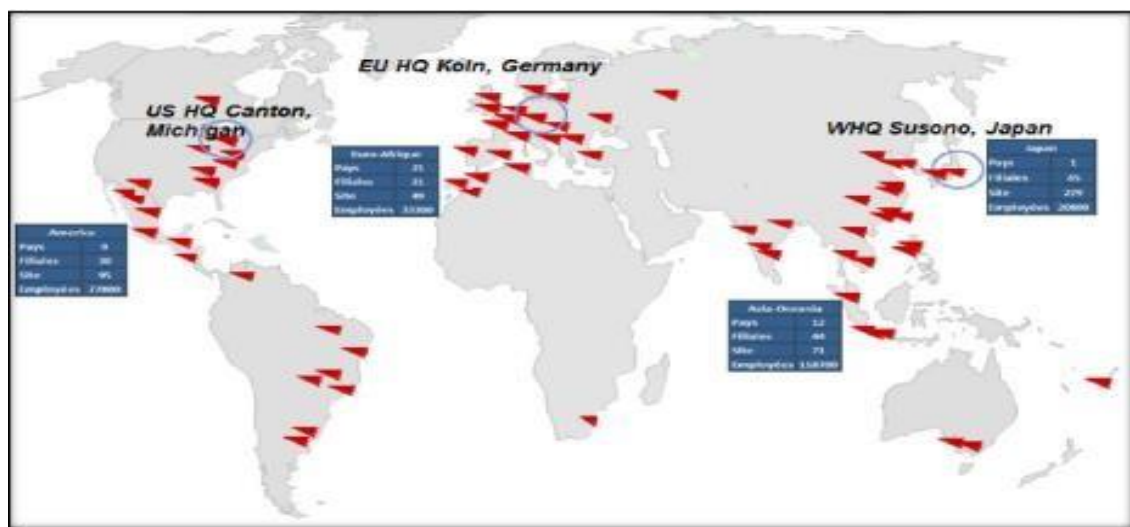


Figure 1 : Localisation mondiale de YAZAKI

Le groupe YAZAKI est une multinationale japonaise qui compte parmi les concepteurs et fabricants mondiaux des systèmes de câblages pour automobile. Elle est présente aussi dans différentes activités à savoir :

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

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



Il est représenté dans 38 pays dans le monde :

-172 filiales sans oublier la nouvelle implantation d'unité de production en (Gafsa), Tunisie.

-410 unités réparties entre usines de production et centres de service au client et centres de Recherche & Développement.

-200 000 employés au moins au service d'une multitude des clients.

YAZAKI Corporation est devenue une firme mondiale depuis qu'elle est présente sur les 5 continents. Elle a choisi une structure d'organisation géographique, de ce fait elle a trois unités refédératrices qui siègent :

-Une pour l'Europe et l'Afrique du Nord.

-Une pour l'Amérique.

-Une pour l'Asie et l'Océan Indien.

1.2.Clients de YAZAKI

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



Figure 2 : Principaux clients de YAZAKI

Le graphique ci-dessous représente la contribution de chaque secteur dans le chiffre d'affaires global de la société.

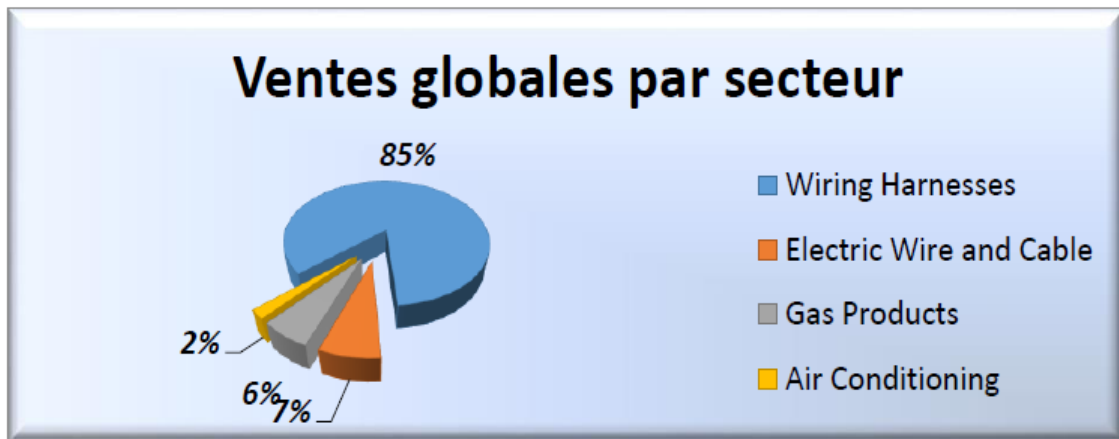


Figure 3 : Vente globales par secteur

1.3.Présentation de YAZAKI Meknès (YMM)

En 2001, le Maroc a été le premier pays africain dans lequel M. YAZAKI a inauguré son site opérationnel YMO pour la production du câblage automobile, en présence de SM le Roi MOHAMMED VI. Vu la puissance de son personnel et le rendement réalisés depuis son début, ainsi que sa certification par la maison mère et par plusieurs organismes de renommée dans le monde entier, YAZAKI Saltano de Portugal, succursale du Maroc, a été transformée en Mai 2003 en une entité indépendante appelée YAZAKI MORROCO S.A.

YAZAKI a lancé la première usine pilote YAZAKI Meknès Maroc YMM1 à Douar Al Khoult, Km8, Route de Sidi Kacem, Meknès. L'objectif était de préparer une unité dure afin de tester sa capacité et sa performance de production de nouveaux projets qui sont la raison de sa construction. Une fois les travaux de construction finis, l'ensemble de l'équipe de YMM a déménagé vers la nouvelle usine, se situant à la zone Agropolis à la route HAJJ KADDOUR Meknès.



Figure 4: YAZAKI MOROCCO MEKNES

❖ Fiche signalétique de YAZAKI Meknès

Raison sociale	Société YAZAKI Morocco
Forme juridique	Société Anonyme à conseil d'Administration
Siège sociale	Route de Haj Keddour, KM 7 Route de l'Ecole Nationale d'Agriculture et du Qualipôle
Date de création	Avril 2013
Effectif	2600
Numéro Téléphone	0535 51 48 17
Site Web	www.yazaki-europe.com

Tableau 1 : Fiche signalétique de YAZAKI Meknès

❖ Les projets de YAZAKI MEKNES

L'activité principale du site YMM est le câblage pour automobile et son seul client est Renault.

Les quatre projets principaux du YAZAKI Meknès sont représenté dans le schéma ci-dessous.

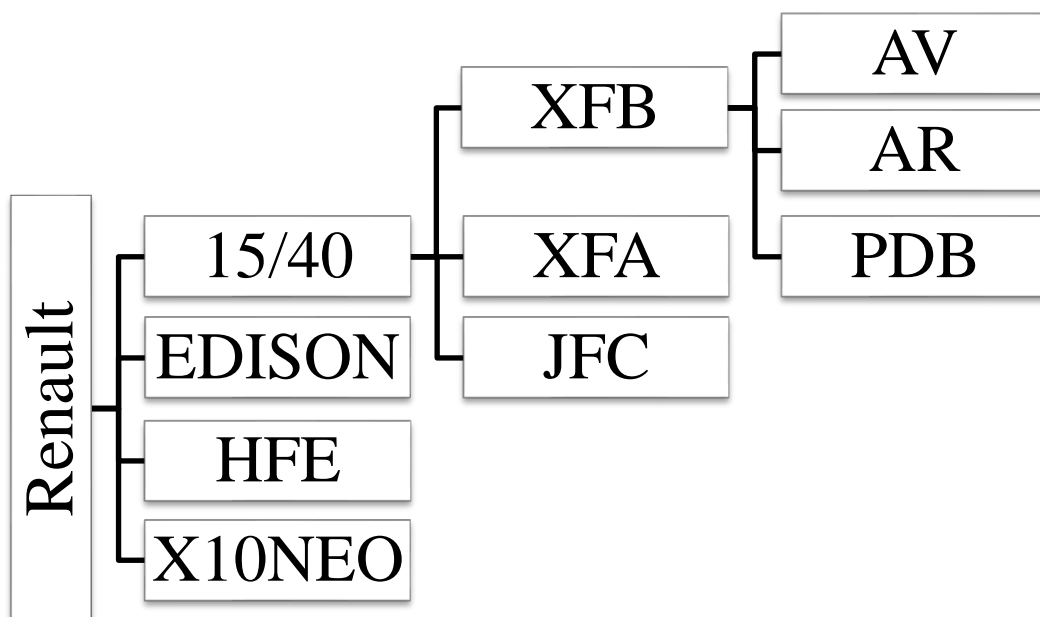


Figure 5 : Projets de YAZAKI Meknès

Chaque projet, c.-à-d. chaque type de voiture, est composé de plusieurs types de câbles. Il y a les grandes familles qui sont :

- AV MOTEUR
- ARRIERE
- PDB

Et les petites familles, à savoir :



- Porte conducteur / porte passager / porte arrière
- Bouclier avant / bouclier arrière
- Hayon
- Plafonnier
- TCU Multimédia

❖ Organigramme de YAZAKI Meknès

La répartition organisationnelle au sein de YAZAKI Meknès se caractérise par un équilibre entre la structure fonctionnelle et celle opérationnelle, ce qui apparut dans la diversité des départements représenté comme suit :

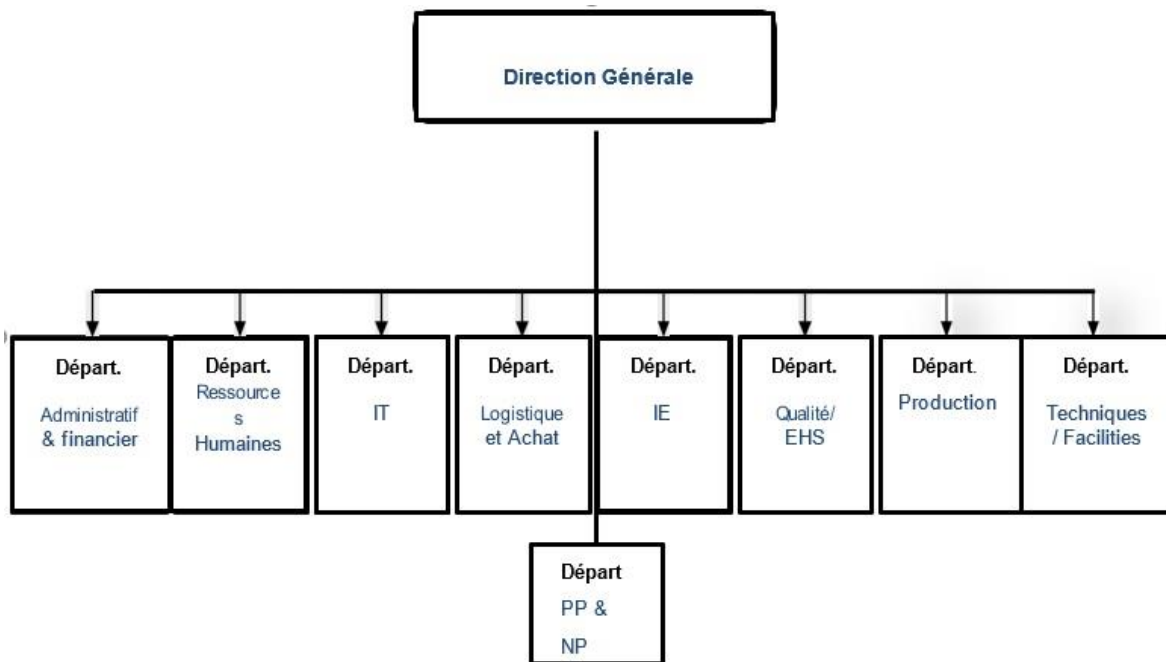


Figure 6 : Organigramme de YAZAKI Meknès

Le groupe YAZAKI a une structure, une organisation et un règlement intérieur propre à lui. YMM est organisée suivant plusieurs départements. Chacun d'eux a des tâches spécifiques à accomplir.

- Département administratif et financier

Son rôle est d'assurer la gestion financière et comptable et d'assumer la responsabilité de la société, afin de garantir une bonne marche tout en gardant son patrimoine.

- Département Ressources Humaines

Son rôle est la bonne gestion individuelle et collective des ressources humaines, en veillant sur l'application des finalités sociales et les méthodes de gestion cohérente. Ces tâches sont réparties en quatre services : Service Recrutement, Service Formation, Service Sécurité et Hygiène et Service Paie.



- **Département Informatique et Technologique**

Son rôle est d'analyser, de concevoir, de mettre en œuvre, d'exploiter et d'administrer les systèmes informatiques et technologiques de la société.

Ainsi, il contribue à l'amélioration du système informatique et technologique de la société par le suivi journalier du réseau de la société et le développement également de toute application capable de faciliter les tâches d'un département ou d'un service.

- **Département Logistique**

Ce département assure le bon fonctionnement de toute l'usine et le pilotage. Il prend en charge la planification et la répartition de la production afin de satisfaire la demande du client en tenant compte de la capacité de production d'une part, et de stockage disponible d'autre part, pour optimiser l'utilisation des ressources et l'emplacement disponibles. Par ailleurs, il assure le suivi de la démarche des ventes destinées à l'export. La structure de ce département se décompose en cinq services : Service Approvisionnement, Service Planification, Service Achat, Service Import & Export et Service Magasin.

- **Département Ingénierie industrielle**

Il a pour mission d'appliquer le processus de production prédéfinis, il se décompose en trois services : service SAP, Service zone P1 et P2 & Scrap, Service P3.

- **Département New Yazaki System**

Il est responsable sur l'amélioration continue de processus de production par l'application des nouvelles démarches de lean manufacturing à savoir lean six sigma.

- **Département Qualité**

Il assure l'application de la démarche qualité de la société afin d'obtenir un produit performant au standard, il se décompose en 4 services : Service Qualité Système, Service Qualité Client, Service Qualité Fournisseur et Service inspection et il participe à l'amélioration continue de la société dans le cadre de la qualité totale.

- **Département de Production**

Ce département joue un rôle primordial dans la société, il a un impact direct sur la production car il prépare le plan de production journalière de chaque projet, il assure le suivi de l'exécution de la production et il planifie en coordination avec le département logistique.

- **Département Maintenance**

Ce département est Chargé de la maintenance préventive et corrective de tout le matériel de la société : il s'occupe de la vérification de la robustesse du matériel nécessaire à la production



et l'entretien électrique de toute la société.

1.4. Démarche Qualité du Yazaki

« Être reconnu comme meilleur fournisseur vis-à-vis de nos clients » est la stratégie suivie par Yazaki au niveau de la qualité, il adopte une politique strictement fondée sur les principes suivants :

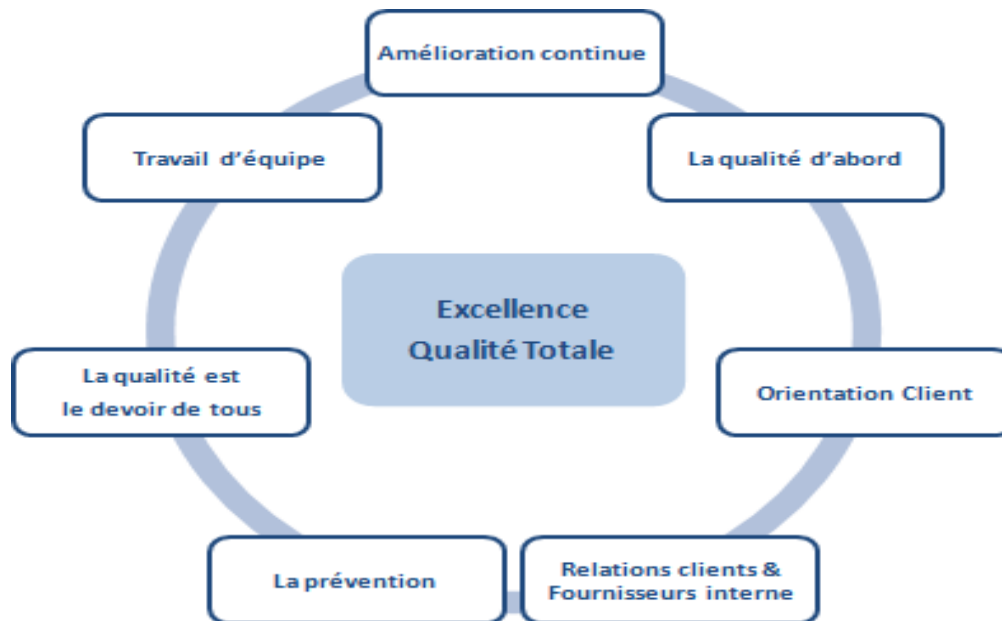


Figure 7: Politique Qualité

Viser la qualité totale, c'est améliorer tout d'abord les processus internes.

La politique japonaise des 5S est la plus connue et utilisée et qui se fonde sur cinq principes dont le nom commence par « S » :

- **(SEIRI) Trier** : Séparer l'utile de l'inutile et éliminer tout ce qui est inutile.
- **(SEITON) Ranger** : Placer ce qui est utile dans un endroit accessible.
- **(SEIZO) Nettoyer** : Localiser les zones difficiles et trouver des solutions pour les rendre propres.
- **(SEIKETSU) Standardiser** : Formaliser les règles à appliquer.
- **(SHITSUKE) Autodiscipline** : S'engager à appliquer les 5S avec une grande rigueur. Ainsi, la société veille au respect de ses principes en procédant à un audit mensuel pour chaque département à part.

1.5. Processus de production

Les faisceaux électriques servent à alimenter les différents équipements électriques de la



voiture. Ils transmettent un courant continu ou alternatif, selon les besoins (lève-vitres) et certains équipements de sécurité (airbag, éclairage), et aussi de transmettre les informations aux calculateurs, de plus en plus nombreux avec l'intégration massive de l'électronique dans l'automobile. Le parcours du câblage dans le véhicule définit son architecture qui peut être complexe et surtout variée. Ce produit qui est le câble est constitué d'un ensemble de conducteurs électroniques, terminaux, connecteurs et matériels de protection. Un câblage se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre elles. Cette division est très utile pour faciliter certaines tâches pour le client, notamment le montage dans la voiture et la réparation en cas de panne du fonctionnement électrique dans l'automobile.

Ainsi, nous pouvons distinguer entre plusieurs types de câblage :

- Câblage principal (Main)
- Câblage moteur (Engine)
- Câblage sol (Body)
- Câblage porte (Door)
- Câblage toit (Roof)
- Câblage extrémité avant (front end)
- Autres

Après ma visite guidée à l'usine de production et au magasin, j'ai pu avoir une idée générale sur le processus de production que je vais décrire à partir de ce schéma simplifié.

La société YAZAKI produit des faisceaux électriques pour automobiles à partir des câbles électriques, Terminaux, Connecteurs et d'autres accessoires. Ces matières proviennent de différents fournisseurs (Nationaux et Étrangers).

Avant le début de la production, le planificateur de YAZAKI définit les matières premières nécessaires selon les exigences du client.

Une fois ces matières définies, l'approvisionneur contacte la centrale d'achat du groupe (qui négocie les prix et les délais de paiement), pour passer sa commande en précisant les fournisseurs, les quantités et les délais de livraison.

Quant au service Import, il se charge d'assurer la livraison à temps, en se confiant à un transporteur international qualifiant, SCHENKER, qui s'occupe à la fois du transport et du transit.



Dans cette partie, nous allons présenter le flux de la production depuis la planification jusqu'à l'expédition du produit fini.

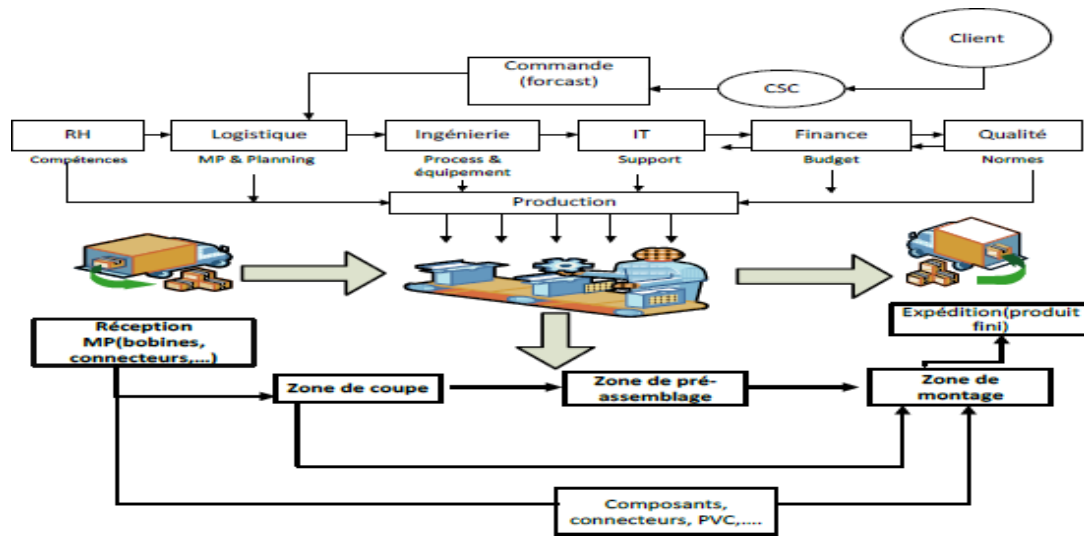


Figure 8: Schéma du processus de production

1.5.1. Planification

La planification de la production se fait suivant la commande client, le département logistique exploite ces commandes à l'aide du logiciel SAP (System Application and Product) pour déterminer les quantités des matières premières nécessaires suivant la méthode MRP (Manufacturing Ressources Planning).

L'accès à une partie de la base de données se fait via des transactions.

1.5.2. Réception

La matière première passe par l'inspection qui consiste à contrôler un échantillon de la matière première à l'aide des essais mécaniques et du contrôle visuel. La détermination de la fréquence du contrôle et l'échantillonnage se fait par le département qualité.

La gestion de la matière se fait selon la méthode FIFO (First In First Out). Les mouvements de sortie de stocks sont tous enregistrés sur système par le scan des quantités sortantes vers le super marché ou la zone de coupe pour signaler la localisation des articles et mettre à jour le stock.

Cette opération est le flux d'information (feedback) vers le département logistique qui indique le flux de la matière. Cette transition de flux est présentée par la figure 10.



Figure 9: Transitions de la matière du magasin au supermarché

1.5.3. Production

La production se divise en trois étapes : la coupe (P1), le pré-assemblage (P2) et montage (P3) comme le montre la figure ci-dessous.

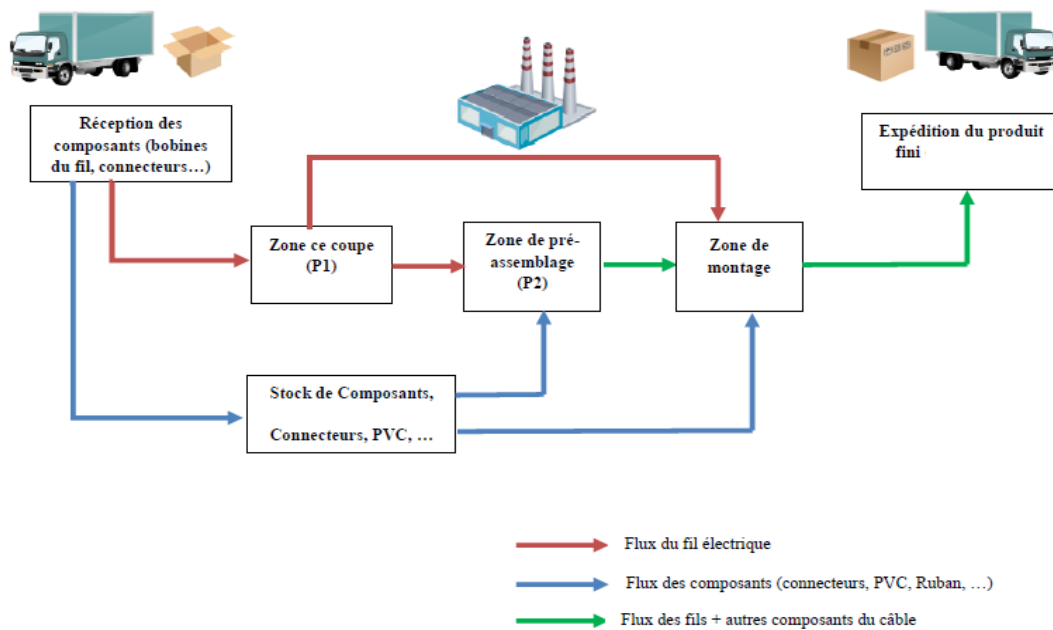


Figure 10 : Flux de production

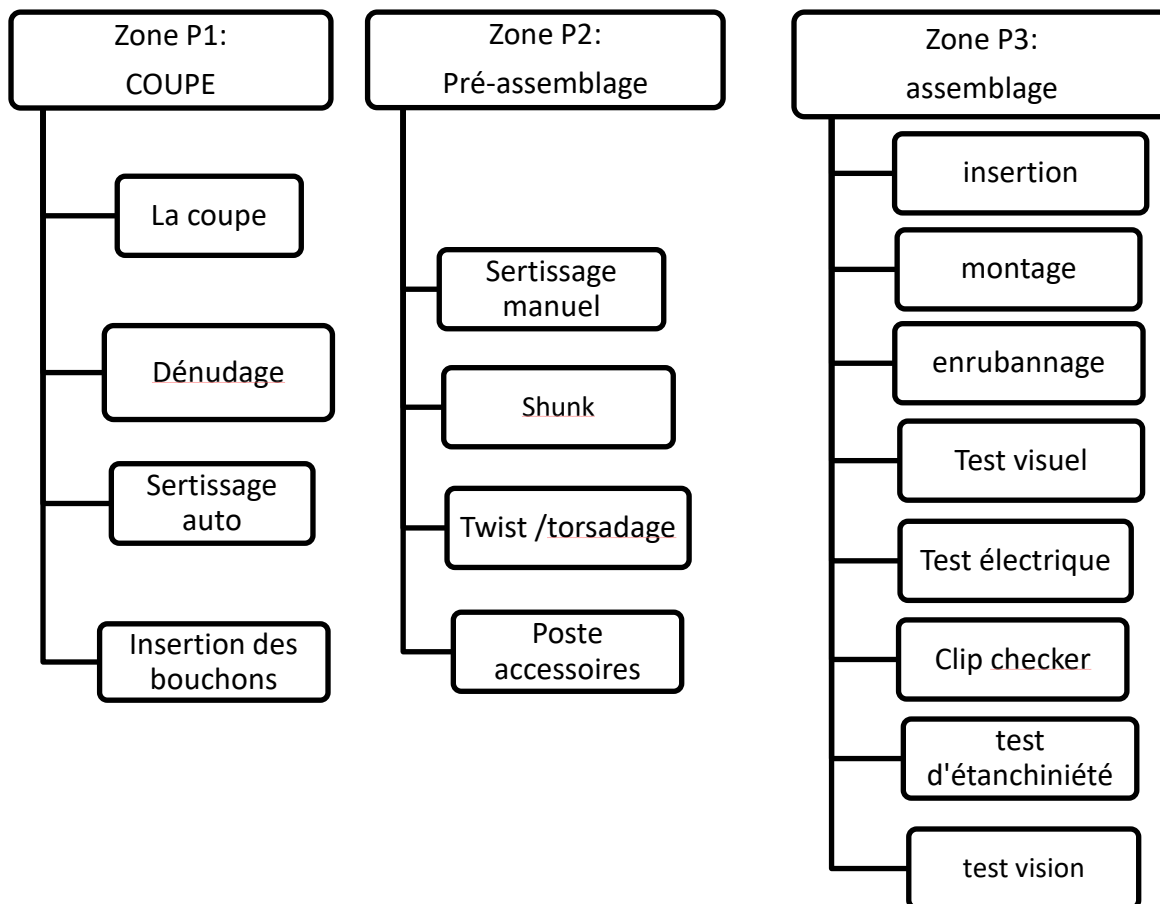


Figure 11 : Etapes de production

➤ **La coupe**

Cette zone contient des machines qui réalisent la coupe selon l'ordre de fabrication lancé par un système appelé « Cutting Area Optimisation » (CAO) qui repose sur le principe Kanban., le sertissage et/ou l'insertion de bouchon et le dénudage des fils contenus dans les bobines déposées dans le Rack bobines

Pour la coupe on utilise 3 types de machines :

YACC : c'est une machine spéciale pour YAZAKI elle a été fabriqué pour elle-même.

KOMAX : machine Suisse standard utilisé par toutes les entreprises de câblage.

SCHLEUNIGER : machine Allemande standard utilisé par toutes les entreprises de câblage.



Figure 12 : Machines Schleuniger et Komax

Ces machines permettent de réaliser les opérations suivantes :

Le sertissage est l'opération qui permet la liaison mécanique entre le terminal et un ou deux fils électriques. Elle consiste à fixer le terminal sur l'extrémité du circuit. L'opération de sertissage est réalisée à l'aide d'un outil spécifique nommé applicateur.



Figure 13 : Outil de sertissage (l'applicateur)



Figure 14 : Terminale



Pendant cette opération, les fils défectueux sont détectés à travers le détecteur CFA (crimping force analyzer), c'est un Analyseur de force de sertissage qui permet de détecter les produits non conformes. Il compare la force de sertissage pendant la production avec la valeur de référence.

Le dénudage est l'opération qui consiste à enlever une partie de l'isolant située sur l'extrémité du fil à l'aide des lames de la machine de coupe.

Insertion des bouchons (seals) sont des outils permettant d'assurer l'étanchéité.

Les machines de coupe sont équipées d'un système CAO (Cutting Area Optimisation). Ce système optimise la production dans la zone de coupe (P1) en minimisant l'ensemble des temps de réglage (setup). C'est un système d'exécution qui est mis en place en conformité avec la sortie du système de planification.

En outre, le module de CAO-KANBAN a pour objet de créer l'ordre de coupe en fonction de la demande de la zone de pré-assemblage (P2) et la zone d'assemblage (P3) (flux tiré)

Les fluctuations de volume doivent être considérées et ajustées automatiquement selon les prévisions de la clientèle provenant du système de planification de la production.

Les circuits fabriqués dans la zone de coupe (P1) sont ensuite utilisés dans les zones de pré-assemblage (P2) et d'assemblage (P3). Ce mouvement de la matière est caractérisé par un scan d'une étiquette générée par la machine de coupe. Ce scanne indique la consommation de cette matière et permet de lancer un ordre de fabrication dans la zone de coupe.

➤ **Pré-assemblage**

Le sertissage manuel est une opération qui est réalisée à l'aide d'une presse verticale spécifique à un certain type de terminaux. La machine de sertissage est équipée d'un moniteur (CFM :Crimping Force Monitoring) qui détecte les défauts.

Le twisting est une opération qui consiste à torsader les fils afin d'éliminer les effets du champ électromagnétique et de diminuer la vitesse du courant.

Soudage est réalisé par 2 machines :

- **Schunk** est une machine qui sert à souder (jointure de plusieurs fils) par Ultra Sonic.
- **Raychem** est une machine qui sert à mettre du Shrink ou du PVC pour protéger les jointures avec du chauffage.

Postes d'accessoires est pour l'insertion des accessoires (par exemple le bouchon).

L'ordre de fabrication dans cette zone est généré par le système SAP. L'information de la consommation des produits dans la zone de l'assemblage (P3) est générée par un scanne. Le système SAP exploite ces informations pour générer des ordres de fabrication dans la zone de pré-assemblage (P2) ce qui entraîne une consommation des produits de la zone de coupe. L'information est communiquée au système CAO via un autre scanne.

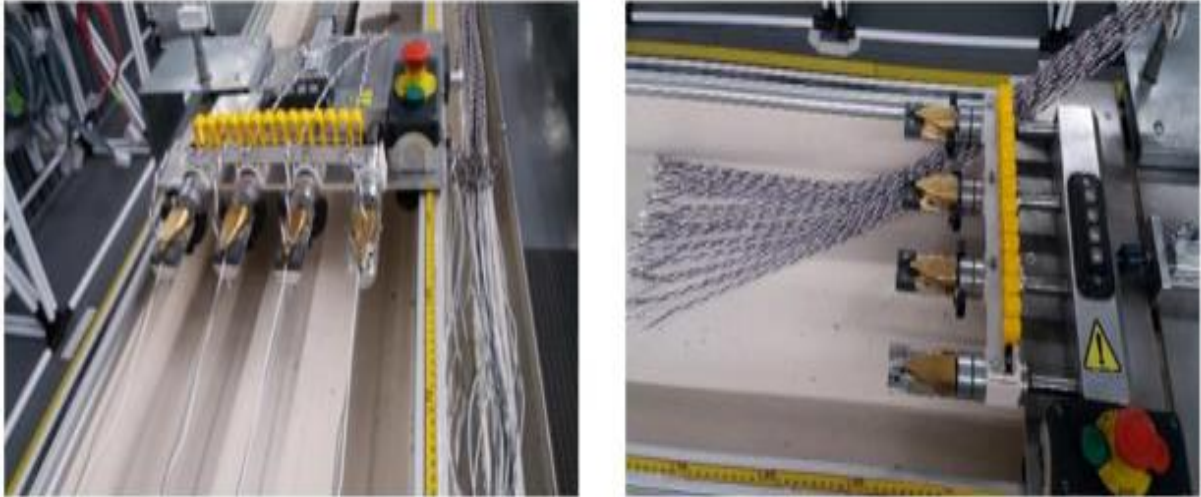


Figure 15 : Opération de twist

➤ L'assemblage

C'est la phase finale du processus de production des câbles dans lequel se fait la liaison des circuits qui constituent un câblage électrique. Cette zone est décomposée en plusieurs postes qui réalisent des tâches spécifiques. Dans chaque poste, l'opérateur réalise sa tâche selon le schéma de travail qui contient les ordres et les références. Les tableaux (JIG) sont fixés dans une chaîne de transmission qui se déplace à l'aide d'une roue dentée (voir figure ci-dessous).

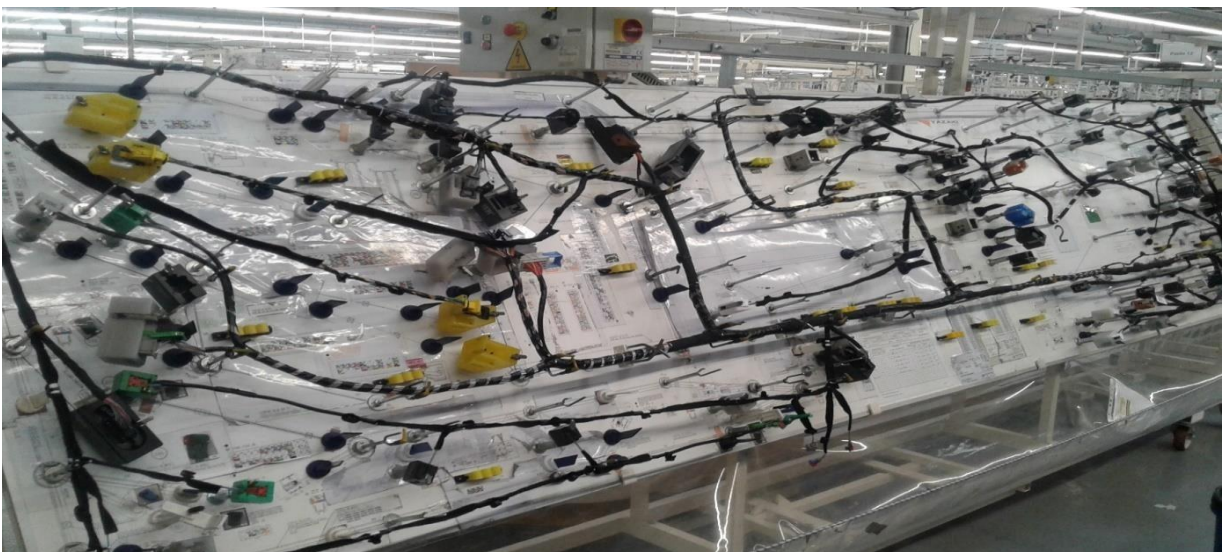


Figure 16 : Tableaux (JIG) de la chaîne de montage



La chaîne est alimentée par le distributeur qui déplace les produits de la pagode (voir figure ci-dessous) vers les postes d'alimentation de la chaîne. Lors de cette opération, le distributeur effectue un scanne pour indiquer la consommation de la matière.



Figure 17 : Pagode

Les opérations réalisées dans la zone de montage sont :

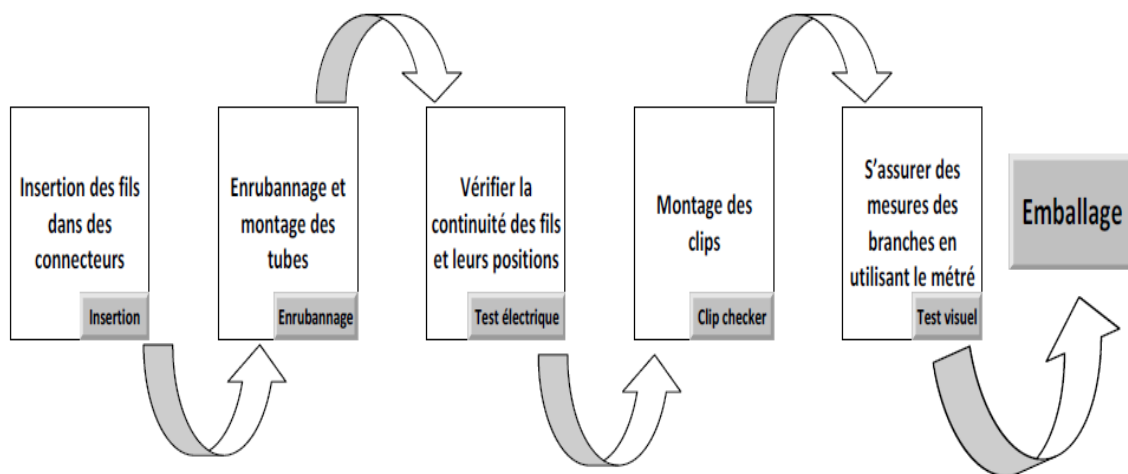


Figure 18 : Opérations réalisées dans la zone de montage

Distribution est opération qui consiste à alimenter les postes en produits semi-finis par des distributeurs. Les produits semi-finis à distribuer sont placés dans des pagodes. Ceci permet une gestion optimisée de la production en termes de temps et d'organisation.

L'insertion est une opération manuelle qui consiste à insérer les terminaux des circuits dans les connecteurs et à placer le tout dans le JIG. L'opérateur doit insérer les terminaux dans les cavités du connecteur et vérifier si celui-ci est endommagé. Il doit ensuite insérer le connecteur dans sa contre pièce sur le JIG (Voir figure ci-dessous).

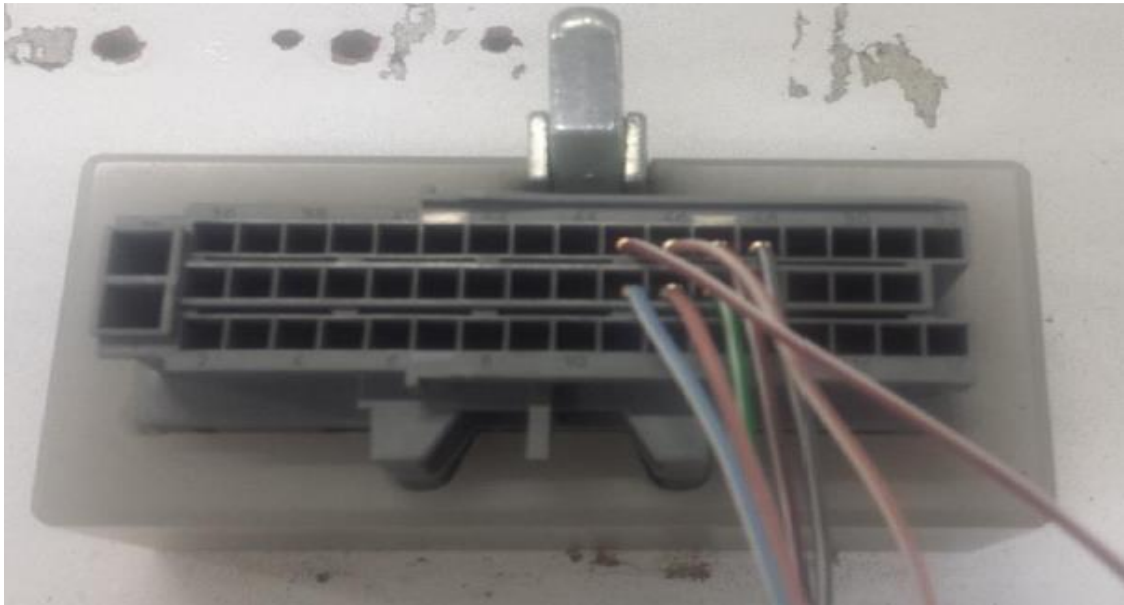


Figure 19 : Opération d'insertion

Le soudage (poste schunk) est une opération qui consiste à souder les extrémités des fils dénudés afin de réaliser une jonction. Cette opération est réalisée à l'aide d'une machine ultrasonique et consiste en l'application d'une force précise et des vibrations à amplitude prédéterminée et pendant un temps prédéfini.

L'enrubannage est une opération qui consiste à recouvrir les fils par des rubans et des protecteurs.

Les tests visuels permettent de vérifier la longueur des branches, la présence de l'enrubannage et des accessoires et le respect de l'architecture finale exigée. Un câble est soumis en moyenne à deux tests visuels.

Le test électrique est inéluctable avant d'emballer le câblage fini, il consiste à vérifier la connectivité électrique du câblage. Il permet également de tester la présence des connecteurs par le biais des capteurs intégrés.

Le clip checker permet de tester que chaque clip est présent dans l'emplacement qui lui est dédié. Le clip checker est principalement utilisé pour les câblages comportant un grand nombre de fils et ayant de grande dimension.

Le test d'étanchéité n'est utilisé que pour certains câbles. Son rôle est de vérifier que le dispositif (Grommet) responsable d'assurer l'étanchéité entre deux parties d'un même faisceau remplit sa fonction.

Le test vision est utilisé dans le cas où le faisceau comporte une boîte fusible. Ce test consiste à vérifier que celle-ci est correctement assemblée.

Nous schématisons ci-dessous les étapes de la phase d'assemblage.

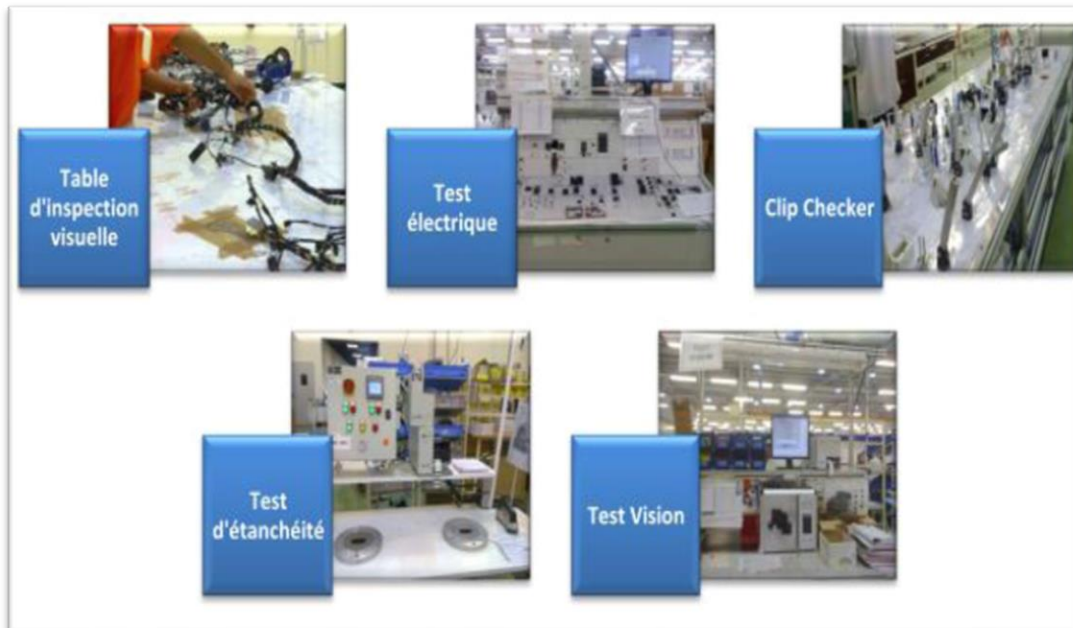


Figure 20 : Opérations d'inspection et tests visuels

➤ L'ensachage (packaging)

La phase finale de la production. Chaque produit fini est accompagné d'une étiquette comportant son code barre, il est mis dans un sachet en plastique et rassemblé dans des caissons.

Ces caissons sont placés dans le magasin. Le département logistique se charge de la livraison du produit fini.



Figure 21 : Câble ensaché



➤ L'expédition

Une fois le produit est fini, les agents d'expédition le regroupent dans des boîtiers pour l'amener au magasin. Le service SAP contrôle la sortie des produits via des scans.



Figure 22 : Zones d'expédition

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de contexte général du projet, à savoir l'organisme d'accueil où se déroule notre projet, la démarche qualité de la société et le processus de production.



Chapitre II: Cadrage du projet

Ce chapitre sert à chercher les opportunités qui existent et allouer les ressources selon les axes suivants :

- ❖ Identification des opportunités*
- ❖ Allocation des ressources*
- ❖ Planification*
- ❖ Démarche suivie*



1. Identification des opportunités

Une société peut être la meilleure dans son domaine, mais gérer la concurrence c'est son challenge. C'est pourquoi la société YAZAKI Meknès s'occupe à faire des projets d'améliorations au fur et mesurer pour devenir de plus en plus compétitive dans un marché toujours imprévisible et croissant. Dans ce sens l'identification des opportunités de développement est devenue une nécessité au sein de n'importe quelle société car dans le cadre des stratégies du développement d'un produits, une opportunité est une idée pour un nouveau produit ou bien pour une nouvelle amélioration. Une opportunité est une description de produit sous forme embryonnaire, un nouveau besoin ressenti, une technologie nouvellement découverte ou une correspondance approximative entre un besoin et une solution possible. Suite à toutes ses définitions, nous allons dans cette partie identifier les opportunités existantes au sein de service « SAP ».[4]

1.1.Etablir la charte du projet

Dans cette étape, nous allons se focaliser sur l'établissement des objectifs principaux de notre étude. Nous pouvons formuler la charte de notre projet comme suit : « trouver des idées et des solutions pour améliorer la performance du service SAP »

1.2.Générer et ressentir plusieurs opportunités

Il y a plusieurs techniques pour générer les idées à savoir : suivre les passions personnelles, exprimer les frustrations, design thinking etc, Nous allons bénéficier de ces outils pour générer le maximum d'opportunités.

1.2.1.Préciser nos clients

En tant que stagiaire à YAZAKI Meknès, mon client est le département IE « service SAP ».

1.2.2.Suivre les passions personnelles

En tant qu'un élèves ingénieurs en génie mécanique et innovation, nous avons les acquis nécessaires pour élaborer des solutions de plusieurs types de problèmes. Or, personne ne peut nier notre tendance vers les astuces et les solutions techniques plus que théorique. Le suivie des passions personnelles en intersection avec le besoin du client constitue notre zone de confort sur laquelle nous allons mettre l'accent comme le montre la figure ci-dessous.

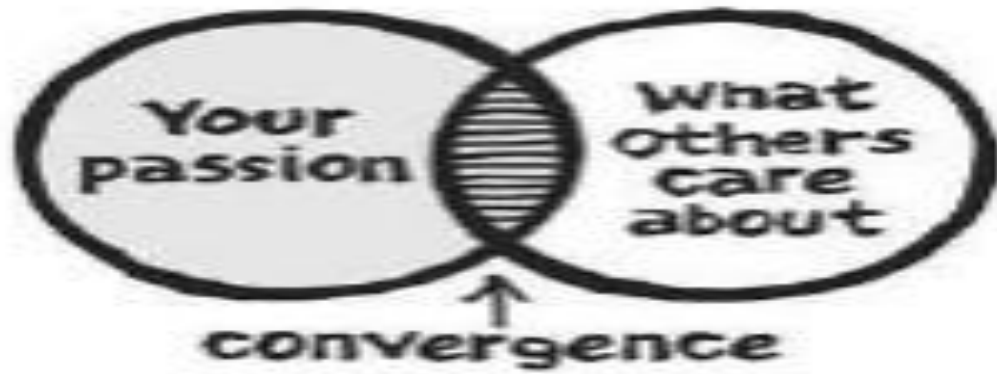


Figure 23 : Zone de confort

1.2.3. Exprimer les frustrations

Puisque je suis un nouveau stagiaire au sein du YAZAKI, je ne peux pas découvrir rapidement les éléments qui perturbent le développement de service SAP, Par conséquent je vais m'orienter directement vers les responsables et les techniciens de service pour extraire leurs frustrations que nous citons comme suit :

- Réclamations répétitives des chefs des projets et les responsables de production.
- Faute de scan des SAPs.
- Retard de lancement de production.
- Espace insuffisant pour l'emplacement des pagodes.
- Pagodes surchargées.
- Temps insuffisant pour faire toutes les tâches.
- Effectif de personnel insuffisant.
- Planification non respectée.
- Mauvaise coordination avec les autres départements.
- Distribution non optimale des fils.

1.2.4. Générer l'ensemble des opportunités

D'après les frustrations exprimées et nos passions personnelles, nous pouvons extraire les opportunités suivantes :

- 1-Amélioration de la performance de service SAP.



2- Optimisation des produits semi-finis.

3-Innover des nouvelles méthodes du calcul du besoin.

4-Conception d'une application de coordination entre les responsables SAP et les chefs des projets.

5-Conception d'une application pour la gestion du temps.

1.3. Cerner les opportunités

Cette étape consiste à trier les idées et les opportunités citées dans 1.2.4) et nous allons procéder par un vote pondéré avec une pénétration de 0 à 4 qui exprime :

- 0 : idée non préférée
- 1 : idée moins préférée
- 2 : idée préférée
- 3 : idée plus préférée
- 4 : idée très préférée

Le tableau ci-dessous montre les résultats trouvés.

Personne Idées	Moi	Coordinatrice SAP	Encadrant	Responsable SAP	Technicien SAP	Totale
1	4	2	3	3	2	14
2	4	3	4	3	4	18
3	1	4	3	1	3	12
4	3	4	3	2	4	16
5	2	1	2	2	4	11

Tableau 2 : Vote pondéré

Nous remarquons que l'opportunités dominantes sur laquelle nous allons travailler est l'Optimisation des produits semi-finis.

1.4. Développer les opportunités promises

Pour mieux cerner notre idée, nous avons besoin de la développer plus et établir une stratégie d'amélioration pour réaliser les objectifs prévus. Pour ce faire nous allons :

- Réduire la surproduction



- Réduire le surstockage des pagodes
- Optimiser la distribution des fils sur les pagodes

1.5. Evaluation des opportunités

Pour étudier la faisabilité de notre idée, nous devons répondre aux questions figurées dans le tableau ci-dessous.

Est ce qu'il y a un besoin ?	OUI
Est-ce que la société va bénéficier ?	OUI
Est qu'il existe des obstacles du projet ?	OUI
Est-ce que l'idée respecte la démarche qualité de la société ?	OUI
Est-ce que l'idée est acceptable au niveau de la société ?	OUI
Est ce qu'il existe les moyens pour réussir l'idée ?	OUI
Est ce qu'il y a les données nécessaires ?	OUI
Est ce qu'il a déjà une personne qui a traité cette idée ?	NON
Est ce qu'il y a un support pour réussir l'idée ?	OUI
Est-ce qu'il y a les prérequis nécessaires pour affronter le projet ?	OUI

Tableau 3 : Evaluation de l'opportunité

2. Allocation des ressources et planification

2.1. Allocation ressources

La constitution d'une équipe est la première étape dans un projet vu qu'elle a une grande importance dans la compréhension du projet à travers la bénéfices de l'aide et de l'expérience de différentes personnes pouvant attribuer à la réalisation du projet. Ainsi, notre équipe est formée des personnes figurées dans le tableau ci-dessous.

Membre	Profession	Rôle
M. Mourchid Hamza	Ingénieur stagiaire	Pilote projet
M. Aboutajeddine Ahmed	Professeur à FST FES	Parain académique
M..Ayoub Sahrane Mme. Mounia karama M.Anass Anina	Responsable SAP Superviseur SAP Technicien SAP	Parain industriel

Tableau 4 : Equipe du projet

2.2. Planification



2.2.1. Démarche suivie

Le bon déroulement du projet dépend en grande partie de la méthode employée pour le construire et le préparer. C'est dans cette perspective que nous allons expliquer tout d'abord la méthode adoptée et ensuite l'approche suivie dans notre projet.

❖ Méthode Lean Six Sigma

Six Sigma (Six Sigma, ci-après dénommé 6σ) est un ensemble de propositions visant à l'amélioration continue des processus des services des entreprises, et à la satisfaction du système des services des clients. La mise en œuvre du modèle de 6σ améliore la compétitivité des entreprises par deux principaux moyens :


- sur la base du processus DMAIC d'amélioration des modèles existants.
- le DFSS.[1]

• Design for six sigma

Dans son processus d'application, à partir d'une excellente mesure des normes, 6σ résout l'évolution des techniques des problèmes pour une amélioration continue des systèmes des entreprises. Six Sigma permet d'améliorer les compétences en leadership, d'améliorer les performances et de générer d'énormes profits sur la base des concepts de gestion et des approches systématiques.

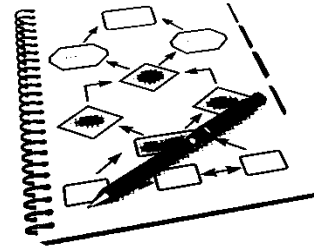
Le DFSS est actuellement un sujet d'actualité internationale pour les ingénieurs de qualité et pour les recherches en 6σ , Toutes ces recherches décomposent les méthodes et les outils de six sigma et les méthodes de conception en différentes étapes. La conception de six Sigma (DFSS) a son propre processus, mais il n'y a pas de modèle unifié. Le DFSS englobe les principes ci-dessous.[1]




Lean Six Sigma

SIX SIGMA DESIGN STEPS

Identify	1- Define your customer requirements (VOC)
	2 – Establish Measures and Standards
Design	3 – Identify potential failures modes (FMEA)
	4- Mistake proof
	5 - Develop measurable outputs
Optimize	6 – Validate Measurement System
	7 – Candidate Inputs
	8 - Key Inputs
Validate	9 – Characterize Behaviors of key Inputs
	10 – Discover Variable Relationships
	11 – Set targets tolerances and controls
	12 – Verify capability of outputs
	13 – Perform Testing
	14 – Implement Controls



www.LeanSixSigmaBelgium.com

Figure 24 : DFSS

À ce jour, les chercheurs ont proposé 13 types de processus de conception de six sigma et on peut constater qu'ils sont l'extension du processus de DMAIC.

- L'approche DMAIC

DMAIC est une méthode de résolution de problèmes structurée et largement utilisée dans les problèmes d'amélioration. Elle fournit une base de réflexion qui structure le travail d'une équipe de projet d'amélioration continue. Cet outil simple permet d'obtenir rapidement des résultats probants, et repose sur 5 étapes : Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler.

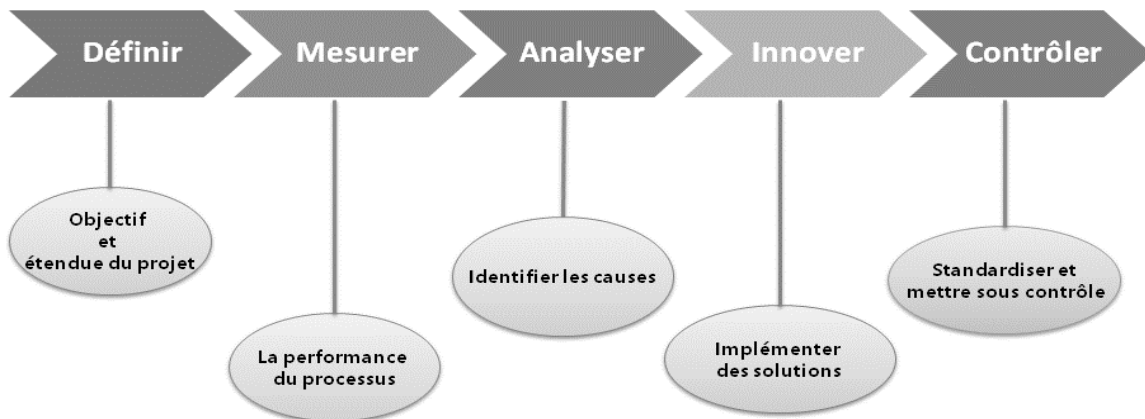


Figure 25 : Démarche DMAIC

➤ Define (Définir)

La première étape de la démarche DMAIC est l'identification et la description de l'objet de l'étude, à savoir l'optimisation des produits semis finis via l'amélioration de la matrice kanban et l'optimisation de la distribution des fils sur les pagodes de la zone P3.

Cela inclura :



- La définition de la problématique et l'objectif du projet.
- La compréhension du processus et du principe de fonctionnement.

➤ Measure (Mesurer)

Cette étape consiste à collecter les données permettant de mesurer objectivement la performance du processus

➤ Analyze (Analyser)

Cette étape permet d'identifier les causes potentielles de la problématique et les sources d'améliorations : chronométrage, Pareto, AMDEC, comparaison entre système et terrain.

➤ Improve (Améliorer)

Cette étape consiste à mettre en place des solutions capables de résoudre le problème. Il s'agit de :

- Proposer des solutions en vue de répondre aux causes identifiées lors de la phase précédente en élaborant un plan d'action pour améliorer matrice kanban.
- Mettre en place les solutions sélectionnées.

➤ Control (Contrôler)

L'étape de contrôle consiste à définir les indicateurs permettant de mesurer les progrès réalisés à l'aide des actions d'amélioration.

Et puisque le DFSS est une méthodologie du développement des nouveaux produits, et DMAIC est pour le développement des produits déjà existant comme le montre la figure ci-dessous.

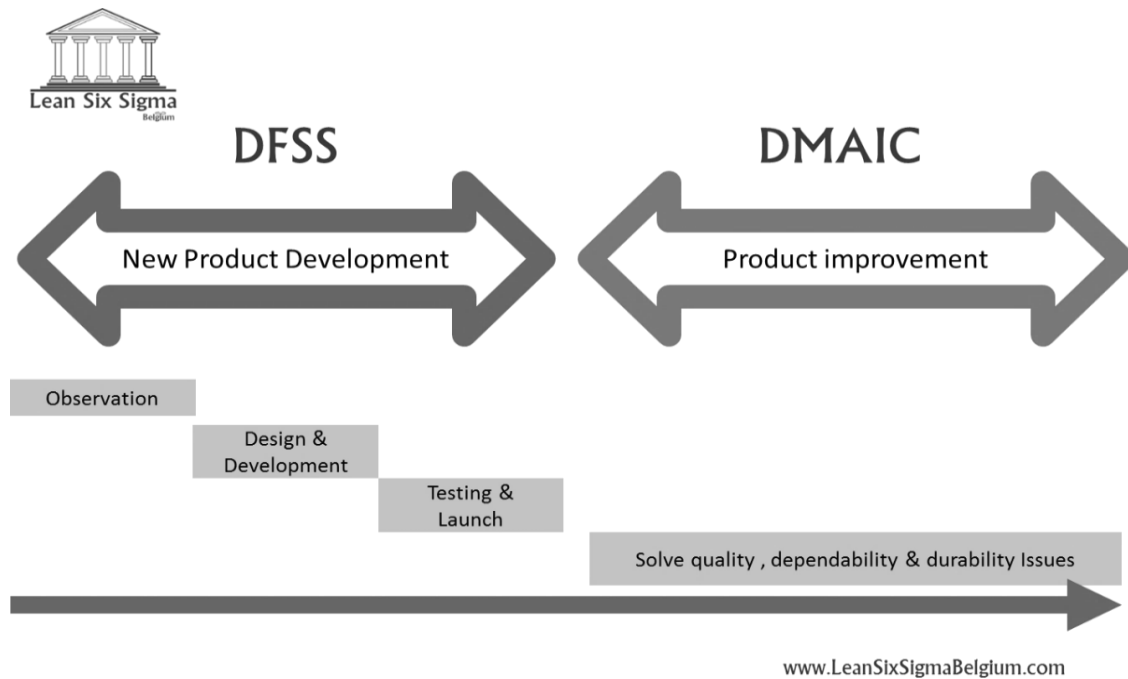


Figure 26 : Comparaison entre DMAIC et DFSS

Suite aux données précédentes, La méthode DMAIC est celle qui fournit plus de détails et clarté et qui traite l'amélioration des processus déjà existants, c'est la méthode la plus adéquate pour notre projet.[2]

2.2.2. Diagramme Gantt

Afin de garantir un bon déroulement du projet et permettre un suivi permanent de l'avancement du travail, un planning des tâches principales est mis au point, dans lequel sont représentées et classées toutes les étapes principales par lesquelles passera le projet. Pour cela nous présentons notre diagramme dans l'annexe [1] à la page 82.

2.2.3. Objectif du projet

❖ Description du projet

Notre projet est sous forme de trois idées pour la résolution de certaines anomalies pour le département IE service SAP, ces idées sont :

- Établissement des méthodes pour réduire la surproduction des fils.
- Conception des nouvelles pagodes pour réduire les Mudras de surstockage.
- Optimisation de la distribution des fils sur les pagodes.

❖ Bénéfice des propositions

- Elimination des MUDAS.



- Réduction des encours.
- Minimisation des déplacements de distributeurs de la zone P3.
- Elimination le sur stockage des pagodes.
- Assurance de la stabilité des pagodes.
- Bonne visualisation des pagodes.

2.2.4. Risques et les contraintes du projet

Le risque est un danger éventuel plus ou moins prévisible qui peut affecter l'issue du projet. Il ne sera pas possible de les éliminer tous, le risque zéro n'existe pas. Pour s'assurer que le projet restera toujours atteignable, et qu'un éventuel risque ne bloquera pas l'avancement du projet, après l'analyse du scénario de notre projet, nous avons pu prévoir l'ensemble des risques probables suivants :

- Durée du projet insuffisante.
- Manque de données.
- Données approximatives.
- Changements fréquents

Conclusion

La première partie de ce chapitre a été dédié au cadrage du projet par l'identification des opportunités existantes au sein de service SAP. Pour l'identification des opportunités nous avons utilisé le suivie des passions personnelles et les frustrations exprimées par l'ensemble des personnels de service. Grâce à un vote pondéré nous avons pu déduire que l'optimisation des produits semis finis sera l'opportunité l'objet de notre projet. La deuxième partie a été consacré pour la détermination de la démarche à suivre et la planification des tâches à l'aide de diagramme Gantt.



Chapitre III: Etat de l'existant

Après la présentation du cadre général du projet, ce troisième chapitre a pour objectif d'établir l'états des lieux.

Pour ce faire, nous allons Procéder par le premier jalon de La méthode DMAIC « Define » qui visera la définition et la description de la problématique, ensuite la phase « Measure » sera consacrée à la collection et l'évaluation des données.



1. Phase « Définir »

Cette première phase de la démarche DMAIC a pour but, la description du processus de gestion du système SAP et l'élaboration du diagramme SIPOC, et finalement la définition de la problématique du projet et les objectifs à atteindre en utilisant la méthode QQQQCP comme le montre la figure ci-dessous.

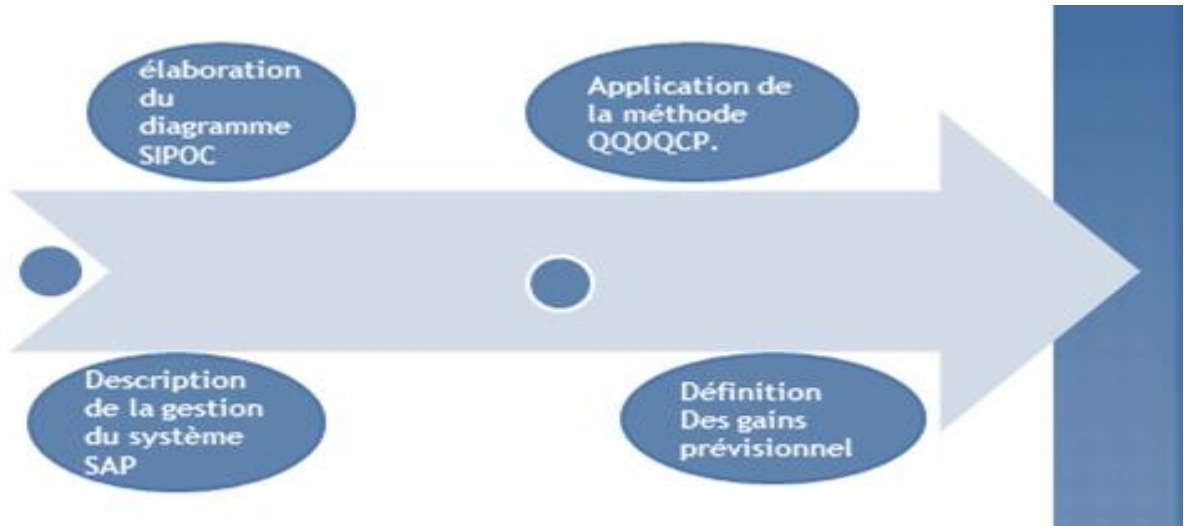


Figure 27 : Etapes de la phase « DEFINE »

1.1. Gestion du système SAP

1.1.1. Traitement Master DATA

Nous présentons les étapes du traitement de Master DATA dans le schéma ci-dessous :

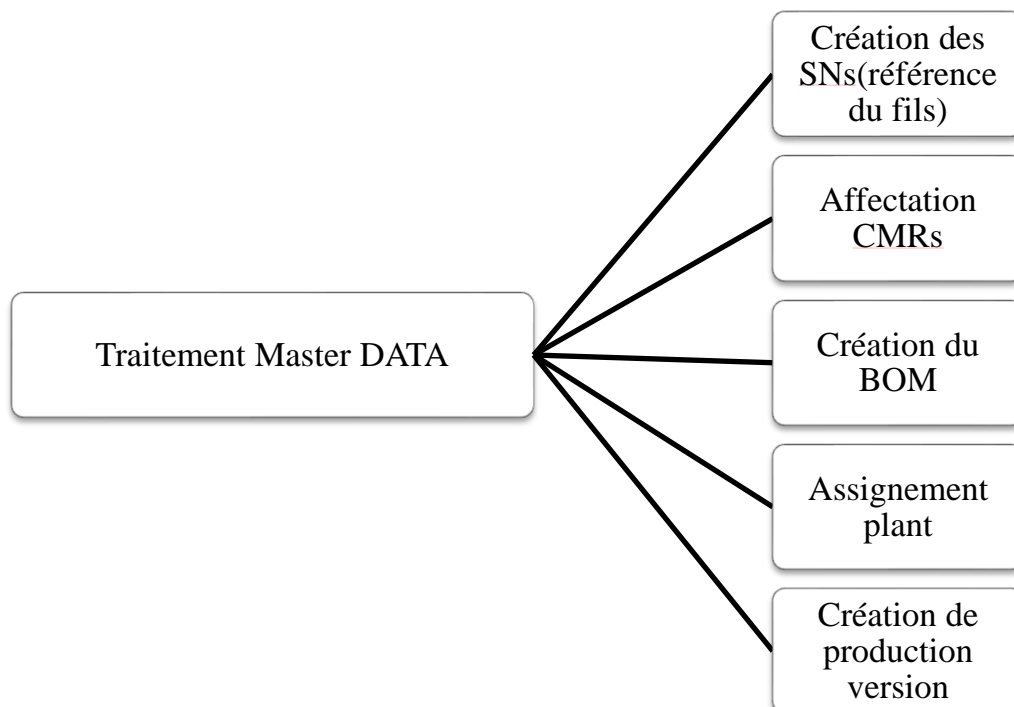


Figure 28 : Etape du traitement Master DATA



Le traitement MASTER DATA se fait selon les étapes suivantes :

- **Création des fils (SN)** : le technicien SAP reçoit un fichier contient les câbles de chaque projet avec leurs nomenclatures de la part des responsables planning, chaque câble est composé de plusieurs fils. Pour identifier chaque fils, il lui associe une référence spécifique à YAZAKI, qui commence par la lettre S suivie par huit chiffres.
- **Affectation CMRs** : il permet de changer la nomenclature d'un câble de YAZAKI Meknès (YMM) sans impacter la nomenclature du même câbles dans une autre YAZAKI.
- **Création du BOM (nomenclature)** : Après la création des références des fils, le technicien SAP affecte à chaque câble ses composants identifiés par les références YAZAKI.
- **Assignement plant** pour identifier les références créés, il assigne dans le logiciel SAP qu'il s'agit de YAZAKI Meknès (YMM).
- **Production version** est la dernière étape de traitement de MASTER DATA, il s'agit de la détermination du procédé de la production des fils (automatique s'il y a l'applicateur convenable pour le sertissage de terminale sinon manuel).

Après le traitement du MASTER DATA, nous obtenons un fichier nommé « MMSTA » qui contient toutes les informations nécessaires pour le lancement kanban.

1.1.2. Lancement kanban

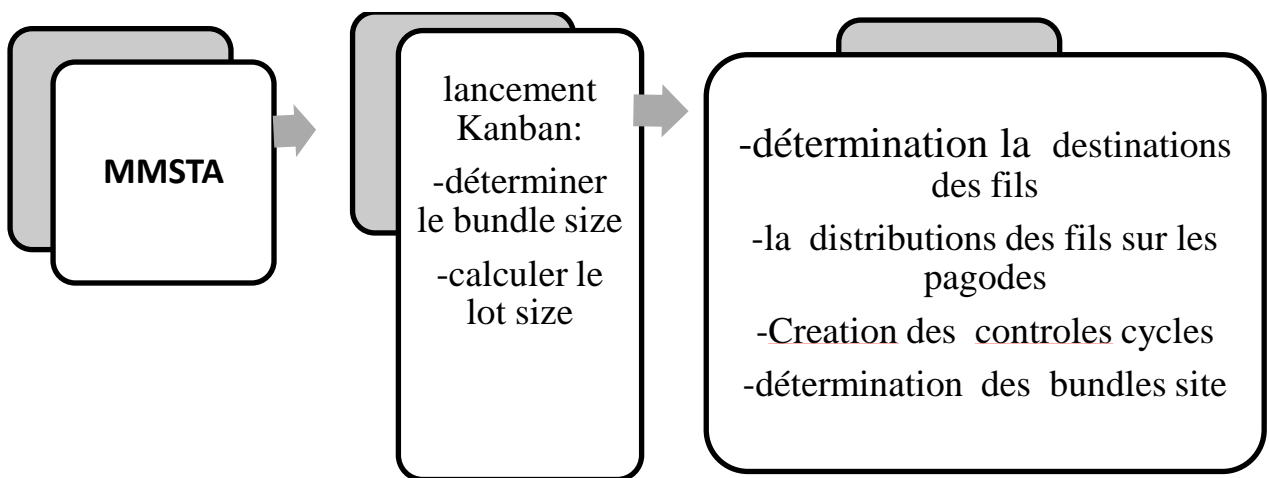


Figure 29 : Etapes de lancement Kanban

Chaque jour il y en a des actualisations de la matrice kanban et au cas des besoins urgents, ils ont procédé par des corrections des kanbans.

Dans notre étude, nous allons s'intéresser juste par la deuxième partie de la gestion du système SAP : Lancement Kanban.

1.2. Diagramme SIPOC du la zone P3

Un diagramme **SIPOC** est un outil de visualisation pour présenter les composants pertinents



associés à un processus **P** : son périmètre (frontières, début et fin), les sorties (**O**) les entrées (**I**), les fournisseurs (**S**) et les clients (**C**). Il est utilisé dans la phase initiale de la démarche DMAIC. Il offre plus d'information car il se concentre sur la description détaillée des étapes. Il impose la définition des fournisseurs et les clients.

Les étapes pour compléter un diagramme SIPOC :

- Identifier le processus **P** et lui donner un nom descriptif.
- Déterminer les étapes principales (haut niveau) qui le définit (cartographie).
- Préciser les sorties **O** du processus.
- Déterminer les clients **C** qui reçoivent les sorties du processus.
- Identifier les entrées **I** qui ont pris par le processus.
- Identifier les fournisseurs **S** requis par les entrées du processus
- Valider toutes les données précédentes par les intervenants impliquées dans le processus.

Le diagramme SIPOC est représenté sur la figure ci-dessous.

- ❖ De la réception du besoin du client vers le service SAP :

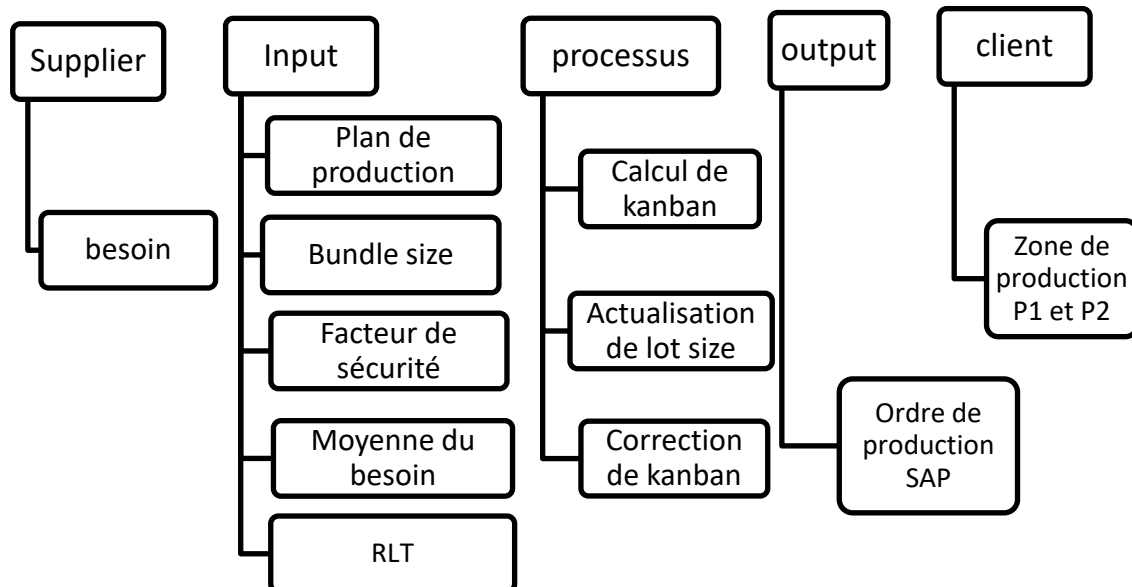


Diagramme 1 : SIPOC pour la zone P1 et P2

- ❖ De la zone de coupe et de pré assemblage (P1-P2) vers les chaînes d'assemblage P3 :

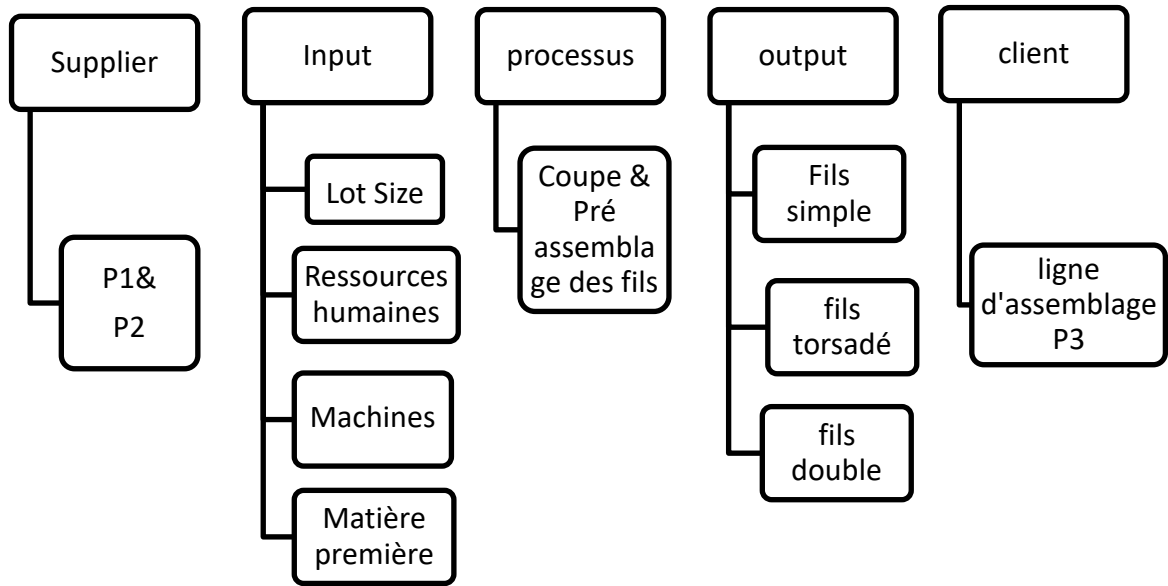


Diagramme 2 : SIPOC pour la zone P1 et P2

1.3. Méthode QQQOCP

La méthode QQQOCP permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels.

Cette méthode adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnaire systématique suivant.

Quoi ?	<p>C'est quoi le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -surproduction des fils -sur stockage des pagodes -déplacement inutiles des distributeurs
Qui ?	<p>C'est qui le responsable ?</p> <ul style="list-style-type: none"> Département IE « Service SAP » Département Production Département Logistique « Service Planning »
Quand ?	<p>Quand apparait le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> Lors de production Lors de stockage Lors de la distribution
Où ?	<p>Lieu du problème :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Système SAP - Zone de coupe - Zone d'assemblage
Comment ?	<p>Comment mesurer le problème et ses solutions ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ecart entre système et terrain - Visualisation des pagodes - Distribution des fils - Ecart entre la valeur des fils utilisés dans le poste et la capacité de la pagode
Pourquoi ?	<p>Pourquoi devons-nous résoudre ce problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduire lot size - Eliminer le sur stockage des pagodes - Optimiser la distribution des fils

Tableau 5 : Méthode QQQOCP



1.4. Définition des gains prévisionnels

Si les coûts sont difficiles à estimer dès le départ, on procédera à estimer les gains. En effet, une partie des gains est facilement identifiable, il s'agit des économies réalisées. Mais une grosse partie des gains est difficilement quantifiable, comme l'amélioration de l'image de la société auprès des clients. Pour ce qui est de notre problème, on se donnera comme objectif :

- Réduire les encours
- Conception d'une nouvelle pagode
- Distribution optimale des fils
- Réduction des déplacements inutiles

2. Phase « Measure »

Pour réussir cette phase, nous allons rassembler les informations nécessaires, pour choisir les différentes variables qui doivent être analysées et les indicateurs pertinents à suivre, afin de mesurer la performance actuelle du système.

2.1. Détermination de la chaîne critique

Avant de commencer, il s'avère de déterminer une chaîne critique, alors nous avons pensé à prendre le nombre total d'heures d'arrêt des chaînes comme critère principal sur lequel nous allons se baser pour effectuer nos mesures. Un sur stockage des pagodes dans les familles qui s'arrêtent rarement c'est un indice très significatif sur la gravité de la surproduction sachant que toutes les chaînes ont les mêmes besoins. Le tableau ci-dessous représente les heures totales d'arrêt de production dans les chaînes des projets PDB XFA et PDP XFB durant la période entre week3 et week8.

Family	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	TOTAL NBR H
XFA -ARR	7,33	2,01	1,04	1,8	1,04	18,41
XFB-ARR	2,28	2,19	1.2	3,57	1.04	13,58
XFB-AV MOT	3.4	2.1	3.1	1.1	1.01	10,39
XFA -PDB	3.5	2.5	0.77	0,24	0,2	7,2
XFA-Small 2	1.4	0,23	0,75	0.4	0,45	3,25
XFA -Small 4	1.15	0,75	0,82	0.3	0.2	3,09
XFB-PDB/01			0,83	0,53	0,75	3,01
XFB-HAYON	0,71	1,56	0.1	0.2	0.3	2,49
XFA -AV	2	0	0	0	0	2
XFB-B.	0,76	0.5	1,19	0.1	0	2,35
XFA-PDB	0	0	1,25	0	0	1,25
XFB-P.	0,23	0,68	0	0	0,33	1,24
XFB-B.ARR	0,1	0,3	0,4	0	0.1	1,1

Tableau 6 : Heures totales des arrêts des chaînes



D'après le tableau 5, il s'avère que la chaîne PDB XFB-B.ARR qui connaît un nombre d'heure d'arrêt faible.

2.2.Détection des problèmes

2.2.1.Sources de gaspillages

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

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

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

On s'intéressera dans cette partie au MUDA, ces derniers étant au nombre de 7, à savoir :

- Transports et Déplacements inutiles
- Sur stockage ou Stocks inutiles
- Surproduction
- Sur processing ou Traitements inutiles
- Mouvements inutiles
- Erreurs, défauts et rebuts
- Temps d'attente

2.2.2. Value Stream Map (VSM)

VSM est un outil fondamental dans une démarche Lean. C'est le meilleur moyen de pouvoir visualiser les différents flux au sein d'une production (matière et information). Il est facile de mettre en avant les tâches à valeur ajoutée et d'identifier les différents types de gaspillages comme les stocks et en-cours. Pour réaliser notre VSM, nous avons procédé par : des interviews, des chronométrages, des observations directes des opérations. Alors, sous la demande de mon encadrant j'ai appliqué cet outil sur le fils de référence S002241889, nous trouvons ci-dessous les résultats trouvés.

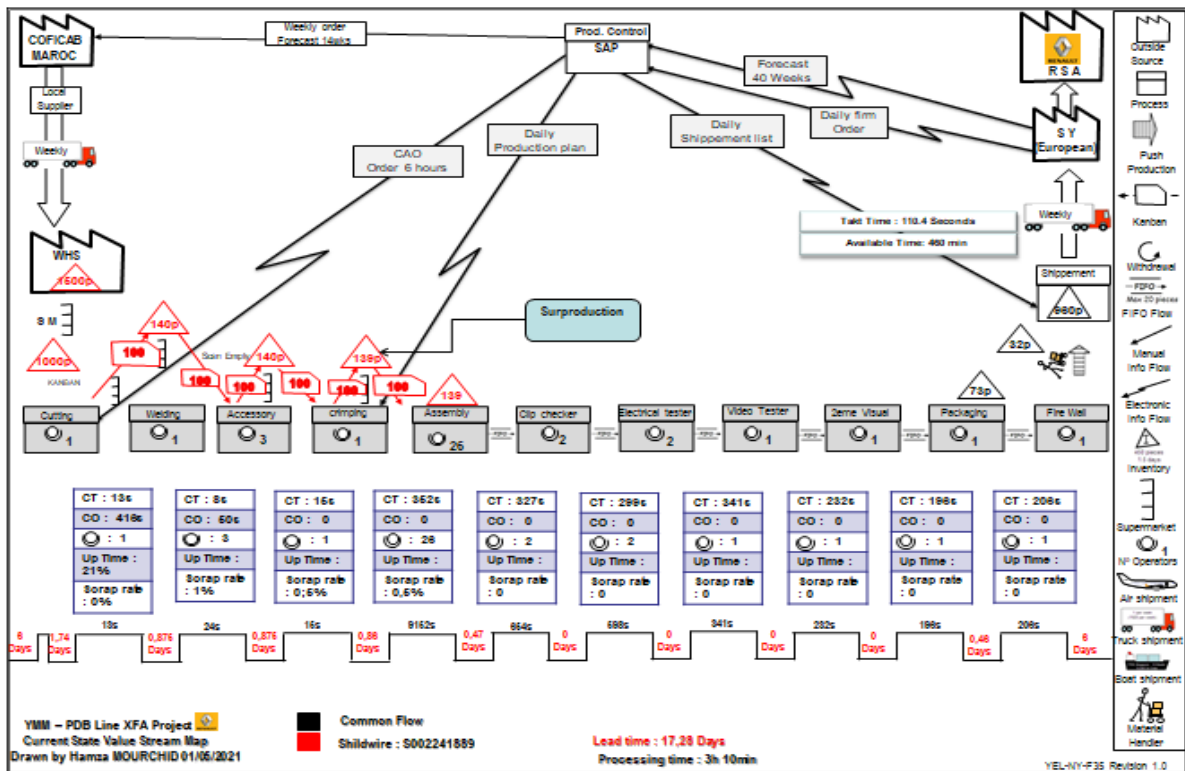


Figure 30 : Value Stream Map

Le VSM est très utile pour comprendre le processus d'une manière plus détaillée, et de déceler les éléments qui contribuent plus à l'inefficacité du processus. Partons de cette définition, nous avons remarqué que la quantité réalisée (1000) largement supérieure à la quantité planifiée (100), cette comparaison montre qu'il y a une surproduction des fils. Produire moins ce qui est planifié c'est un problème, mais reste résolu grâce à la flexibilité de production, alors que produire plus ce qui est planifiée génère des fluctuations difficiles à gérer et qui ont un impact direct sur l'augmentation des encours et le sur stockage des pagodes. Dans l'élaboration de notre VSM, nous avons rencontré des distributeurs perdus dans la recherche des fils entre les pagodes pour alimenter les postes d'insertion.

Suite à l'analyse de la VSM, nous avons déduit que les MUDAS objets d'étude de notre projet sont :

- Surproduction
- Sur stockage
- Déplacements inutiles

2.3.Surproduction

2.3.1.Etape de lancement de production

Les responsables du Service SAP disposant de la matrice kanban, ces derniers procèdent au calcul du nombre de kanban via la formule :



$$\frac{RLT * AVG * FS}{BS * 24}$$

Avec :

- SF : Facteur de sécurité
- RLT : Temps nécessaire pour la reproduction d'un nouveau lot de fils
- AVG : Moyenne du besoin
- BS : Nombre de fils par lot (par bundle)

- Calcul du lot size par la formule

$$LS = \text{Nombre de kanban} * \text{Bundle size}$$

- Intégration des données sur SAP

○ Optimisation CAO : c'est un système très performant, il joue un rôle primordial dans la zone de coupe qui réside dans l'exécution à travers un algorithme d'optimisation de production sophistiqué, et un cycle électronique Kanban, qui génère les ordres de production en fonction de la demande des processus de production de flux P3 et P2 qui se fait à partir d'un scan.

- Début de production

Après le lancement de production et le scan des fils réalisée, le département de production reçoit un fichier journalier contient les lots size réalisée par shift, nous trouvons ci-dessous les résultats de production de quelques des fils pour la chaine PDBXFB.

SN	Shift Hours								Moyenne	Target
S000426159	98,9%	80,0%	80,0%	125,0%	117,7%	96,2%	146,9%	178,9%	170,4%	99,2%
S000572902	105,0%	100,0%	80,0%	140,0%	99,0%	100,0%	111,0%	106,1%	88,0%	131,2%
S000693274	98,0%	95,0%	100,0%	95,0%	99,0%	102,0%	130,0%	121,2%	97,9%	105,4%
S000733021	85,0%	103,0%	95,0%	111,0%	94,8%	98,9%	101,5%	125,7%	111,3%	100,8%
S000756487	91,0%	90,0%	103,0%	54,2%	99,0%	111,4%	93,1%	97,6%	98,6%	104,0%
S000756631	40,0%	80,0%	90,0%	53,9%	173,0%	80,0%	117,0%	116,0%	106,0%	92,5%

Tableau 7 : Résultats de production des SNS par shift

2.3.2. Fluctuations

Lors de la production, nous détectons quatre types de fluctuations :

- Planifié non Réalisé
- Réalisé non planifié



- Quantité réalisée supérieure à la quantité planifiée
- Quantité réalisée inférieure à la quantité planifiée

Nous présentons ci-dessous les résultats de production trouvés de la semaine 5 à 10.

Row Labels	Count of Commentaire	Sum of GAP	Sum of Max planifié	Sum of Max réalisé
Planifié non Réalisé	14	-727	727	0
Réalisé non planifié	30	2851	0	2851
Qté réalisée supérieure à la quantité planifiée	231	22112	23885	45997
Qté réalisée inférieure à la quantité planifiée	25	-1016	4181	3165
Grand Total	300	23220	28793	52013

Tableau 8 : Résultat de la production

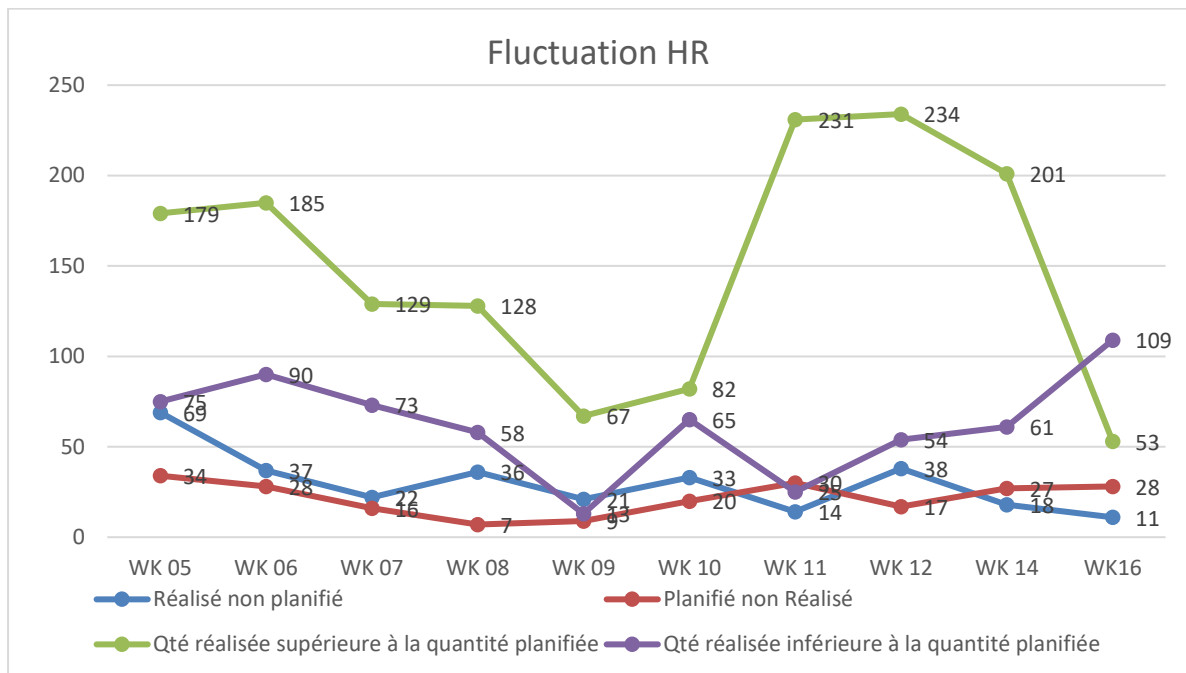


Diagramme 3 : Analyse des fluctuations

D'après le diagramme précédent, nous remarquons trivialement que la quantité totale planifiée est largement supérieure à la quantité réalisée qui confirme effectivement l'existence d'une surproduction.

2.4.MUDA de surstockage

Plus le nombre limité des crochets dans chaque pagode, La surproduction des fils contribue dans le surstockage des pagodes, par conséquent les pagodes ne supportent plus les quantités réalisées des fils, alors nous constatons des surstockages des pagodes comme le montre la figure ci-dessous.



Figure 31 : Pagode sur chargé

Nous supposons que La surcharge des pagodes indique qu'il y a une augmentation des encours.

Pour se méfier de cette hypothèse, nous allons demander le dernier inventaire.

Chaque 3 mois, YMM effectue un inventaire pour faire une comparaison entre système et terrain, nous présentons les résultats trouvés dans annexe [2] à la page 83.

Les résultats justifient concrètement qu'il y a une augmentation des encours (WIP).

2.5.MUDA Déplacements inutiles

Au sein d'YMM, le département SAP partage un fichier de la distribution des fils de chaque poste sur les pagodes où il est mentionné les éléments suivants :

Materials -Materials Description – POSTE – STAUTE –chaîne annexe [3] à la page 84.

Sachant que chaque pagode est destinée à supporter les fils du poste qui est juste devant, mais la plupart des pagodes ne peuvent pas supporter les fils du leurs poste.

Cette contrainte impose l'addition des pagodes supplémentaire à la fin de la chaîne. Par conséquent cette distribution cause des déplacements inutiles qui affectent directement le déplacement des distributeurs.

2.5.1.Diagramme spaghetti

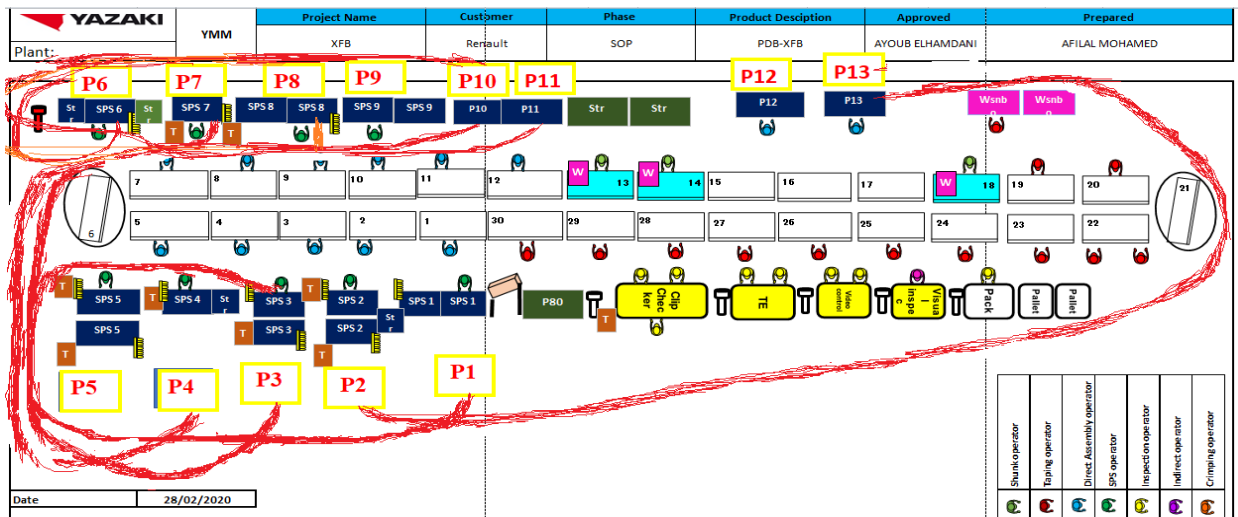


Diagramme 4 : Spaghetti

Après avoir schématisé le flux des déplacements, la deuxième étape consiste à mesurer la distance parcourue et le temps effectué lors le déplacement de distributeur dans un shift. Pour ce faire, nous allons calculer la distance parcourue et chronométrer le temps pour que le distributeur alimente tous les postes de la chaîne PDBXFB selon la demande des opérateurs. Le tableau ci-dessous montre les distances parcourues pour chaque alimentation et le temps effectué.

Postes alimenté	Distance (m)	Temps (min)
1-3-4-6	105	102
5-7-9-8	455	450
7-2-12-11	240	245
4-6-8-1	125	130
3-7-9-12	185	150
Total	1010	1077

Tableau 9 : Distance et le temps pour alimenter les postes par shift

L'incapacité des pagodes pour supporter tous les fils du poste exigent de chercher un autre emplacement pour les stocker, par conséquent les distributeurs font des trajectoires multiples qui augmentent les distances parcourues et le temps effectué. Le département logistique s'occupe à placer les pagodes selon la demande des responsables SAP. Le tableau ci-dessous montre la distance entre poste et pagode.



Poste/ Pagode	DISTANCE (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5
2	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5
3	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5
4	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5
5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5
6	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5
7	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5
8	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5
9	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	20.5
10	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15	16.5	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5
11	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.5
12	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17	18.5	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5
13	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5

Tableau 10 : Distance entre poste et pagode

2.6. Brainstorming

2.6.1. Définition du Brainstorming

Le brainstorming est une technique de créativité qui facilite la production d'idées d'un individu ou d'un groupe. L'utilisation du brainstorming permet de trouver le maximum d'idées originales dans le minimum de temps grâce au jugement différé. Ce dernier consiste à énoncer d'abord un grand nombre d'idées et de les évaluer uniquement dans un deuxième temps.

2.6.2. Application

Après s'être réuni avec mon équipe, différentes exigences ont été citées

- Il faut réduire lot size
- Il faut réduire les encours
- Il doit y avoir une répartition optimale des fils sur les pagodes
- Il faut respecter la capacité des pagodes
- Il doit y avoir une bonne visualisation des fils sur les pagodes

A partir de ces exigences, j'ai pu suggérer les scénarios suivants :

- Calculer le lot size des références critiques
- Chronométrer le temps de production et modifier le RLT (replenishment lead time)
- Calculer le déplacement parcouru par le distributeur dans le cas standard
- Calculer la distance entre chaîne et pagode



- Savoir la capacité de chaque pagode
- Modéliser mathématiquement le problème
- Trouver la distribution optimale
- Appliquer cette distribution
- Calculer le nouveau RLT
- Calculer le nouveau déplacement

Conclusion

Lors de ce chapitre, nous avons pu détecter un ensemble de problèmes. Suite à l'historique de l'arrêt des chaînes nous avons pu détecter que la chaîne PDB XFB-B.ARR est la chaîne critique. Nous avons bien défini notre problématique à l'aide de diagramme SIPOC et la méthode QQQCP. Dans la phase mesure, nous avons collecté toutes les données nécessaires pour bien étudier notre problématique.



Chapitre IV: Analyse des données

Dans ce chapitre, nous allons faire une analyse des différentes Données collectées puis une identification des causes des problématiques par une analyse des 5M suivie d'une étude AMDEC et d'une analyse PARETO de l'AMDEC pour extraire les modes de défaillance les plus critiques. Nous allons clôturer ce chapitre par une classification des fils



1. Analyse du processus : Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa, aussi appelé diagramme de causes et effets ou encore diagramme en arêtes de poisson, est un outil de résolution de problème d'entreprise. Conçu par Kaoru Ishikawa, ce diagramme prend la forme d'un arbre avec plusieurs branches (ou d'une arête de poisson). On y retrouve l'effet, le problème que rencontre l'entreprise, à la tête et les causes sont modélisées par des branches. Ces causes, les « 5 M », représente chacune une composante de l'entreprise. Elles peuvent être regroupées en cinq catégories, les 5 M :

- **Méthode** : Processus de production du produit ou service. La recherche et développement.
- **Matière** : Les matériaux utilisés pour la production du bien.
- **Milieu** : Le contexte concurrentiel, l'état du marché.
- **Matériel** : Les machines, le parc informatique et les logiciels. L'ensemble des équipements qui servent à apporter de la valeur ajoutée au matériau de base.
- **Main-d'œuvre** : Les collaborateurs et l'ensemble des interventions humaines (la RH).

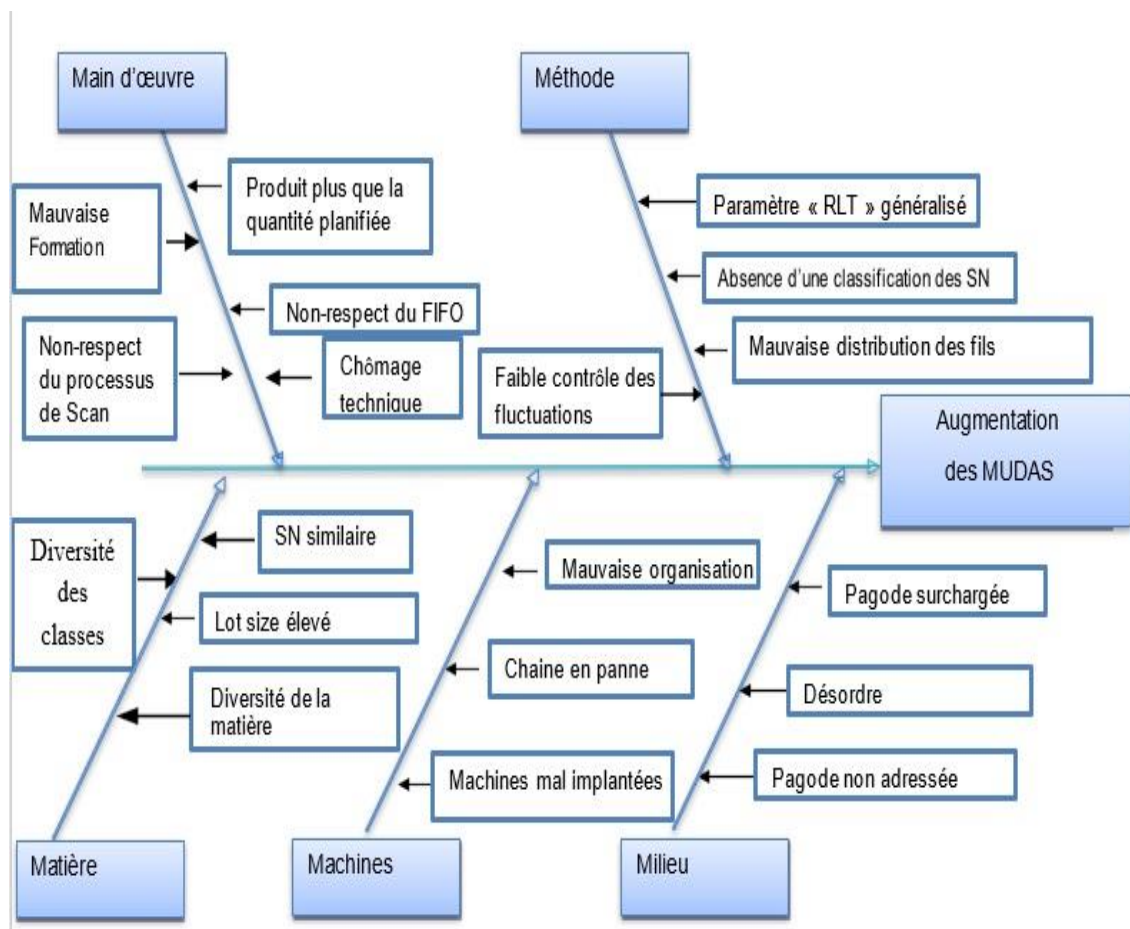


Diagramme 5 : Ishikawa



2. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

2.1. Définition de l'AMDEC

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est un outil de sûreté de fonctionnement et de gestion de la qualité. Il existe plusieurs types d'AMDEC à savoir :

- **L'AMDEC moyen** est un outil d'analyse rigoureux qui permet d'éliminer les risques de dysfonctionnement d'un équipement de production.
- **L'AMDEC processus** est un outil d'analyse rigoureux qui permet d'éliminer les risques de production de produits non conformes dus à la définition du processus.
- **L'AMDEC produit** est un outil d'analyse rigoureux qui permet d'éliminer les risques de production de produits non conformes dus à la conception du produit.[5]

2.1.1. Préparation

La réalisation d'une AMDEC suppose le déroulement de la méthode comme suit :

- Choisir le processus à étudier.
 - Créer le groupe de travail
 - Un animateur/pilote
 - Garant de la méthode, de l'analyse et de son aboutissement
 - Des participants concernés par l'analyse (études, méthodes, etc.)
 - Des spécialistes ou experts (ponctuellement en cas de difficultés)
- Constituer le dossier :
 - Fonctions du produit
 - Environnement du produit
 - Exigences de fabrication
 - Objectifs qualité et fiabilité
 - Conditionnement du produit
 - Historique qualité sur des produits similaires
 - Décomposition du processus (diagramme flux)
 - Plan de surveillance prévisionnel

2.2. Application



2.2.1. Processus étudié

Optimisation des produits semis finis par l'amélioration du service SAP en agissant sur la réduction des MUDAS : surproduction, sur stockage et déplacement inutile.

2.2.2. Groupe de travail

Notre groupe de travail se compose de :

- M Mourchid Hamza : stagiaire
- Pr Ahmed Aboutajddine : encadrant pédagogique
- M Sahrane Ayoub : Responsable SAP
- Mme :Hajar elkahouayji : technicien SAP
- Mlle Meryem Bouya : technicien supérieur
- M anina anass : technicien SAP

2.2.3. Constitution du dossier

- **Analyse fonctionnelle**

L'analyse fonctionnelle s'applique dans le cadre d'un groupe de travail, pour trouver l'ensemble des fonctions (principales et contraintes) d'un produit (cahier des charges fonctionnelles). Afin d'identifier toutes les fonctions d'un produit, on considère successivement ce dernier dans ses différentes situations de vie. On ne considère pas les étapes intermédiaires de sa fabrication. Le cahier des charges permet au groupe de travail de bien se détacher des solutions technologiques pour se consacrer à l'essentiel : la fonction. Pour ce faire, nous utilisons le diagramme FAST qui est associé à l'AMDEC et qui nous permet de connaître parfaitement le processus en termes des fonctions à réaliser. [6]

Comment lire un diagramme FAST

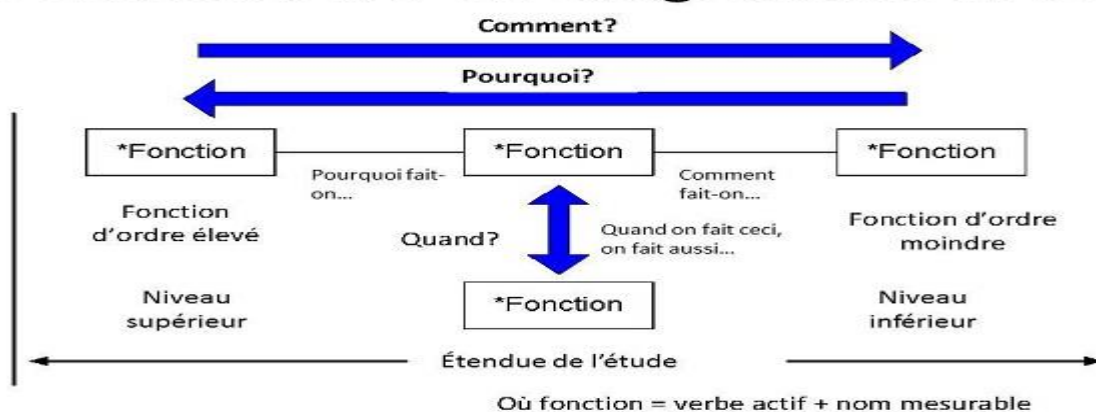


Figure 32 : Etablissement du diagramme FAST

- L'analyse des défaillances

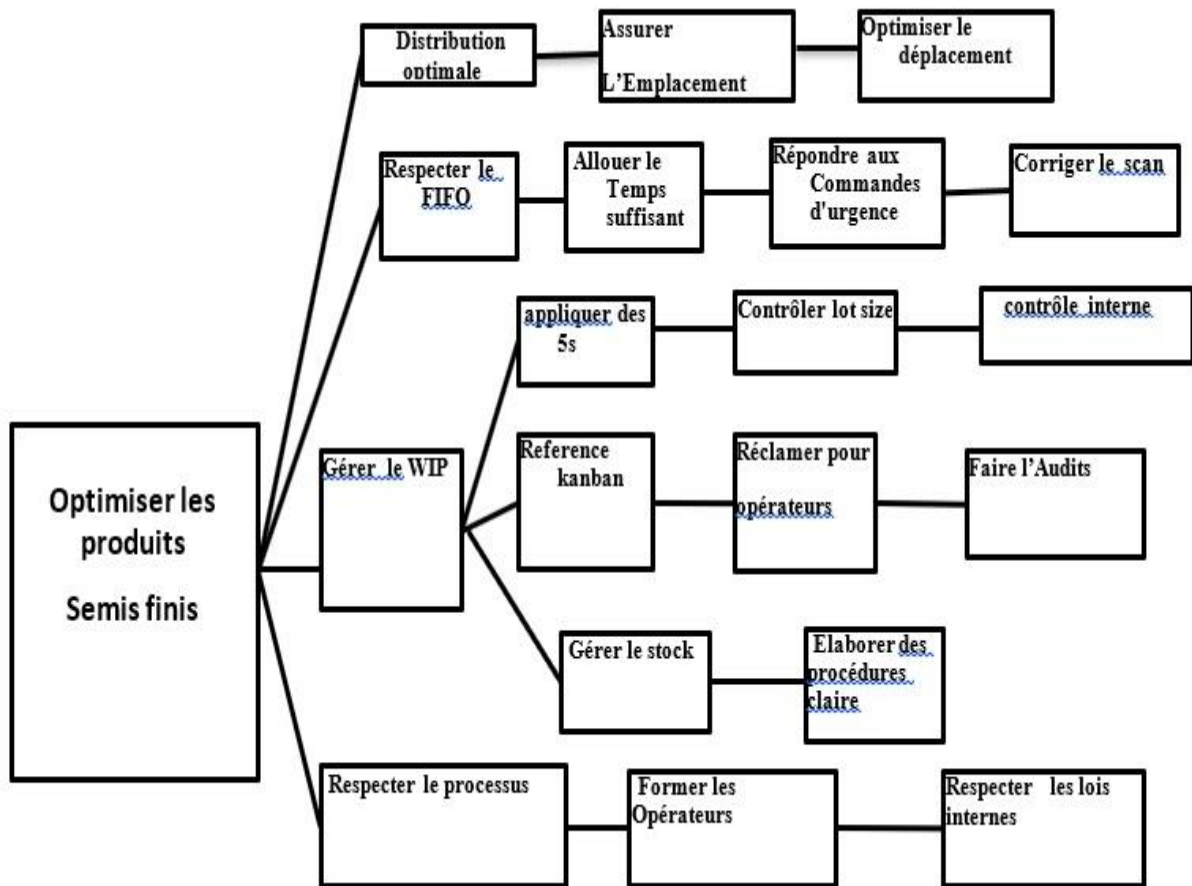


Diagramme 6 : FAST

- Le mode de défaillance

Il s'agit d'identifier les schémas du type :



Figure 33 : Processus AMDEC

Il exprime que la fonction n'est pas faite comme il faut, il y a un manque dans la satisfaction du besoin. L'analyse fonctionnelle établit les fonctions, l'AMDEC analyse chacune d'entre-elles (ou ses façons car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement.

La cause

C'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance. La défaillance est une différence par rapport au standard. Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles. On en fait



l'inventaire dans des diagrammes dits "diagrammes de causes à effets".

L'effet

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance.

Synthèse

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux :

- **La gravité**

Elle exprime l'importance de l'effet sur le déroulement du processus :

- Note 1 : Aucun effet
- Note 2 : Impact sur la production ou le système
- Note 3 : Impact sur la production et le système
- Note 4 : Risque d'arrêt de chaîne

- **La fréquence**

On estime la période à laquelle la défaillance est susceptible de se reproduire.

- Note 1 : Au moins une fois par an
- Note 2 : Au moins une fois par mois
- Note 3 : Au moins une fois par semaine
- Note 4 : Au moins une fois par jour

- **La détection**

Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème.

- Note 1 : Détection automatisée (100%)
- Note 2 : Détection humaine
- Note 3 : Détection aléatoire
- Note 4 : aucun moyen de détection

- **La criticité**

Lorsque les 3 critères ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité.

$$C = G * F * D$$

Après avoir identifié toutes les données, nous présentons ci-dessous le diagramme AMDEC du processus.



ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES ,DE LEUR EFFETS ET DE LEUR CRITICITES

Mode de défaillance	Causes	Effets	G	D	F	C	Plan d'action
Chaine P3 a besoin de SN en urgence	Operateur ne scanne pas SAP 'Scan Empty' ou le fait en retard	Perturbation P1-P2 ; Non-respect des procédures	3	2	4	32	-Sensibiliser les distributeurs -augmenter le lot size de ce SN
Pagode Surchargée 2	-Lot size élevé -Bundle posé dans un emplacement Erroné -surproduction des certains types du fils	Non-respect du FIFO -Risque d'obsolescence -Risque de Scrap	4	3	4	48	Procéder via des audits réguliers
Pagode Surchargée 3	Trop de fils à grandes sections dans la même structure	Réclamation de la production - Risque de rendre la structure instable	2	2	4	16	-Conception d'une structure pour les fils grandes sections
Distribution non optimale des fils	Mauvaise distribution par service SAP - Manque d'emplacement	Réclamation de la production - Muda (Gaspillage de temps et énergie)	4	3	4	48	-Ré-adressage des chaînes de production en essayant de mettre chaque SN devant son poste
Pagode sans adresse - Adresse erronée - SN erroné sur adresse	Déplacement structure sans informer service SAP- Faute de saisie	-Confusion du Distributeur -Manque du respect des standards	3	2	4	16	-Demander à être informé lors d'un déplacement d'une structure- Ré impression des étiquettes



<p>RLT = 24h quel que soit SN</p>	<p>Absence de classification SN - Pas de RLT spécifique à chaque SN</p>	<p>Nombre de Kanban élevé - Lot size élevé - Quantité WIP élevé</p>	<p>4</p>	<p>1</p>	<p>4</p>	<p>48</p>	<p>-Calculer temps nécessaire de production par processus- - Affecter à chaque catégorie SN un RLT spécifique</p>
<p>Déclaration par joint et pas par SNs</p>	<p>Absence de l'emplacement pour les SNs constituent le joint</p>	<p>-Pas d'impression d'ordre de production -Travail hors processus - Génération d'erreur sur système</p>	<p>2</p>	<p>1</p>	<p>4</p>	<p>12</p>	<p>-correction rapide du problème -adressage des pagodes</p>

Tableau 11 : AMDEC

Pour identifier les causes dominantes, de tous types de problèmes, nous avons recours au principe de Pareto. Le principe de Pareto, également connu sous le nom de règle des 80/20 ou classement ABC. 80 % des conséquences d'un problème résultent en générale de seulement 20 % de ses causes. Par conséquent, la méthode de Pareto est une technique simple quantifiant la gravité d'un problème et déterminer les causes les plus importantes auxquelles il faut s'attaquer. Nous trouverons dans la figure ci-dessous l'analyse Pareto de l'AMDEC.

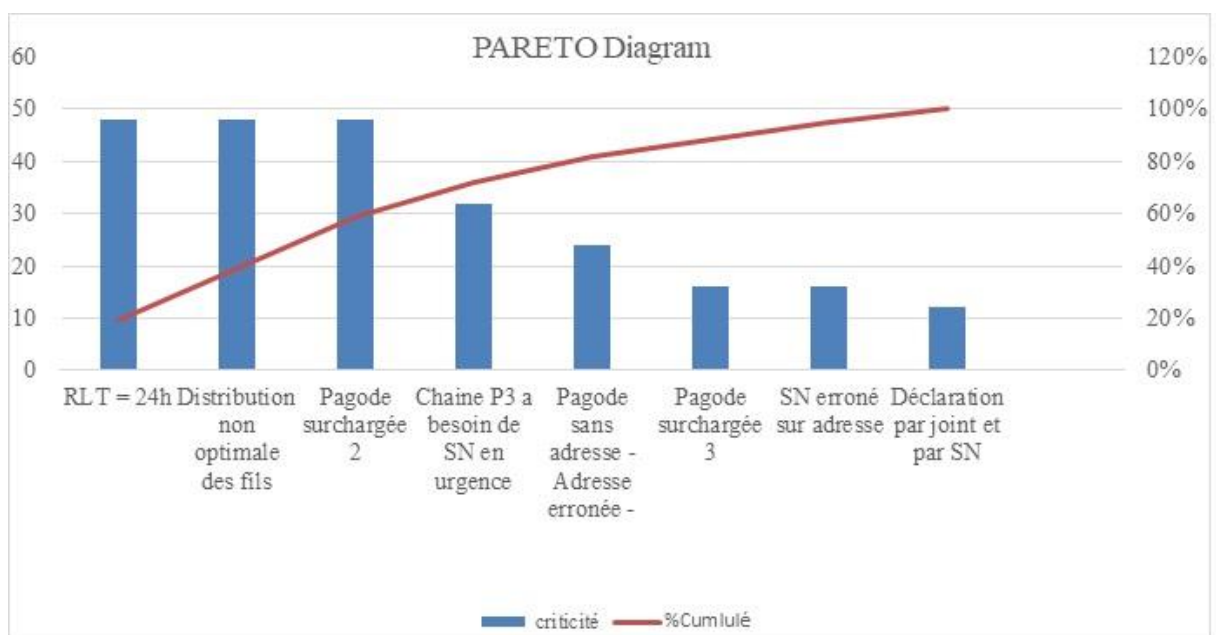


Diagramme 7 : Analyse PARETO de l'AMDEC



D'après le diagramme de Pareto, il s'avère que le problème de RLT généralisé entre tous les fils et la pagode surchargée avec des fils dont l'emplacement est loin de leurs poste d'insertion représentent un niveau de criticité élevé. En effet, le distributeur de la chaîne, une fois le besoin a été exprimé de la part de l'opérateur, cherche les fils pour les alimenter, mais en vain car la pagode est surchargée par des fils qui sont moins utilisés ou le fils se trouve loin de son poste d'insertion. Il exprime, donc, un besoin en urgence auprès de la coupe. Cette dernière produit une quantité en urgence afin d'éviter l'arrêt de la chaîne, alors qu'une quantité déjà coupée auparavant existe mais dont le distributeur ignore son emplacement. Ce scénario se répète souvent ce qui montre que l'augmentation des encours est donc inévitable.

3. Classification des fils

3.1. « Take rate »

Les chefs des projets reçoivent un fichier de la part du client, ce fichier est nommé « take rate », contient le besoin du client des câbles identifiés par un référence client(PN), ci-dessous nous présentons un exemple de « take rate ».

Famille	CHAINE	PN ACTIF	Model	Phase	Part n°
SHUNT AIRBAG	GROUPE 2 XFB	ACTIF	1540XFB PH2	MA	870195975R
PDB DGICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240180372V
PDB DGICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240182914V
PDB DGA	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240183165V
PDB DGICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240183355V
PDB DGICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240183401V
PDB DDICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240183437V
PDB DGICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240183955V
PDB DGICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240184019V
PDB DDICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240184348V
PDB DDICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240184600V
PDB DD RSICE	PDB	Actif	1540XFB PH2	MA	240184858V

Tableau 12 : Take rate du projet PDB

3.2. Matrice Kanban



Les techniciens SAP créent les références des câbles propres à YAZAKI nommée FN à travers les PN précédents, chaque FN contient plusieurs fils (SNs). La pénétration des fils se diffère d'un câble à l'autre. La disposition de la pénétration des câbles par les fils pour chaque projet est faite dans une matrice s'appelle « matrice kanban » et qui contient plusieurs d'autres éléments qui servent à fluidifier le flux de production des produits semis finis. Nous disposons dans l'annexe [4] à la page 86 un exemple de la matrice Kanban du projet PDBXFB.

Suite à cette matrice, nous proposons une classification des fils selon leurs moyens de pénétration des câbles, nous procédons par le calcul des paramètres suivants :

Moyenne arithmétique : consiste à sommer toutes les pénétrations d'un composant et diviser la somme par le nombre total de faisceaux de câble concernés.

Pénétration des composants : est le nombre de pénétration d'un composant dans tous les faisceaux de câble ; un composant peut pénétrer un câble une à plusieurs fois, comme il ne peut pas être présent dans d'autres.

Nous calculons la moyenne arithmétique selon la formule suivante :

$$\text{moyenne arithmétique} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Pénétration}}{\text{Nombre total des fils du câble}}$$

Selon cette formule, on peut classer les fils en catégories :

- < 30 % sera considéré comme « **Low Runner** ».
- >30 % sera considéré comme « **high Runner** ».

Sachant que :

High Runner : sont les références de faisceau de câble qui sont les plus commandés et produit dans les chaînes du montage.

Low Runner : sont les références de faisceau de câble commandés et produits rarement dans les chaînes de montage.

Conclusion

Lors de ce chapitre, nous avons pu découvrir les causes racines des problématiques traitées à l'aide d'une analyse des 5 M, puis nous avons fait une étude AMDEC et une analyse PARETO pour extraire les modes des défaillances les plus critiques à savoir le RLT généralisé entre tous les fils et l'emplacement des bundles loin de leurs postes d'insertion.



Chapitre V: Recherche et élaboration des solutions

Dans ce chapitre, nous allons chercher à élaborer des solutions aux problèmes évoquée dans les chapitres précédentes en se basant sur les modes de défaillances critiques trouvés avec le diagramme Pareto de l'AMDEC.



1. Réduction de lot size

1.1.Fils de type « Law Runner » et « high Runner »

Au sein de YAZAKI, la production se fait par lot et chaque lot est constitué du plusieurs bundles. Chaque bundle est constitué du deux types du fils : « High Runner », et « Law Runner ».

Nous avons fait une analyse entre les classes des fils « high Runner » et « Low Runner », entre le W44 et le W46 et nous avons conclu qu’il y a 40% de différence entre les deux classes comme le montre le graphe suivant.

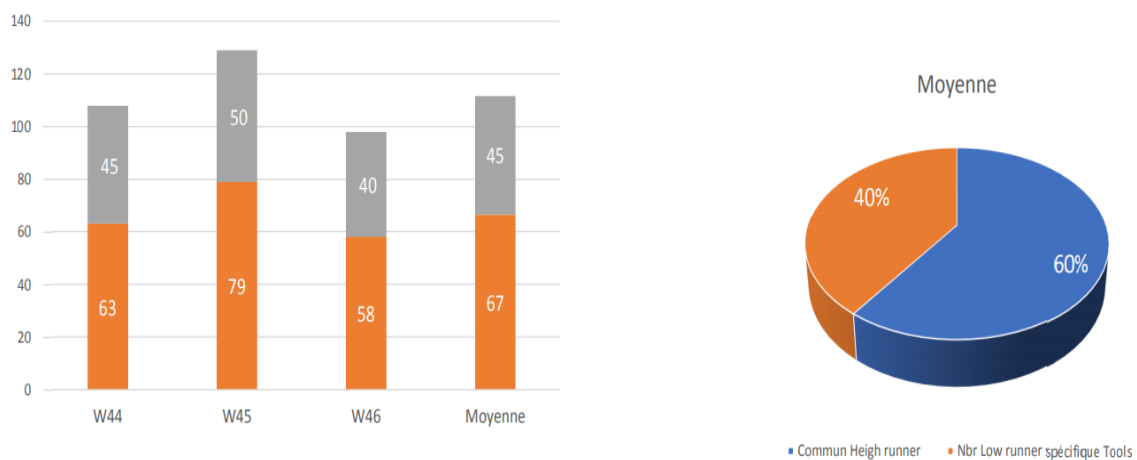


Diagramme 8 : Comparaison entre « Law Runner » et « high Runner »

Malgré 40% de différences entre les deux classes, il n’existe pas une classification des fils et ils ont les mêmes spécifications à savoir : RLT=24h.

Donc pour remédier ce problème, nous avons proposé des solutions théoriques et d’autres pratiques.

1.1.1.Modification de RLT

RLT (replishment lead time) est le temps nécessaire pour produire un lot size, en effet, tous les fils ont un RLT=24h et pour savoir le RLT optimale, Nous allons procéder premièrement par le calcul de lot size des fils en question, et la quantité sur terrain et la moyenne arithmétique. Le tableau ci-dessous montre les résultats trouvés.



SN	Lot Size	Inventaire	Moyenne Arithmétique %
S000758859	400	800	20
S000758859	400	1525	14
S000803124	1500	1860	12
S000805559	300	2275	12
S000805561	300	11658	5
S000810701	375	1021	13
S000810757	200	748	17
S000810763	200	111	18
S000810794	200	641	20
S000810795	450	975	28
S000810796	450	625	27
S000810800	450	2283	12
S000810807	450	2400	12
S000811031	300	1025	20
S000811037	300	1939	21
S000811038	300	1104	21
S000811047	300	300	80
S000811048	300	1764	20
S000812125	400	642	11
S000812349	375	440	14
S000894721	200	3825	18
S000894844	200	734	24
S000895293	300	4675	9
S000898941	200	4356	10
S001098028	200	671	30
S001137594	1700	3950	12
S001157024	300	285	20
S001181488	300	2828	11
S001931244	400	1600	15
S001931245	330	1004	14
S001931246	330	1162	11
S001931247	330	584	24
S001931248	330	309	30
S001931251	60	1041	14
S001931347	330	2003	8

Tableau 13 : Classification des fils

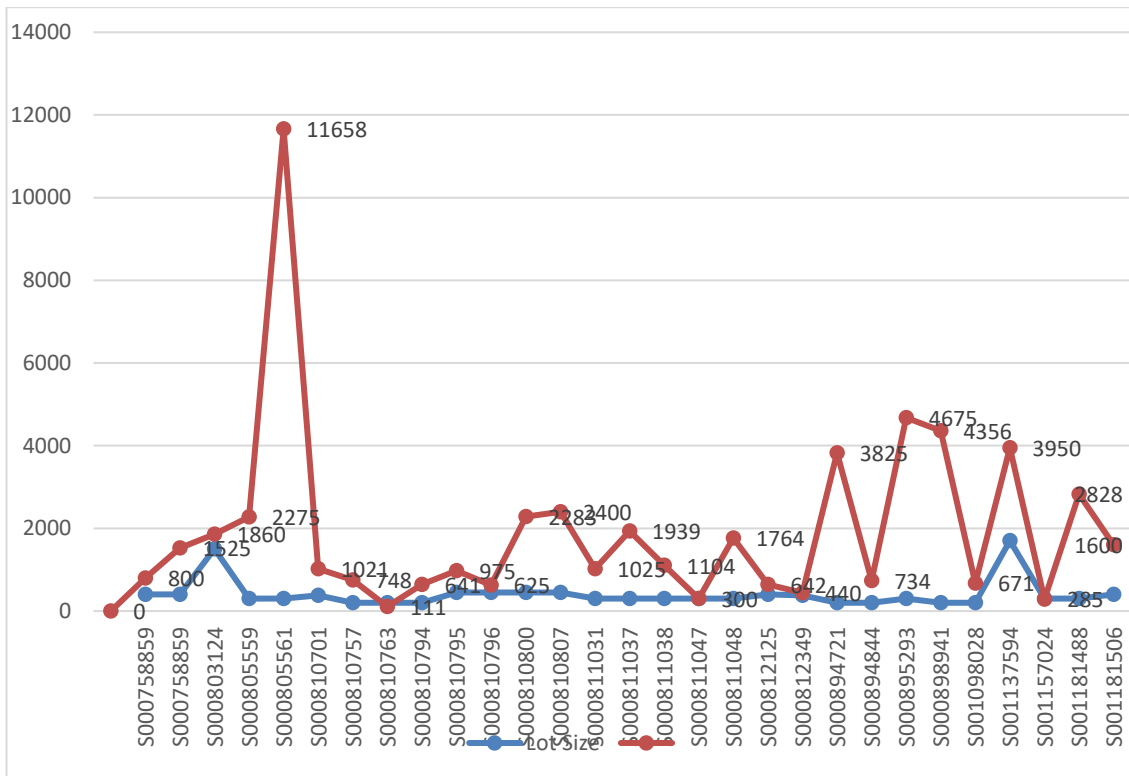


Diagramme 9 : Comparaison entre système et terrain

Nous observons que tous les fils ont une quantité très élevée sur terrain et qui dépasse largement la quantité du système, ce qui montre l'augmentation des encours.

D'après la moyenne arithmétique de tous ces fils, nous déduisons qu'ils s'agissent des « Law Runner ».

Suite aux données précédentes, nous pouvons conclure que les fils « Law Runner » contribuent plus dans l'augmentation des encours. La réduction de lot size de cette classe devient une nécessité.

Le calcul de lot size se fait suivant la relation suivante :

$$\text{Lot size} = \text{nombre de kanban} * \text{Bundle Size}$$

D'après la relation précédente, nous déduisons que pour diminuer le lot size nous devons agir sur le nombre de kanban lancé ou bien le bundle size, et comme la diminution du bundle size va augmenter la surcharge des pagodes, donc nous déduisons que le paramètre critique pour diminuer le lot size est le nombre de kanban.

Le calcul de nombre de kanban se fait suivant la relation suivante :

$$\frac{RLT * AVG * FS}{24}$$

La différence du facteur de sécurité (FS) les fils qui montre qu'il était déjà pris en considération



pour différencier entre « Law Runner » et « high Runner » dans le calcul de lot size mais il n'a pas un grand effet, or le paramètre généralisé entre tous les types du fils est le RLT, par conséquent pour réduire la quantité sur terrain, nous allons procéder sur la modification de RLT qui va réduire le nombre de kanban lancé et automatiquement le lot size. Pour les fils « Law Runner », nous trouvons dans le tableau ci-dessous le résultat trouvé avant la modification de RLT.

SN	AVG	BS	Kanban Quantité	Lot Size	RLT
S000758859	106	100	4	400	24
S000758859	106	100	4	400	24
S000803124	488	100	15	1500	24
S000805559	33	150	2	300	24
S000805561	33	150	2	300	24
S000810701	106	25	15	375	24
S000810757	40	100	8	200	24
S000810763	40	100	8	200	24
S000810794	106	25	8	200	24
S000810795	106	150	3	450	24
S000810796	106	150	3	450	24
S000810800	106	150	3	450	24
S000810807	106	150	3	450	24
S000811031	75	150	2	300	24
S000811037	75	150	2	300	24
S000811038	75	150	2	300	24
S000811047	75	100	3	300	24
S000811048	75	100	3	300	24
S000812349	90	100	2	400	24
S000894721	33	10	15	375	24
S000895293	40	25	8	200	24
S000895293	30	150	8	200	24
S000898941	40	50	9	300	24
S001098028	50	25	8	200	24
S001137594	356	150	8	200	24
S001157024	33	200	34	1700	24
S001181488	53	25	5	125	24
S001181506	90	150	2	300	24

Tableau 14 : Lot size RLT=24h

Nous remarquons que pour RLT=24h le lot size est très élevé et il engendre l'augmentation des encours. Pour réduire le lot size des fils « Low Runner », nous devons réduire le RLT à 12 h pour équilibrer entre la quantité du système et celle sur terrain. Nous trouvons ci-dessous les résultats trouvés après la modification de RLT.



SN	AVG	BS	Kanban Quantité	Nouveau Lot Size	RLT
S000758859	106	100	4	200	12
S000758859	106	100	2	200	12
S000803124	488	100	8	800	12
S000805559	33	150	2	300	12
S000805561	33	150	2	300	12
S000810701	106	25	8	200	12
S000810757	40	100	1	100	12
S000810763	40	100	1	100	12
S000810794	106	25	4	100	12
S000810795	106	150	2	300	12
S000810796	106	150	2	300	12
S000810800	106	150	2	300	12
S000810807	106	150	2	300	12
S000811031	75	150	2	300	12
S000811037	75	150	2	300	12
S000811038	75	150	2	300	12
S000811047	75	100	2	200	12
S000811048	75	100	2	200	12
S000812349	90	100	2	400	12
S000894721	33	10	8	80	12
S000894844	40	25	4	100	12
S000895293	30	150	1	150	12
S000898941	40	50	5	250	12
S001098028	50	25	4	100	12
S001137594	356	150	1	150	12
S001157024	33	200	17	850	12
S001181488	53	25	3	75	12
S001181506	90	150	1	150	12

Tableau 15 : Lot size RLT=12h

Le changement de RLT à 12h a réduit le lot size des fils par la moitié, ce qui va participer à la diminution de la quantité des encours.

La réduction de RLT de 24h à 12h va donner la possibilité de profiter des 12 heures restantes pour la production de « high Runner », ce qui fait l'augmentation de RLT à 36h pour éviter la demande d'urgence des fils dans les machines capacitaires. Nous présentons dans le tableau ci-dessous la capacité des machines pour la production d'un lot size égale 100.



N° MACHINE	Durée totale en (h)
10-AC91-143	34
11-AC91-144	42
12-AC91-145	190
13-AC91-146	64
14-AC91-147	93
15-AC91-148	24
16-AC91-149	21
17-AC91-150	79
18-AC91-151	48
19-AC91-152	25
20-AC91-153	35
21-AC91-154	16
22-AC91-155	18

Tableau 16 : Capabilité des machines

D’après les résultats trouvés, nous pouvons appliquer l’augmentation de RLT à 36 h pour les fils demandés en urgences dans les machines qui ont une durée de production supérieur ou égale à 36h à savoir : 20-AC91-149, 18-AC91-154, 17-AC91-155, 14-AC91-148, etc.

Ces actions seront appliquées, donc, dans un premier temps sur les « Law Runner » et les « high Runner » urgents de la chaine PDBXFB et puis sur la totalité des projets. Nous avons récapitulé les modifications faites dans le tableau suivant.

Type	RLT avant en h	RLT après en h
« Law Runner »	24	12
« High Runner »	24	36h pour les fils demandés en urgence

Tableau 17 : Résultats

1.1.2. Stock de sécurité

Nous avons un stock de sécurité de trois jours pour tous les fils, ce stock contribuent aussi dans l’augmentation des encours, alors pour réduire la quantité des encours nous diminuons le stock de sécurité en un jour et demi.

1.1.3. Modification de la fiche kanban

La fiche kanban est contient toutes les informations nécessaires sur un fils à savoir :

- Numéro de fils
- Machine de coupe
- Le nom de l’opérateur qui a effectué la coupe



- Sa longueur....

Plus toutes les informations précédentes, Nous proposons de mentionner sur la fiche kanban que le fils est un « Law Runner » comme le montre la figure ci-dessous.

31-263-2247		Location to:		Qty: 100
CAO No.11337333		SIPRW05C05		15.11.2019
Operator: 11495 , Aycha		Z2 C LOW RUNNER		S00137
O.B.S				
W1:YBF-B 0.5 BR				
1935 mm		P:		
10:Cutting				
S:3.800	S:	S:3.500	S:	
M:	M:	M:	M:	
10:7116487202		10:7212516502		

Figure 34 : Fiche kanban

Cette amélioration va faciliter la distribution des fils sur les pagodes et de bien contrôler le comportement des « Law Runner » afin d’optimiser et réduire le stock des « Law Runner ».

1.1.4.Nouvel adressage des pagodes

Pour faciliter la tâche du distributeur et contrôler quotidiennement le stock, nous allons modifier les adresses des « Law Runner » par l’addition de la catégorie « Law Runner » sur la pagode comme le montre la figure suivante.



Figure 35 : Adressage des emplacements « Law Runner »

Il est mentionné sur le nouvel adressage qu’il est interdit de déplacer les fils de son emplacement sauf pour l’insérer dans son poste dans sa chaîne et pas pour un autre poste dans une autre chaîne.

1.1.5. Traitement manuel des « Law Runner »

« Law Runner » sont des fils qui ont une pénétration moins de 30% dans la composition du câble, Par conséquent ils ont besoin d’un traitement différent des autres fils. Nous proposons



de les traiter d'une façon manuelle indépendante de la matrice kanban, cette méthode s'appelle « système Push » selon la boucle montrée dans la figure suivante.

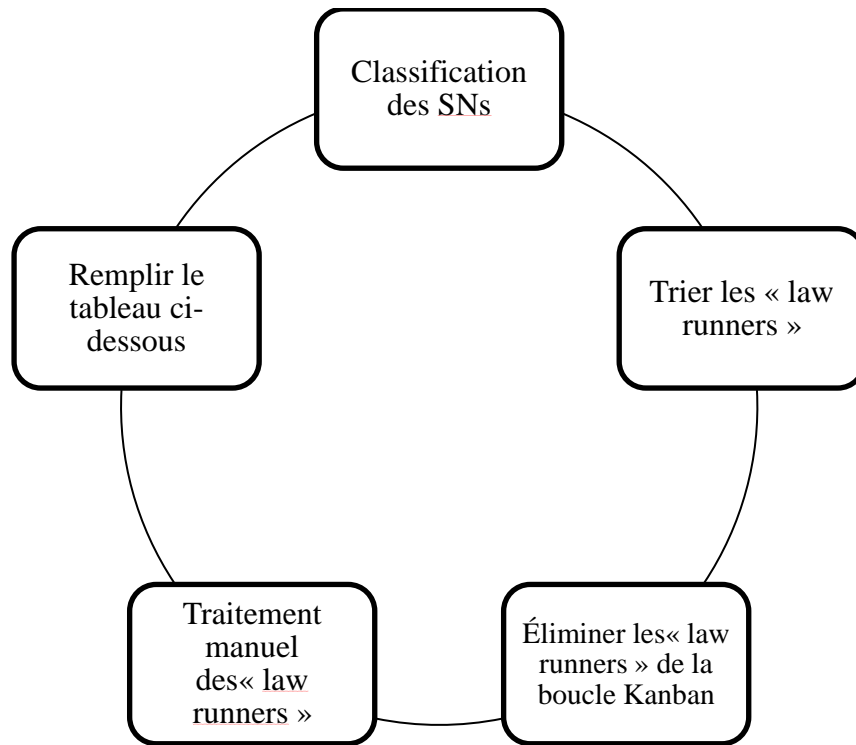


Figure 36 : Système push

Et en remplissent le tableau ci-dessous.

YAZAKI		YSFG low runner cycle count		
Line Leader				
Shift				
Date				
Project	S Number	Type	Request Qty	Qty in stock

Tableau 18 : Cycle « Law Runner »

Ce tableau nous donne la possibilité de bien contrôler les deux paramètres suivants :

- Quantité des fils « Low Runner » produite.
- Le stock.

Après une discussion avec mon encadrant, nous avons aboutis que cette solution reste faisable mais il n'est pas réalisable instantanément car l'élimination de cette classe du fil de la boucle



kanban va causer des perturbations énormes qui ont des impacts négatifs sur la production. Donc l'application de cette méthode entamera à partir de lancement d'un nouveau projet. En grosso modo, les fils des types « Law Runner » nécessitent un traitement spécifique afin de réduire leurs impacts négatifs sur la production et les encours.

2. Conception d'une nouvelle pagode

2.1. Choix des familles

La surcharge des structures parmi les problèmes majeurs au sein de la zone de production, Une pagode trop chargée risque de tomber à n'importe quel instant, et de causer non seulement des dégâts matériels mais aussi humains. Ceci dit, nous avons procédé à la résolution de ce problème, via une conception d'une nouvelle structure plus capacitaire avec les mêmes dimensions des structures existantes menée d'une étude statique

Une classification des fils par leurs sections et leurs masses a permis de détecter les références critiques, la masse d'un bundle de ces références peut atteindre 15 kg. Comme le montre le tableau de l'annexe [5] à la page 86.

2.2. Cahier de charge

Cette nouvelle pagode de fils est censée respecter les exigences suivantes :

Fonction globale :

- Supporter le poids des bundles ont une grande section.
- Supporter le maximum des fils

Au regard du **milieu physique**, la structure devra être :

- Fabriqué par des matériaux plus résistants
- Moins chère
- Des dimensions appropriées à l'utilisation.

Au regard du **milieu technique**, la structure devra être :

- Résistant au « poids » engendré par les fils de grande section.
- Capable d'assurer un minimum de place dans la chaîne afin d'économiser l'espace.
- Soumis, préalablement, à des tests pour assurer la résistance des crochets.
- Conçu avec la même matière qui existe dans le standard des équipements de YAZAKI, autres couleurs à part le blanc et le beige ne sont pas acceptables.

Au regard du **milieu humain**, la structure devra être :

- Transportable.

- Léger et sécuritaire.
- Amovible et démontable pour la réparation.

Au regard du **milieu économique**, la structure devra être :

- D'un coût raisonnable pour l'ensemble des composants.
- Fabriqué avec la possibilité de réutiliser des objets déjà existants.

Au regard du **milieu environnemental**, la structure devra être :

- Autant que possible fabriqué à partir de matériaux réutilisés, recyclés ou recyclables.
- Respecter les 5 S.

2.3. Conception d'une nouvelle structure sous Robot Structural analysis

La figure ci-dessous montre la conception proposée. C'est une structure de 3 niveaux, chacun comportant 24 crochets. Elle fait 12m de longueur, 40 cm de largeur, et 1.8m de hauteur.

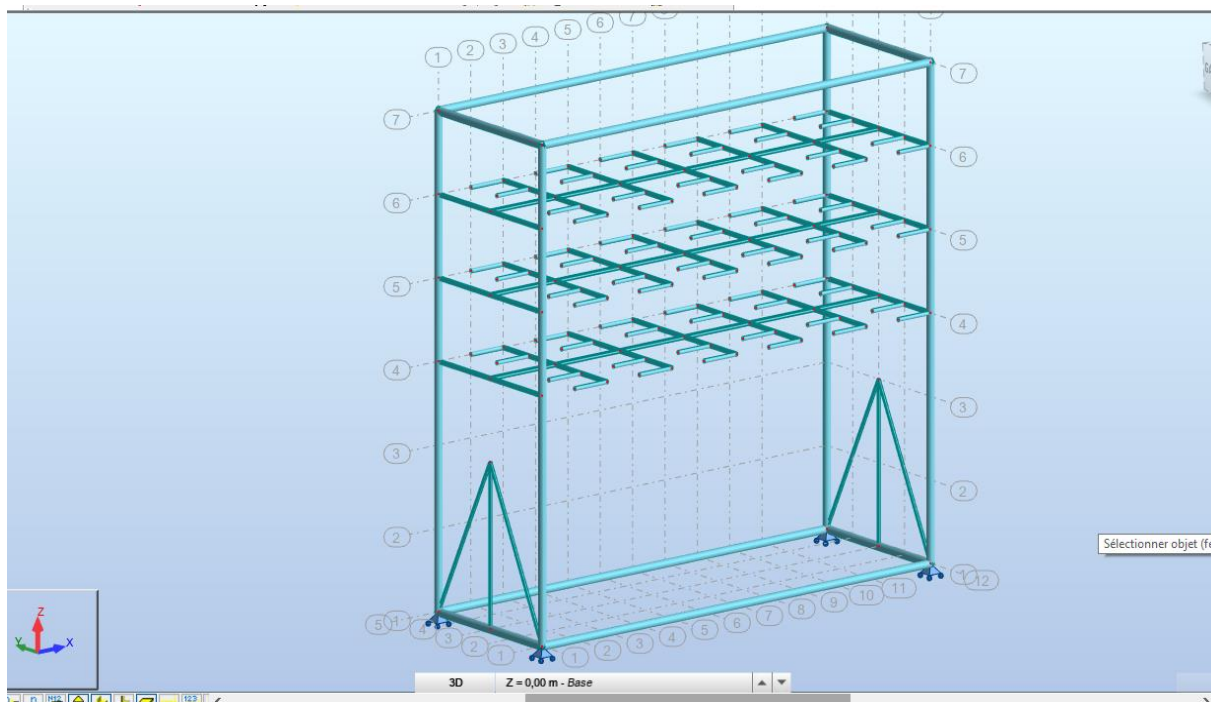


Figure 37 : Nouvelle pagode

Caractéristiques :

- Profilé : Poutre HEB (profilé horizontale), barre ronde (les petits profilés), barre (Barre HEB).
- Matériau : Acier
- Dimensions (cm) : 40*200*120
- Capacité : 72 crochets



2.4. Etude statique

Afin de garantir que notre structure est statistiquement admissible, nous avons proposé une étude statistique pour le département logistique qui était effectuée sur Robot structural analysis, nous trouvons dans l'annexe 7 à la page 88 les résultats trouvés.

D'après ces résultats, nous pouvons conclure :

- La contrainte maximale trouvée est inférieure à la contrainte maximale de l'acier.
- La déformation ne dépasse pas 2 mm.
- La structure est dans le domaine élastique.
- Tous les profilés sont corrects.

3. Optimisation de la distribution des fils par recherche opérationnelle

3.1. Formulation du problème

Les responsables SAP mentionnent que la répartition des fils sur les pagodes se fait d'une façon acceptable mais pas optimale, L'objectif est de modéliser le problème pour trouver une distribution optimale des fils sur les pagodes en tenant compte leurs classifications et leurs couleurs afin de minimiser les déplacements. Autrement dit, nous avons des entrées (la quantité des fils +le poste + la pagode) et notre objectif est trouver un résultat optimal qui est l'emplacement exact des fils (affectation des fils par pagode et poste).

3.2. Etude bibliographique

Des algorithmes d'optimisation de l'ordonnancement selon Claudi Benedetti sont :

L'algorithme de Roy : cet algorithme est destiné à un ordonnancement de plusieurs produits qui passent par au moins deux opérations par contre dans notre cas on a une seule opération (distribution).

L'algorithme de Johnson : Son objectif est de déterminer le meilleur ordre par lequel on transformera un groupe de produits, mais c'est un ordonnancement limité à deux étapes.

L'algorithme d'Affectation : dans cet algorithme on a n travaux à répartir entre n postes, le nombre de travaux étant égal le nombre de postes, c'est notre cas.

L'algorithme d'affectation consiste à établir des liens entre les éléments de deux ensembles distincts, de façon à minimiser un coût et en respectant des contraintes d'unicité de lien pour chaque élément. On considère m tâches et n agents, avec $n \geq m$. Pour tout couple (i,j) ($i = 1$ à m , $j = 1$ à n), l'affectation de la tâche i à j entraîne un coût de réalisation noté $c_{i,j}$ ($c_{i,j} \geq 0$).



Chaque tâche doit être réalisée exactement une fois et chaque agent peut réaliser au plus une tâche. Le problème consiste à affecter les tâches aux agents, de façon à minimiser le coût total de réalisation et en respectant les contraintes de réalisation des tâches et de disponibilité.[3]

3.3. Analogie

Notre problème consiste à affecter les fils aux pagodes d'une façon optimale, en respectant les liens d'unicité. On considère m fils et n pagode et poste, Pour tout triplé (i,j,k) tel que $(k(SNs)=(k=1;m))$ de $((i(\text{poste})=(j=1:n))$ Et $(j(\text{pagode})=(j=1:n))$ $(r(\text{couleur})=(r=1 :R))$ et tel que :

- m : nombre du SN par poste
- n : nombre pagode/poste
- P : moyenne arithmétique de chaque fils.
- R : le nombre de couleur

Sous les contraintes :

- Classification des fils
- Capacité des pagodes : Chaque affectation doit être effectuée une seule fois et chaque crochet supporte un seul fil.
- Chaque affectation entraîne un déplacement du distributeur.
- Deux couleurs adjacentes des fils sont différentes.

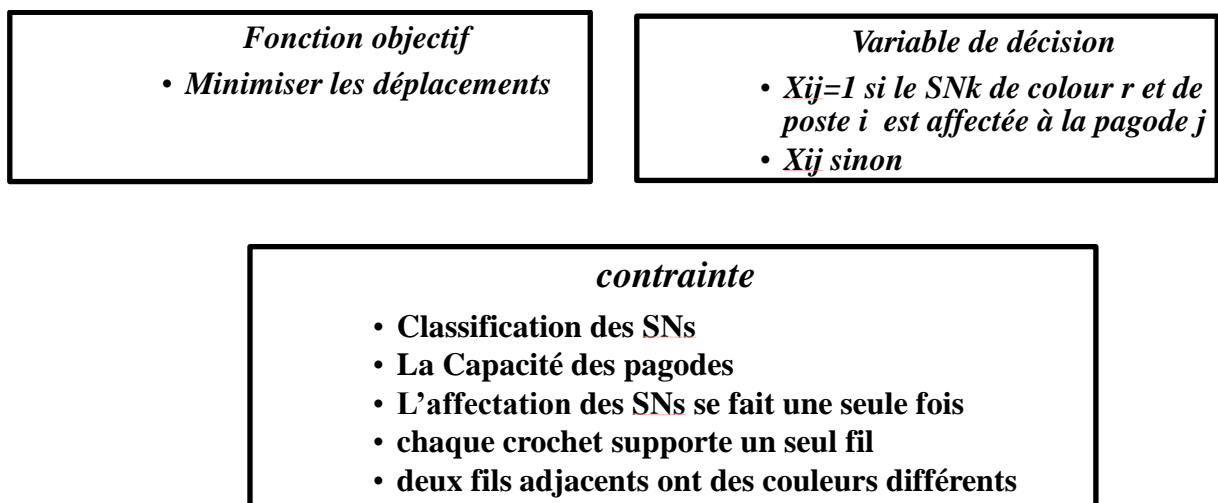


Figure 38 : Problématique

3.4. Modélisation mathématique

Soit x_{ijkr} la variable de décision :



$$x_{ijk r} = \begin{cases} 1 & \text{si } SN_k \text{ de poste } i \text{ est affecté à la pagode } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Fonction objectif :

$$\min \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R x_{i,j,k,r} * d_{i,j}$$

d_{ij} : distance entre poste i et pagode j

Sous contrainte :

- *Classification des fils*

Si le SN est « Law Runner » :

$$x_{i,j,k,r} = 0$$

Sinon

- *Respecter la capacité de chaque pagode*

$$\sum_{i=1}^n (\sum_{k=1}^m (\sum_{r=1}^R x_{i,j,k,r})) \leq N_j \quad \forall j$$

N_j : nombre total du crochet /pagode

- *Deux couleurs adjacentes sont différentes*

$$\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^R (x_{i,j,k,r} - x_{i,j,k+1,r})) = 1 \quad \forall i, k$$

- *Affectation d'un SN se fait une seule fois et il a une seule couleur*

$$\sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^R x_{i,j,k,r} = 1 \quad \forall i, k$$

Avec $x_{ijk r} \in \{0, 1\}$

3.5. Résolution du modèle mathématique**3.5.1. Méthode de résolution : algorithme génétique**

Les algorithmes génétiques sont des algorithmes d'optimisation s'appuyant sur des techniques dérivées de la génétique et de l'évolution naturelle : croisements, mutations, sélection. Pour l'utiliser, on doit disposer des cinq éléments suivants :

- Un principe de codage de l'élément de population. Cette étape associe à chacun des points de l'espace d'état une structure de données. Elle se place généralement après une phase de modélisation mathématique du problème traité. Le choix du codage des données conditionne le succès des algorithmes génétiques. Les codages binaires ont été très employés à l'origine. Les



codages réels sont désormais largement utilisés, notamment dans les domaines applicatifs, pour l'optimisation de problèmes à variables continues.

- Un mécanisme de génération de la population initiale. Ce mécanisme doit être capable de produire une population d'individus non homogène qui servira de base pour les générations futures. Le choix de la population initiale est important car il peut rendre plus ou moins rapide la convergence vers l'optimum global. Dans le cas où l'on ne connaît rien du problème à résoudre, il est essentiel que la population initiale soit répartie sur tout le domaine de recherche.

- Une fonction à optimiser. Celle-ci prend ses valeurs dans $R +$ et est appelée fitness ou fonction d'évaluation de l'individu. Celle-ci est utilisée pour sélectionner et reproduire les meilleurs individus de la population. Le principe général du fonctionnement d'un algorithme génétique est représenté sur la figure ci-dessous. [2]

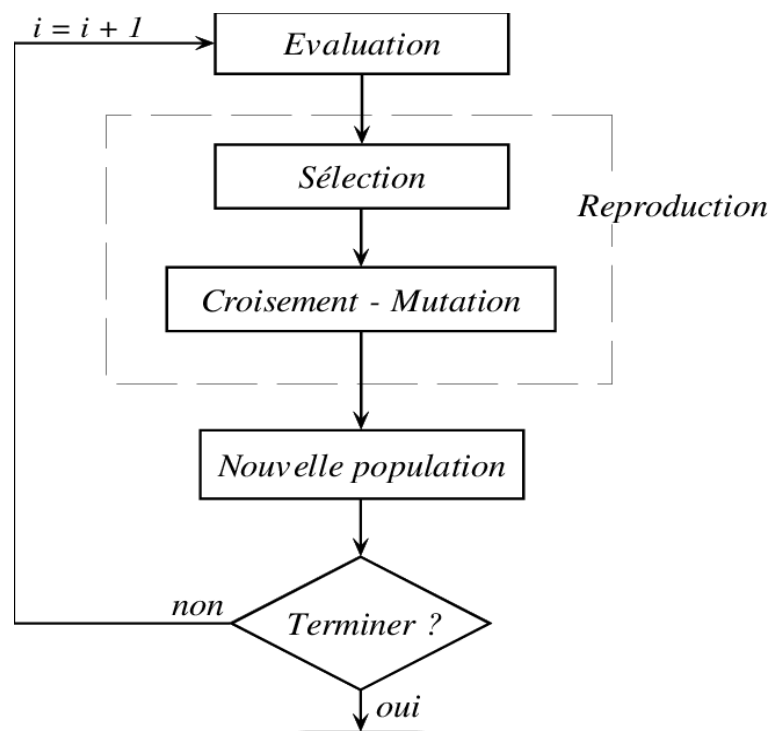


Figure 39 : Algorithme génétique

3.5.2. Logiciel C-plex

IBM ILOG CPLEX Optimization Studio regroupe un ensemble d'outils pour la programmation mathématique et la programmation par contraintes. Il associe :

- un environnement de développement intégré (Integrated Development Environment - IDE) nommé Cplex Studio IDE (sous Windows) ou oplide (sous Linux)
- un langage de modélisation : le langage OPL (Optimization Programming Language).



- deux solveurs : IBM ILOG CPLEX pour la programmation mathématique (résolution de programmes linéaires en nombres fractionnaires, mixtes ou entiers et de programmes quadratiques) et IBM ILOG CP Optimizer pour la programmation par contraintes. Par défaut c'est le solveur CPLEX qui est activé. Le langage utilisé dans Cplex Studio IDE est OPL (Optimization Programming Language).[4]

OPL fonctionne par projets car pour résoudre un modèle l'utilisateur doit créer un projet OPL dans Cplex Studio IDE qui doit contenir au minimum un fichier "modèle" et un fichier de "configuration d'exécution". En effet chaque projet est constitué de plusieurs types de fichiers :

- o fichier modèle (.mod) qui contient le modèle à résoudre
- o fichier de données (facultatif) qui contient les données pour un modèle
- o fichier de paramètres (.ops) (facultatif) qui permet de paramétrer le solveur CPLEX.[3]

3.5.3. Implémentation du modèle

La première étape est d'implémenter le modèle sur Cplex, en introduisant les contraintes, la fonction objective et les données d'entrée à savoir les valeurs des paramètres. Le modèle est implémenté au niveau du fichier (.mod). Le code Cplex de notre problématique est :

```
//data
int nombredeposte=...;
int nombredepagode=...;
int nombredesSNs=...;
int lescouleursdesfiles=...;
range n=1..nombredeposte;
range m=1..nombredepagode;
range K=1..nombredesSNs;

float D[n] [m]=...;
int N[m]=...;
int P[K]=...;
//variable

dvar boolean X[n] [m] [K] ;

//objectif

minimize sum ( i in n , j in m , k in K )D[i] [j]*X[i] [j] [k];

subject to {
  if ( forall (k in K)P[k]<0.3)
  sum ( i in n , j in m , k in K , r in R )X[i][j][k][r]==0;
  else
      forall (j in m) sum (i in n , k in K )X[i][j][k][r] <= N[j];
      forall (i in n , k in K , r in R) sum(j in m) X[i][j] [k][r] ==1;
  forall (k in K) sum(j in m) X[i][j] [k][r] != sum(j in m) X[i][j] [k+1][r];
}
```



La figure ci-dessous montre le code implémenté sur le logiciel.

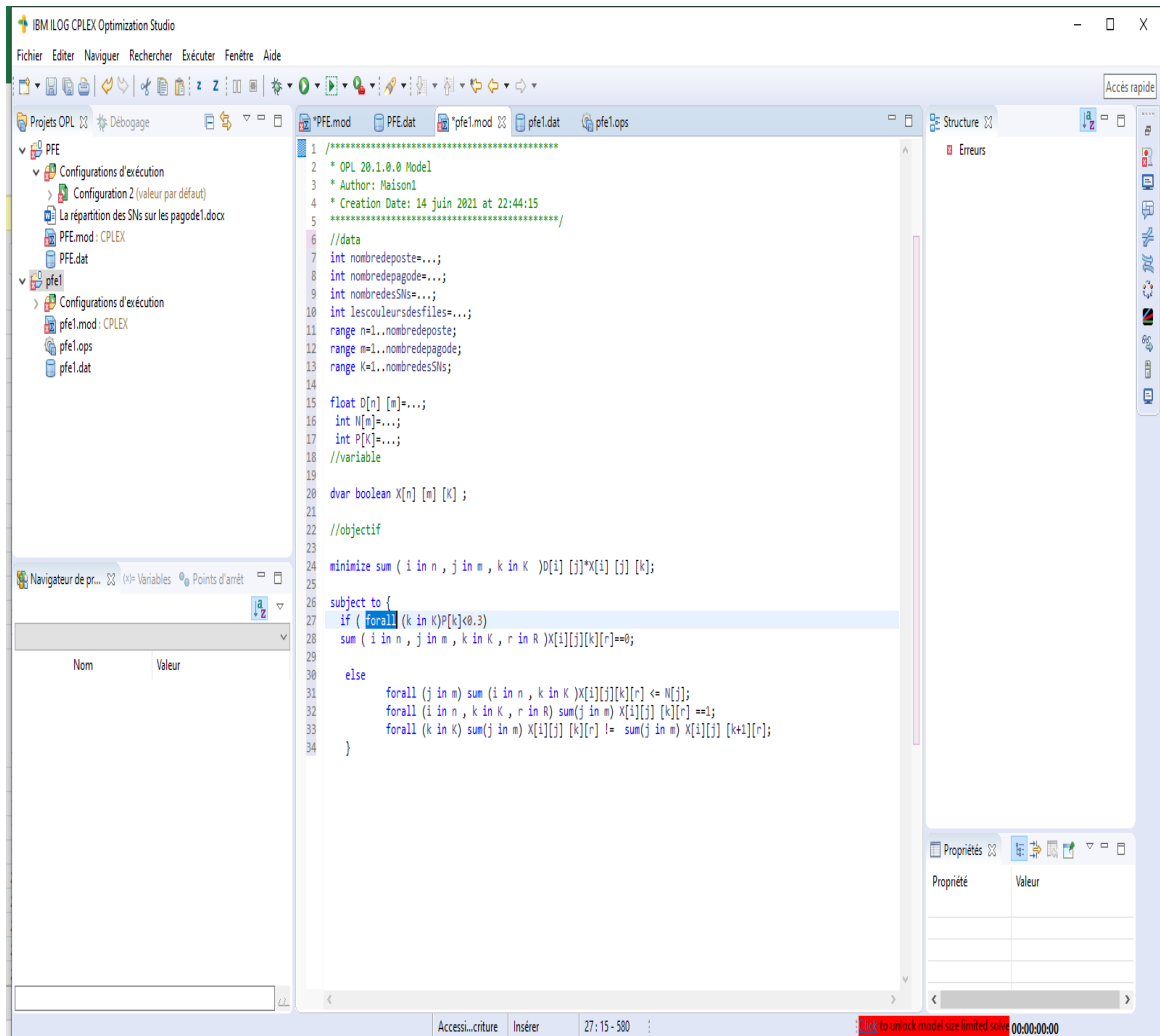


Figure 40 : Programme

Les paramètres à saisir sont :

- Nombre de poste
- Nombre de pagode
- Le nombre des fils
- La distance entre pagode et poste
- Nombre de crochet dans chaque pagode

Le fichier (.dat) est comme suit :

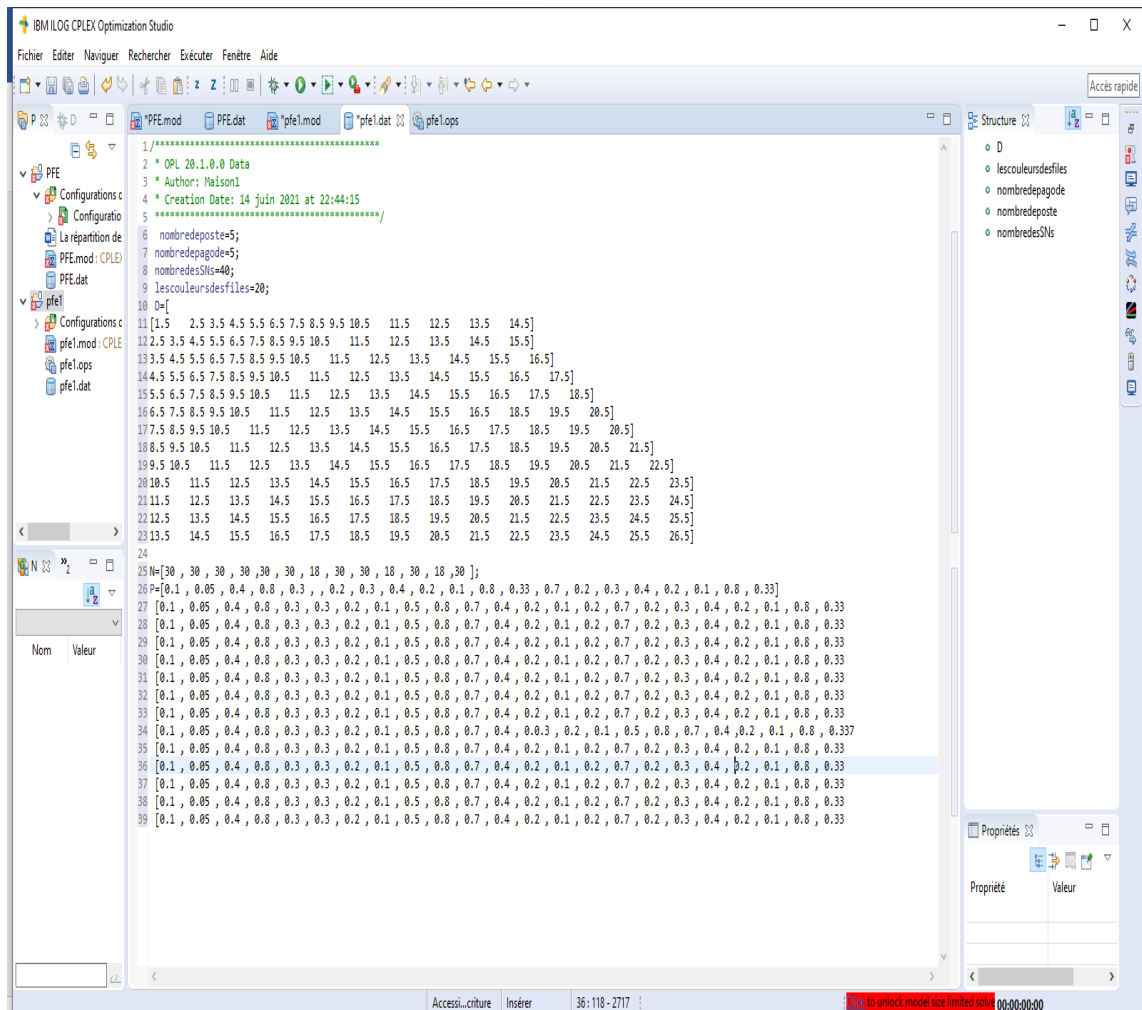


Figure 41 : Données

3.5.4. Résultat

C-plex affiche les résultats suivants annexe [6] à la page 87-88.

3.5.5. Interprétation

D'après les résultats trouvés par le logiciel, nous avons conclu que :

- La répartition optimale ne prend pas en considération les fils « Law Runner ».
- Addition des pagodes à la fin de la ligne pour l'affectation des « Law Runner ».
- La répartition optimale exige l'affectation de l'excès des fils aux pagodes qui se trouve juste après.
- L'addition d'une pagode à la fin de la ligne pour placer les fils du dernier poste
- Le déplacement minimal du distributeur est égal environ 861m.
- La répartition optimale proposée supporte le besoin de tous les postes.



Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons élaboré un ensemble d'améliorations. En effet, nous avons pu réduire le RLT des fils « Law Runner » à 12 h pour diminuer les encours. Ensuite, nous avons fait une conception et une étude statique d'une nouvelle pagode plus capacitaire. Enfin, nous avons optimisé la distribution des fils sur les pagodes de la zone P3 à l'aide d'une modélisation mathématique.



Chapitre VI: Contrôle et Estimation des gains

Ce chapitre est consacré au contrôle des solutions proposées et implémentées sur système et sur terrain, il s'agit de la phase 5 de la démarche DMAIC. C'est une occasion aussi pour quantifier les gains apportés après l'application des solutions.



1.Suivie des améliorations

1.1.Introduction

Les gains engendrés par les améliorations que nous avons suggérées se classifient en deux catégories : des gains quantifiables et des gains non quantifiables. L'objectif de ce chapitre est d'évaluer les gains escomptés suite à la mise en place des solutions proposées dans le chapitre précédent. Pour ce faire, nous commencerons par présenter l'effet de l'amélioration du paramètre RLT sur le lot size. Ensuite, nous estimerons les gains apportés lors du nouvel adressage des pagodes. Puis, nous enchaînerons sur la comparaison entre les distances parcourues par le distributeur avant et après l'implémentation des solutions. Puis, nous présenterons les gains procurés de la réduction du nombre d'opérateurs

1.2.Action de réduction de RLT

La modification de RLT est une solution qui a apportées des gains en deux niveaux, d'une part la réduction de lot size des « Law Runner » comme le montre les figures ci-dessous.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	SN	MRP Prof	Project	Family	GAP MAX-AVG	Material Group	MAX GLB	MAX TRS	Max	AVG GLB	AVG TRS	AVG	BS	Safety Fator	RLT	N° Of Kanabn	Lot Size	New LotSize	New N° of KANABN	working day	KANB
2	S000758859	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	100	3	24	4	400	400	4	3	
3	S000758859	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	100	3	24	4	400	300	3	3	
4	S000803124	A221	JFC PH II	FAGO JFC	0,024	Simple Circuit	500	500	500	488	488	488	100	3	24	15	1500	1500	15	4	
5	S000805559	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Simple Circuit	36	36	36	33	33	33	150	3	24	2	300	300	2	2	
6	S000805561	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Simple Circuit	36	36	36	33	33	33	150	3	24	2	300	300	2	2	
7	S000810701	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	25	3	24	15	375	375	15	3	
8	S000810757	A221	XFA	AVM XFA	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	#N/A	3	24	0	0	0	#N/A	0	#N/
9	S000810763	A221	XFA	AVM XFA	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	#N/A	3	24	0	0	0	#N/A	0	#N/
10	S000810794	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	24	3	450	450	3	3	
11	S000810795	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	24	3	450	450	3	3	
12	S000810796	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	24	3	450	450	3	3	
13	S000810800	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	24	3	450	450	3	3	
14	S000810807	A221	XFA	AVM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	24	3	450	450	3	3	
15	S000811031	A221	JFC PH II	HAYON JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	150	3	24	2	300	300	2	1	
16	S000811037	A221	JFC PH II	HAYON JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	150	3	24	2	300	300	2	1	
17	S000811038	A221	JFC PH II	HAYON JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	150	3	24	2	300	300	2	1	
18	S000811047	A221	JFC PH II	HAYON JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	100	3	24	3	300	300	3	1	
19	S000811048	A221	JFC PH II	HAYON JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	100	3	24	3	300	300	3	1	
20	S000812125	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	200	3	24	2	400	400	2	4	
21	S000812349	A221	XFA	PDB DG XFA	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	25	3	24	15	375	375	15	4	
22	S000894721	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Simple Circuit	0	36	36	0	33	33	#N/A	3	24	0	0	0	#N/A	0	#N/
23	S000894844	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	100	3	24	0	0	0	0	0	0
24	S000895293	A221	XFA	PDB DG XFA	0	Twist Wire SFG	30	30	30	30	30	30	10	3	24	9	90	300	30	1	
25	S000898941	A221	XFA	DIRECTION ASSISTEE	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	25	4	24	0	0	0	0	0	0
26	S001098028	A221	JFC PH II	COSLAD JFC	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	150	3	24	0	0	0	0	0	0
27	S001137594	A221	X1ONEO	Porte CDC	0,152380952	Simple Circuit	420	0	420	356	0	356	50	4	24	34	1700	1700	34	7	
28	S001157024	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Cut Cable	36	36	36	33	33	33	25	3	24	5	125	300	12	2	
29	S001181488	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,116666667	Simple Circuit	60	60	60	53	53	53	150	3	24	2	300	300	2	4	
30	S001181506	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	200	3	24	2	400	400	2	4	
31	S001181507	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	0	120	120	0	90	90	#N/A	3	24	0	0	0	#N/A	0	#N/
32	S001181512	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	240	240	240	180	180	180	150	3	24	5	750	750	5	4	
33	S001181523	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	50	3	24	8	400	400	8	4	
34	S001181524	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	50	3	24	8	400	400	8	4	

Figure 42 : Matrice kanban avant



1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
SN law runner	MRP Prof	Project	Family	GAP MAX-AVG	Material Group	MAX GLB	MAX TRS	Max	AVG GLB	AVG TRS	AVG	BS	Safety Fator	RLT	N° Of Kanabn	Lot Size	New LotSize	New N° of KANABN	working day	KANB	
2	S000758859	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	100	3	12	2	200	300	3	3	
3	S000758859	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	100	3	12	2	200	300	3	3	
4	S000803124	A221	JFC PH II	FAGO JFC	0,024	Simple Circuit	500	500	500	488	488	488	100	3	12	8	800	800	8	4	
5	S000805559	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Simple Circuit	36	36	36	33	33	33	150	3	12	2	300	300	2	2	
6	S000805561	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Simple Circuit	36	36	36	33	33	33	150	3	12	2	300	300	2	2	
7	S000810701	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	25	3	12	8	200	300	12	3	
8	S000810757	A221	XFA	AVIM XFA	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	#N/A	3	12	0	0	0	#N/A	0	
9	S000810763	A221	XFA	AVIM XFA	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	#N/A	3	12	0	0	0	#N/A	#N/A	
10	S000810794	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	12	2	300	300	2	3	
11	S000810795	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	12	2	300	300	2	3	
12	S000810796	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	12	2	300	300	2	3	
13	S000810800	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	12	2	300	300	2	3	
14	S000810807	A221	XFA	AVIM XFA	0,116666667	Simple Circuit	120	0	120	106	0	106	150	3	12	2	300	300	2	3	
15	S000811031	A221	JFC PH II	HAVION JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	150	3	12	2	300	300	2	1	
16	S000811037	A221	JFC PH II	HAVION JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	150	3	12	2	300	300	2	1	
17	S000811038	A221	JFC PH II	HAVION JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	150	3	12	2	300	300	2	1	
18	S000811047	A221	JFC PH II	HAVION JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	100	3	12	2	300	300	3	1	
19	S000811048	A221	JFC PH II	HAVION JFC	0	Simple Circuit	75	75	75	75	75	75	100	3	12	2	300	300	3	1	
20	S000812125	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	200	3	12	2	400	400	2	4	
21	S000812349	A221	XFA	PDB DG XFA	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	25	3	12	8	375	375	15	4	
22	S000894721	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Simple Circuit	0	36	36	0	33	33	#N/A	3	12	0	0	0	#N/A	0	
23	S000894844	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	100	3	12	0	0	0	0	0	
24	S000895299	A221	XFA	PDB DG XFA	0	Twist Wire SFG	30	30	30	30	30	30	10	3	12	5	90	300	30	1	
25	S000898941	A221	XFA	DIRECTION ASSISTEE	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	25	4	12	0	0	0	0	0	
26	S001098028	A221	JFC PH II	COSLAD JFC	0	Simple Circuit	0	0	0	0	0	0	150	3	12	0	0	0	0	0	
27	S001137594	A221	X1ONEO	Porte CDC	0,152380952	Simple Circuit	420	0	420	356	0	356	50	4	12	17	850	850	17	7	
28	S001157024	A221	JFC PH II	ARRIERE JFC	0,083333333	Cut Cable	36	36	36	33	33	33	25	3	12	3	125	300	12	2	
29	S001181488	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,116666667	Simple Circuit	60	60	60	53	53	53	150	3	12	2	300	300	2	4	
30	S001181506	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	200	3	12	2	400	400	2	4	
31	S001181507	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	0	120	120	0	90	90	#N/A	3	12	0	0	0	#N/A	#N/A	
32	S001181512	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	240	240	240	180	180	180	150	3	12	5	750	750	5	4	
33	S001181523	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	50	3	12	8	400	400	8	4	
34	S001181524	A221	XFA	PDB XFA-DG	0,25	Simple Circuit	120	120	120	90	90	90	50	3	12	8	400	400	8	4	

Figure 43 : Matrice Kanban Après

La modification de RLT entraine la réduction du lot size, comme le montre le tableau ci-dessous.

Type des SNs	RLT avant	RLT après	Lot size avant	Lot size après
Law Runner	24	12	1000	500

Tableau 19 : Diminution du lot size

Le gain en dirhams est présenté dans le tableau ci-dessous.

totale avant	Valeur totale après	Gain /jour
500 540,72 MAD	200 147.56MAD	300393.16MAD

Tableau 20 : Gain estimés

D'une autre part, avant l'application de cette solution lors de nos mesures, la valeur du WIP montre l'existence d'un stock supérieur à 3 jours, mais avec la réduction de RLT à 12h pour les « Law Runner » nous estimons une diminution énorme dans la valeur des encours, En effet la valeur de stock maximale est passée de 3.3 jours de stock chiffré à 200000 € à 1.7 jours de stock chiffré à 140780 €, soit une réduction de 59220 €, équivalent à 651420 dirhams, comme le montre le graphe ci-dessous.

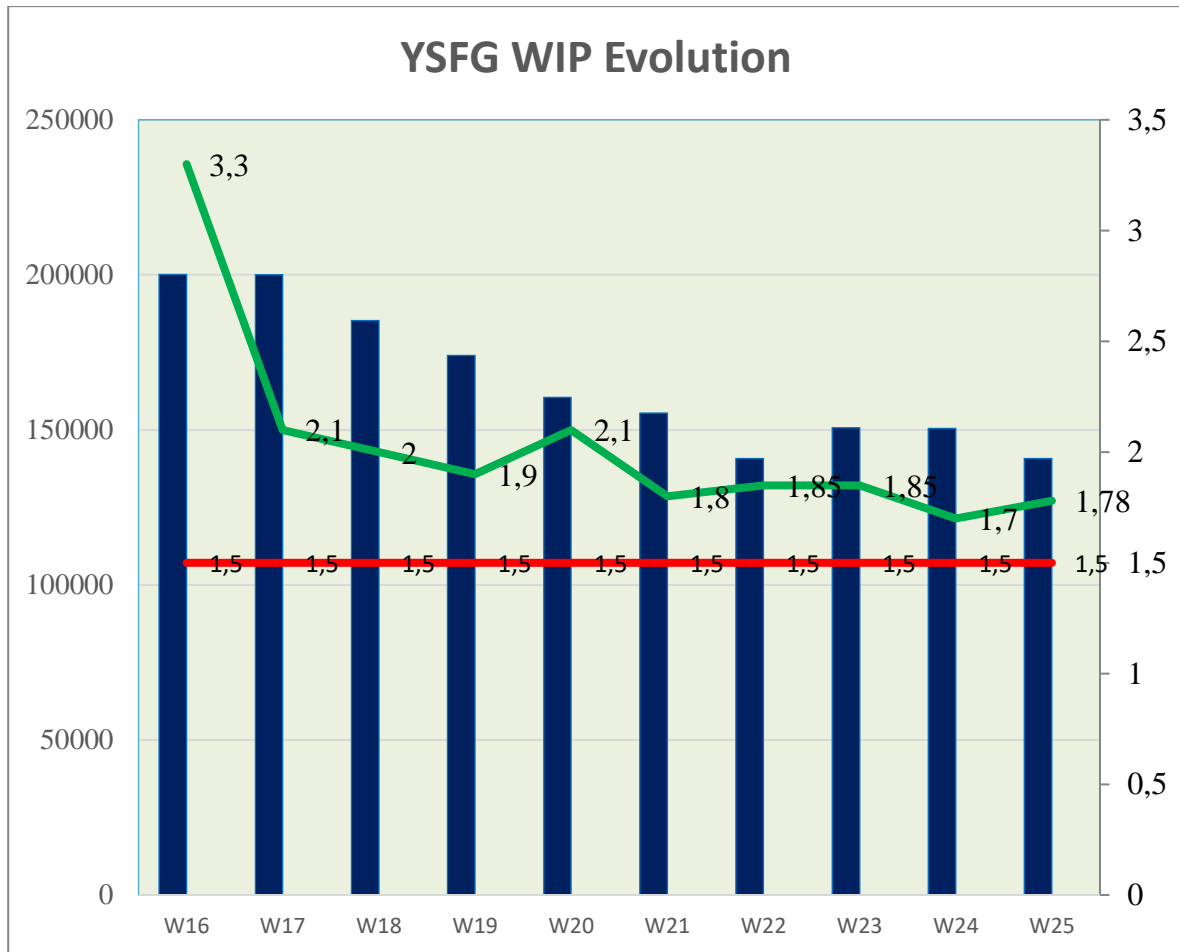


Diagramme 10 : Evolution WIP

1.3. Action de nouvel adressage des pagodes

Le nouvel adressage des pagodes permet de bien contrôler les « Law Runner » par un inventaire hebdomadaire.

1.4. Action d'Optimisation de la distribution des fils sur les pagodes

L'optimisation de la distribution des fils a un grand impact sur le travail des distributeurs car elle a facilité la distribution comme le montre La figure ci-dessous.

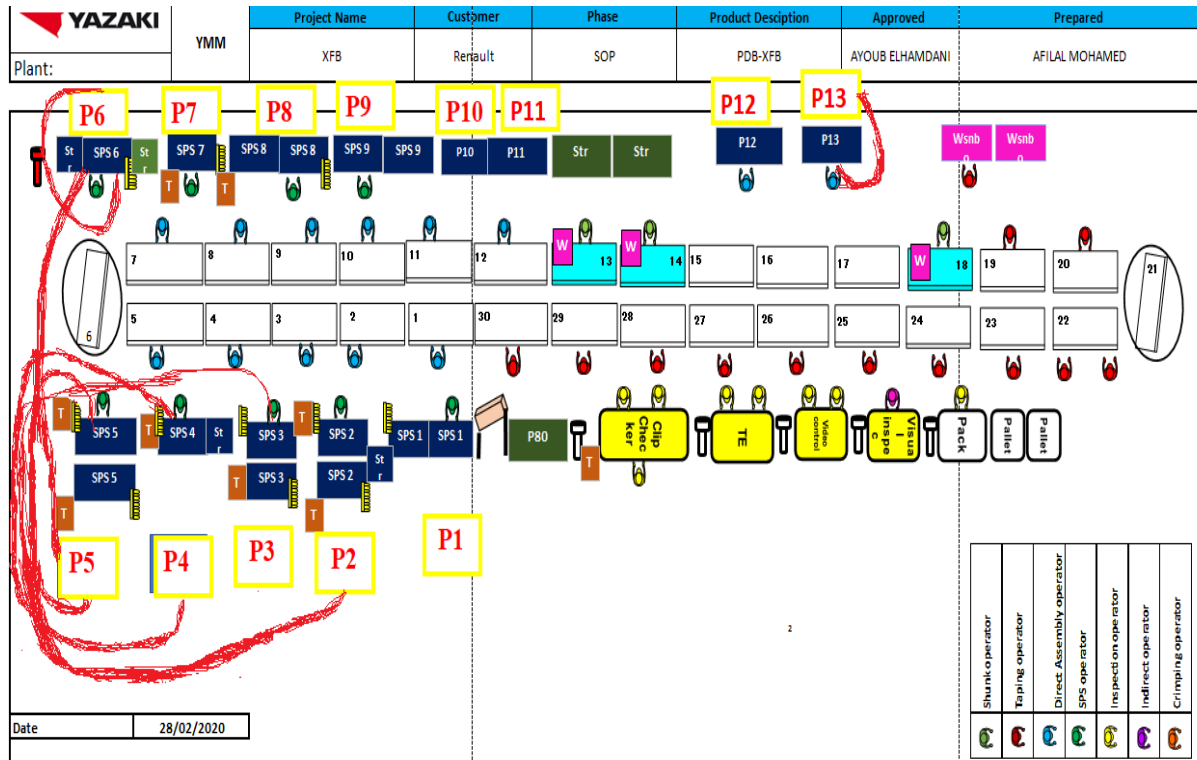


Diagramme 11 : Nouveau Diagramme Spaghetti

Après l’application de la solution, nous avons répété le même travail avec le même distributeur et nous avons trouvé les résultats résumés tableau ci-dessous.

Postes alimentés	Distance (m)	Temps (min)
1-3-4-6	75	70
5-7-9-8	45	43
7-2-12-11	80	74
4-6-8-1	65	59
3-7-9-12	75	71
Total	340	317

Tableau 21 : Distance parcourue et temps de la nouvelle distribution

Après la comparaison entre les résultats du tableau 11 et le tableau 21, nous avons pu économiser 760 min du temps effectué lors de l’ancienne distribution dans un shift. Nous présentons dans le tableau ci-dessous une comparaison entre l’ancienne distribution et la distribution optimale.



	Distance(m)	Temps(min)
Ancienne distribution	1010	1077
Nouvelle distribution	340	317

Tableau 22 : Comparaison des résultats avant et après l'application de la solution

Avec cette grande réduction du temps de la distribution des fils sur les postes, nous avons pu affecter un distributeur pour alimenter trois chaînes adjacentes.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons estimé l'ensemble des résultats obtenus et les gains réalisés, en effet la valeur de stock maximale est passée de 3.3 jours de stock chiffré à 200000 € à 1.7 jours de stock chiffré à 140780 €, soit une réduction de 59220 €, équivalent à 651420 dirhams et le temps de la distribution des fils sur les postes a été diminué, par conséquent nous avons affecté un seul distributeur à l'alimentation de trois chaînes adjacentes.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études au sein de la société YAZAKI MORROCCO MEKNES a été l'occasion de mettre en œuvre un certain nombre de connaissances. L'opportunité choisit à l'aide d'un vote pondéré avec l'équipe du projet était : « Optimisation des produits semi-finis par l'amélioration du service SAP » car ce dernier subit beaucoup de perturbations.

L'objectif qui a été fixé est de diminuer les encours et améliorer la distribution de la zone P3 et pour bien réaliser ces objectifs, nous avons mené notre travail par l'adoption de la démarche d'amélioration DMAIC (définir, mesurer, analyser, innover/améliorer, contrôler). Ains, nous avons commencé en premier lieu par une définition de la problématique et le cadrage du projet par l'identification des opportunités et l'allocation des ressources. Afin de définir l'état actuel, nous avons construit nos mesures sur les fluctuations de la production, des inventaires et le calcul des déplacements effectués par le distributeur. La démarche suivie nous a permis de bien visualiser l'état actuel afin d'élaborer des analyses pertinentes permettant d'une part de prendre conscience des contraintes présentes sur le terrain et d'autre part d'identifier les actions sans valeur ajoutée qui pénalisent la matrice kanban et perturbent les déplacements du distributeur.

Après l'identification des modes de défaillance grâce au diagramme Ishikawa, nous avons pu à l'aide de l'analyse Pareto de l'AMDEC extraire ceux qui sont les plus critiques à savoir le RLT généralisé entre tous les fils, la surcharge des pagodes et la distribution non optimale des fils sur les pagodes de la zone P3. La différence de la pénétration des fils dans les câbles impose à faire une classification des fils selon leurs compositions en deux grandes classes. A cet effet, nous avons commencé notre plan d'action par une comparaison entre les deux classes des fils qui a montré l'existence du 40% de différence et par la suite nous avons détecté que le RLT est le paramètre le plus critique de la matrice kanban et qui nécessite une diminution de 24h à 12h pour les « Law Runner » afin de réduire le lot size et bien entendu les encours. Concernant les pagodes surchargées, nous avons fait une conception et une étude statique d'une structure qui est plus capacitaire et qui a les mêmes dimensions. Et en plus, A l'aide d'une modélisation mathématique, nous avons pu trouver une distribution optimale des fils sur les pagodes de la zone P3 prenant en considération la capacité des pagodes et la couleur des fils.

Finalement, la mise en place des actions a participé à la réduction des encours qui ont diminué de 3.3 jours de stock à 1.7 jours, une diminution chiffrée à une centaines milliers du dirham, et la réduction du temps de la distribution qui a permis de diminuer le nombre de distributeur dans l'alimentation des chaines de la zone P3.

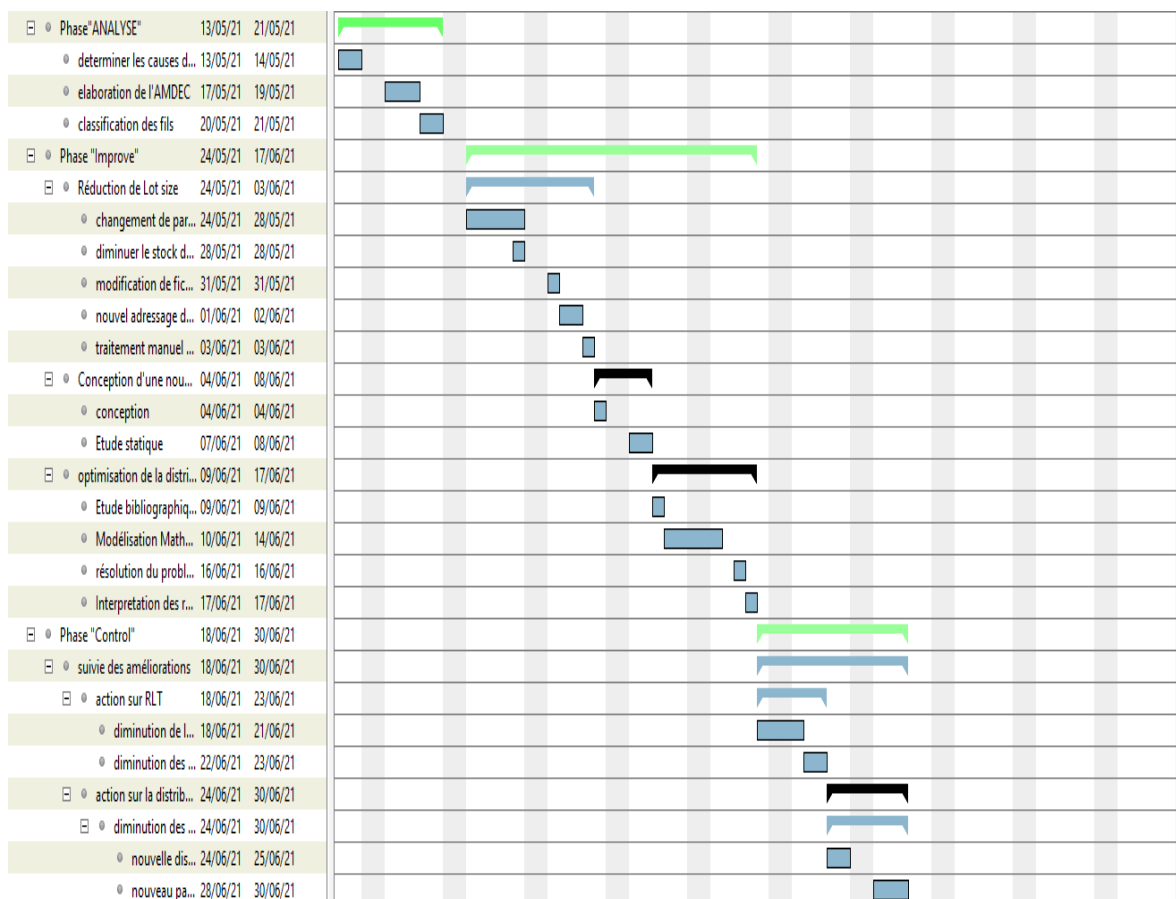
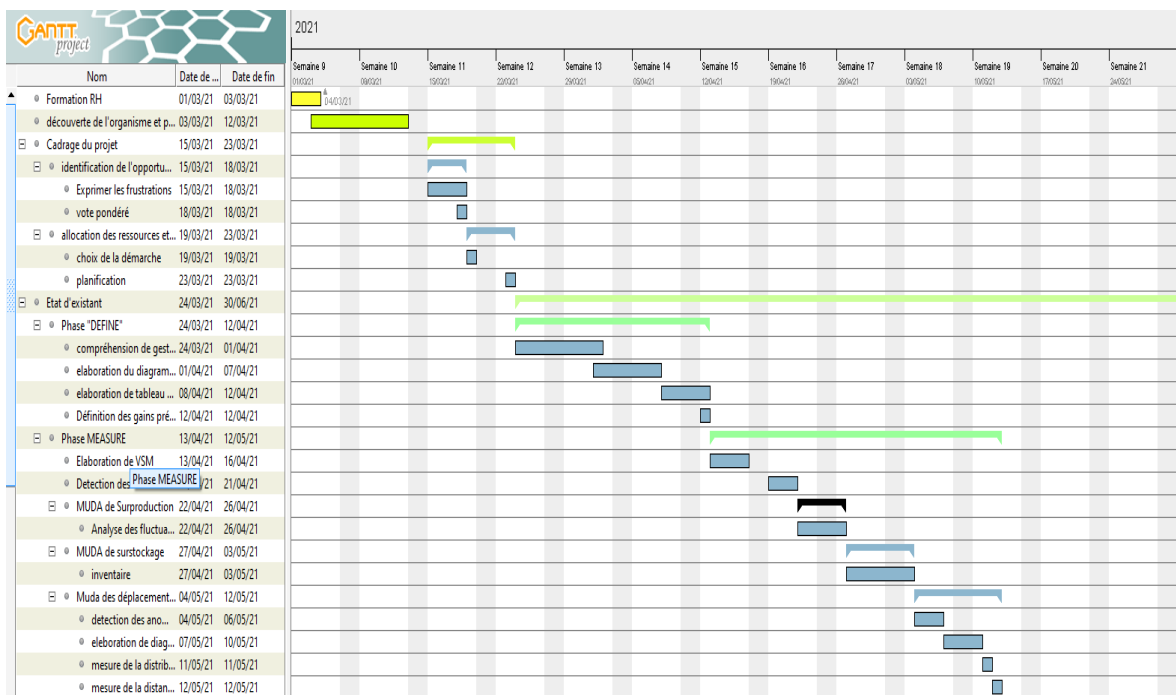
Les résultats obtenus ont satisfait l'ensemble de l'équipe du projet. Ceci ne signifie pas pour autant que ce travail s'arrêtera à ce niveau, la démarche d'amélioration du service SAP sera poursuivie par l'automatisation de tout le travail fait dans ce projet pour faciliter les tâches des techniciens et les responsables SAP par une application VBA. Ainsi, cette continuation fera l'objet d'un sujet intitulé « automatisation d'optimisation des produits semi-finis par une application VBA » qui va être traité dans un nouveau stage au sein de service SAP à YAZAKI MOROCCO MEKNES.

Bibliographie

- [1] <https://midjob.wordpress.com/2021/04/30/yazaki> (consulté le 30-04-2021)
- [2] hristian.hohmann.free.fr/index.php/lean-en-conception-et-developpement/les-basiques-du-lean-en-conception-et-developpement/169-design-for-six-sigma <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00007983/document> 5 (consulté le 27-05-2021)
- [3] BM ILOG CPLEX Optimization Studio : Une ... – LIMOS, Edition 2018, page 50.
- [4] Pr Ahmed aboutajeddine, cours product and development, page 60.
- [5] Pr Jalil Abouchitta, cours de gestion de la production, page 50.
- [6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_causes_et_effets (consulté 05-05-2021).
- [7] https://fr.wikipedia.org/wiki/Work_in_progress (consulté le 13-04-2021)
- [8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Function_analysis_system_technique (consulté 05-05-2021).

ANNEXE

Annexe 1 : Diagramme Gantt



Annexe 2 : inventaire

5	Row Labels	YMM 1st C	YMM 2nd C	YMM 3rd C	Tot Qty YMM
6	S000758859	1425	1400	0	1525
7	S000758859	1650	1650	0	1860
8	S000803124	2250	2275	0	2275
9	S000805559	11300	11600	0	11658
10	S000805561	1000	975	0	1021
11	S000810701	675	675	0	748
12	S000810757	150	20	0	111
13	S000810763	625	600	0	641
14	S000810794	975	950	0	975
15	S000810795	450	475	0	625
16	S000810796	2000	1900	0	2283
17	S000810800	2600	2400	2400	2400
18	S000810807	1025	1000	1000	1025
19	S000811031	1600	1600	0	1939
20	S000811037	1800	1100	1050	1104
21	S000811038	0	300	300	300
22	S000811047	2000	1400	1450	1764
23	S000811048	625	625	0	642
24	S000812125	400	400	0	440
25	S000812349	3650	3825	0	3825
26	S000894721	650	650	0	734
27	S000894844	4675	4625	0	4675
28	S000895293	4150	4350	0	4356
29	S000898941	650	625	0	671
30	S001098028	3400	3950	3950	3950
31	S001137594	225	225	0	285
32	S001157024	2800	2800	0	2828
33	S001181488	1600	1750	1600	1600
34	S001181506	575	575	0	576
35	S004767567	595	625	0	713
36	S005557180	200	200	0	207
37	S003761969	2200	1750	2300	2320
38	S003720607	6800	6800	0	6900
39	S004415549	450	975	925	981
40	S005123383	275	275	0	368
41	S005147138	100	100	0	693
42	S002795312	325	325	0	387
43	S002329293	650	2500	2550	2602
44	S004560301	0	250	250	262
45	S003383894	375	375	0	395
46	s002138498	2250	3750	2200	2450
47	S004918631	950	950	0	1019
48	S004417986	10900	8800	9200	9200
49	S004654787	200	1800	1800	1800
50	S005295843	2100	4600	4600	4600
51	S003484669	200	200	0	750
52	S004788075	1375	1300	0	1375
53	S005294517	2600	2700	0	2919
54	S004415360	4800	4561	0	4860
55	S005973764	175	175	0	175
56	S001685643	900	910	0	976
57	S004415200	2275	1450	2350	2450
58	S005917026	1000	950	325	1045

Annexe 3 : l'affectation des fils par poste et par pagode de la chaine PDB XFB

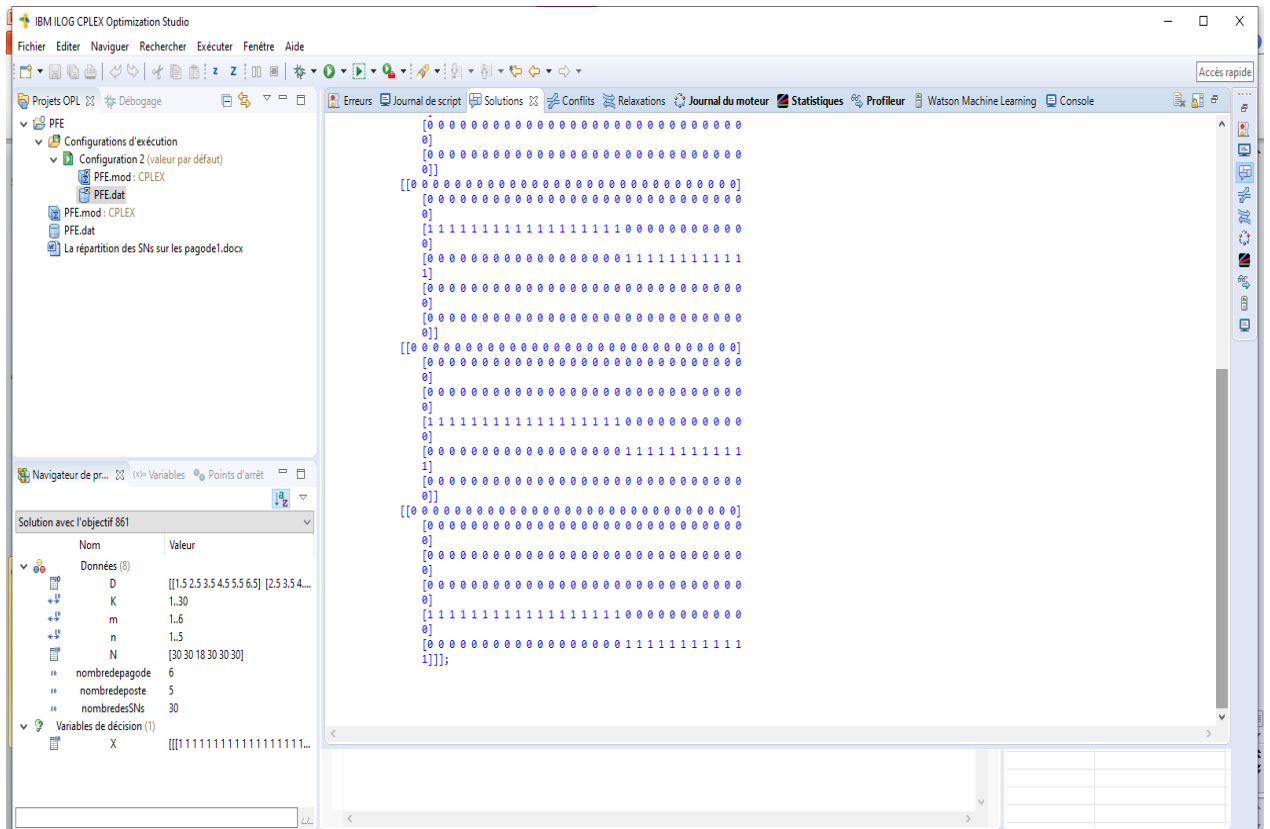
Material	Material Description	POSTE	chaine2	MRP profile
S005363455	Super Group 003 See drawing	POSTE11	chaine2	A210
S005122471	Circuit 0199 NF3Z 0.5 B	SPS2	chaine2	A210
S005122470	Circuit 0181 NF3Z 0.5 B	SPS9	chaine2	A210
S005122469	Circuit 0139 NF3Z 0.5 B	SPS6	chaine2	A210
S005122467	Circuit 0035 NF3Z 0.35 B/W	SPS4	chaine2	A210
S004963964	Circuit 0271 NF3Z 0.35 B/W	POSTE3	chaine2	A210
S004963963	Circuit 0270 NF3Z 0.35 B/W	POSTE3	chaine2	A210
S004963962	Circuit 0113 NF3Z 0.5 B	SPS3	chaine2	A210
S004787945	Circuit 0782 NF3Z 0.35 B/W	POSTE9	chaine2	A210
S004787941	Circuit 0225 NF3Z 1.50 B/BR	POSTE2	chaine2	A210
S004091619	Circuit 0561 NF3Z 0.35 B/W	U.S2	chaine2	A210
S004091613	Circuit 0043 NF3Z 0.35 B/W	SPS10	chaine2	A210
S003705314	Circuit 0515 NF3Z 0.35 B/W	SPS9	chaine2	A210
S003600624	Circuit 1188 NF3Z 1 B	U.S3	chaine2	A210
S003296193	Circuit 0016 NF3Z 0.5 B	SPS5	chaine2	A210
S004666337	Joint 0148 See drawing	SPS4	chaine2	A210
S005122742	Double Crimping 014 See drawing	SPS4	chaine2	A210
S004963966	Circuit 0208 NF3Z 2.5 B/P	SPS4	chaine2	A210
S004787963	Circuit 0739 NF3Z 0.35 B/W	SPS8	chaine2	A210
S004787960	Circuit 0555 NF3Z 1.50 B/BR	U.S2	chaine2	A210
S004787959	Circuit 0142 NF3Z 1 B	SPS1	chaine2	A210
S004787958	Circuit 0054 NF3Z 0.35 B/W	SPS8	chaine2	A210
S004787957	Circuit 0052 NF3Z 0.35 B/W	SPS8	chaine2	A210
S004787948	Circuit 0032 NF3Z 0.35 B/W	SPS10	chaine2	A210
S005122745	Twisted Wire 10 NF3ZT ZZ	SPS5	chaine2	A210
S004666403	Joint 0063 See drawing	SPS7	chaine2	A210
S005122743	Twisted Wire 61 NF3ZT ZZ	SPS10	chaine2	A210
S005416287	Twisted Wire 24 NF3ZT ZZ	SPS3	chaine2	A210
S005416144	Twisted Wire 05 NF3ZT ZZ	SPS4	chaine2	A210
S004788257	Twisted Wire 06 NF3ZT ZZ	U.S1	chaine2	A210
S004788253	Twisted Wire 12 NF3ZT ZZ	SPS9	chaine2	A210
S004788249	Twisted Wire 62 NF3ZT ZZ	SPS3	chaine2	A210
S001931363	Twisted Wire 02 A3ZPTS ZZ	SPS8	chaine2	A210
S004788264	Twisted Wire 01 NF3ZT ZZ	SPS10	chaine2	A210
S004788261	Twisted Wire 13 NF3ZT ZZ	SPS8	chaine2	A210
S004840878	Twisted Wire 37 NF3ZT ZZ	SPS10	chaine2	A210
S004538233	Twisted Wire 60 NF3ZT ZZ	SPS10	chaine2	A210
S004563889	Twist Super Group 001 See drawing	SPS8	chaine2	A210
S004856984	Twist Super Group 031 See drawing	SPS8	chaine2	A210
S005123386	Super Group 026 See drawing	POSTE11	chaine2	A210
S004856987	Twist Super Group 034 See drawing	SPS4	chaine2	A210
S004856990	Twist Super Group 035 See drawing	SPS4	chaine2	A210

S004964475	Super Group 041 See drawing	SPS5	chaine2	A210
S005122508	Circuit 0781 NF3Z 0.35 Y/W	POSTE9	chaine2	A210
S005122507	Circuit 0206 NF3Z 0.5 Y	SPS9	chaine2	A210
S005293303	Circuit 0145 NF3Z 1 Y	SPS1	chaine2	A210
S005122505	Circuit 0134 NF3Z 0.5 Y	POSTE2	chaine2	A210
S005293264	Circuit 0125 NF3Z 0.5 Y	SPS1	chaine2	A210
S004788050	Circuit 0001 NF3Z 0.35 Y/W	SPS8	chaine2	A210
S004091728	Circuit 0803 NF3Z 0.5 Y	U.S3	chaine2	A210
S004091726	Circuit 0724 NF3Z 0.35 Y/W	SPS4	chaine2	A210
S004091725	Circuit 0510 NF3Z 0.5 Y	POSTE5	chaine2	A210
S004091720	Circuit 0133 NF3Z 0.5 Y	SPS6	chaine2	A210
S004091718	Circuit 0053 NF3Z 0.35 Y/W	SPS8	chaine2	A210
S005122510	Circuit 0773 NF3Z 0.35 B/W	SPS6	chaine2	A210
S005122509	Circuit 0011 NF3Z 0.5 B	SPS9	chaine2	A210
S004788055	Circuit 0002 NF3Z 0.35 B/W	SPS8	chaine2	A210
S004537941	Circuit 0098 NF3Z 0.35 B/W	SPS4	chaine2	A210
S004091738	Circuit 0297 NF3Z 0.5 B	POSTE2	chaine2	A210
S004091737	Circuit 0240 NF3Z 0.35 B/W	SPS6	chaine2	A210
S004091736	Circuit 0227 NF3Z 0.35 B/W	SPS10	chaine2	A210
S004091735	Circuit 0213 NF3Z 0.35 B/W	SPS10	chaine2	A210
S004091734	Circuit 0147 NF3Z 1 B	U.S1	chaine2	A210
S004091732	Circuit 0041 NF3Z 0.35 B/W	SPS9	chaine2	A210
S004091731	Circuit 0036 NF3Z 0.35 B/W	SPS8	chaine2	A210
S005122514	Circuit 0132 NF3Z 0.5 R	SPS6	chaine2	A210
S004963990	Circuit 0124 NF3Z 0.5 R	SPS3	chaine2	A210
S005416310	Circuit 0128 NF3Z 0.5 R	SPS1	chaine2	A210
S004091746	Circuit 0031 NF3Z 0.35 R/W	SPS10	chaine2	A210

Annexe 4 : Matrice Kanban

Annexe 5 : les poids des fils de grande section

Matériel	Matériel Description	Position	Section	poids unitaire (g)	BS	Poids Bundle
S005363455	Joint 0094 See drawing	R2. AM.D.01	27	300	25	7500
S005122471	Circuit 0156 NF3ZZ 10 R	R2. AM.D.02	10	82,441	25	2061,025
S005122470	Circuit 0066 NF3Z 4 R/BR	R2. AM.D.03	4	73,54	25	1838,5
S005122469	Joint 0095 See drawing	R2. AM.F.01	27	302,508	25	7562,7
S005122467	Circuit 0356 NF3ZZ 25 R	R2. AM.F.02	25	207,565	25	5189,125
S004963964	Circuit 0359 NF3ZZ 10 R	R2. AM.F.03	10	155,78	25	3894,5
S004963963	Double Crimping 003 See Drawing	R2. AM.F.04	6,5	206,968	25	5174,2
S004963962	Joint 0108 See drawing	R2. AM.F.05	6	400,72	50	20036
S004787945	Joint 0177 See drawing	R2. AM.F.06	4,5	300,479	50	15023,95
S004787941	Circuit 0150 NF3Z 6 B	R2. AR.F.03	6	166,662	25	4166,55
S004091619	Joint 0037 See drawing	R2. AR.F.11	13,5	100		
S004091613	Circuit 0283 NF3Z 4 P/BR	R2. AR.F.14	4	138,518	25	3462,95
S003705314	Joint 0005 See drawing	R2. S5. A.13	22	300	25	7500
S003600624	Double Crimping 001 See Drawing	R2. S5. A.14	10	209,96	25	5249
S003296193	Joint 0013 See drawing	R2. S5. A.16	17	300	25	7500
S004666337	Joint 0034 See drawing	R2. S5. A.17	3,5	300	50	15000
S005122742	Joint 0034 See drawing	R2. S5. A.18	4	400	50	20000



Annexe 7 : Etude statique de la pagode

Noeud/Cas	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]
20/ 1	-0,003	-0,090	-0,091
21/ 1	0,003	-0,094	0,074
22/ 1	0,003	-0,271	-0,168
25/ 1	0,002	-0,026	-0,007
26/ 1	-0,001	-0,026	-0,007
27/ 1	-0,002	-0,024	-0,007
28/ 1	0,003	-0,024	-0,007
29/ 1	0,004	1,422	-0,010
30/ 1	0,004	-1,236	-0,004
31/ 1	-0,000	0,065	-0,008
32/ 1	-0,000	-1,065	-0,008
49/ 1	0,006	3,197	-0,010
50/ 1	0,006	-1,892	-0,003
51/ 1	0,067	-0,796	-0,046
52/ 1	-0,078	-0,796	0,041
53/ 1	-0,049	-0,660	-0,085
54/ 1	0,042	-0,662	0,067
55/ 1	0,078	2,680	-0,011
56/ 1	-0,010	2,597	-0,011
57/ 1	0,150	1,357	-0,012
58/ 1	0,079	1,300	-0,012
59/ 1	0,114	-0,309	-0,011
60/ 1	0,026	-0,392	-0,011
61/ 1	0,078	-1,783	-0,010
62/ 1	-0,010	-1,867	-0,010
63/ 1	0,042	-2,500	-0,007
64/ 1	-0,046	-2,583	-0,007
65/ 1	-0,010	2,594	-0,011

66/ 1	0,079	1,297	-0,012
67/ 1	0,026	-0,396	-0,011
68/ 1	-0,010	-1,870	-0,010
69/ 1	-0,046	-2,587	-0,007
70/ 1	0,067	-0,799	-0,046
75/ 1	0,165	2,597	-0,011
76/ 1	0,165	2,594	-0,011
77/ 1	0,237	1,273	-0,012
78/ 1	0,237	1,270	-0,012
79/ 1	0,201	-0,392	-0,011
80/ 1	0,201	-0,396	-0,011
81/ 1	0,166	-1,867	-0,010
82/ 1	0,166	-1,870	-0,010
83/ 1	0,130	-2,583	-0,007
84/ 1	0,130	-2,587	-0,007
85/ 1	-0,078	-0,799	0,041
86/ 1	0,035	2,103	-0,009
87/ 1	0,077	-1,254	-0,005
88/ 1	-0,022	-0,664	-0,019
89/ 1	-0,042	-0,674	0,010
90/ 1	-0,034	-0,631	-0,033
91/ 1	0,004	-0,633	0,016
92/ 1	0,581	1,709	-0,009
93/ 1	0,493	1,625	-0,009
94/ 1	1,128	0,809	-0,009
95/ 1	1,125	0,806	-0,009
96/ 1	1,351	-0,233	-0,009
97/ 1	1,348	-0,236	-0,009
98/ 1	1,250	-1,121	-0,008
99/ 1	1,247	-1,124	-0,008
100/ 1	0,826	-1,560	-0,007
101/ 1	0,822	-1,562	-0,007
102/ 1	0,493	1,622	-0,009
103/ 1	1,125	0,806	-0,009
104/ 1	1,348	-0,236	-0,009
105/ 1	1,247	-1,124	-0,008
106/ 1	0,822	-1,563	-0,007
107/ 1	-0,022	-0,664	-0,019
108/ 1	0,669	1,625	-0,009
109/ 1	0,669	1,622	-0,009
110/ 1	1,216	0,725	-0,009
111/ 1	1,216	0,722	-0,009
112/ 1	1,438	-0,317	-0,009
113/ 1	1,438	-0,320	-0,009
114/ 1	1,338	-1,205	-0,008
115/ 1	1,338	-1,208	-0,008
116/ 1	0,913	-1,643	-0,007
117/ 1	0,913	-1,647	-0,007
118/ 1	-0,042	-0,678	0,010
152/ 1	0,001	3,309	-0,007
153/ 1	0,002	-1,744	-0,007
154/ 1	0,071	-0,500	-0,009
155/ 1	-0,078	-0,501	-0,005
156/ 1	-0,049	-0,420	-0,010
157/ 1	0,046	-0,422	-0,004
158/ 1	0,001	2,756	-0,007

159/ 1	-0,086	2,673	-0,007
160/ 1	0,002	1,332	-0,006
161/ 1	-0,086	1,249	-0,006
162/ 1	0,002	-0,396	-0,006
163/ 1	-0,086	-0,480	-0,006
164/ 1	0,002	-1,863	-0,006
165/ 1	-0,086	-1,946	-0,006
166/ 1	0,002	-2,501	-0,007
167/ 1	-0,085	-2,584	-0,007
168/ 1	-0,086	2,670	-0,007
169/ 1	-0,086	1,246	-0,006
170/ 1	-0,086	-0,483	-0,006
171/ 1	-0,086	-1,950	-0,006
172/ 1	-0,085	-2,588	-0,007
173/ 1	0,071	-0,503	-0,009
174/ 1	0,089	2,673	-0,007
175/ 1	0,089	2,670	-0,007
176/ 1	0,089	1,249	-0,006
177/ 1	0,089	1,246	-0,006
178/ 1	0,090	-0,480	-0,006
179/ 1	0,090	-0,483	-0,006
180/ 1	0,090	-1,946	-0,006
181/ 1	0,090	-1,950	-0,006
182/ 1	0,090	-2,584	-0,007
183/ 1	0,090	-2,588	-0,007
184/ 1	-0,078	-0,504	-0,005
185/ 1	0,148	2,625	-0,011
186/ 1	0,148	2,621	-0,011
187/ 1	0,007	2,625	-0,011
188/ 1	0,007	2,621	-0,011
191/ 1	0,220	1,301	-0,012
192/ 1	0,220	1,298	-0,012
193/ 1	0,096	1,328	-0,012
194/ 1	0,096	1,328	-0,012
195/ 1	0,184	-0,365	-0,011
196/ 1	0,184	-0,368	-0,011
197/ 1	0,043	-0,365	-0,011
198/ 1	0,043	-0,368	-0,011
199/ 1	0,148	-1,839	-0,010
200/ 1	0,148	-1,842	-0,010
201/ 1	0,008	-1,839	-0,010
202/ 1	0,008	-1,842	-0,010
203/ 1	0,112	-2,555	-0,007
204/ 1	0,112	-2,559	-0,007
205/ 1	-0,028	-2,555	-0,007
206/ 1	-0,028	-2,559	-0,007
207/ 1	-0,137	-1,358	0,030
208/ 1	-0,137	-1,361	0,030
209/ 1	0,137	-1,358	-0,035
210/ 1	0,137	-1,361	-0,035
211/ 1	-0,072	-0,978	0,006
212/ 1	-0,072	-0,981	0,006
213/ 1	0,050	-0,960	-0,015
214/ 1	0,050	-0,960	-0,015
215/ 1	0,896	-1,616	-0,007
216/ 1	0,896	-1,619	-0,007

217/ 1	0,823	-1,562	-0,007
218/ 1	0,823	-1,562	-0,007
219/ 1	1,320	-1,177	-0,008
220/ 1	1,320	-1,180	-0,008
221/ 1	1,248	-1,123	-0,008
222/ 1	1,248	-1,123	-0,008
223/ 1	1,421	-0,289	-0,009
224/ 1	1,421	-0,292	-0,009
225/ 1	1,348	-0,235	-0,009
226/ 1	1,348	-0,235	-0,009
227/ 1	1,198	0,753	-0,009
228/ 1	1,198	0,750	-0,009
229/ 1	1,125	0,807	-0,009
230/ 1	1,125	0,807	-0,009
231/ 1	0,651	1,653	-0,009
232/ 1	0,651	1,650	-0,009
233/ 1	0,511	1,653	-0,009
234/ 1	0,511	1,650	-0,009
235/ 1	0,072	2,701	-0,007
236/ 1	0,072	2,697	-0,007
237/ 1	-0,069	2,701	-0,007
238/ 1	-0,069	2,697	-0,007
239/ 1	0,072	1,277	-0,006
240/ 1	0,072	1,273	-0,006
241/ 1	-0,069	1,277	-0,006
242/ 1	-0,069	1,273	-0,006
243/ 1	0,072	-0,452	-0,006
244/ 1	0,072	-0,455	-0,006
245/ 1	-0,068	-0,452	-0,006
246/ 1	-0,068	-0,455	-0,006
247/ 1	0,072	-1,919	-0,006
248/ 1	0,072	-1,922	-0,006
249/ 1	-0,068	-1,919	-0,006
250/ 1	-0,068	-1,922	-0,006
251/ 1	0,072	-2,557	-0,007
252/ 1	0,072	-2,560	-0,007
253/ 1	-0,068	-2,557	-0,007
254/ 1	-0,068	-2,560	-0,007
255/ 1	-0,142	-1,136	-0,006
256/ 1	-0,142	-1,139	-0,006
257/ 1	0,143	-1,136	-0,008
258/ 1	0,143	-1,139	-0,008
260/ 1	-0,011	-0,629	-0,032
261/ 1	0,007	-0,625	0,025
262/ 1	0,076	1,770	-0,011
263/ 1	-0,012	1,687	-0,011
264/ 1	0,148	1,127	-0,012
265/ 1	0,077	1,071	-0,012
266/ 1	0,076	-1,203	-0,010
267/ 1	-0,012	-1,286	-0,010
268/ 1	-0,012	1,683	-0,011
269/ 1	0,077	1,067	-0,012
270/ 1	0,024	-0,125	-0,011
271/ 1	0,024	-0,128	-0,011
272/ 1	-0,012	-1,289	-0,010
273/ 1	-0,048	-1,873	-0,007

274/ 1	-0,048	-1,876	-0,007
275/ 1	-0,011	-0,632	-0,032
276/ 1	0,164	1,687	-0,011
277/ 1	0,164	1,683	-0,011
278/ 1	0,236	1,044	-0,012
279/ 1	0,236	1,040	-0,012
280/ 1	0,200	-0,125	-0,011
281/ 1	0,200	-0,128	-0,011
282/ 1	0,112	-0,041	-0,011
283/ 1	0,164	-1,286	-0,010
284/ 1	0,164	-1,289	-0,010
285/ 1	0,127	-1,873	-0,007
286/ 1	0,127	-1,876	-0,007
287/ 1	0,040	-1,790	-0,007
288/ 1	0,007	-0,628	0,025
289/ 1	0,146	1,714	-0,011
290/ 1	0,146	1,711	-0,011
291/ 1	0,006	1,714	-0,011
292/ 1	0,006	1,711	-0,011
293/ 1	0,218	1,071	-0,012
294/ 1	0,218	1,068	-0,012
295/ 1	0,095	1,098	-0,012
296/ 1	0,095	1,098	-0,012
297/ 1	0,182	-0,097	-0,011
298/ 1	0,182	-0,100	-0,011
299/ 1	0,042	-0,097	-0,011
300/ 1	0,042	-0,100	-0,011
301/ 1	0,146	-1,258	-0,010
302/ 1	0,146	-1,261	-0,010
303/ 1	0,006	-1,258	-0,010
304/ 1	0,006	-1,261	-0,010
305/ 1	0,110	-1,845	-0,007
306/ 1	0,110	-1,849	-0,007
307/ 1	-0,031	-1,845	-0,007
308/ 1	-0,031	-1,849	-0,007
309/ 1	-0,003	-0,945	0,018
310/ 1	-0,003	-0,948	0,018
311/ 1	0,003	-0,946	-0,025
312/ 1	0,003	-0,950	-0,025
313/ 1	0,003	-0,553	-0,221
314/ 1	-0,007	-0,553	0,202

FORMULES DE VERIFICATION:

SigFy = 104.94 < 235.00 MPa (3.212)
1.54*Tauz = |1.54*-5.25| = |-8.08| < 235.00 MPa (1.313)

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 82 Barre_82 POINT: 3 COORDONNEE: x = 0.33 L = 4.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 1 PERM1

MATERIAU:

ACIER fy = 235.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: CARC 90x90x8

ht=9.0 cm
bf=9.0 cm Ay=12.80 cm2 Az=12.80 cm2 Ax=25.60 cm2
ea=0.8 cm Iy=281.00 cm4 Iz=281.00 cm4 Ix=459.00 cm4
es=0.8 cm Wely=62.44 cm3 Welz=62.44 cm3

CONTRAINTES: SigN = -8.36/25.60 = -3.27 MPa

SigFy = -318.79/62.44 = -5105.25 MPa

SigFz = -0.05/62.44 = -0.77 MPa

FORMULES DE VERIFICATION:

SigFy = 104.94 < 235.00 MPa (3.212)
1.54*Tauz = |1.54*-5.25| = |-8.08| < 235.00 MPa (1.313)

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 103 Barre_103 POINT: 1 COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 1 PERM1

MATERIAU:

ACIER fy = 235.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: CARC 90x90x8

ht=9.0 cm
bf=9.0 cm Ay=12.80 cm2 Az=12.80 cm2 Ax=25.60 cm2
ea=0.8 cm Iy=281.00 cm4 Iz=281.00 cm4 Ix=459.00 cm4
es=0.8 cm Wely=62.44 cm3 Welz=62.44 cm3

CONTRAINTES:

SigFy = 62.21/62.44 = 996.23 MPa