

Année Universitaire : 2017-2018



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Amélioration de la productivité au niveau de la zone

Pré-assemblage P2

Lieu : YAZAKI MEKNES

Référence : 24 /18-MGI

Présenté par:

NEGRO Sarra

Soutenu le 13 Juin 2018 devant le jury composé de:

- Mme. TAJRI Ikram (Encadrante)
- Mr. IDRISSI SEMLALI Rachid (Parain industriel)
- Mme. RZINE Bouchra (Examinatrice)
- Mr. GADI Fouad (Examineur)

Stage effectué à : YAZAKI MEKNES



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

Nom et prénom: Sarra NEGRO

Année Universitaire : 2017/2018

Titre: Amélioration de la productivité au niveau de la zone pré-assemblage

Résumé

Comme beaucoup d'entreprises de câblage installées au Maroc, YAZAKI MOROCCO MEKNES vise la mise en place d'un système d'amélioration continue, pour satisfaire les attentes de ses clients en termes de qualité et de délai de livraison. La mission qui nous a été confiée s'intègre dans le projet d'amélioration de la productivité de la zone pré-assemblage P2 Afin de mener à bien cette mission, nous avons adopté la démarche DMAIC, on a commencé au premier lieu par une étude capacitaire des machines de chaque processus de la zone du pré-assemblage afin de pouvoir diagnostiquer l'état actuel de la zone et mieux cerner et connaître les dysfonctionnements du système de production. Pour entamer le chantier d'amélioration nous avons pris en considération les contraintes de chaque processus de la zone P2 en adoptant la théorie de gestion par contrainte dans le but de proposer une distribution pertinente qui va nous permettre d'atteindre notre objectif principal qui est l'augmentation de la productivité et qui respectent les contraintes de chaque processus de la zone P2. En dernier lieu, nous avons défini les résultats obtenus suite à cette nouvelle distribution en termes de productivité, gains en termes de mains d'œuvres et matériels et nous avons élaboré un planning d'implantation de la nouvelle solution.

Mots clés: Productivité, DMAIC, Etude capacitaire.

Abstract

As many cable companies operating in Morocco, YAZAKI MEKNES MOROCCO aims the establishment of a system of continuous improvement, to satisfy the expectations of their customers in terms of quality and delivery time. The mission entrusted to us is part of the improvement productivity project in the pre-assembly area. In order to carry out this mission, we adopted the DMAIC approach, we start with a capacity study of all machines of each process in the pre-assembly area in order to be able to diagnose the current state of the zone and to better identify and determine the dysfunctions of its system of production. To begin with the improvement project, we took into consideration the constraints of each P2 zone process by adopting constraint management theory in order to propose a relevant distribution that will enable us to reach our main objective, which is to increase the productivity and respect the constraints of each process of the pre-assembly zone. In the end, we deduced the earnings obtained as final results of this new distribution in terms of productivity, gain in terms of human and material resources and we developed a planning for the implementation of the new solution.

Keywords: Productivity, DMAIC, Capacity study.

Dédicace

Je dédie ce modeste rapport à tous ceux et celles qui m'ont offert
l'opportunité d'effectuer et accomplir ce projet

Mes dédicaces vont également à :

Mes très chers parents *Samir* et *Naima STITOU* pour tout l'amour et le
soutien qu'ils m'ont offert durant mes années d'études

Ma chère sœur *Imane*, cher frère *Mohammed* et mes amis

Mes formateurs à la faculté des sciences et techniques

Tout le personnel de Yazaki Meknès

Sarra NEGRO

Remerciement

J'ai eu l'honneur de me retrouver en ce stade de ma carrière, en ce lieu d'accomplissement d'ambitions entourée de personnes qui m'inspirent à donner le meilleur de moi-même, sur les deux plans personnel et professionnel.

Je tiens tout d'abord à témoigner toute mes reconnaissances, à mon encadrante pédagogique **Mme. TAJRI Ikram** je vous remercié pour m'avoir soutenue à chaque instant de mon stage. Merci pour vos conseils précieux, votre confiance et vos encouragements sans cesse renouvelés. Grâce à votre rigueur et votre disponibilité, j'ai pu avancer dans mon stage et travailler dans des bonnes conditions. Bien plus qu'un encadrement pédagogique, vous avez su m'enseigner les rudiments du métier d'ingénierie et me conseiller pour ma carrière future. Je suis très fière d'avoir travaillé à votre côté.

Mes remerciements vont également à **Mr. IDRISSE SEMLALI Rachid**, notre Parain industriel pour avoir veillé à mon intégration au sein de l'entreprise et de m'avoir accordé toute sa confiance, pour le temps qu'il m'a consacré tout au long du projet ; sans oublier ses conseils et directives qui furent la base de ce travail. Je remercie aussi **Mme. ELHAZAB Fatima Ezzahra** superviseur IE pour son accompagnement, sa disponibilité et son aide tout au long de cette période.

Nous tenons à remercier tous les membres de jury, **Mme. RZINE Bouchra**, et **Mr. GADI Fouad** qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre projet.

Nous remercions tout le corps enseignant du département génie industriel pour la qualité de la formation offerte.

Nous remercions finalement tout le personnel de la **FST Fès** et de **YAZAKI Meknès** qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de YAZAKI Meknès	4
Figure 2: Projet XFA (Renault Scenic)	6
Figure 3: Projet S2S/X4S (Renault Edison).....	6
Figure 4: Projet XFB (Renault Megane)	6
Figure 5: Projet JFC (Renault Espace)	6
Figure 6: Différents types des faisceaux électriques.....	7
Figure 7: Fils électriques.....	7
Figure 8: Composants d'un terminal	8
Figure 9: Connecteurs électriques.....	8
Figure 10: Accessoires	8
Figure 11: Machine de coupe	9
Figure 12: Processus d'assemblage P3.....	10
Figure 13: Machine SCHUNK	11
Figure 14: Machine RAYCHEM	11
Figure 15: Isolation SHRINK.....	11
Figure 16: Isolation tape.....	12
Figure 17: Machine KABATEC	12
Figure 18: Machine ONDAL	12
Figure 19: Joint simple End splice	12
Figure 20: Joint simple Trough splice	12
Figure 21: Joint deux points Trough splice	12
Figure 22: Poste de séparation.....	13
Figure 23: Macdo vide	13
Figure 24: Machine DTM	13
Figure 25: Twist double	13
Figure 26: Machine KOMAX 288	13
Figure 27: Twist simple.....	13
Figure 28: Machine BT 188.....	13
Figure 29: Twist triple.....	13
Figure 30: Machine sertissage P080.....	14
Figure 31: Applicateur	14
Figure 32: Fil serti simple.....	14
Figure 33: Fil serti double.....	14
Figure 34: Machine sertissage P200.....	14
Figure 35: Câble batterie serti.....	14
Figure 36: Machine sertissage P107	14
Figure 37: SHIELD WIRE serti.....	14
Figure 38: Evolution de la productivité	18
Figure 39: Outil QQQQCP	19
Figure 40: Diagramme SIPOC	19
Figure 41: Productivité réalisée des 3 zones.....	21
Figure 42: Histogrammes des productivités des 3 zones	21
Figure 43 : Histogramme des productivités des 3process du sertissage	22

Figure 44: Distribution des machines de soudage	24
Figure 45: Opérations du soudage	25
Figure 46: Histogramme des taux d'occupations des SCHUNK	27
Figure 47 : Joints montés sur des tobos	28
Figure 48: Poste de séparation à côté d'une machine SCHUNK	28
Figure 49: Liste des opérations de la séparation.....	29
Figure 50: Histogramme des taux d'occupations des postes de séparation.....	29
Figure 51: Tobos d'un poste de séparation Figure 52: Pagode d'une machine SCHUNK	31
Figure 53: Flux du distributeur avant centralisation des postes	31
Figure 54: Zone centralisée de séparation	32
Figure 55: Disposition des postes de séparation dans la zone.....	32
Figure 56: Poste de séparation.....	33
Figure 57: Exemple de distribution des fils après centralisation des postes de séparation	33
Figure 58: Nouveaux taux d'occupations des postes de séparation	34
Figure 60: Nouvelle distribution des SCHUNK dans l'usine.....	24
Figure 61: Les opérations des presses P107.....	39
Figure 62: Taux d'occupations actuels des presses P107	39
Figure 63: Liste des opérations des postes d'accessoires	41
Figure 64: Flux actuel du SHIELD WIRE	41
Figure 65: Mouvements d'aller-retour dans le flux SHIELD WIRE.....	42
Figure 66: Nouveau poste P107	43
Figure 67 : Histogramme des nouveaux taux occupations des postes P107	43
Figure 68: Nouveau flux du SHIELD WIRE	44
Figure 70: Nouvel aménagement de la zone P107.....	45
Figure 71: Crochets.....	46
Figure 72: Déplacement par glissière.....	46
Figure 73: Comparaison entre DTM et KOMAX 288	50
Figure 74: Histogramme des taux d'occupations Twist	51
Figure 75 : Torsadage d'un twist double	52
Figure 76: Pinces de la machine KOMAX 288.....	53
Figure 77: Amélioration proposée pour KOMAX.....	53
Figure 78: Logigramme distribution TWIST.....	54
Figure 79: Histogramme des nouveaux taux d'occupation.....	55

Liste des tableaux

Tableau 1: Postes d'accessoires	15
Tableau 2: Démarche DMAIC	16
Tableau 3: Historique de la productivité.....	18
Tableau 4: Les heures produites de la zone soudage.....	21
Tableau 5: Types des machines de soudage	19
Tableau 6: Calcul du taux d'occupation de la machine 01	26
Tableau 7: Taux d'occupations des machines SCHUNK.....	26
Tableau 8:Taux d'occupations des postes de séparation.....	29
Tableau 9: Comparaison entre le temps d'ouverture et le temps travaillés dans la zone soudage	30
Tableau 10 : Nouveaux taux d'occupations des SCHUNK	35
Tableau 11:Gain en effectif au niveau de la zone soudage.....	35
Tableau 12:Comparaison entre le temps travaillé et le temps d'ouverture presses P107	40
Tableau 13: Effectif des postes d'accessoires	40
Tableau 14: Nouveaux taux d'occupations des postes P107	43
Tableau 15: nouvel effectif des postes de séparation	44
Tableau 16:Gains escomptés en effectif au niveau de la zone sertissage manuel	46
Tableau 17: Comparaison entre DTM et KOMAX.....	50
Tableau 18: Taux d'occupation des Twist	51
Tableau 19: Comparaison entre le temps travaillé et le temps d'ouverture Twist.....	51
Tableau 20:Nouveaux taux d'occupation des twist	54
Tableau 21: Gain en effectif au niveau de la zone twist	55
Tableau 22:Gains escomptés au niveau de la zone soudage	55
Tableau 23: Gains escomptés au niveau de la zone sertissage manuel.....	56
Tableau 24: Gains escomptés au niveau de la zone twist.....	56

Table des matières

Introduction générale.....	10
Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil	3
I. Introduction :.....	3
II. Aperçu général sur le groupe YAZAKI	3
1. YAZAKI monde	3
2. Les clients de YAZAKI :	3
III. Présentation de YAZAKI MOROCCO	3
1. Historique de YAZAKI MOROCCO :.....	3
2. Aperçu général sur YAZAKI MOROCCO MEKNES (YMM) :.....	4
3. Organigramme de YMM :.....	4
4. Présentation des départements :	4
5. Politique de l'entreprise :.....	6
IV. Processus de production.....	6
1. Généralité :.....	7
2. Types des câbles électriques :.....	7
3. Composants du câble électrique :.....	7
4. Flux de production :.....	8
Chapitre II : Description de la zone d'étude et présentation du projet.....	11
I. Introduction :.....	11
II. Description de la zone de pré-assemblage :.....	11
1. La zone de soudage :.....	11
2. La zone TWIST :.....	13
3. La zone de sertissage manuel :.....	14
III. Cadrage du projet :.....	16
3. Outils de résolution :.....	16
Chapitre III : Application de la démarche DMAIC : phase « Définir ».....	17
I. Introduction :.....	18
II. Définir la problématique :.....	18
1. Justification du choix de la zone :.....	18
3. Notion productivité :.....	20
4. Définir les zones de travail :.....	20

Chapitre IV : Traitement zone soudage.....	25
I. Introduction :	19
II. Diagnostic de l'état actuel et analyse des données :	19
1. <i>Processus soudage</i> :	19
2. <i>Processus séparation</i> :	27
3. <i>Analyse de l'étude capacitaire</i> :	30
III. Mise en place des solutions et estimation des gains :	30
1. <i>Les postes de séparations</i> :	30
Chapitre V : Traitement zone sertissage manuel	25
I. Introduction :	39
II. Diagnostic de l'état actuel et analyse des données :	39
1. <i>Les presses P107</i> :	39
1.3. <i>Analyse de l'étude capacitaire</i> :	40
2. <i>Les postes d'accessoires</i> :	40
III. Mise en place des solutions et estimation des gains :	42
1. <i>Les plans d'actions</i> :	42
2. <i>Productivité</i> :	46
Chapitre VI : Traitement zone twist & estimation des gains de la zone P2	48
I. Introduction :	49
I. Diagnostic de l'état actuel et analyse des données :	49
1. <i>Identification des différentes opérations</i> :	49
2. <i>Synthèse du chronométrage</i> :	49
3. <i>Taux d'occupation</i> :	51
4. <i>Analyse de l'étude capacitaire</i> :	51
II. Mise en place des solutions et estimation des gains :	52
1. <i>Les plans d'actions</i> :	52
2. <i>Productivité Twist</i> :	55
Conclusion générale	57
Annexes.....	58
Annexe 1 : Présentation des outils utilisés.....	58
Annexe 3:Global Unit Man-Hour (GUM)	61
Annexe 4 : Chronométrage soudage	62
Annexe 5 : Chronométrage séparation	63

Annexe 6 : Chronométrage Twist	63
Annexe 7: Chronométrage sertissage manuel	64

Glossaire

Productivité : Indicateur de performance de la production.

Man-Hour : Temps nécessaire pour chaque opération, défini par le standard.

Additionnel : Tous fil ayant subi au moins une opération au sein de l'entreprise.

SN : référence des additionnels

Bundle : Paquet des additionnels.

Shift : Temps de travail d'un opérateur par jour : 7,67 h.

Pagode : Structure de stockage des fils.

Coiling up : l'opération d'enroulement des additionnels.

Lay-out : dessin sur AUTOCAD de la zone de production.

P1 : Zone de coupe.

P2 : Zone de pré-assemblage.

P3 : Zone d'assemblage.

Famille : un regroupement selon les types des câbles YAZAKI possède 4 familles :

- Famille câble arrière (ARR)
- Famille avant moteur (AVM),
- Famille planche de bord (PDB)
- Famille smalls.

Brainstorming : Technique de recherche d'idées originales dans une réunion, chacun émettant ses suggestions spontanément.

Introduction générale

Dans un contexte économique de plus en plus difficile où les clients exigent des réductions de prix, et la concurrence impose une compétition accrue, l'entreprise essaie de maintenir ses marges. L'amélioration de la productivité est un impératif permettant à l'entreprise de maintenir sa compétitivité.

La démarche pour améliorer la productivité est basée sur des méthodes, l'affectation de ressources et le management de ces ressources. Elle permet d'optimiser le pilotage des processus majeurs, de réduire notablement les dysfonctionnements internes, de diminuer les gaspillages et d'améliorer la productivité globale de l'entreprise. Elle contribue à améliorer la qualité du produit/service livré, à accroître la valeur perçue par le client et sa satisfaction, ainsi, à mieux le fidéliser.

C'est dans ce cadre que YAZAKI MOROCCO MEKNES vise en permanence de lancer des projets d'amélioration afin d'optimiser, maîtriser son système de production et maximiser sa productivité. D'où l'intérêt de notre projet de fin d'étude qui porte sur « l'amélioration de la productivité au niveau de la zone pré-assemblage P2 » réalisé au sein du département ingénierie industrielle et NYS (New Yazaki System).

Afin d'améliorer la productivité de la zone de pré-assemblage, nous allons tout d'abord réaliser une étude capacitaire qui va nous servir à déterminer la situation actuelle de la zone, ensuite nous allons ajuster la distribution de la zone en respectant les contraintes représentées au niveau de chacun de ces processus, dans le but de pouvoir proposer un plan d'action que nous allons mettre en œuvre pour améliorer la situation à court et à long terme et cela en adoptant la démarche DMAIC. Pour y parvenir nous allons traiter notre sujet sur six chapitres :

Le chapitre I est consacré à la présentation de l'organisme d'accueil et son processus de fabrication.

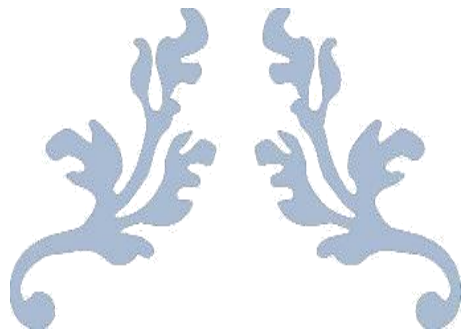
Le chapitre II porte en premier lieu sur une présentation détaillée de la zone sur laquelle nous allons travailler, et en deuxième lieu se focalise sur le contexte général du projet ainsi que les outils déployés pour élaborer notre travail.

Le chapitre III tient à définir les formules utilisées et les données sur lesquelles nous allons nous baser dans notre calcul.

Le chapitre IV consiste à définir, mesurer et analyser l'état actuel de la zone soudage ainsi que établir un plan d'action afin d'améliorer sa productivité.

Le chapitre V porte sur l'application de la démarche DMAIC au niveau de la zone sertissage manuel, afin de trouver les causes racines qui impactent sa productivité et proposer des solutions permettent la résolution des problèmes et augmenter la productivité de la zone.

Le chapitre VI contient 2 axes, le 1^{er} axe est consacré à l'étude complète de la zone twist en appliquant la démarche DMAIC, et le 2^{ème} porte sur l'estimation des gains réalisés au niveau de la zone pré-assemblage P2.



Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil



I. Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons présenter l'organisme. Ainsi, dans un premier temps nous allons présenter le groupe YAZAKI au niveau mondial et ses différents clients, ensuite nous allons présenter YAZAKI MOROCCO MEKNES et décrire son processus de production.

II. Aperçu général sur le groupe YAZAKI

1. YAZAKI monde

YAZAKI est une multinationale japonaise Créée en 1929 par le père SADAMI YAZAKI, le groupe a fait ses débuts dans la vente du câblage automobile, pour s'orienter par la suite vers la production de ce dernier. 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. YAZAKI se consacre à la recherche et au développement des techniques électroniques évoluées dans le secteur de l'automobile. Elle fabrique la quasi-totalité des composants intégrés aux systèmes de distribution électrique, notamment l'instrumentation, les interrupteurs, les blocs de raccordement, les connecteurs.

2. Les clients de YAZAKI :

Vu son bon rapport Qualité/prix, YAZAKI domine le marché en présentant des produits dotés d'une excellente fiabilité et des performances qui ne cessent de satisfaire les plus grands constructeurs de l'industrie automobile tel que : FORD, JAGUAR, LAND ROVER, NISSAN, PEUGEOT, VOLVO, TOYOTA, RENAULT, ISUZU, SEAT, FIAT, MERCEDES, HONDA, MAZDA et d'autres.

III. Présentation de YAZAKI MOROCCO

1. Historique de YAZAKI MOROCCO :

En 2001, le Maroc a été le premier pays africain auquel M.YAZAKI a fait honneur, par l'inauguration de son site opérationnel YMO pour la production du câblage automobile, en présence de SM le Roi MOHAMMED VI. Vu la performance de son personnel et des résultats réalisés depuis ses débuts, et sa certification par la maison mère et par plusieurs Organismes de renommée mondiale, YAZAKI Saltano de Portugal, Succursale du Maroc, a été transformée en mai 2003 en une entité indépendante appelée YAZAKI MORROCO S.A. Ensuite le groupe japonais s'est installé en trois ville marocaines pour la production des faisceaux électrique des voitures :YAZAKI de Tanger (2001), YAZAKI de Kenitra (2011),YAZAKI de Meknès (2013) .

2. Aperçu général sur YAZAKI MOROCCO MEKNES (YMM) :

YAZAKI a lancé sa première usine pilote YAZAKI Meknès Maroc YMM1 à Douar Al Khoult, Km8, Route de Sidi Kacem, Meknès, l'objectif était de préparer le noyau dur afin de tester sa capacité et sa performance de production de nouveaux projets qui sont la raison de sa création. Avant de déplacer ses activités vers son site officiel localisé dans la zone industrielle Agro-Polis à MEJJAT et qui a été inauguré le 15 août 2015.

3. Organigramme de YMM :

La figure 1 représente la structure hiérarchique générale de YAZAKI Meknès, qui se caractérise par un dosage équilibré entre la structure fonctionnelle et celle opérationnelle, en ce qui nous concerne, notre travail a été effectué au sein du département ingénierie industrielle et NYS sous la direction de **Mr. SMOUNI Saïd** le manager de ce département.

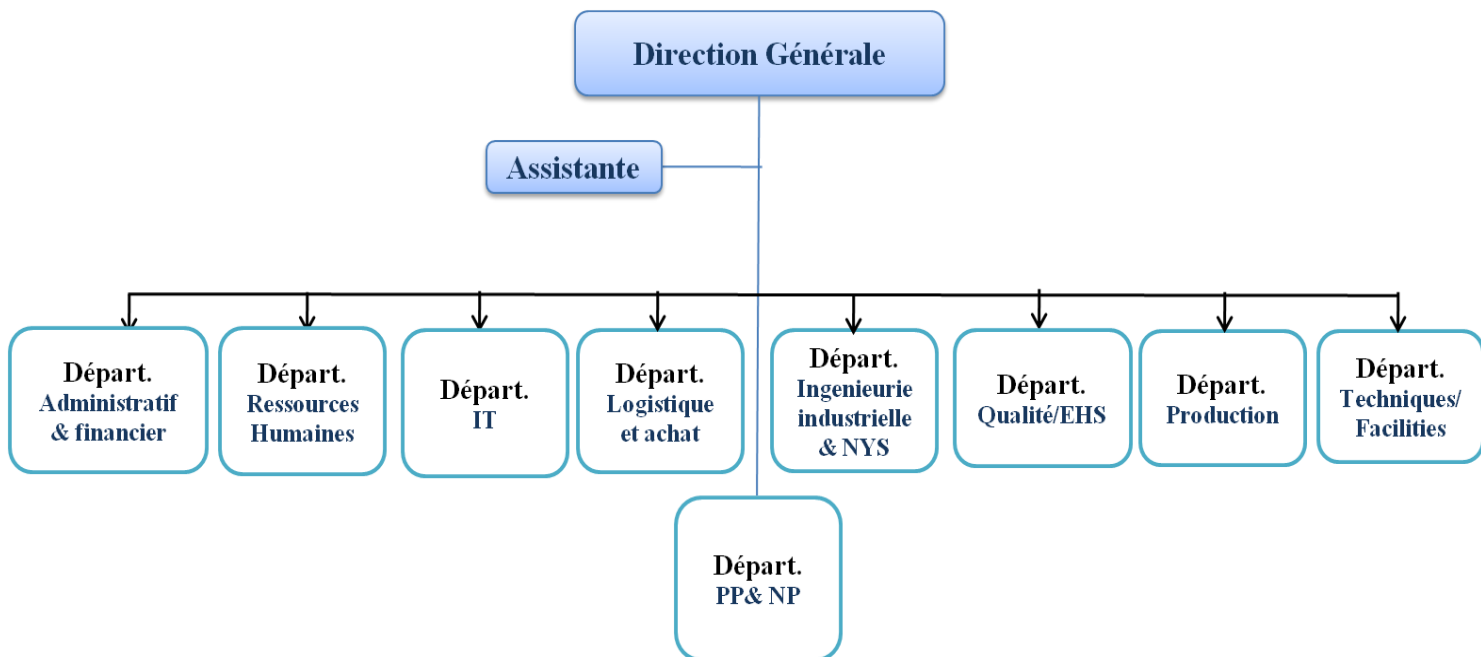


Figure 1: Organigramme de YAZAKI Meknès

4. Présentation des départements :

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

Département financier : La fonction finance se donne pour mission d'assurer les fonctions financières et comptables de l'entreprise, développer et implanter les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie tout en veillant à la préservation du patrimoine financier de l'entreprise.

Département Ressources Humaines: La fonction ressources humaines a pour mission de disposer à temps des effectifs suffisants et en permanence, assurer une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation. Il joue aussi le rôle de facilitateur et accompagnateur, en social afin d'atteindre des objectifs escomptés par le groupe en matière de ressources humaines.

Département logistique: La fonction logistique a pour mission de gérer l'approvisionnement, la réception, l'expédition et le stockage de la matière première. Il doit assurer aussi la livraison du produit fini avec le minimum de charges possibles. Ce département s'occupe aussi de la planification du besoin via le système SAP.

Département techniques & facilities: La fonction technique a pour mission de réaliser le process et la maintenance de tout ce qui est production, par contre la fonction Facilities s'occupe de la réalisation du process et la maintenance de tout ce qui est non production comme la climatisation l'éclairage au niveau du site YMM.

Département Qualité et EH&S: La fonction qualité se donne pour mission de garantir la conformité réglementaire de l'activité de l'entreprise et de la pertinence de ses processus au regard de normes et des contraintes réglementaires en vigueur pour répondre aux exigences des clients et aussi de la sécurité dans le travail.

Département PP & NP: La fonction préparation production et nouveau projet a pour mission de faire le suivi des projets actuels ainsi que, recevoir les nouveaux projets pour faire les études nécessaires. C'est le département responsable de partager les informations aux autres départements.

Département Segment Renault: Segment Renault est le département qui réalise des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les détails fixés au préalable et en optimisant les performances.

Département Ingénierie industrielle et NYS: La fonction de l'Ingénierie Industrielle se donne pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par les Directions Engineering et Qualité (plans de surveillance, control plan ...) du groupe et aussi d'améliorer tous les processus de câblage en adoptant des outils du Lean Manufacturing. YAZAKI a adopté TPS «Toyota Production System» comme étant la base de NYS et IE, vu que l'environnement de l'industrie automobile connaît des changements et des fluctuations, le groupe YAZAKI doit suivre l'évolution et être compétitif sur le marché.

5. Politique de l'entreprise :

YAZAKI s'est voué à cinq principes contribuant substantiellement au succès global de ses activités mondiales:

- Augmenter l'efficacité de l'entreprise et fournir de la valeur aux clients grâce à des efforts continus et à la mise en œuvre de nouveaux concepts.
- Observer les dispositions juridiques, respecter les diverses cultures régionales et Contribuer au développement économique et social.
- Contribuer à la prospérité de la société future par des activités axées sur les problèmes Environnementaux.
- Assurer une gestion ouverte et équitable des activités dans un but de coexistence et de coprosperité.
- Prêter une attention aux collaborateurs par la création d'une culture d'entreprise donnant la priorité à l'individualité et au travail d'équipe tout en leur donnant la possibilité de réaliser leurs visions.

6. Clients et activité de YMM :

L'activité principale du site YMM est le câblage pour automobile et la totalité de sa production des câbles électriques est destinée aux équipements des 4marques de RENAULT, qui sont présentés dans les figures suivantes :



Figure 2: Projet XFA (Renault Scenic)



Figure 3: Projet S2S/X4S (Renault Edison)



Figure 4: Projet XFB (Renault Megane)



Figure 5: Projet JFC (Renault Espace)

IV. Processus de production

Dans cette partie nous allons donner un aperçu général sur le processus de production dans YMM. Dans un premier temps, nous allons présenter les types de câbles ou faisceaux fabriqués

ainsi que les éléments qui entrent dans leur composition. Nous allons ensuite détailler le flux de production ainsi que la répartition des zones de fabrication des câbles dans l'usine

1. Généralité :

Le câble électrique d'un véhicule est un ensemble de fils qui ont pour fonction principale de relier l'ensemble de ses composants électriques et électroniques. Il permet d'alimenter en énergie l'ensemble des équipements de confort (Lève-vitres), certains équipements de sécurité (Airbag, Eclairage) et transmettre ainsi les informations aux calculateurs (de plus en plus nombreux avec l'intégration massive de l'électronique dans l'automobile).

2. Types des câbles électriques :

Le câblage de l'automobile se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre eux ce qui permet de faciliter le montage du faisceau dans la voiture et sa réparation en cas de panne. Les types de câblage sont répartis comme suit :

- Câblage principale (ARR)
- Câblage moteur (AVM)
- Câblage sol (Body)
- Câblage porte (Door)
- Câblage toit (Roof)
- Câblage planche de bord(PDB)

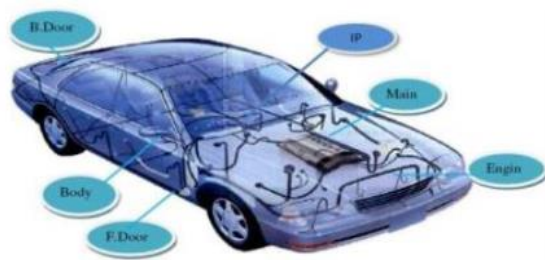


Figure 6: Différents types des faisceaux électriques

3. Composants du câble électrique :

- Fil électrique :

Utilisé pour conduire le courant électrique avec le minimum de perte possible, il est composé de filaments de cuivre et de l'isolant(voir figur 7). Il est défini par : sa couleur, sa section et son espèce.

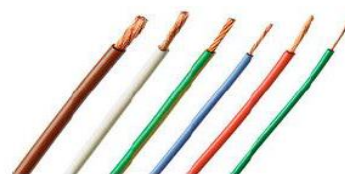


Figure 7: Fils électriques

- Terminal :

Les terminaux sont des accessoires qui assurent une bonne connectivité avec un minimum de pertes possible. Les composants du terminal sont :

- 1- Saillance de ligament.
- 2- Lance du terminal.
- 3- Saillance de conducteur.
- 4- Boca de Sino.
- 5- Saillance d'isolent.
- 6- Ato-Ashi

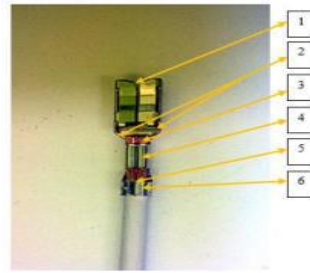


Figure 8: Composants d'un terminal

- Connecteur :

Les connecteurs (figure 9) sont des pièces qui contiennent des cavités où les terminaux sont insérés. Cette opération assure la connexion entre les terminaux mâles femelles pour établir un circuit électrique fermé. Un verrouillage mécanique permet à la fin de débloquer cette connexion



Figure 9: Connecteurs électriques

- Accessoires :

On entend par accessoire tout autre composant qui entre dans la fabrication du produit fini. Ce sont des composants qui assurent la protection et l'isolation du câble au moyen des rubans d'isolement, des tubes, des bouchons, des couverts...



Figure 10: Accessoires

4. Flux de production :

Le flux de production YMM passe par 3 grandes étapes distinctes : la coupe, le pré-assemblage, et l'assemblage.

- Zone de coupe P1 :

C'est la première étape dans le processus de fabrication des câbles. Le département ingénierie détermine la couleur, la longueur et le type des fils à découper par les machines de coupe (figure 11) qui sont pilotées par le logiciel CAO (Cutting Area Optimization).



Figure 11: Machine de coupe

C'est la zone où tout produit doit passer obligatoirement par l'un ou plusieurs des processus de fabrication suivants :

- La découpe : Découper les fils simples selon les sections et les longueurs prédéfinies.
- Le sertissage : Ajouter des terminaux aux fils simples.
- Le dénudage : Eliminer une petite longueur de l'isolant et faire apparaître les filaments.

Ces fils découpés peuvent passer directement à la zone de montage pour être utilisés dans le câble final comme ils peuvent passer par la zone de pré-assemblage pour subir des modifications avant d'arriver à la zone assemblage.

- Zone de pré-assemblage P2 :

Après la zone P1, une partie des fils coupés, passe par la zone de pré-assemblage et subit autres opération, à savoir :

Le sertissage manuel : Pour les terminaux qui sont difficiles à sertir automatiquement, il est nécessaire d'effectuer cette opération à l'aide des presses manuelles. Cette opération a pour but d'assurer la liaison électrique en assemblant le câble avec le terminal.

Joints par machine SCHUNK: La soudure consiste à souder les extrémités de plusieurs fils dénudés à un seul terminal à l'aide des machines de soudage appelées "SCHUNK".

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

- Zone d'assemblage P3 :

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

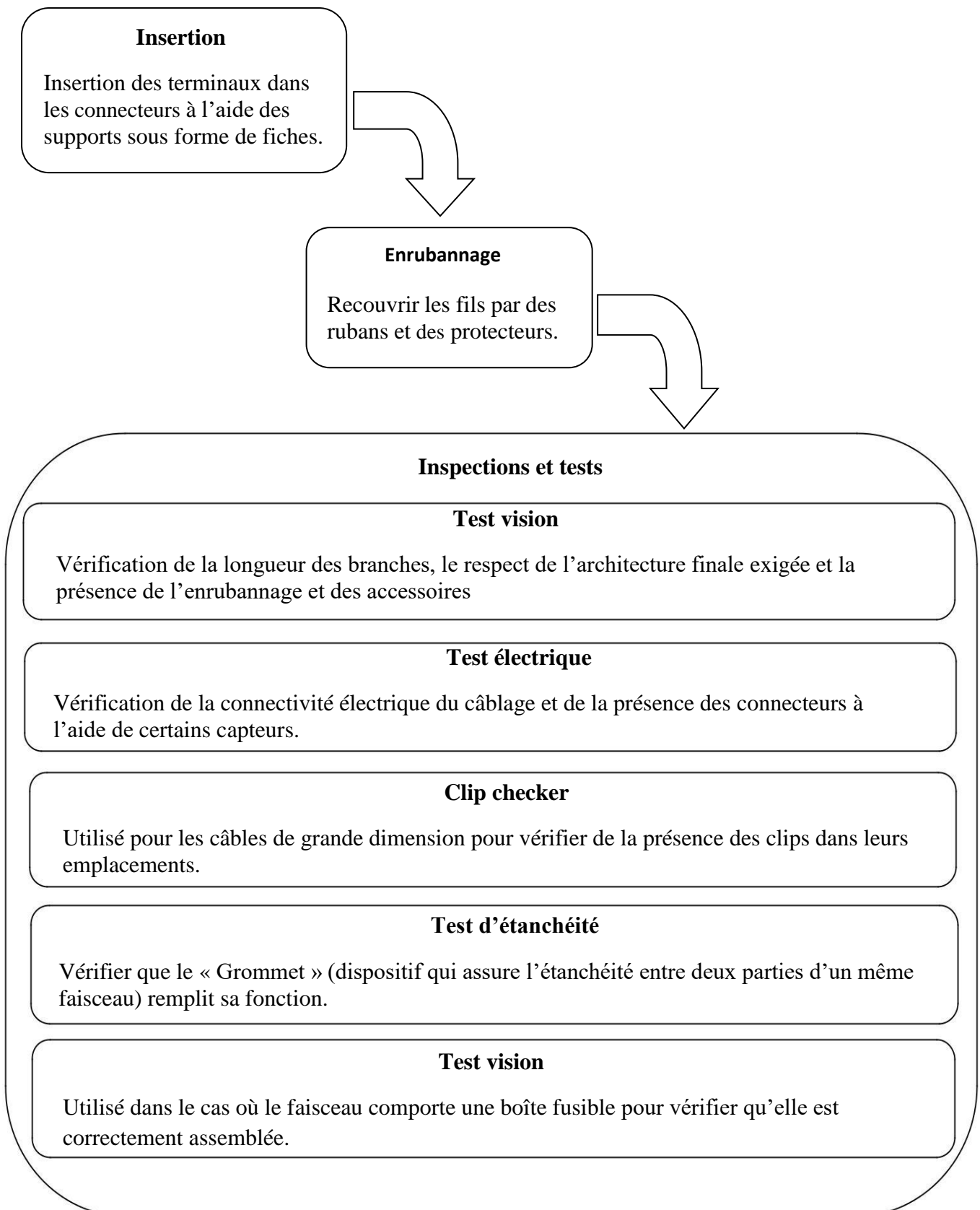
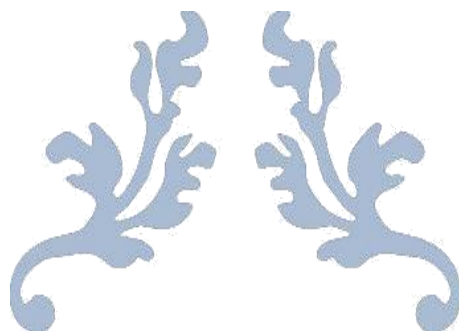


Figure 12: Processus d'assemblage P3



Chapitre II : Description de la zone d'étude et présentation du projet



I. Introduction :

Ce chapitre sera dédié en premier lieu à une description détaillée de la zone d'étude c'est-à-dire la zone pré-assemblage, ensuite à un cadrage de notre projet.

II. Description de la zone de pré-assemblage :

1. La zone de soudage :

Cette zone contient 30 postes de soudage et 12 postes de séparation.

1.1- Postes de soudage :

Les machines SCHUNK (figure 13) utilisent le principe d'ultrason pour souder les fils, ce principe est basé sur l'envoi des vibrations de haute fréquence qui engendrent sur la surface de contact des fils une chaleur importante, ce qui crée le phénomène de soudure par thermo-fusion.



Figure 13: Machine SCHUNK

Pour assurer la protection de la jonction après soudage, on distingue deux types d'isolation :

- Isolation avec SHRINK :

L'isolant SHRINK est un tube de polyoléfine, inséré et chauffé sur la jonction pour assurer sa protection contre les infiltrations d'eau et de l'humidité, il est utilisé généralement dans les câbles qui ont un contact avec l'eau comme les câbles avant moteur et les câbles batterie.

La zone pré-assemblage possède 16 machines RAYCHEM qui ont comme fonction le chauffage des tubes SHRINK.



Figure 14: Machine RAYCHEM



Figure 15: Isolation SHRINK

- Isolation avec TAPE :

L'isolant TAPE est une bande de caoutchouc, insérée soit manuellement ou automatiquement par les machines KABATEC et ONDAL, elle a comme rôle la protection des joints contre la pénétration d'impuretés.

La zone P2 contient 13 machines KABATEC et 1 machine ONDAL.



Figure 16: Isolation tape



Figure 17: Machine KABATEC



Figure 18: Machine ONDAL

- Les types des joints :

On distingue 2 types de joints au niveau de la zone de soudage : joints end splice, joints trough.

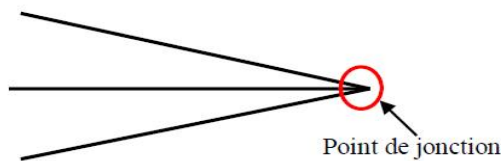


Figure 19: Joint simple End splice

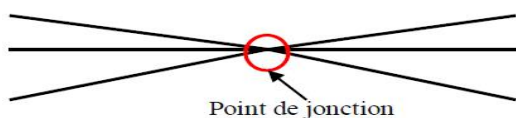


Figure 20: Joint simple Trough splice

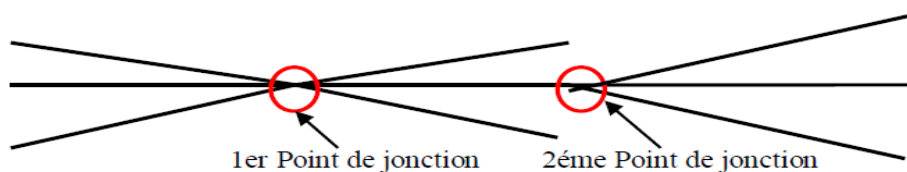


Figure 21: Joint deux points Trough splice

1.2- Les postes de séparation :

Les postes de séparation (figure 22) sont des postes situés à côté des postes SCHUNK, qui ont comme rôle la séparation des fils longs qui portent des terminaux sensibles, et les mettre sur des Macdos (figure 23) avant d'être soudés.



Figure 22: Poste de séparation



Figure 23: Macdo vide

2. La zone TWIST :

Twisting c'est l'opération de torsader les fils électriques, ces fils torsadés permettent l'annulation des tensions induites par le champ magnétique que produit le courant lors de son passage dans le câble.

La zone pré-assemblage dispose de 20 machines qui sont réparties en 3 types :

8 machines DTM pour le torsadage des fils double et simple :

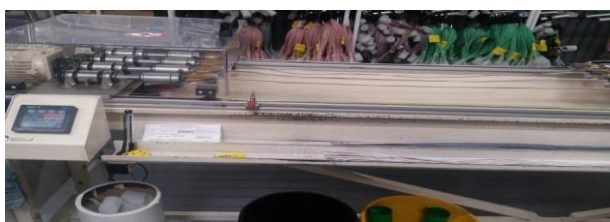


Figure 24: Machine DTM



Figure 25: Twist double

11 machines KOMAX BT 288 destinées uniquement pour le torsadage des fils simples.



Figure 26: Machine KOMAX 288



Figure 27: Twist simple

Une machine KOMAX BT 188 pour le torsadage des fils simples et triples.



Figure 28: Machine BT 188

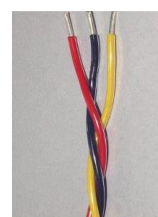


Figure 29: Twist triple

3. La zone de sertissage manuel :

Cette zone possède les presses manuelles P080, P107, P200 et les postes d'accessoires.

Chaque presse est caractérisée par un nombre bien déterminé d'applicateur qui dépend de la section des terminaux utilisé.

- Les presses :

Au niveau des P080 nous avons 6 presses, dédiées au sertissage manuel simple et double.



Figure 30: Machine sertissage P080

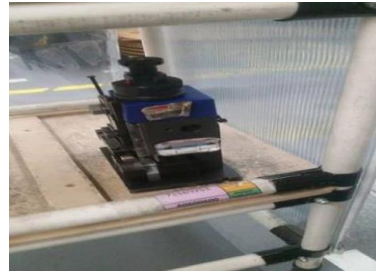


Figure 31: Applicateur



Figure 32: Fil serti simple



Figure 33: Fil serti double

Au niveau de P200 nous avons 2 presses, dédiées au sertissage manuel des câbles batterie.



Figure 34: Machine sertissage P200

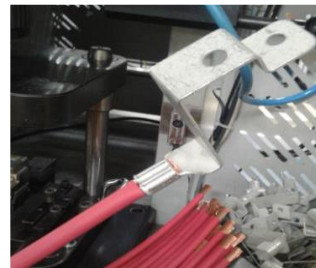


Figure 35: Câble batterie serti

Au niveau de P107 nous avons 8 presses, dédiées au sertissage manuel du SHIELD WIRE.



Figure 36: Machine sertissage P107

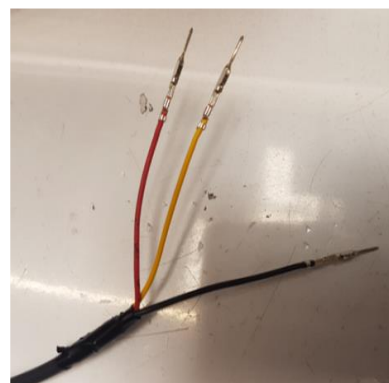


Figure 37: SHIELD WIRE serti

- Les postes d'accessoires :

Le tableau suivant représente les différents postes d'accessoires et leurs opérations :



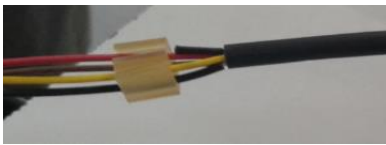



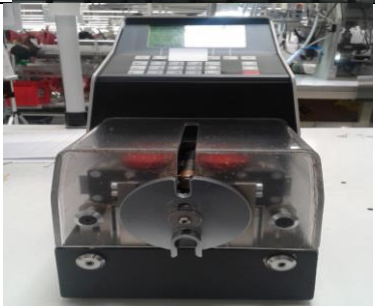
Poste	Nombre	Opérations	
Table accessoire	4	Insertion CGPT et SHRINK	
		Insertion bouchon	
		Insertion glue	
		Fixation	
Mecalbi STCS CRT	2	Séchoir du SHRINK et CGPT	
Mecalbi VM ET EVO	3	Séchoir du SHRINK et CGPT	
Kawamuki	3	Dénudage du SHIELD WIRE	

Tableau 1: Postes d'accessoires

III. Cadrage du projet :

De plus en plus, les exigences des clients augmentent. Cette réalité pousse les sociétés à présenter le meilleur de leurs produits. De ce fait, YMM vise en permanence à lancer des projets d'amélioration dans les différents secteurs afin d'optimiser, maîtriser son système de production et améliorer sa productivité. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études qui porte sur « l'amélioration de la productivité au niveau de la zone pré-assemblage ».

1. Objectif et besoins exprimés :

La charte du travail qui nous a été attribué est d'étudier la distribution des postes de production au sein de la zone de pré-assemblage et d'améliorer sa productivité.

L'objectif du projet est d'atteindre une valeur de productivité au niveau de la zone P2 de 80%.

2. Démarche du projet :

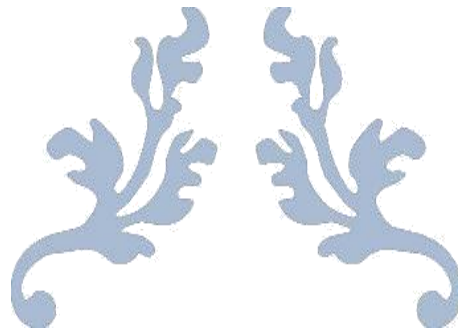
Nous allons utiliser la démarche DMAIC qui peut être décrite comme étant un processus structuré de résolution des problèmes qui se fonde sur des données. En d'autres termes, il s'agit d'un processus permettant de réaliser des activités spécifiques dans un ordre spécifique en se basant sur des données recueillies à chaque phase afin d'étayer les décisions, tout en veillant à ce que les solutions mises en place éliminent la cause du problème à résoudre. L'application de la démarche DMAIC permettant de mettre en place un ensemble d'action comme le montre le tableau suivant :

Etape	Actions associées
Définir	-Définir la zone de travail -Définir la productivité -Déterminer les paramètres sur lesquels nous allons agir pour augmenter la productivité. -Définir l'objectif
Mesurer	-Faire le chronométrage pour les 3 processus de la zone P2. -Dédire le besoin réel en termes de machines et effectif.
Analyser	Comparer la capacité théorique qu'on possède avec celle qu'on est besoin réellement afin de déterminer les contraintes qui limitent l'augmentation de la productivité au niveau de cette zone P2.
Innover/ Améliorer	-Etablir les plans d'action -Implanter les plans d'action avec l'équipe du travail.
Contrôler	Estimer les gains réalisés et vérifier que la productivité est augmentée.

Tableau 2: Démarche DMAIC

3. Outils de résolution :

Les outils que nous allons utiliser durant ce projet, sont QQQCP, DMAIC, SIPOC, diagramme Spaghetti, Réaménagement circulaire. La présentation de ces outils est dans l'annexe N°1 P59.



Chapitre III : Application de la démarche

DMAIC : phase « Définir »



I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons commencer par justifier notre choix de la zone d'étude, ensuite faire une formulation de la problématique ainsi que déterminer les méthodes de calcul effectué au niveau de la zone pré-assemblage.

II. Définir la problématique :

1. Justification du choix de la zone :

Le tableau suivant illustre l'historique de la productivité pendant 8 mois à partir du mois juillet 2017 des 3 zones de production : la coupe P1, le pré-assemblage P2 et l'assemblage P3.

	Jul.17	Aug.17	Sep.17	Oct.17	Nov.17	Dec.17	Jan.18	Feb.18
P1	68,00%	66,50%	72,00%	71,70%	70,70%	62,90%	72,00%	75,40%
P2	47,40%	46,90%	47,90%	46,40%	48,60%	47,40%	56,70%	62%
P3	100,60%	89,70%	94,50%	88,20%	89,80%	87,10%	90,00%	89,80%

Tableau 3: Historique de la productivité

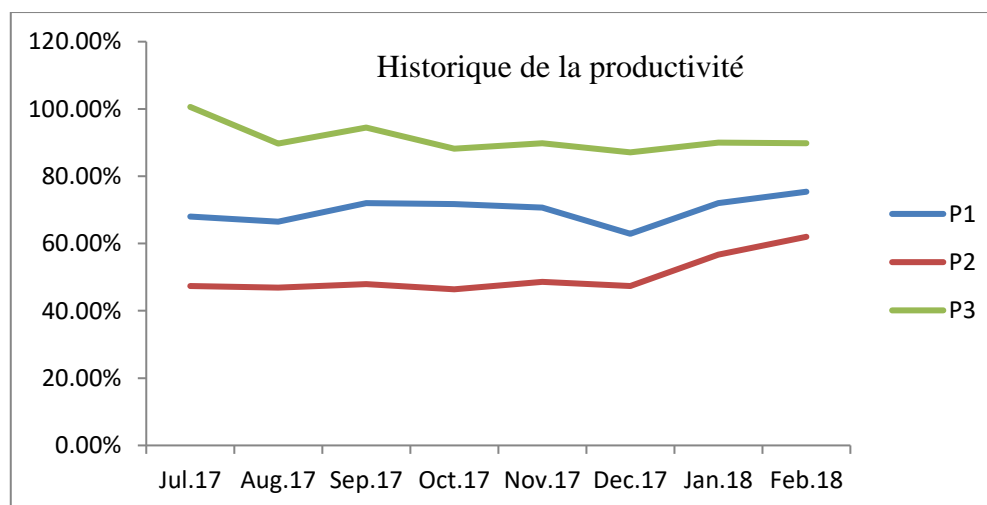


Figure 38: Evolution de la productivité

Nous remarquons d'après le tableau et le graphe que la productivité la plus faible est celle de la zone pré-assemblage, ceci justifie le choix des responsables du département IE de la zone P2 afin d'augmenter sa productivité.

2. Cadrage du projet :

- QQQQCP :

Pour avoir une vision complète sur notre projet nous allons utiliser l'outil QQQQCP afin de poser toutes les questions relatives à notre problème.

La figure ci-après illustre l'outil QQQQCP de notre étude :

De quoi s'agit-il ?	Faible valeur de la productivité au niveau de la zone de pré-assemblage
Qui est concerné ?	Toutes les parties prenantes du projet : <ul style="list-style-type: none"> ○ L'équipe de projet ○ Les 3 process de la zone P2 : twist, sertissage manuel et soudage ○ Département d'Ingénierie Industrielle & NYS, et la production.
Où est il apparu le problème??	Au niveau des postes de production de la zone de pré-assemblage au sein d'YMM
Quand le problème a été détecté?	Depuis le démarrage de l'usine YAZAKI MEKNES en 2015.
Comment résoudre le problème?	Suivre la démarche DMAIC : <ul style="list-style-type: none"> ○ Etablir un diagnostic de l'état actuel au niveau de P2 ○ Redéfinir le besoin réel en termes de ressources, améliorer l'ergonomie des postes de production et équilibrer les taux d'occupations.
Pourquoi résoudre le problème?	Augmenter la productivité de la zone P2 afin d'améliorer celle de la zone de production toute entière.

Figure 39: Outil QOOQCP

- Diagramme SIPOC :

Pour comprendre le flux de la production au sein de la zone P2, nous avons proposé le diagramme SIPOC suivant :

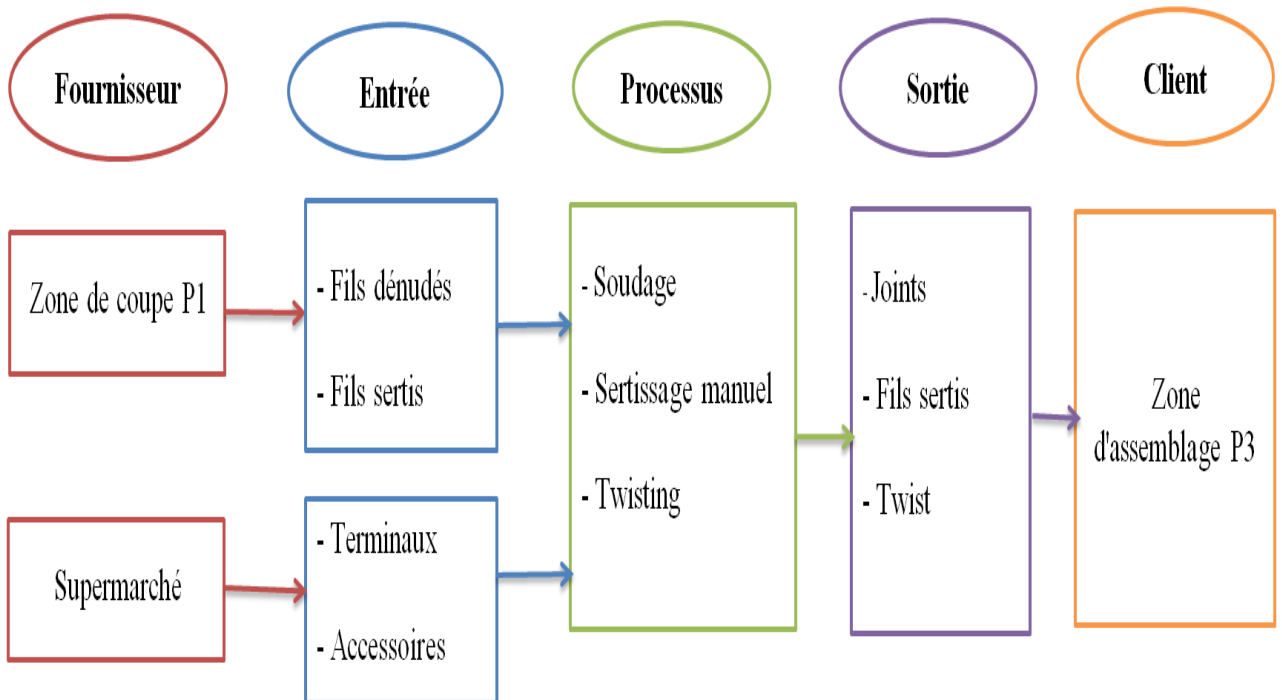


Figure 40: Diagramme SIPOC

3. Notion productivité :

Parmi les facteurs les plus importants que YAZAKI MOROCCO MEKNES utilise pour garantir une bonne image vis-à-vis ses clients on trouve l'indicateur productivité.

La productivité définie comme étant le ratio entre une quantité produite et les ressources mises en œuvre pour l'obtenir. Au sein d'YMM, elle est calculée par le département de production (PP) à travers la formule suivante :

$$\text{Productivité P2} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures payées}} = \frac{\text{Qté produite} * \text{MH}}{\text{Effectif} * 7,67}$$

$$\text{Heures produites P2} = \sum_i \text{Qte}_i \times \text{MH}_i ; \text{ Avec } i = \{ \text{Soudage, Sertissage manuel, Twist} \}$$

$$\text{Heures payées P2} = \text{Effectif(P2)} * 7,67$$

Heures payées : ce sont les heures de présence des opérateurs durant un shift.

Avec 1 shift = 7.67 heures (8h-0.33h temps de pause).

Heures produites : ce sont les heures théoriques nécessaires à la production de la quantité journalière, sont calculées par l'application GCT (Global costing Tool).

Man-Hour (MH) : c'est le temps nécessaire pour chaque opération au niveau des 3 processus de la zone de pré-assemblage, c'est un temps standard défini par le document GUM (Global Unit ManHour). Vous trouverez des exemples de calcul du MH à partir du GUM dans l'annexe N° 3 page 61).

4. Définir les zones de travail :

Nous pouvons distinguer les facteurs influençant la productivité à partir de la formule suivante :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Qté produite} * \text{MH}}{\text{Effectif} * 7,67}$$

Pour augmenter la productivité, nous pouvons agir soit sur la quantité produite, MH ou bien sur l'effectif. Cependant, la production au sein d'YMM est une production sur commande (JAT), ce qui impose l'atteinte de l'objectif planifié en quantité, d'où on ne peut pas agir sur la quantité produite.

Le MH, est le temps vendu au client, défini par le standard pour tous les sites de YAZAKI à travers le monde, alors c'est un temps fixe qu'on ne peut pas modifier. Donc, améliorer la productivité revient à réduire l'effectif.

Le tableau ci-dessous illustre la productivité actuelle des 3 zones de P2 :

Zone	Nombre opérateur	Heures produites (h)	Productivité
Soudage	107	438	53%
Sertissage manuelle	84	378	59%
Twist	60	386	84%

Figure 41: Productivité réalisée des 3 zones

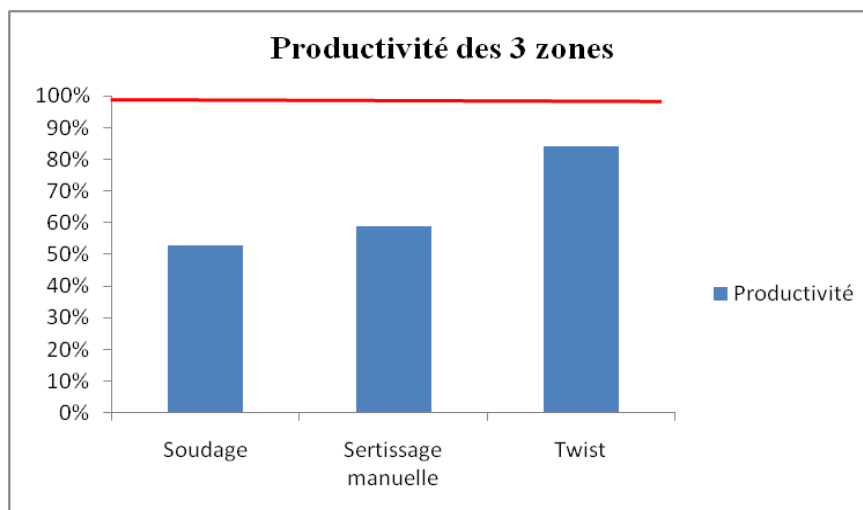


Figure 42: Histogrammes des productivités des 3 zones

Les heures produites sont calculées par l'application GCT le tableau suivant représente un extrait de l'application pour la zone soudage :

Splicing Hour Produced			
Cable Label	Volume	Splicing GUM time (min)	Total time (min)
240150516R	166	2,8926	480
240150619R	40	5,7688	231
240150685R	378	8,9066	3 367
240150870R	120	8,8463	1 062
240152537R	370	9,1378	3 381
240153566R	400	1,6614	665
241631063R	30	4,7859	144
241631290R	30	4,9129	147
241631825R	187	6,158	1 152
241632188R	30	4,9129	147
241632422R	76	0,3723	28
241633200R	30	4,9129	147
241634446R	228	1,158	264
241634941R	376	9,158	3 443
241635351R	152	3,158	480
241635591R	76	8,803	669
241636231R	30	6,0436	181
241636476R	117	1,803	211
241636637R	230	6,1641	1 418
241636796R	76	8,2078	624
241637554R	250	9,158	2 290
241637939R	170	6,3535	1 080
241637971R	202	9,3723	1 893
241638409R	40	10,2078	408
241638484R	114	6,3225	721
241638499R	76	8,3723	636
403889895R	187	5,3886	1 008

Tableau 4: Les heures produites de la zone soudage

Heures produites soudage = \sum temps total = 26276 min = 438 h.

- Zone du soudage :

$$\text{Productivité Soudage} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} = \frac{438}{107 * 7,67} = 53\%$$

L'effectif 107 regroupent celui du processus soudage et séparation, cependant le MH utilisé dans le calcul des heures travaillées n'inclut que le temps du soudage qui a une valeur ajoutée sur le produit.

Les heures produites sont données par l'application CGT (Global Costing Tool)

- Zone du sertissage manuel :

Cette zone répartie en 3 processus : P107, P080 et P200.

$$\text{Productivité P107} = \frac{\text{heures produites}}{\text{heures payées}} * 100 = \frac{184}{51 * 7,67} * 100 = 47\%$$

$$\text{Productivité P080} = \frac{\text{heures produites}}{\text{heures payées}} * 100 = \frac{153,2}{27 * 7,67} * 100 = 74\%$$

$$\text{Productivité P200} = \frac{\text{heures produites}}{\text{heures payées}} * 100 = \frac{41,4}{6 * 7,67} * 100 = 90\%$$

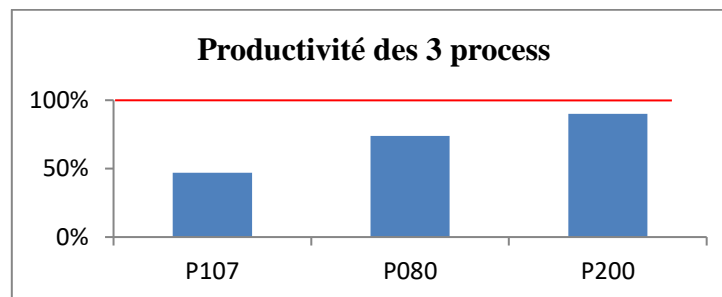


Figure 43 : Histogramme des productivités des 3process du sertissage

$$\text{Productivité sertissage manuel} = \frac{\sum \text{heures produites}}{\text{heures payées}} * 100 = \frac{184 + 153 + 41}{84 * 7,67} * 100 = 59\%$$

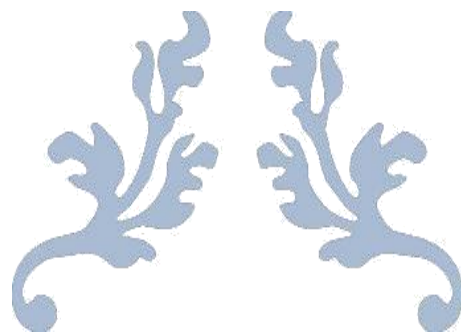
D'après l'histogramme précédent nous avons constaté quele processus P107 possède une valeur faible de la productivité, ce qui influence la productivité du sertissage manuel. Donc nous allons agir sur ce processus afin d'augmenter la productivité totale de la zone sertissage manuel.

- Zone Twist :

$$\text{Productivité Twist} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} = \frac{386}{60 * 7,67} * 100 = 84\%$$

- Productivité total:

$$\text{Productivité P2} = \frac{438 + 378 + 386}{(107 + 84 + 60) * 7,67} * 100 = 62\%$$



Chapitre IV : Traitement zone soudage



I. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons faire une étude complète de la zone soudage, qui a pour objectif la détection des causes racines qui impactent la productivité de la zone, et la recherche des solutions qui permettent la résolution des problèmes identifiés.

II. Diagnostic de l'état actuel et analyse des données :

La zone du soudage dispose physiquement de 31 machines SHUNK dont 8 sont hors distribution, et 12 structures de séparation. Chaque poste est occupé par 1 opérateur/shift soit 3 opérateurs/jour, à l'exception de la machine N°6 qui nécessite 5 opérateurs/jour :

$$\text{Total opérateurs soudage} = 3 * 22 + 5 + 3 * 12 = 107/\text{jour}$$

$$\text{Productivité Soudage} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} = \frac{438}{107 * 7,67} = 53\%$$

Les Heures produites sont calculés par l'application GCT (Global Costing Tool).

1. Processus soudage :

Le tableau ci-dessous résume les différents types de machines SHUNK avec leur capacité par pagode :

N° machine	Type	Isolation	Séparation	capacité par pagode
1	Raychem	Shrink / Tape	oui	30
4	Raychem	Shrink	non	72
5	Raychem	Shrink	non	54
7	Raychem	Shrink	non	48
9	Raychem	Shrink	non	66
12	Raychem (GS 50)	Shrink / Tape	non	30
16	Raychem	Shrink / Tape	oui	72
19	Raychem	Shrink	oui	54
21	Raychem	Shrink	non	36
22	Raychem	Shrink / Tape	oui	42
24	Raychem	Shrink / Tape	oui	72
29	Raychem	Shrink	non	30
30	Raychem	Shrink	oui	30
33	Raychem	Shrink	non	36
15	Raychem - Endsp	Shrink / Tape	non	48
28	Raychem - Endsp (GS50)	Shrink	non	20
18	Kabatec	Tape	non	60
14	Kabatec	Tape	oui	72
8	Kabatec	Tape	oui	66
20	Kabatec	Tape	oui	72
3	Kabatec (GS 50)	Tape	oui	42
32	Kabatec	Tape	oui	54
31	Kabatec	Tape	non	42
26	Kabatec	Tape	oui	48
25	Kabatec	Tape	non	30
11	Kabatec	Tape	non	54
13	Kabatec	Tape	non	48
34	Kabatec - Endsp	Tape	non	48
17	Kabatec - Endsp	Tape	oui	54
6	Kabatec - RCAN	Tape	oui	54
27	Ondal (GS 50)	Tape	non	30

Tableau 5: Types des machines de soudage

Ces machines sont réparties dans l'usine selon la distribution suivante :

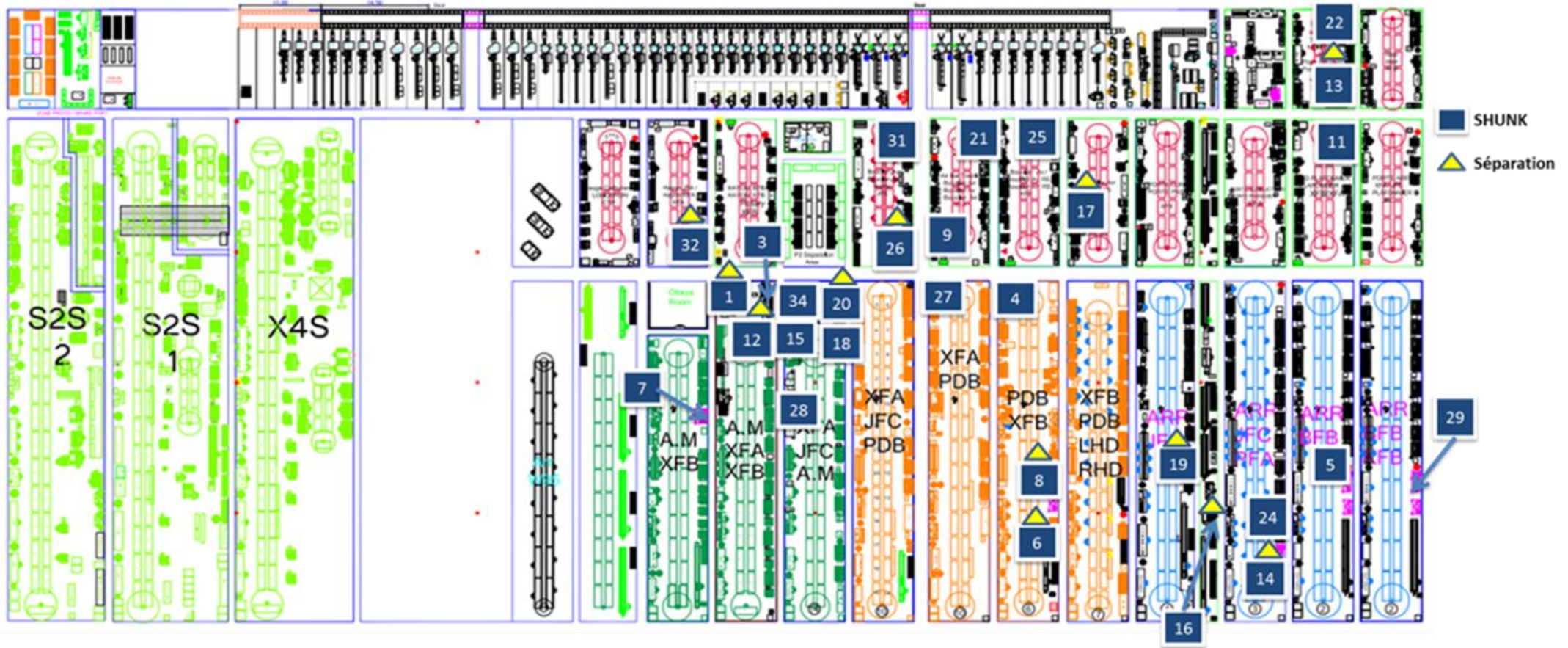


Figure 44: Distribution des machines de soudage

1.1.Methode de chronométrage :

Afin d'avoir un chronométrage précis des trois processus : twist, sertissage manuel, et soudage, nous avons procédé comme suit :

- Partie documentation :

Détermination de nombre d'opérateurs ;

Détermination de nombre et type des machines ;

Identification des différentes opérations pour chaque poste ;

- Partie prise de temps :

1. Informer les responsables de la ligne et les opérateurs ;
2. Observer les postes pour comprendre le cycle de travail de chaque poste ;
3. Lecture des modes opératoires ;
4. Comparer le deuxième point au troisième, pour s'assurer que l'opérateur respecte bien le mode opératoire, notamment la chronologie d'enchaînement des différentes opérations ;
5. S'assurer des conditions générales de travail, comme la disponibilité de la matière première et des matériels à utiliser ;
6. Faire un échantillonnage par bundle de 25 fils pour chaque poste ;
7. La prise des temps se fait en moyenne de 10 mesures pour chaque poste ;
8. Calcul du taux d'occupation par poste ;
9. Calcul de la capacité réelle par processus ;

Notre équipe formée de 3 personnes, chacune s'est affectée à un processus afin d'effectuer cette mesure de temps, dans un délai de 1 mois, et en collaborant avec les opérateurs et les chefs de lignes, nous avons pu obtenir des résultats fiables.

1.2.Identification des opérations :

Le chronométrage que nous avons effectué dans la zone soudage tient compte toutes les opérations décrites dans le tableau ci-dessous :

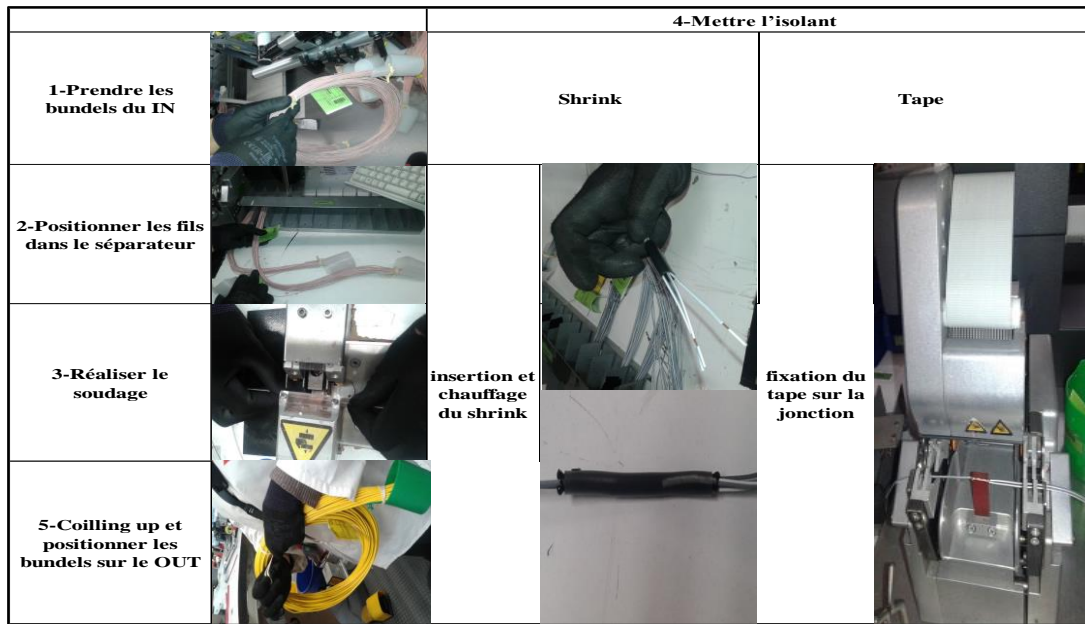


Figure 45: Opérations du soudage

1.1.Taux d'occupation :

Le taux de charge ou d'occupation des postes se définit comme étant le pourcentage du temps effectivement utilisé par un poste de travail pour la production, il se calcule comme suit :

$$\text{Taux d'occupation (\%)} = \frac{\text{Temps total}}{\text{Temps d'ouverture}} * 100$$

Avec :

Temps total : est le temps réellement occupé par machine

Temps d'ouverture : est le temps de travail de la machine par jour.

$$\text{Temps d'ouverture} = 3 * \text{Temps travaillé par shift} = 1380 \text{ min} = 23\text{h}$$

Après avoir appliqué les étapes de chronométrage citées au paravent, nous allons calculer le temps nécessaire pour chaque SN, afin de déduire le taux d'occupation de chaque machine (voir annexe 4,8 pages 62,65).

Nous allons prendre comme exemple illustratif la machine N°01. Le tableau suivant montre le détail de calcul de son taux d'occupation :

Machine	projet	famille	phase	SN joint	NB add	temps en min	Volume	temps*volume	type	isolation	séparation
SH01	JFC Chine	AVM JFC	ELSA	S001456970	5	0,67103	69	46	simple	Shrink	oui
SH01	JFC	AVM JFC	ELSA	S001457022	7	0,79363	32	25	simple	Shrink	oui
SH01	XFB	AVM XFB	TRAIN3 : BERILE	S001933634	4	0,61073	52	32	simple	Shrink	non
SH01	XFB	AVM XFB	TRAIN3 : BERILE	S001938684	4	0,61073	25	15	simple	Shrink	non
SH01	XFA	AVM XFA	ELSA	S002138976	3	0,54723	341	187	simple	Shrink	non
SH01	XFA	AVM XFA	ELSA	S002138977	5	0,67103	160	107	simple	Shrink	oui
SH01	JFC	HAYON JFC	ELSA	S002524053	11	1,0253	22	22	2 points	Tape - Tape	oui
SH01	JFC	POR CDC JFC	ELSA	S002524129	7	0,89858	15	14	2 points	Tape - Shrink	oui
SH01	JFC	POR CDC JFC	ELSA	S002524130	9	0,93873	75	71	end-splice	Shrink	oui
SH01	JFC	POR PSS JFC	ELSA	S002524131	8	0,85493	16	14	simple	Shrink	oui
SH01	JFC	POR PSS JFC	ELSA	S002524132	10	0,97773	68	67	simple	Shrink	oui
SH01	JFC	HAYON JFC	ELSA	S002526680	11	1,0253	35	36	2 points	Tape - Tape	oui
SH01	XFB-RS	AVM XFB	RS	S002574833	3	0,54723	34	19	simple	Shrink	non
SH01	XFB-RS	AVM XFB	RS	S002574871	3	0,54723	0	0	simple	Shrink	non
SH01	XFB	AVM XFB	TRAIN3 : BERILE	S002699203	5	0,67103	491	330	simple	Shrink	oui
SH01	XFB	AVM XFB	TRAIN3 : BERILE	S002699204	5	0,67103	26	17	simple	Shrink	oui

Tableau 6: Calcul du taux d'occupation de la machine 01

Au niveau de la machine N°01, nous avons :

$$\text{Taux d'occupation (\%)} = \frac{\sum_i \text{Temps SNi} * \text{volume journalier SNi}}{1380} * 100$$

$$\text{Taux occupation(\%)} = \frac{1002}{1380} * 100 = 73\%$$

De la même manière nous avons calculé les différents taux d'occupations pour chaque machine SHUNK, ils sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

N° machine	Temps travaillé en min	Taux d'occupation
SH01	1002	73%
SH03	836	61%
SH04	1148	83%
SH07	1479	107%
SH08	631	46%
SH09	1866	135%
SH11	1728	125%
SH12	1375	100%
SH13	1128	82%
SH14	770	56%
SH15	1088	79%
SH16	951	69%
SH17	1095	79%
SH18	392	28%
SH19	1061	77%
SH20	1035	75%
SH22	1302	94%
SH24	1070	78%
SH27	1235	90%
SH31	922	67%
SH32	758	55%
SH34	1141	83%
SH06	1275	92%

Tableau 7: Taux d'occupations des machines SCHUNK

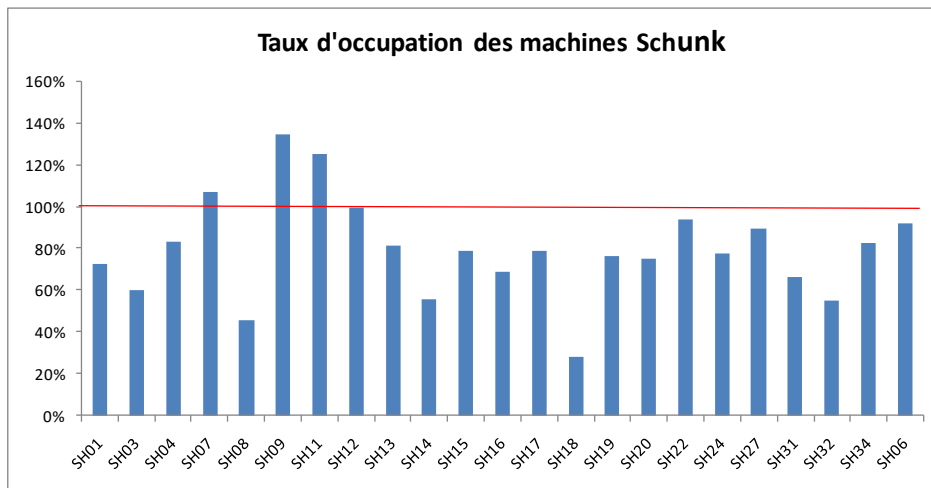


Figure 46: Histogramme des taux d'occupations des SCHUNK

Le tableau et la figure montrent un déséquilibre des taux d'occupations, ce qui donne des postes sous chargés et d'autres surchargés.

Afin de cerner les causes racines de ce déséquilibre, nous avons effectué un brainstorming avec l'équipe de projet où nous avons conclu que le manque d'occupation des postes est dû à une distribution limitée par les contraintes suivantes :

L'affectation des joints à une machine dépend du :

Type de machine :

- les joints de grande section sont affectés aux machines GS50
- les joints de petites sections sont affectés aux machines MINIC
- les joints end splice sont affectés aux machines avec outil End splice
- les joints trough splice sont affectés aux machines sans outil End splice

Type d'isolation :

- Les joints avec isolation Tape sont affectés aux machines KABATEC
- Les joints avec isolation Shrink sont affectés aux machines RAYCHEM

Séparation :

- Les joints avec séparation sont affectés aux machines ayant un poste de séparation.

2. Processus séparation :

Les fils soudés au niveau de la zone P2, sont montés dans des tobos afin d'être assemblés sur les Jigs de la ligne P3.



Figure 47 : Joints montés sur des tobos

La structure de ces tobos complique l'opération de retraitement des fils, ce qui engendre l'endommagement des joints longs ayant des terminaux fragiles.

Pour remédier à ce problème, le département d'ingénierie industrielle a créé des postes de séparation à côté des SHUNK sur lesquels les joints critiques vont être séparés et transportés en macdos vers la ligne P3.



Figure 48: Poste de séparation à côté d'une machine SCHUNK

Cependant, la séparation constitue une opération à non-valeur ajoutée pour le câble final, donc n'est pas payée par le client, ainsi le temps alloué pour cette opération ne figure pas dans les heures produites. Par contre, son effectif est inclus dans les heures payées, d'où la faible valeur de la productivité du processus soudage.

Ainsi, afin d'améliorer la productivité de la zone soudage, il faut optimiser le nombre d'opérateur de la séparation.

1.2. Identification des opérations de séparation :

Les opérations qui sont prises en compte lors du chronométrage que nous avons effectué sont représentées dans le tableau suivant :

Opération
Check sheet
Vérifier les SN à partir de la norme de séparation
Mesurer la longueur des fils pour chaque bundel
Prendre le magdo vide d'IN
Retirer les fils de premier coté de leurs tubes selon la norme de séparation
Aligner le dénudage et enrouler les fils
Fixer les fils avec élastique
Poser les fils séparés sur le magdo vide
Refaire la même chose pour l'autre coté
Poser le magdo sur le poste de splice

Figure 49: Liste des opérations de la séparation

1.3. Taux d'occupation :

En respectant les étapes de chronométrages nous allons calculer les taux d'occupation. Le tableau suivant représente les résultats obtenus dont le détail est dans l'annexe (5,9 pages 63,70):

N°Poste	Temps total min	Taux d'occupation %
1	908,53	66
2	761,08	55
3	650,98	47
4	903,96	66
5	546,10	40
6	635,84	46
7	670,92	49
8	599,45	43
9	1214,05	88
10	767,54	56
11	716,24	52
12	1372,75	99

Tableau 8: Taux d'occupations des postes de séparation

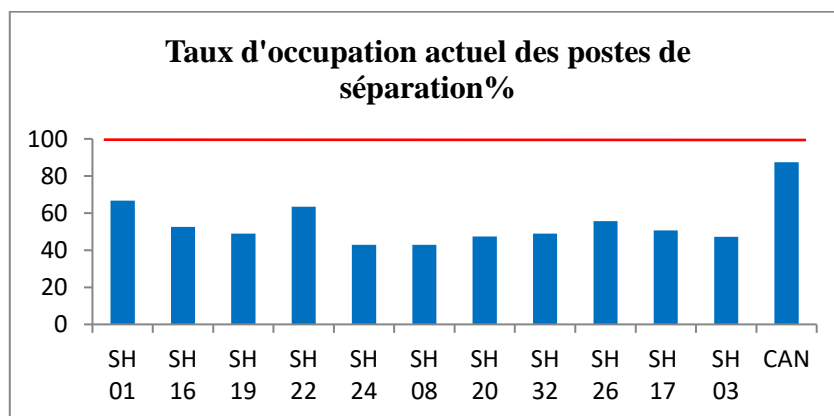


Figure 50: Histogramme des taux d'occupations des postes de séparation

Nous remarquons à partir d’histogramme que les postes de séparation sont tous sous chargé.

3. Analyse de l’étude capacitaire :

Après la détermination du temps travaillé réel par le chronométrage, nous allons comparer ce dernier avec le temps d’ouverture pour les 2 processus de la zone, le résultat est représenté dans le tableau ci-dessous :

Process	Nombre de poste actuel	Temps d'ouverture (min)	temps travaillé (min)	Besoin réel en poste	Ecart en poste
Séparation	12	16560	9778	8	4
Soudage	23	31740	25985	19	4

Tableau 9: Comparaison entre le temps d'ouverture et le temps travaillés dans la zone soudage

Temps d’ouverture = nombre poste actuel * temps de travail du poste par jour.

Temps d’ouverture soudage = 23 * 1380 = 31740 min/jour.

Temps d’ouverture séparation = 12 * 1380 = 16560 min/jour.

Temps travaillé : temps calculé par le chronométrage, c’est le temps qu’on est besoin réellement pour produire la quantité journalière.

Besoin réel en poste = temps travaillé / temps de travail d’un poste par jour.

Besoin réel en poste de soudage = 25287 / 1380 = 18,3 ≈ 19 postes.

Besoin réel en poste de séparation = 9778 / 1380 = 7,1 ≈ 8 postes.

Le tableau N°9 montre un écart en temps qui constitue un temps non productif dû au non occupation des postes.

D’après le tableau, nous constatons que la capacité actuelle des postes dépasse la charge dans les 2 processus, ce qui donne un écart en temps qui constitue un temps non productif dû au manque d’occupation des postes. Et donc nous allons agir sur le soudage et la séparation, pour éliminer le temps perdu, afin de réduire l’effectif et augmenter la productivité de la zone du soudage.

III. Mise en place des solutions et estimation des gains :

1. Les postes de séparations :

L’étude capacitaire montre que le besoin réel en termes de postes de séparation est de 8 structures. Détaillant à présent leur implantation :

Actuellement, la zone P2 dispose de 12 postes assurant la séparation des joints pour les SHUNK situés à leurs côtés. Les fils à séparer sont stockés par le distributeur sur les pagodes des SHUNK avant d'être mis dans les tobos de séparation.



Figure 51: Tobos d'un poste de séparation

Figure 52: Pagode d'une machine SCHUNK

Si on implante les 8 structures de séparation à côté des SCHUNK, elles doivent supporter la charge des 4 autres postes de séparation qu'on a optimisée ; ce qui fait que chaque poste doit assurer la séparation au moins de deux SCHUNK. Et donc, le distributeur doit alimenter les tobos des postes à partir des pagodes de plusieurs SCHUNK.

L'exemple suivant montre le flux de la distribution des fils pour le poste de séparation N°1 après la réduction des postes.

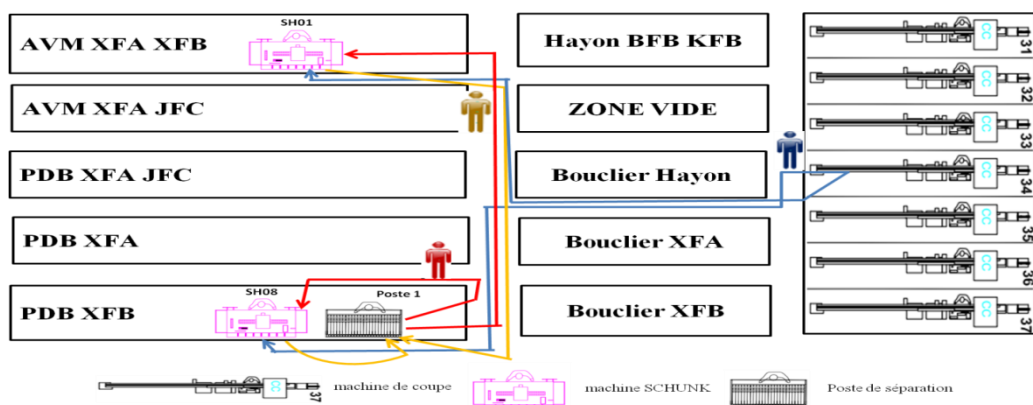


Figure 53: Flux du distributeur avant centralisation des postes

Le diagramme Spagetti montre que le flux du distributeur est devenu plus compliqué après la réduction des postes de séparation.

Afin de rendre le flux plus facile et éliminer les aller retour du distributeur, nous avons proposé de créer une zone qui regroupe les 8 postes de séparation, des pagodes IN pour le stockage des additionnels, et des pagodes OUT pour le stockage des joints séparés.

1.1. Dimensionnement de la zone :

La zone qui sera dédiée à la centralisation de la séparation possède les dimensions suivantes :

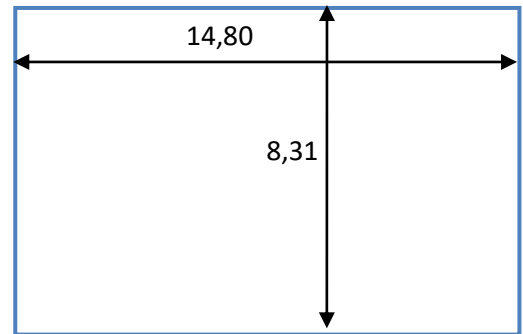


Figure 54: Zone centralisée de séparation

1.2. Disposition des postes et des pagodes :

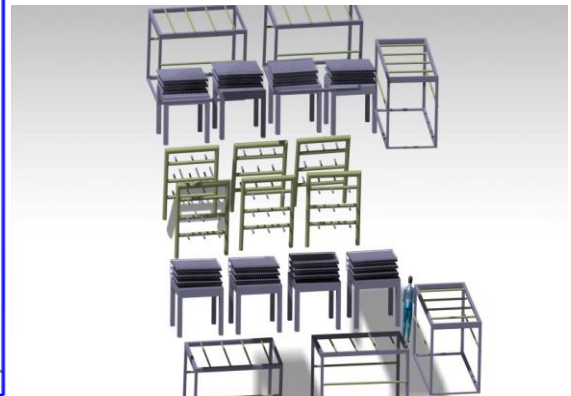
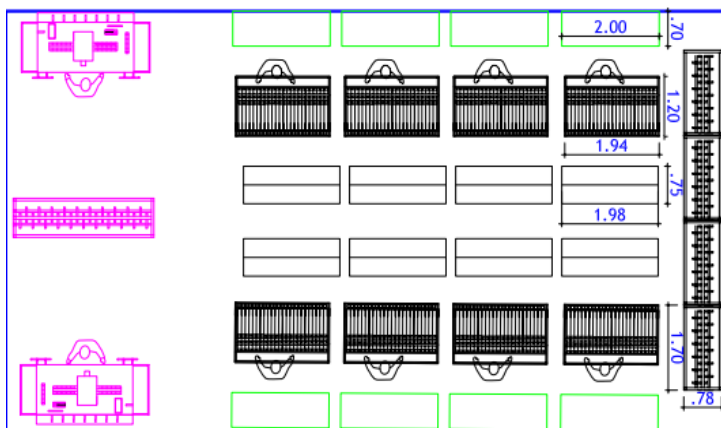


Figure 55: Disposition des postes de séparation dans la zone

La disposition proposée est conçue de telle façon à ce que les pagodes du IN soient regroupées et situées chacune en face des tobos qui alimente, ce qui facilite le travail des distributeurs . Pour les structures OUT, elles sont situées derrière les opérateurs.

1.3. Poste de séparation :

Les pagodes du IN sont dimensionnées pour le stockage de 600 .

L'emplacement des 600 additionnels sur les postes doit se faire par tobos ; chaque tobos correspond à un SN. Alors :

$$\text{NB de tobos par poste} = \frac{\text{Total additionnel IN}}{\text{Nombre de postes}} = \frac{600}{8} = 75$$

Ces 75 tobos seront réparties en 3 rangées superposées de 25 chacune.



Figure 56: Poste de séparation

1.4. Taux d'occupation :

La centralisation de la séparation nous a permis de faciliter le chemin de distributeur d'un côté, et d'éliminer la contrainte de séparation pour les SCHUNK de l'autre côté; et donc tous les SCHUNK peuvent soudés les joints avec séparation.

Le diagramme suivant montre un exemple de distribution des fils pour le poste N°1 de la séparation après la centralisation :

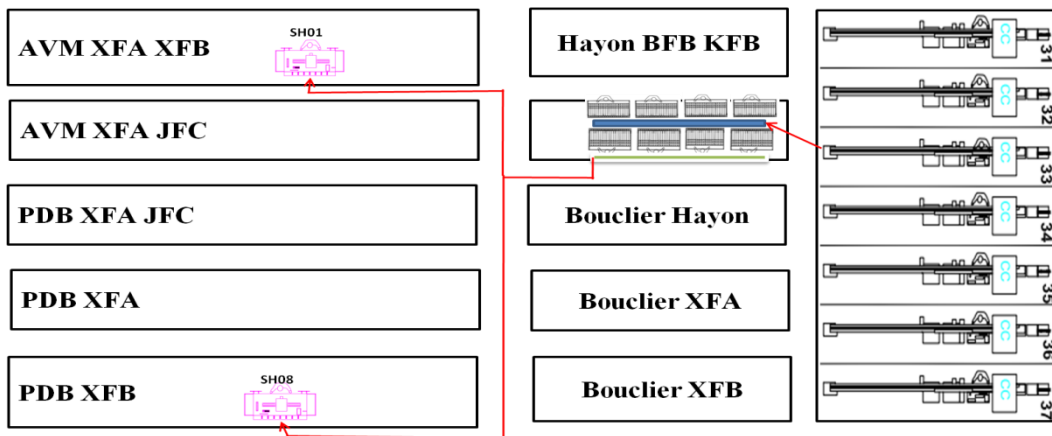


Figure 57: Exemple de distribution des fils après centralisation des postes de séparation

L'affectation des joints à chaque poste tient en compte les conditions suivantes :

- Les joints qui ont des additionnels communs doivent être séparés dans le même poste.
- Le nombre des additionnels des joints séparés a chaque poste ne doit pas dépasser la capacité du poste qui est de 75 additionnels.

En respectant ces conditions nous avons obtenu une nouvelle distribution illustrée dans le tableau suivant :

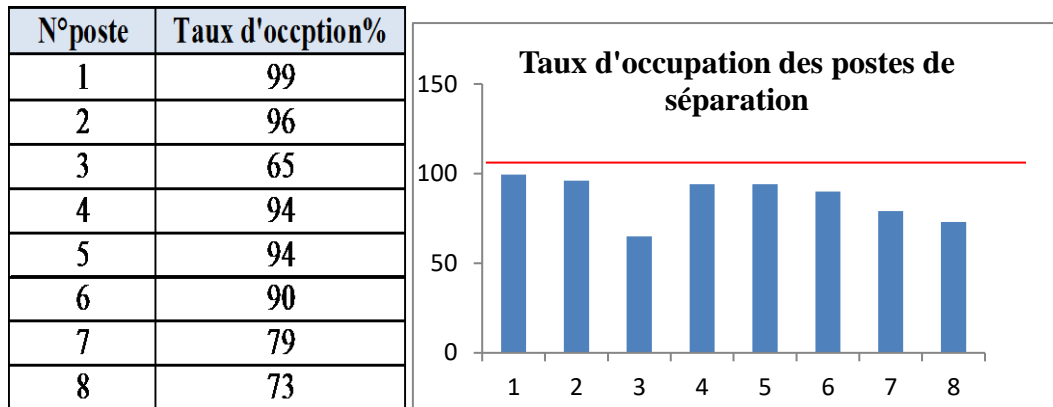


Figure 58: Nouveaux taux d'occupations des postes de séparation

2. Les machines SCHUNK :

La centralisation des postes de séparation nous a permet de :

- Éliminer la contrainte de séparation lors de l'affectation des joints aux machines SCHUNK.
- Libérer les emplacements qui ont étaient occupé par les postes de séparation, et donc les exploiter pour intégrer les machines SCHUNK dans leurs chaines, afin de faciliter le chemin de distributeur.

La nouvelle affectation des SN aux machines SCHUNK tient en comptes les conditions suivantes :

- Les joints qui ont des additionnels communs doivent souder par la même machine.
- Le nombre additionnel IN ne doit pas dépasser la capacité de la pagode du SCHUNK.
- Les joints qui ont une isolation SHRINK doivent souder dans les postes possédants la machine RAYCHEM.
- Les joints End-splice doivent souder dans les postes possédant l'outil End-splice
- Les emplacements des machines doit être proche de la chaine qui assemble les fils souder.

En respectant ces conditions nous avons obtenu le résultat représenté dans le tableau suivant :

N° machine	Temps total	Taux d'occupation
Sh01	1311	95%
Sh04	1302	94%
Sh07	1376	100%
Sh08	1363	99%
Sh09	1341	97%
Sh11	1200	87%
Sh12	1129	82%
Sh13	1128	82%
Sh17	1375	100%
Sh19	1313	95%
Sh20	1378	100%
Sh22	992	72%
Sh24	1381	100%
Sh26	1383	100%
Sh27	1133	82%
Sh29	1316	95%
Sh31	1275	92%
Sh32	1278	93%
Sh34	1035	75%
Sh06	1275	92%

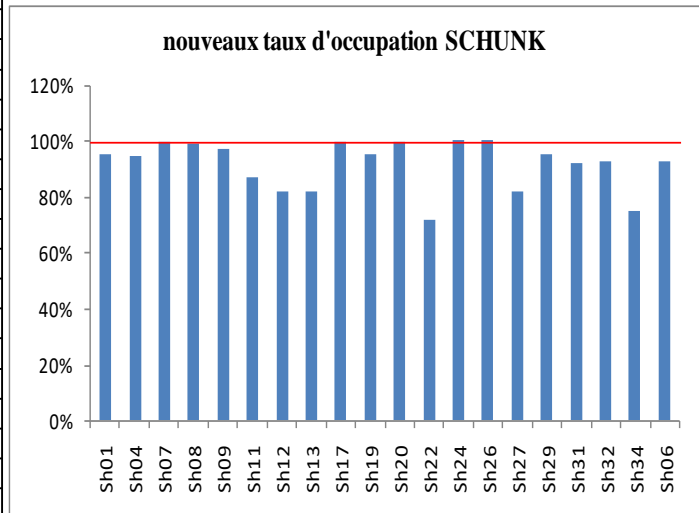


Tableau 10 : Nouveaux taux d'occupations des SCHUNK

3. Productivité :

	Effectif avant l'amélioration	Effectif après l'amélioration	Gain
Postes de séparation	36	24	12
Machines SCHUNK	71	62	9
Total	107	86	21

Tableau 11: Gain en effectif au niveau de la zone soudage

On a réduit le nombre des postes de séparation de 12 à 8 ce qui donne : $8 * 3 = 24$ opérateurs / jour.

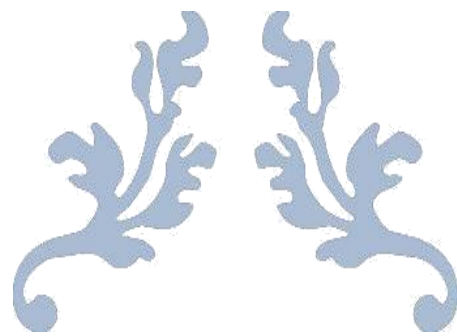
On a réduit le nombre des machines Schunk (postes de soudage) de 23 au 20 chaque poste est occupé par 1opérateur/shift soit 3opérateurs/jour, à l'exception de la machine N°6 qui nécessite 5 opérateurs/jour : $19 * 3 + 5 = 62$ opérateurs / jour.

$$\text{Productivité Soudage} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} = \frac{438}{86 * 7,67} * 100 = 66\%$$

La nouvelle distribution des machines dans l'usine est représentée dans le lay-out suivante :



Figure 59: Nouvelle distribution des SCHUNK dans l'usine



Chapitre V : Traitement zone sertissage manuel



I. Introduction :

Dans le présent chapitre, nous allons établir une étude complète de la zone sertissage manuel. Dans un premier temps, nous allons collecter et analyser les données afin de détecter les causes racines qui impactent la productivité de la zone. Ensuite proposer les solutions.

II. Diagnostic de l'état actuel et analyse des données :

La zone P107 dispose 51 opérateur/jour répartie entre les presses P107 et les postes d'accessoires.

$$\text{Productivité P107} = \frac{\text{heures produites}}{\text{heures payées}} * 100 = \frac{184}{51 * 7,67} * 100 = 47\%$$

1. Les presses P107 :

P2 dispose physiquement de 8 presses P107 dont 2 sont hors distribution, chaque presse est occupé par un opérateur par shift.

1.1. Identification des opérations :

Les opérations qui sont prises en compte lors du chronométrage que nous avons effectué sont représentées dans le tableau suivant :

Opérations
Prendre le bundle de la structure IN
Effectuer le sertissage du SHIELD WIRE
Coiling up
Poser le bundle dans la structure OUT

Figure 60: Les opérations des presses P107

1.2. Taux d'occupation :

En respectant les étapes de chronométrages cités au paravent, nous avons obtenus les résultats suivant :

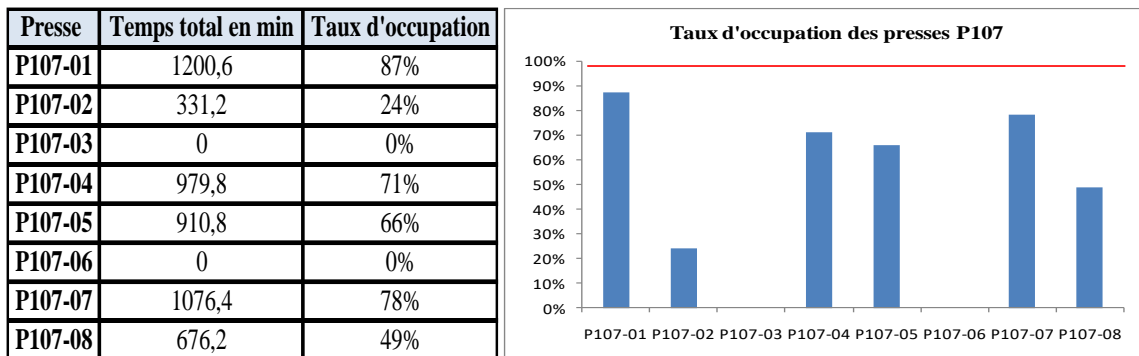


Figure 61: Taux d'occupations actuels des presses P107

On remarque d'après la figure que les presses sont sous chargés.

1.3. Analyse de l'étude capacitaire :

Après la détermination du temps travaillé réel par le chronométrage des presses (voir annexe 6,9 pages 64,73), nous allons comparer ce temps avec le temps d'ouverture afin de savoir l'excès en termes d'effectif. Le résultat est représenté dans le tableau ci-dessous :

poste	Nombre postes	Temps d'ouverture (min)	temps travaillé (min)	Besoin réel en postes	Ecart en postes
Presses P107	6	8280	5175	4	2

Tableau 12: Comparaison entre le temps travaillé et le temps d'ouverture presses P107

D'après le tableau, nous constatons que la capacité actuelle des presses dépasse la charge, ce qui donne un écart en temps qui constitue un temps non productif dû au manque d'occupation des presses. Et donc nous allons agir sur les presses, pour éliminer le temps perdu, afin de réduire l'effectif et augmenter la productivité de la zone.

2. Les postes d'accessoires :

Le processus accessoire dispose de 7 postes, avec un nombre de 33opérateurs par jour. La répartition des postes par zone de sertissage décrites dans le tableau ci-dessous :

Accessoires	Nbr de postes	Nbr opérateur/shift
Table Accessoire N°1	1	2
Table Accessoire N°2	1	3
Poste CRT	1	2
Poste VM	1	1
Poste KAWAMUKI	3	3

Tableau 13: Effectif des postes d'accessoires

Identification des opérations :

Le tableau ci-après contient les opérations chronométrées :

Poste	Opérations
Table Acc 1	Prendre le bundle de la structure IN
	Séparer le Vynile
	Couper le fil mort
	Insérer le CGPT
	Fixation
	Coilling up
Table Acc 2	Poser le bundle dans la structure OUT
	Prendre le bundle de la structure IN
	Séparer le Vynile
	Couper le fil mort
	Insérer le CGPT
	Fixation
Poste CRT,VM,EVO	Insérer le SHRINK et GLUE
	Insérer le bouchon
	Coilling up
	Poser le bundle dans la structure OUT
	Prendre le bundle de la structure IN
	Poser les fils sur le séchoir
Poste Kawamuki	Sécher le CGPT ou SHRINK+GLUE
	Coilling up
	Poser le bundle dans la structure OUT
	Prendre le bundle de la structure IN
	Insérer le fils dans la machine
	Réaliser le dénudage
	Coilling up
	Poser le bundle dans la structure OUT

Figure 62: Liste des opérations des postes d'accessoires

2.1.Flux SHIELD WIRE :

Le flux dans la zone P107 est relativement compliqué vu la diversité des opérations manuelles.

Pour comprendre le déroulement de production au niveau de cette zone, nous allons schématiser à l'aide d'une cartographie le flux de SHIELD WIRE.

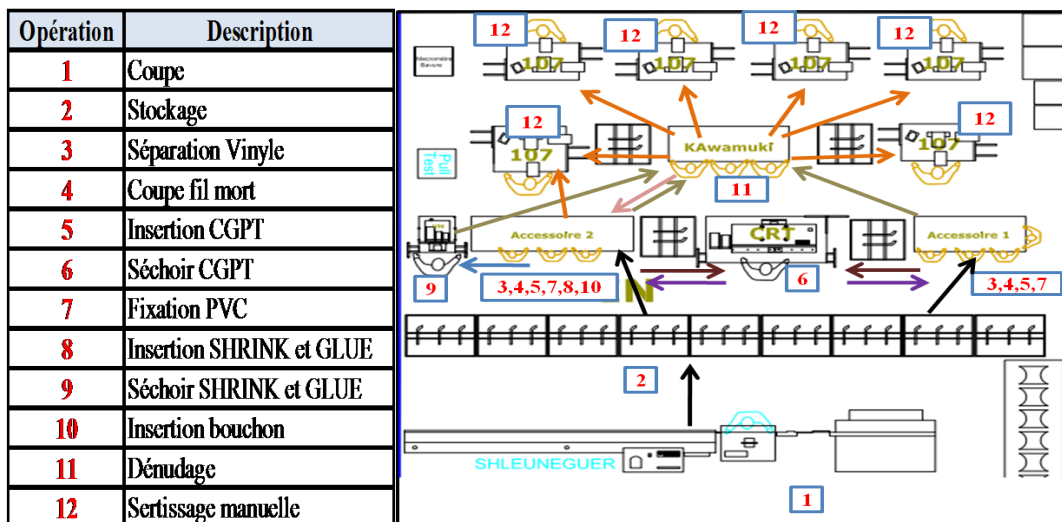


Figure 63: Flux actuel du SHIELD WIRE

Après la coupe du SHIELD WIRE au niveau de la machine SHLEUNEGUER, il est stocké sur les pagodes IN de la zone P107, puis, il est transporté par le distributeur vers les deux postes d'accessoires pour la séparation du vinyle, la coupe du fil mort et l'insertion du CGPT. Par la suite, il passe aux machines CRT et VM pour le séchoir du CGPT, et il revient encore une fois aux deux tables accessoires N°01 et N°02 pour la fixation et l'insertion du SHRINK et GLUE.

Après le séchoir de l'ensemble SHRINK, GLUE au niveau de la CRT, le SHIELD WIRE passe au poste KAWAMUKI pour le dénudage, puis vers les presses P107 pour le sertissage. Les SN qui nécessitent l'insertion du bouchon doivent revenir vers la table d'accessoire N°02 avant d'être serti.

Les problèmes détectés en analysant ce flux sont :

- Les aller retours du SHIELD WIRE.
- Chemin compliqué de distributeur qui retarde l'alimentation des postes en matière première, et donc un temps d'attente chez l'opérateur.
- L'endommagement des fils-amants du SHIELD WIRE lors de son déplacement du KAWAMUKI vers les presses P107.

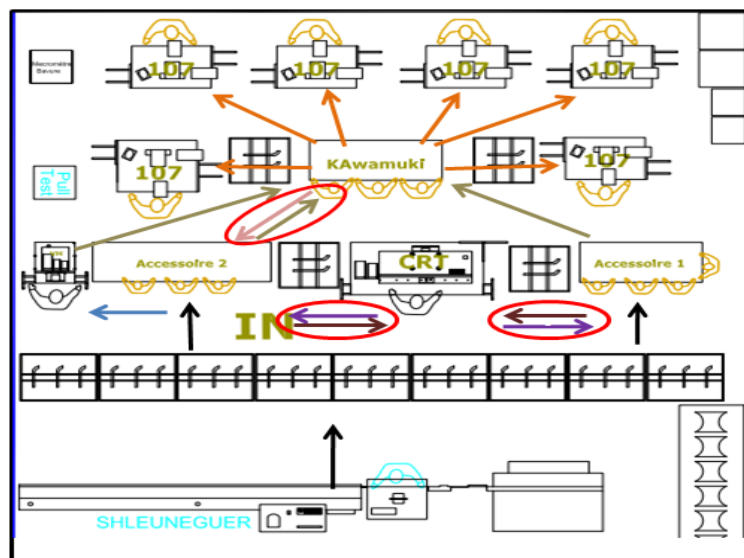


Figure 64: Mouvements d'aller-retour dans le flux SHIELD WIRE

III. Mise en place des solutions et estimation des gains :

1. Les plans d'actions :

1.1. Poste presse & KAWAMUKI :

La zone P107 a reçu plusieurs réclamations à propos l'endommagement des fils amants du SHIELD WIRE, lorsqu'il se déplace du KAWAMUKI vers les presses.

Afin de remédier à ce problème, et éliminer les déplacements inutiles et les aller retour du SHIELD WIRE nous avons proposé les solutions suivantes :

Intégrer les opérations de dénudage, insertion bouchon et sertissage dans les mêmes postes, ce qui élimine d'un côté le déplacement du SHIELD WIRE après le dénudage, et de l'autre côté les aller retour entre les KAWAMUKI et la table d'accessoire 2.

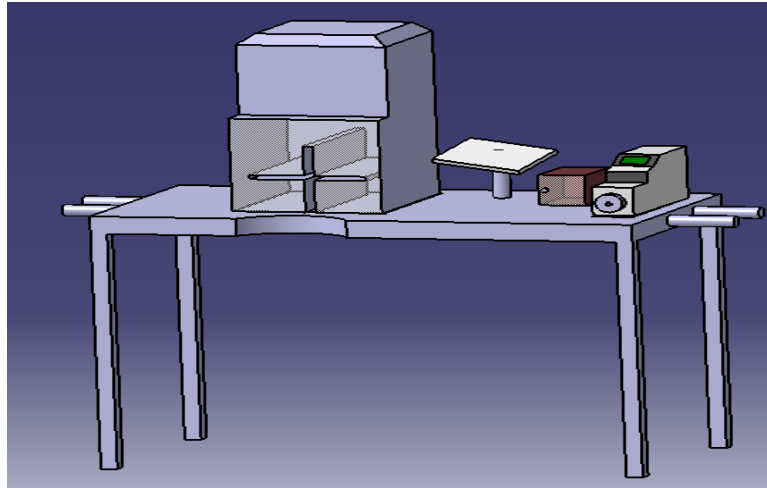


Figure 65: Nouveau poste P107

L'étude capacitaire de la solution a donné une charge de 8923 min. La capacité journalière de chaque poste est de 1380 min donc le besoin en poste est de :

$$\text{nombre poste} = \frac{8923}{1380} \approx 7.$$

Le tableau suivant représente les 7 postes avec leurs taux d'occupation.

N°poste	Opération	Temps total	Taux d'occupation
Poste 01	Dénudage et sertissage	1352,4	98%
Poste 03	Dénudage et sertissage	1228,2	89%
Poste 04	Dénudage et sertissage	1242	90%
Poste 05	Dénudage et sertissage	1228,2	89%
Poste 06	Dénudage,sertissage et insertion bouchon	1324,8	96%
Poste 07	Dénudage et sertissage	1228,2	89%
Poste 02	Dénudage et sertissage	1269,6	92%

Tableau 14: Nouveaux taux d'occupations des postes P107

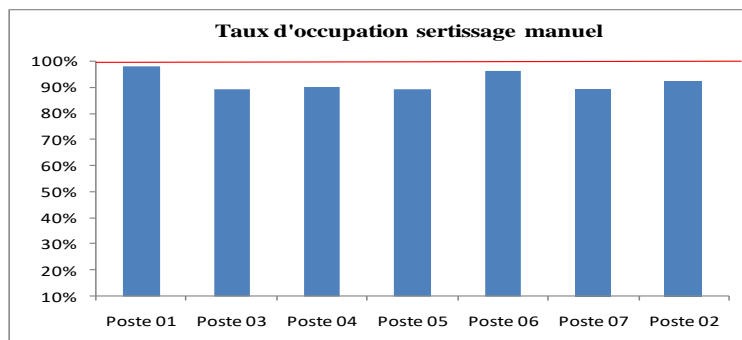


Figure 66 : Histogramme des nouveaux taux occupations des postes P107

1.2.Redistribution des tâches sur les postes :

Afin d'éliminer les aller retour du SHIELD WIRE entre les 2 tables d'accessoires et le poste CRT, nous allons redistribuer les tâches sur les postes d'accessoires, et établir un nouvel aménagement des postes qui vise à éliminer les opérations à non valeur ajoutée.

La figure suivante illustre la nouvelle affectation des tâches aux postes :

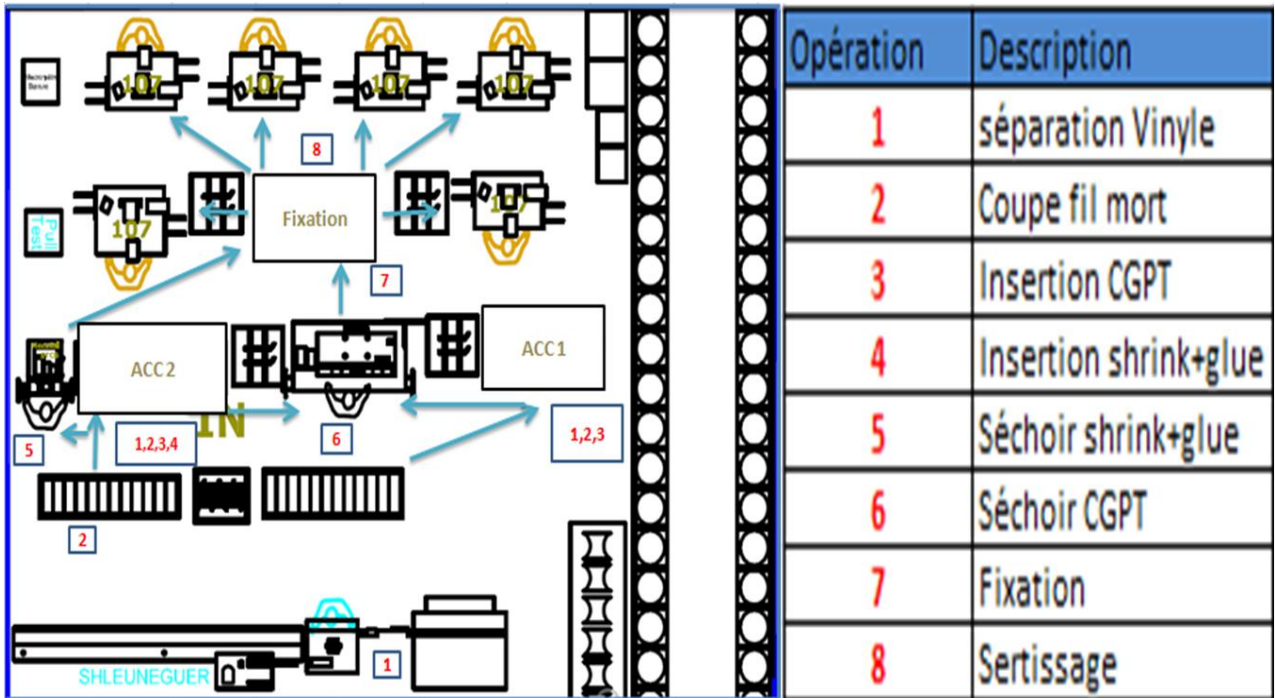


Figure 67: Nouveau flux du SHIELD WIRE

Grâce à Cette nouvelle distribution nous a permis d'éliminer les aller retour du SHIELD WIRE, et réduire les nombres d'opérateur, le tableau suivant représente l'effectif qu'on est besoin après la redistribution des tâches sur les postes d'accessoires :

Poste	Nombre opérateur par jour
Table accessoire 1	3
Table accessoire 2	3
Poste CRT	6
Poste VM	6
Total	18

Tableau 15: nouvel effectif des postes de séparation

1.3.Réaménagement des postes :

Le déplacement du SHIELD WIRE d'un poste à un autre se fait manuellement par le distributeur, malgré la courte distance entre les postes d'accessoires qui ne dépasse pas 2 m.

Ce qui engendre plusieurs sortes de gaspillage : l'attente dû au retard de la matière, déplacement inutile du SHIELD WIRE, des encours dû à la surcharge de distributeur.

Afin d'éliminer ces pertes et optimisé le chemin du distributeur, nous avons proposé de regrouper les postes sous forme de U ou se qu'on appelle l'aménagement circulaire (voir l'annexe 2 page 60) .

Il est possible d'utiliser cet aménagement pour la zone P107 puisqu'elle respecte toutes les caractéristiques de la méthode.

Dans le but de choisir la position adéquate pour appliquer la méthode, en respectant les dimensions de la zone, nous avons utilisé le logiciel AUTOCAD.

La figure suivante montre le nouvel aménagement de la zone :

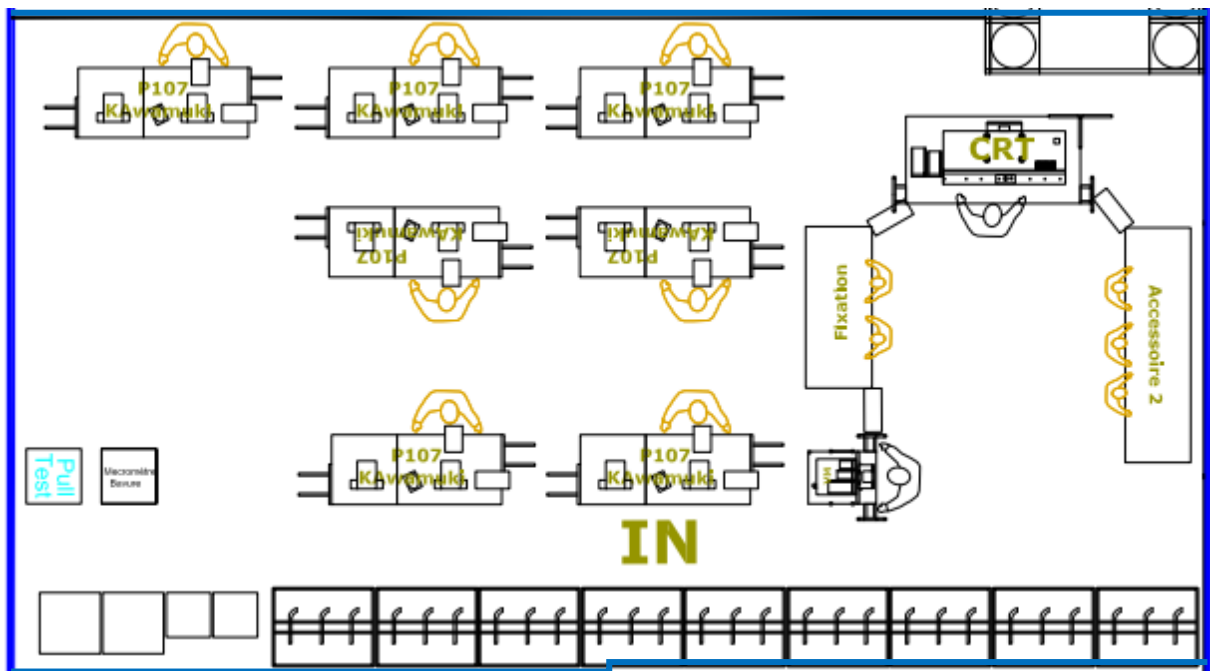


Figure 68: Nouvel aménagement de la zone P107

Les postes constituant le U sont : la table accessoire 2, la machine CRT, la table accessoire 1, et machine VM. Le déplacement de la matière entre ces postes va se faire automatiquement par une glissière.

Le distributeur transporte le SHIELD WIRE de la coupe vers le IN de la table d'accessoire 2 pour la séparation vinyle, la coupe du fil mort et l'insertion CGPT, à la fin de ces opérations l'opérateur pose le SHIELD WIRE sur la glissière à l'aide d'un crochet, afin d'être déplacé automatiquement vers la machine CRT qui fait le séchoir du CGPT, de la même manière il passe

à la table d'accessoire 1 pour la fixation, et l'insertion de l'ensemble SHRINK GLUE, et puis à la machine VM pour le chauffage de l'ensemble, avant d'être transporté par le distributeur vers les presses pour le dénudage, sertissage, et insertion bouchon.

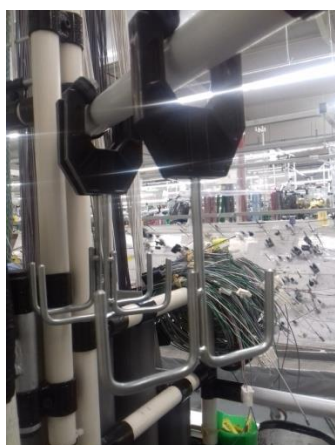


Figure 69: Crochets

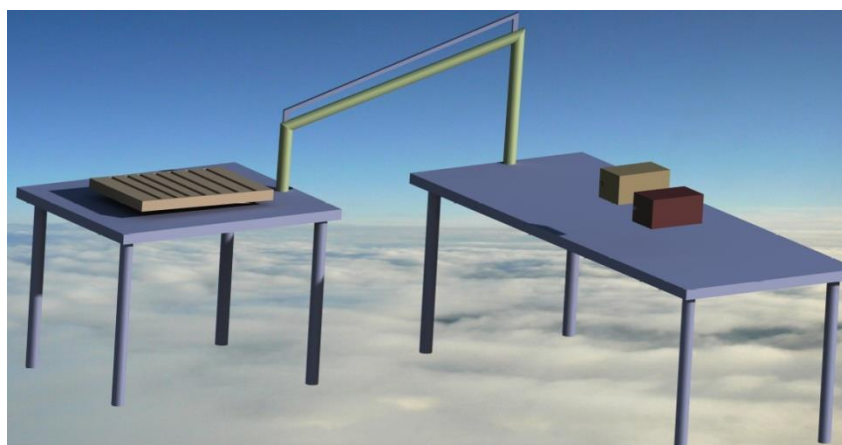


Figure 70: Déplacement par glissière

2. Productivité:

Les tableaux suivants illustrent les gains en effectif escomptés au niveau de la zone sertissage manuel :

Process	Effectif avant l'amélioration	Effectif après l'amélioration	Gain
Accessoire	24	18	12
Dénudage	9	0	
Sértissage	18	21	
Total	51	39	

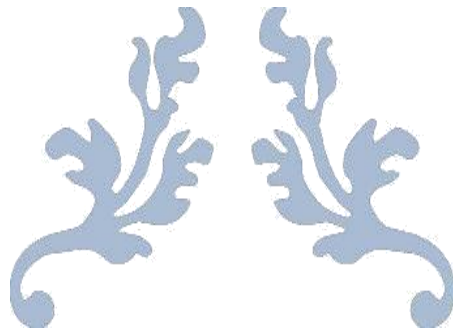
Tableau 16: Gains escomptés en effectif au niveau de la zone sertissage manuel

On a intégré les machines KAWAMUKI (dénudage) avec les presses P107 (sertissage), cette solution nous a permis d'optimiser 3 postes KAWAMUKI c à d 9 opérateurs / jour, et ajouter une presse P107 ce qui donne 21 opérateur/ jour.

L'intégration de l'opération insertion bouchon avec le sertissage et réaménagement des postes nous a permet d'optimiser 6 opérateurs/jour.

$$\text{Productivité zone P107} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} * 100 = \frac{11026,2}{39 * 460} * 100 = 61\%$$

$$\text{Productivité sertissage manuel} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} * 100 = \frac{22701}{72 * 460} * 100 = 69\%$$



Chapitre VI : Traitement zone twist & estimation des gains de la zone P2



I. Introduction :

Ce présent chapitre est réparti en 2 volets :

1^{er} volet : nous allons établir une étude complète de la zone twist. Dans un premier temps, nous allons collecter et analyser les données afin de détecter les causes racines qui impactent la productivité de la zone, ensuite proposer des solutions qui permettent la résolution des problèmes identifiés.

2^{ème} volet : nous allons récapituler les gains obtenus en termes d’effectif, matériels, et finalement le gain de la productivité.

Volet I : traitement de la zone twist

I. Diagnostic de l’état actuel et analyse des données :

La zone Twist dispose 8 machines DTM, 11 machines KOMAX 288, et 1 machine KOMAX 188 chaque machine est occupée par 1opérateur/shift.

$$\text{Productivité Twist} = \frac{\text{Heuresproduites}}{\text{Heurestravaillées}} = \frac{386}{60 * 7,67} * 100 = 84\%$$

1. Identification des différentes opérations :

Les opérations qui sont prises en compte lors du chronométrage que nous avons effectué dépendent du type de twist :

DTM
Check sheet Mesurer la longueur des 2 fils et la comparer avec le Kanban Mettre les 2 fils à torsader sur les 2 cotés de la machine DTM Déplacer manuellement le coté mobile du DTM jusqu'à l'atteinte de la longueur souhaitée Régler la machine et torsader les fils
KOMAX
Check sheet Mesurer la longueur des 2 fils et la comparer avec le Kanban Mettre les 2 fils à torsader sur les 2 cotés de la machine KOMAX Régler la machine et torsader les fils

2. Synthèse du chronométrage :

Après avoir appliqué les étapes de chronométrage citées au paravent, nous avons obtenu les résultats représentés dans le tableau ci-dessous dont le détail est décrit dans l’annexe :

Longueur	Type	DTM	KOMAX 288	Ecart
[200-400]	Simple	12	11	1
]400-600]	Simple	13	11	2
]600-800]	Simple	13	11,3	1,7
]800-1000]	Simple	17	12,2	4,8
]1000-1400]	Simple	22,1	13	9,1
]1400-1800]	Simple	28	16	12
]1800-2200]	Simple	33	17,9	15,1
]2200-2600]	Simple	34,2	18	16,2
]2600-3000]	Simple	36	20	16
]3000-3400]	Simple	37,4	22	15,4
]3400-3800]	Simple	38	23,5	14,5
]3800-4200]	Simple	40,1	25,2	14,9
]4200-4600]	Simple	40,1	26	14,1
]4600-5000]	Simple	40,1	27	13,1
]5000-5400]	Simple	40,9	29,5	11,4
]5400-5800]	Simple	41	35,2	5,8
]5800-6200]	Simple	42	38	4
]6200-6600]	Simple	42	39	3
]6600-7000]	Simple	42	41	0

Tableau 17: Comparaison entre DTM et KOMAX

Nous remarquons d’après le tableau, que la machine DTM est moins performante que KOMAX puisque le réglage de cette machine se fait manuellement par l’opérateur qui doit déplacer la partie mobile du twist DTM jusqu’à l’atteinte de la longueur souhaitée pour chaque bundle.

L’écart qui représente la différence du temps entre KOMAX et DTM, nous donne une idée sur les intervalles où la dispersion entre les temps de ces 2 machines est faible.

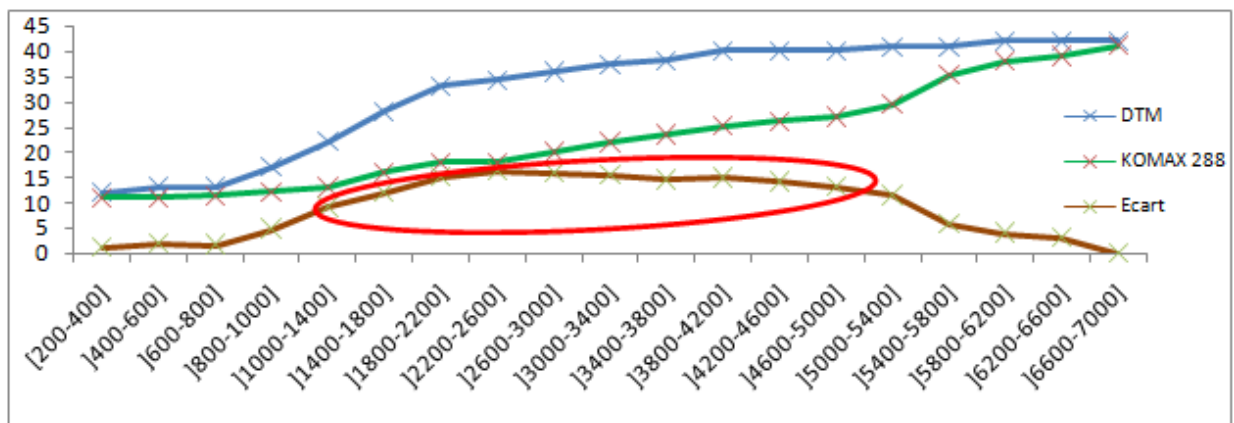


Figure 71: Comparaison entre DTM et KOMAX 288

D’après la figure on remarque que les valeurs de l’écart sont faibles dans cet intervalle :

[200,1400]U[5400,7000] ; c.à.d. que le temps que fait DTM pour torsadé des fils de cet intervalle est un peu près le même que la machine KOMAX, et donc pour optimiser le temps afin

d'augmenter la productivité il faut prendre en considération ces longueurs lors de l'affectation des SN au machines twist.

3. Taux d'occupation :

Après avoir calculé le temps nécessaire pour chaque SN, on déduit le taux d'occupation de chaque machine dont le détail et dans l'annexe(5,10) :

N° machine	Temps total min	Taux occupation
TW01	1064	77%
TW02	1135	82%
TW03	1849	134%
TW04	1634	118%
TW05	595	43%
TW06	1089	79%
TW07	1491	108%
TW08	1077	78%
TW09	1168	85%
TW10	1218	88%
TW11	1185	86%
TW13	1218	88%
TW14	1515	110%
TW15	1235	89%
TW16	1088	79%
TW17	1139	83%
TW18	1145	83%
TW19	1234	89%
TW20	1784	129%
TW 22	1475	107%

Tableau 18: Taux d'occupation des Twist

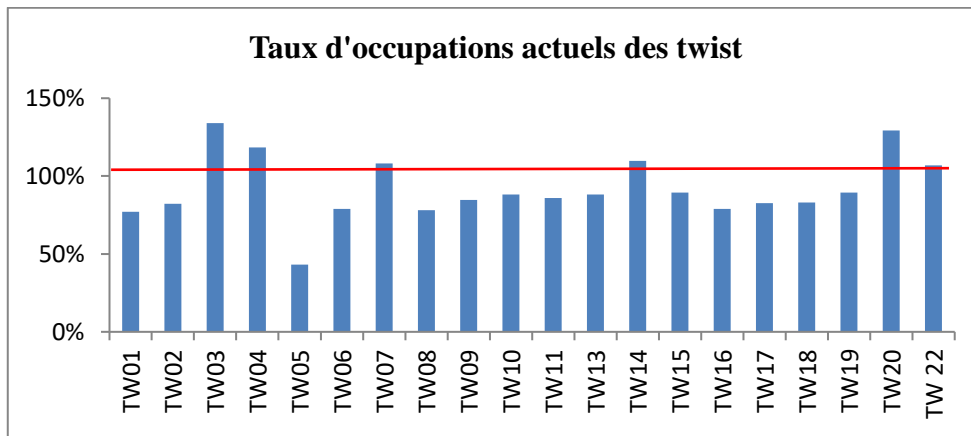


Figure 72: Histogramme des taux d'occupations Twist

4. Analyse de l'étude capacitaire :

Processus	Nombre de poste actuel	Temps d'ouverture (min)	temps travaillé (min)	Besoin réel en poste	Ecart en poste	Ecart en effectif
Twist	20	27600	25339	19	1	3

Tableau 19: Comparaison entre le temps travaillé et le temps d'ouverture Twist

Temps d'ouverture = $20 * 1380 = 27600$ min.

Besoin réel en poste = $25339 / 1380 = 18,4 \approx 19$ postes.

La capacité actuelle des 20 machines twist dépasse la charge qui nécessite seulement 19 machines, donc nous allons agir sur cette zone afin d'éliminer le temps perdu et réduire l'effectif.

II. Mise en place des solutions et estimation des gains :

1. Les plans d'actions :

1.1. Amélioration de la machine KOMAX 288 :

Les twists doubles sont torsadés par les machines DTM selon la méthode suivante :

L'opérateur pose 1 fil de chaque double dans la pince et met les 2 autres fils derrière comme il montre la figure suivante :

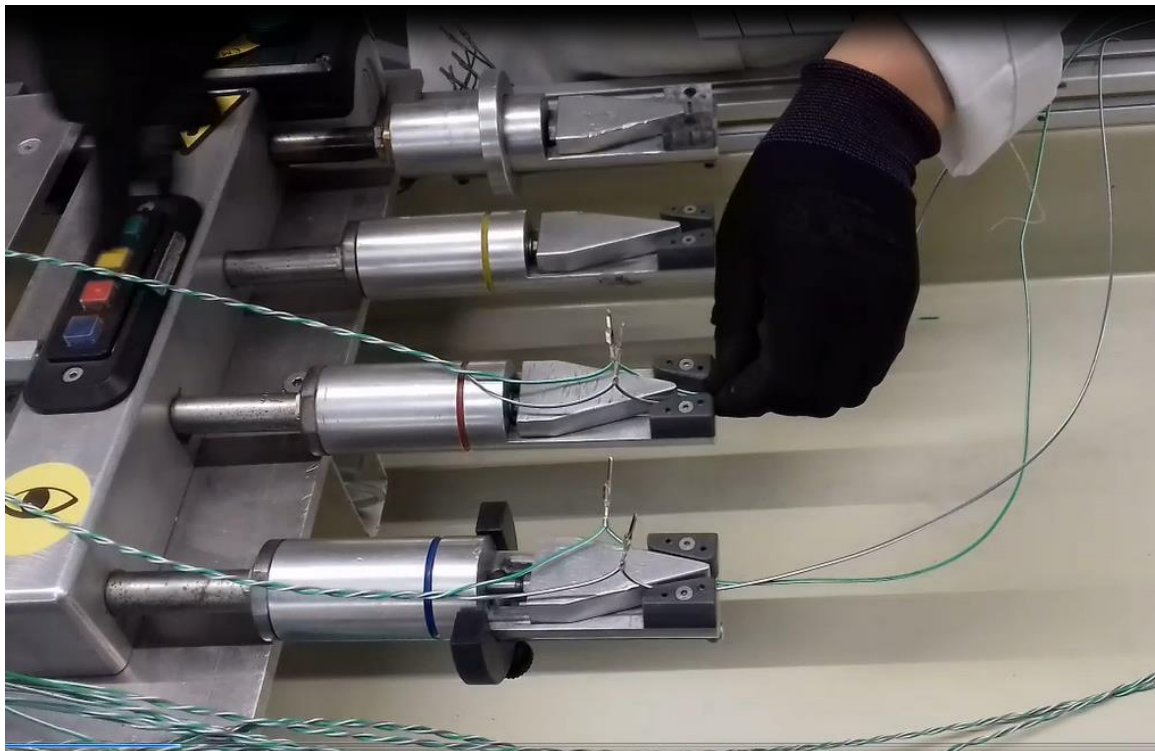


Figure 73 :Torsadage d'un twist double

Les 4 pinces de la machine DTM sont fixées par un support, et c'est l'opérateur qui déplace ce support manuellement à chaque changement de longueur du twist. Au contraire les pinces des machines KOMAX se déplacent automatiquement d'une manière déphasée, ce qui peut endommager les fils du double s'ils sont posés derrière les pinces. Et c'est pour cette raison les doubles ne sont pas twistés par KOMAX.

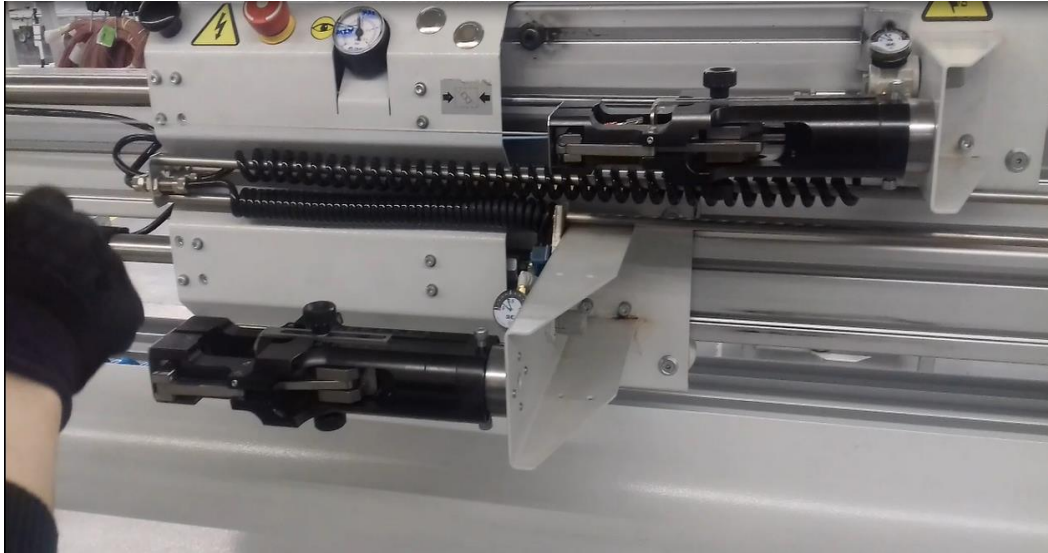


Figure 74: Pinces de la machine KOMAX 288

Le chronométrage nous a montré que les machines KOMAX sont plus performantes que DTM, c'est pour cela nous allons proposer une amélioration qui nous a permettent de twisté les doubles par les machines KOMAX.

Pour torsader le double par la machine KOMAX, l'opérateur doit poser 1 fil de chaque double dans la pince et met les 2 autres fils sous la pince sur la pièce suivante :

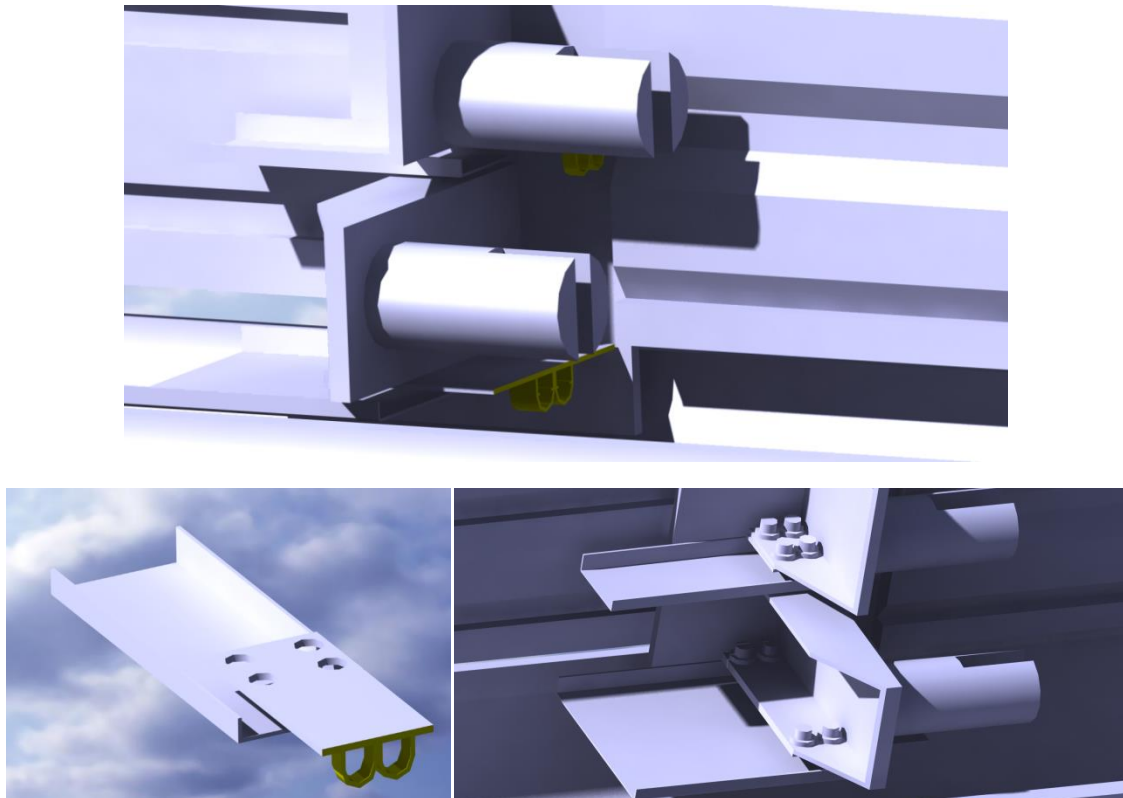


Figure 75: Amélioration proposée pour KOMAX

1.2.Taux d’occupation :

Pour équilibrer les machines twist nous avons adopté la méthodologie illustrée par le logigramme suivant :

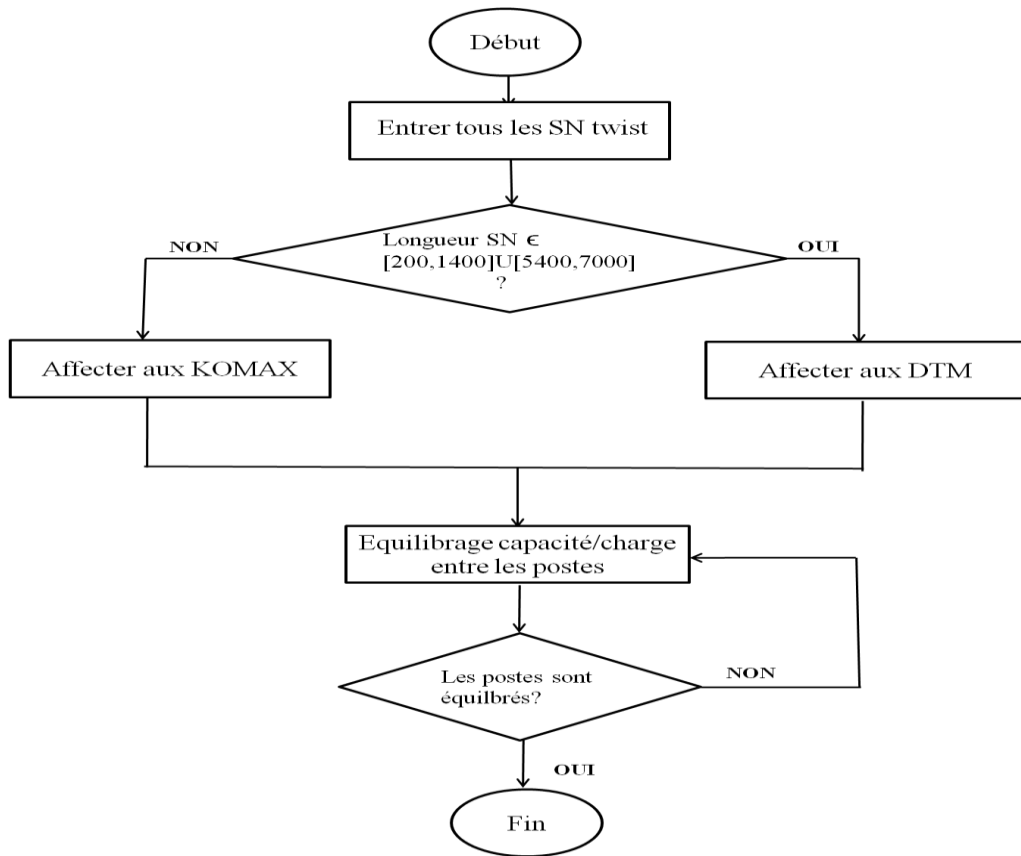


Figure 76:Logigramme distribution TWIST

Les taux d’occupations de cette nouvelle distribution sont représenté dans le tableau suivant :

N°machine	Temps total min	Taux occupation
TW03	1323	96%
TW11	1360	99%
TW10	1367	99%
TW16	1278	93%
TW20	1264	92%
TW09	1373	99%
TW 19	1361	99%
TW06	1281	93%
TW05	1375	100%
TW08	1115	81%
TW13	1366	99%
TW17	1044	76%
TW07	1284	93%
TW22	1376	100%
TW18	1382	100%
TW02	1382	100%
TW01	1385	100%
TW15	933	68%
TW14	1361	99%

Tableau 20:Nouveaux taux d'occupation des twist

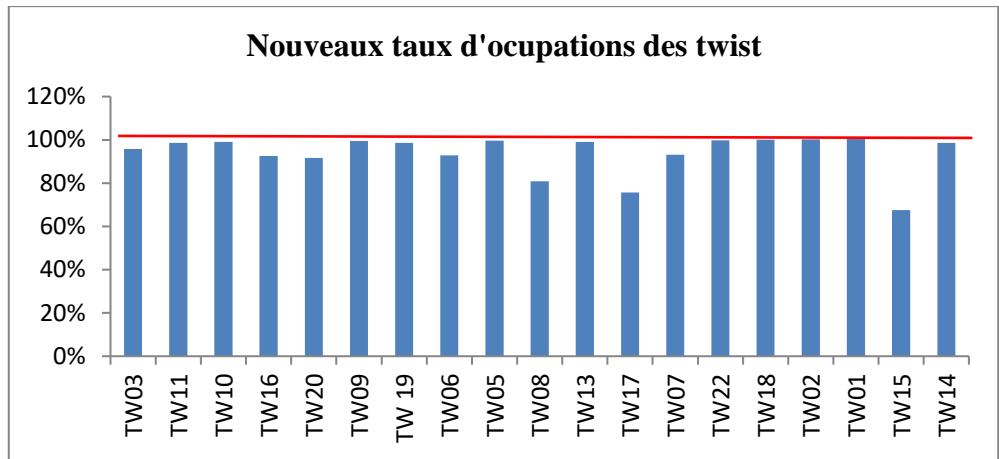


Figure 77: Histogramme des nouveaux taux d'occupation

2. Productivité Twist :

	Effectif avant l'amélioration	Effectif après l'amélioration	Gain
KOMAX	36	36	0
DTM	24	21	3
Total	60	57	3

Tableau 21: Gain en effectif au niveau de la zone twist

$$\text{Productivité Twist} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} = \frac{386}{57 * 7,67} * 100 = 88\%$$

Volet II : Estimations des gains de la zone P2 :

Les gains réalisés lors de la mise en places du plan d’action sont récapitulés dans les tableaux suivants :

- Zone soudage :

Gain en effectif	21 opérateur/jour	63000 DH/mois
Gain en matériel	4 structures de séparation	20000 DH
	3 machines SCHUNK	261000 DH

Tableau 22: Gains escomptés au niveau de la zone soudage

Dans cette zone on a optimisé :

- 21 opérateurs avec le salaire moyenne d’un opérateur est de 3 000DH/mois donc optimisé $3\ 000 * 21 * 12 = 756\ 000$ DH/an.
- 4 structures de séparation et 3 machines SCHUNK qui vont être utilisés dans d’autres projets, avec : une structure de séparation coûte 5 000 DH, une machine SCHUNK coûte 87 000 DH.

- Zone sertissage manuel :

Gain en effectif	12 opérateur/jour	36000 DH/mois
Investissement en matériel	4 KAWAMUKI	34 6140 DH
Retour sur investissement	10 mois	

Tableau 23: Gains escomptés au niveau de la zone sertissage manuel

Dans cette zone on a pu optimiser 12 opérateurs/jour chacun a un salaire de 3 000 DH/mois et investir dans 4 KAWAMUKI qui coûte chacune 86 535 DH.

$$\text{Retour sur investissement} = \frac{346140 \text{ DH}}{36000 \text{ DH}} = 10 \text{ mois}$$

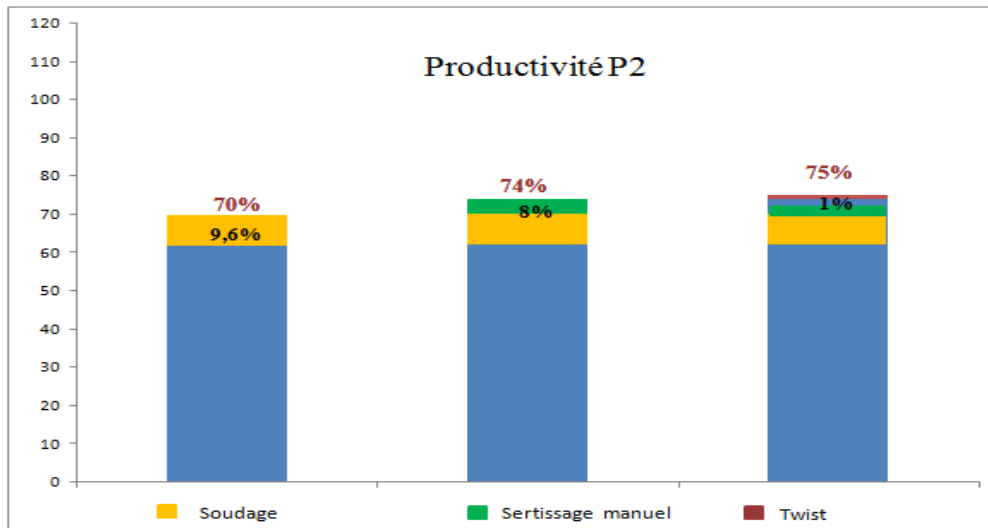
- Zone Twist :

Gain en effectif	3 opérateur/jour	9000 DH/mois
Gain en matériel	1 machine DTM	5000 DH

Tableau 24: Gains escomptés au niveau de la zone twist

- Productivité P2 :

	Productivité avant l'amélioration	Productivité après l'amélioration	% sur P2
Soudage	53	66	9,6
Sertissage manuel	59	69	8
Twist	84	88	1



Le plan d'action nous a permis d'augmenter la productivité de 62% à 75%.

$$\text{Productivité P2} = \frac{438 + 378 + 386}{(86 + 72 + 57) * 7,67} * 100 = 75\%$$

$$\text{Gain total} = 936\ 000 \text{ DH/an}$$

Conclusion générale

Ce projet avait pour objectif l'amélioration de la productivité au niveau de la zone pré-assemblage. Au terme de ce travail nous sommes arrivés à atteindre une grande partie des objectifs fixés.

L'objectif qui a été fixé par l'équipe du département IE & NYS était d'avoir une productivité totale de 80%. Pour ce faire nous avons adopté la démarche DMAIC sur les 3 processus de la zone P2 (soudage, sertissage manuel, twist), nous avons commencé en premier lieu par une étude capacitaire basée sur un chronométrage précis qui vise à déterminer le besoin réel en terme de poste et effectif pour chaque processus. L'analyse de l'étude capacitaire nous a permis d'une part de prendre conscience des contraintes présentes sur terrain qui ne sont pas respectées, d'autre part d'identifier les activités sans valeur ajoutée qui pénalisent la productivité.

Pour entamer le chantier d'amélioration nous avons adopté la théorie de gestion par contrainte pour mettre en place une nouvelle distribution technique et organisationnelle qui nous a permis d'atteindre nos objectifs :

- Equilibrage charge/capacité entre les postes.
- Augmentation d'occupation des postes
- Augmentation de la productivité de la zone pré-assemblage

En termes de résultat, cette nouvelle distribution nous a permis un équilibrage entre les postes des trois processus de la zone P2, d'augmenter la productivité de 62% jusqu'à 75% et réduire les ressources matériel de 8 machines (286 000 DH) et effectif de 36 opérateurs/jour (108 000 DH/mois).

Après l'implantation de la centralisation de la zone de séparation qui aura lieu le mois juillet il nous reste comme perspective le suivi et le contrôle de cette distribution. Ainsi que la mise en oeuvre des plans d'actions au niveau des deux processus restant.

Annexes

Annexe 1 : Présentation des outils utilisés

- QQQQCP :

QQQQCP est un acronyme, chacune des lettres correspondant respectivement aux questions : Qui ? Quand ? Où ? Quoi ? Comment ? Pourquoi ?

Cette méthode QQQQCP apporte les informations qui permettent de mieux connaître, cerner, clarifier, structurer, cadrer une situation car elle explore toutes les dimensions sous différents angles. Appliquer cette méthode est un bon point de départ pour encadrer un brainstorming, poser un diagnostic sur une situation ou commencer une analyse.

Lettre	Question	Sous-questions	Exemples
Q	Qui ?	De qui, Avec qui, Pour qui...	Responsable, acteur, sujet, cible...
Q	Quoi ?	Quoi, Avec quoi, en relation avec quoi...	Outil, objet, résultat, objectif...
O	Où ?	Où, par où, vers où...	Lieu, service...
Q	Quand ?	tous les quand, à partir de quand, jusqu'à quand...	Dates, périodicité, durée...
C	Comment ?	de quelle façon, dans quelles conditions, par quel procédé...	Procédure, technique, action, moyens matériel...
P	Pourquoi ?	Cause, facteur déclenchant, motif.	Justification, raison d'être.

Tableau 5 : QQQQCP

- 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.

- Définir** : Définition du problème, du périmètre étudié et des objectifs ;
- Mesurer** : Mise en œuvre de la collecte des données pour les analyser ;
- Analyser** : Appréciation des écarts entre la situation actuelle et les objectifs fixés, identification des causes et des leviers actionnables pour remédier à ces écarts ;
- Innover** : Inventaire, classement et choix des solutions, mise en place des actions retenues;
- Contrôler** : Définition d'un plan de contrôle de la solution mise en place, choix d'indicateurs pertinents ;

- SIPOC :

Le SIPOC est l'un des outils les plus puissants utilisés lors de la phase de définition du projet. Cet outil paraît simple, voire simpliste, mais derrière ces cinq lettres se cache un axe de réflexion qui peut apporter une visibilité inattendue. SIPOC veut dire : Supplier, Input, Process, Output, Customer.

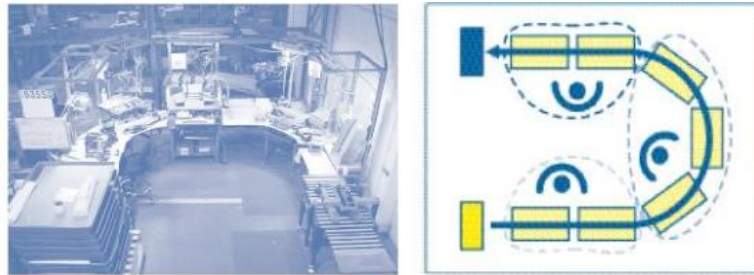
- **Supplier**: Celui qui fournit l'ingrédient/la matière/l'information qui déclenche ce qui va être transformé et que l'on peut considérer comme étant "la valeur ajoutée" ;
- **Input**: C'est ingrédient/matière/information qui déclenche ce qui va être transformé ;
- **Process**: Les étapes de transformation par lesquelles on passe pour apporter de la valeur ajoutée;
- **Output**: C'est le résultat de cette transformation ;
- **Customer**: Personne, service ou système... qui va utiliser ce que l'on vient de réaliser/transformer.

- Diagrammes Spaghetti :

Le diagramme Spaghetti est un outil visuel très simple pour mesurer les distances physiques parcourues par un opérateur, un produit, ou une information durant un cycle de fabrication. Il nous permet de connaître la distance totale parcourue durant un cycle de fabrication et le nombre de parcours réalisés entre plusieurs points.

Annexe 2: Aménagement circulaire

L'aménagement cellulaire est un regroupement d'équipements ou de fonctions effectué selon les exigences technologiques des produits. Il a pour but de rendre la circulation plus fluide en diminuant les distances, les surfaces utilisées et les temps d'attente. Il se présente généralement sous la forme de cellules en « U » afin de permettre aux opérateurs d'effectuer ou de surveiller plusieurs opérations à la fois.



Caractéristiques de cet aménagement :

- Elle dépend davantage de la main-d'œuvre que de l'équipement.
- Les travailleurs sont multifonctionnels.
- L'équipement est flexible et petit.
- L'espace utilisé est compact.
- Le transport des matières et des produits est réduit.
- Il y a absence de retours en arrière

Bénéfices d'aménagement en U :

- La réduction des délais de fabrication.
- L'amélioration de la productivité.
- Une visibilité et une rétroaction immédiate entre les opérations.

Annexe 3:Global Unit Man-Hour (GUM)

Exemple de calcul des MH pour les 3 zones (Soudage, Twist, Sertissage manuel) :

Soudage :

Side by Side architecture ^(a)			
Pr.	Labour code	Description	Time (min)
	G31800	Additional wire on side by side splice ^(b)	0.0757
	G31801	Side by side splice 1 wire ^(b)	0.1126
	G31802	Side by side splice 2 wires	0.1881
	G31803	Side by side splice 3 wires	0.2636
	G31804	Side by side splice 4 wires	0.3353
	G31805	Side by side splice 5 wires	0.4133

Other splice operations			
Pr.	Labour code	Description	Time (min)
30	G35200	Taping splice with machine (Ondal)	0.0498
30	G35201	Taping splice manually ^(a)	0.1601

Le Man-hour pour faire une jonction End splice avec isolation TAPE manuel de 4 fils est de :

$$MH = 0.3353 + 0.1601 = 0.4954 \text{ min}$$

Twist :

Twist two wires with a pitch of 15mm			
Pr.	Labour code	Description	Time (min)
20	G222400050	Twist two wires 15mm pitch - 500mm	0.2221
20	G222400100	Twist two wires 15mm pitch - 1000mm	0.2436
20	G222400150	Twist two wires 15mm pitch - 1500mm	0.2827
20	G222400200	Twist two wires 15mm pitch - 2000mm	0.3228
20	G222400250	Twist two wires 15mm pitch - 2500mm	0.3637
20	G222400300	Twist two wires 15mm pitch - 3000mm	0.4052
20	G222400350	Twist two wires 15mm pitch - 3500mm	0.4478
20	G222400400	Twist two wires 15mm pitch - 4000mm	0.4911
20	G222400450	Twist two wires 15mm pitch - 4500mm	0.5352

Le MH pour torsader 2 fils avec un pas de 15mm et une longueur de 500mm est de 0.2436 min.

Sertissage manuel:

Crimp Single Terminal			
Pr.	Labour code	Description	Time (min)
20	G20421	Crimp single piece terminal up to 0.22mm	0.1580
20	G20431	Crimp single piece terminal 0.30 - 1.25mm	0.1295
20	G20441	Crimp single piece terminal 1.50 - 3.00mm	0.1378
20	G20451	Crimp single piece terminal 4.00 - 6.00mm	0.1580
20	G20461	Crimp single piece terminal over 6.00mm	0.2509

Le MH pour serti un fil simple de section 0,5mm est 0.1295min.

Annexe 4 : Chronométrage soudage

Chronométrage d'un joint simple												
Nbr additionnels	Isolation	Moyenne des prises en (s)	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}
2	Tape	21,96	22,44	22,26	22,12	22,59	22,32	21,89	21,46	21,29	21,02	22,21
2	Shrink	29,15	28,94	28,74	28,64	28,46	28,88	29,30	29,25	29,53	29,27	30,49
3	Tape	25,65	25,78	25,59	25,29	25,00	24,77	24,38	24,67	24,91	25,31	30,80
3	Shrink	32,83	32,63	32,30	32,33	33,93	32,01	32,33	32,65	32,77	34,40	32,05
4	Tape	29,46	29,89	30,37	30,77	31,18	30,87	28,62	28,96	30,51	29,46	27,97
4	Shrink	36,64	36,37	36,69	36,86	36,95	36,96	37,04	36,61	36,51	36,75	35,66
5	Tape	33,08	32,71	32,97	33,07	32,75	33,16	32,89	32,59	32,87	32,71	35,08
5	Shrink	40,26	40,30	40,44	40,64	40,21	39,91	39,74	39,99	39,55	39,15	42,67
6	Tape	36,82	37,29	37,13	37,43	37,44	37,13	36,81	36,85	37,19	37,53	33,40
6	Shrink	44,01	44,07	43,89	43,55	43,49	43,82	43,89	43,85	44,04	44,54	44,96
7	Tape	40,43	40,38	40,51	40,58	40,85	40,75	40,82	40,57	40,62	41,04	38,18
7	Shrink	47,62	48,02	48,17	48,47	48,81	49,10	49,34	48,99	49,27	48,80	37,23
8	Tape	44,11	44,28	44,47	44,13	43,84	43,47	43,79	43,66	43,72	44,19	45,55
8	Shrink	51,30	51,23	51,22	51,63	51,41	51,59	51,25	50,77	50,79	50,79	52,32
9	Tape	47,79	47,95	47,63	47,57	47,83	47,99	47,61	47,33	46,90	46,85	50,24
10	Tape	51,48	51,76	51,82	51,60	51,12	51,11	50,88	50,39	49,90	50,17	56,05
10	Shrink	58,66	58,31	58,23	57,96	57,63	57,24	57,53	57,75	57,81	57,65	66,49
11	Tape	55,22	55,69	55,25	55,72	55,76	55,74	55,40	55,63	55,73	55,49	51,79
11	Shrink	62,41	62,62	63,05	62,96	63,42	63,63	63,35	63,30	63,10	62,88	55,79
12	Tape	58,90	59,05	58,68	58,47	58,19	57,98	57,87	57,62	58,03	58,44	64,67

Chronométrage d'un joint double												
Nbr additionnels	Isolation	Moyenne des prises en (s)	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}
3	Tape - Shrink	39,1308	38,88	38,6	38,7	38,2	38,7	38,6	39	38,8	39,3	42,5
3	Tape - Tape	31,944	32,22	31,8	31,4	31,6	31,6	31,6	31,4	31,8	31,4	34,68
4	Tape - Shrink	42,9408	42,98	43,3	43,2	43,1	42,8	42,4	42,2	41,8	41,3	46,42
4	Tape - Tape	35,754	35,82	35,4	35,3	35	35,4	35	34,9	35,1	34,7	41,01
5	Tape - Shrink	46,5588	46,38	46,7	47,1	47	47,3	47,5	47,2	47,5	47,5	41,28
5	Tape - Tape	39,372	39,74	39,5	39,9	39,6	40,1	39,6	39,8	39,6	40	35,9
6	Tape - Shrink	50,3028	50,74	50,3	49,8	50,2	50,3	50,4	50,8	51,2	50,9	48,41
7	Tape - Shrink	53,9148	54,2	53,9	53,9	53,4	53,8	54,2	54,2	54,7	54,6	52,25
8	Shrink - Shrink	64,7796	64,38	64,3	63,9	64,4	64,7	65,2	65,5	65,9	66,3	63,09
8	Tape - Shrink	57,5928	57,54	58	58,5	58,7	58,6	59,1	59,3	58,8	59,2	48,15
9	Shrink - Shrink	68,4636	68,19	68,1	68	68,1	68,4	68,6	68,7	68,2	68,6	69,73
9	Tape - Shrink	61,2768	61,19	60,8	61,1	60,9	61,3	61	61,1	61,1	61	63,21
10	Shrink - Shrink	72,1476	71,87	71,4	71,1	71,1	71,1	71,1	70,9	71	70,7	81,15
10	Tape - Shrink	64,9608	64,47	64,6	64,4	64,9	65,2	65	65,1	64,8	64,4	66,72
11	Tape - Tape	61,518	61,16	61	60,8	60,8	60,3	60,7	61,1	61,3	61,2	66,79
11	Shrink - Shrink	75,8916	75,82	76	76,3	76,5	76,3	76,6	76,1	76,5	77	71,61
11	Tape - Shrink	68,7048	68,54	68,5	68,8	68,9	68,4	68,9	69,3	69,3	69,1	67,33

Annexe 5 : Chronométrage séparation

Chronométrage Séparation											
Nbr additionnels	Moyenne des prises en (s)	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}
2	19,28	19,41	18,78	19,36	18,86	19,53	18,87	18,88	19,52	19,16	20,43
3	24,12	24,46	24,59	23,70	24,59	23,74	23,70	24,05	23,72	23,65	25,00
4	25,71	25,46	25,62	25,45	25,85	25,45	26,02	26,19	25,28	25,88	25,90
5	34,92	34,69	34,49	35,05	35,14	35,14	35,31	35,05	34,88	34,63	34,82
6	37	36,52	37,39	37,13	36,91	36,86	37,22	36,77	37,01	36,92	37,27
7	37	36,81	37,05	36,66	36,64	37,22	37,12	36,72	37,43	37,29	37,06
8	45,24	45,05	44,77	45,10	45,01	44,98	45,05	45,03	45,28	45,67	46,46
9	47	47,48	46,64	47,18	47,41	46,70	46,55	46,97	47,26	46,84	46,97
10	50,88	50,76	50,49	50,75	50,47	50,71	51,11	50,98	50,48	50,76	52,29
11	50,9	50,78	51,37	50,65	51,38	50,44	51,31	50,48	51,07	50,88	50,64
12	51,21	50,72	51,06	50,86	50,86	51,63	51,70	51,58	51,24	51,48	50,97

Annexe 6 : Chronométrage Twist

Chronométrage DTM											Chronométrage KOMAX												
Longueur	moyenne (s)	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}	Longueur	moyenne (s)	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}
[200-400]	12,0	11,3	12,5	12,2	11,9	12,0	12,5	11,8	12,0	11,3	12,2	]400-600]	11,0	11,3	11,4	11,3	11,2	10,9	11,1	10,8	10,4	10,4	11,2
]400-600]	13,0	14,2	12,7	13,0	11,9	12,8	13,1	12,5	13,0	13,8	13,5	]600-800]	10,3	11,3	11,6	11,9	11,9	10,1	11,9	11,0	12,4	11,9	10,7
]600-800]	13,0	12,5	14,7	14,0	10,5	13,2	13,5	13,5	12,5	13,0	13,1	]800-1000]	12,2	11,9	12,1	11,7	12,0	11,6	11,4	11,2	11,4	11,9	16,9
]800-1000]	17,0	18,3	15,9	14,2	18,9	17,3	17,5	16,7	17,0	16,7	18,2	]1000-1400]	13,0	13,2	13,3	12,9	13,0	13,1	13,4	13,8	14,2	14,2	9,0
]1000-1400]	22,1	21,2	22,3	23,0	21,9	23,8	19,9	22,5	23,0	20,0	23,7	]1400-1800]	16,0	16,0	15,9	16,3	16,3	16,2	15,9	16,3	16,2	16,4	14,4
]1400-1800]	28,0	29,5	27,7	28,0	28,0	28,0	27,4	29,5	26,5	27,0	29,2	]1800-2200]	17,9	17,5	17,8	18,1	18,5	18,5	18,5	18,8	18,6	18,5	14,3
]1800-2200]	33,0	35,3	33,9	30,2	31,9	33,3	34,0	33,7	32,0	32,7	33,1	]2200-2600]	18,0	18,2	18,1	17,7	18,1	18,5	18,0	18,3	18,3	17,9	16,9
]2200-2600]	34,2	32,2	34,3	33,0	36,9	35,8	35,9	32,5	34,0	34,0	33,8	]2600-3000]	20,0	19,9	20,3	20,2	19,8	19,9	19,5	19,5	19,6	19,9	21,4
]2600-3000]	36,0	36,7	34,5	34,8	36,2	38,0	36,3	34,8	37,2	35,7	36,0	]3000-3400]	22,0	22,5	22,7	22,1	21,6	22,7	20,9	22,8	23,0	21,7	20,3
]3000-3400]	37,4	38,3	37,5	34,2	40,9	37,2	37,5	36,3	36,8	38,3	37,1	]3400-3800]	23,5	23,1	23,5	23,4	23,7	23,3	23,3	22,8	23,2	23,1	25,7
]3400-3800]	38,0	38,5	36,7	38,7	36,9	39,1	40,1	39,5	36,3	36,8	37,5	]3800-4200]	25,2	24,8	24,8	24,3	26,8	24,3	24,8	24,3	24,0	25,8	28,3
]3800-4200]	40,1	39,3	40,2	42,1	41,2	38,0	39,1	41,8	39,0	40,3	40,2	]4200-4600]	26,0	25,9	25,7	25,5	25,3	25,5	25,9	25,9	26,4	26,3	27,5
]4200-4600]	40,1	42,2	41,7	38,5	38,2	40,1	41,1	42,0	39,0	39,1	39,2	]4600-5000]	27,0	26,6	26,2	25,9	25,8	25,8	26,0	26,3	26,6	26,3	34,5
]4600-5000]	40,1	39,0	40,7	40,0	39,5	40,2	43,0	42,5	38,0	38,0	40,1	]5000-5400]	29,5	29,1	29,0	29,3	29,5	29,5	30,0	29,8	30,0	29,7	29,2
]5000-5400]	40,9	41,0	40,9	41,0	40,6	40,9	40,5	40,4	40,0	39,9	43,8	]5400-5800]	35,2	34,7	34,3	34,4	34,7	34,5	34,9	34,8	34,3	34,7	40,8
]5400-5800]	41,0	41,5	41,1	40,8	41,2	41,4	41,3	41,2	41,5	41,1	39,0	]5800-6200]	38,0	38,4	37,9	37,5	37,3	37,8	37,7	37,3	37,6	37,1	41,4
]5800-6200]	42,0	42,1	41,8	41,4	41,4	41,8	41,8	41,8	42,0	41,5	44,4	]6200-6600]	39,0	39,3	39,7	40,1	40,0	40,2	40,3	40,1	40,6	41,9	39,4
]6200-6600]	42,0	42,1	42,3	42,4	42,8	42,6	42,7	43,0	43,0	43,5	35,7	]6600-7000]	41,0	41,2	41,5	41,4	40,9	41,3	41,3	41,4	41,6	41,6	38,0
]6600-7000]	42,0	42,4	42,3	41,8	41,8	41,4	41,4	41,5	41,8	41,6	44,2												

Annexe 7: Chronométrage sertissage manuel

Opération	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}	Moyenne (s)
Insertion Bouchon	6,5	6,4	6,5	6,5	6,7	6,4	6,6	6,5	6,5	6,4	6,51
insertion CGPT	3,18	3,14	3,18	3,18	3,15	3,17	3,18	3,16	3,2	3,19	3,18
Séchoir CGPT CRT	10,05	10,23	9,89	10,02	10,3	10,2	9,87	10,07	9,9	10,53	10,11
Séchoir CGPT VM	10,24	9,94	10,2	10,01	10,1	10,1	10,2	10,29	10	9,86	10,11
insertion Shrink	3,21	3,36	3,33	3,36	3,37	2,99	3,34	3,22	3,3	2,35	3,18
Séchoir Shrink Evo	10,17	10,25	10,2	10,33	10	10,1	10,2	10,19	10	9,6	10,11
Fixation	7,386	7,366	7,69	7,266	7,59	7,39	7,44	7,486	7,3	8,156	7,506
Coupe fil mort	3,34	3,31	3,45	3,65	3,49	3,24	3,28	3,33	3,5	3,64	3,42
Sparation vynile	4,42	4,03	4,4	4,44	4,03	4,06	4,5	4,4	4,1	4,19	4,26
Insertion glue	3,594	3,714	3,55	3,694	3,49	3,66	3,69	3,864	3,7	3,274	3,624
Dénudage	4,31	4,27	4,27	4,42	4,25	4,39	4,35	4,38	4,4	2,99	4,2
Sertissage Shield Wire P107	3,89	4,08	3,95	4,11	3,84	3,99	4,04	3,93	3,9	4,24	4
Sertissage cable batterie P200	20,07	20,02	20,2	19,9	20	20	19,8	19,98	20	20,26	20
Sertissage Section 10 P200	15,23	15,14	15,1	14,8	14,9	15,2	15	15,03	15	14,4	15
Sertissage Simple P080	4,07	4,19	4,02	4,2	4,22	3,97	3,96	3,88	3,8	3,74	4
Sertissage Double	5,2	4,8	4,83	5,16	5,24	4,81	4,9	4,93	5,1	5,02	5
Sertissage One by one Simple	7,24	7,05	6,89	7,15	7,17	6,99	7,04	6,83	6,9	6,74	7
Sertissage One by one Double	8,96	9,23	8,99	8,85	9,14	8,76	9,09	9,19	9,2	8,6	9