



Année Universitaire : 2014-2015



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 du projet Land Rover
L538 en appliquant la démarche DMAIC**

Lieu : YAZAKI Kenitra

Référence : 1/15-MGI

Présenté par:

**BELQAID Zineb
MATTOUHI Meriem**

Soutenu Le 22 Juin 2015 devant le jury composé de:

- **Mr. HADER Rachid (encadrant)**
- **Mme. TAJRI (encadrant)**
- **Mr. HAMMOUMI (examineur)**
- **Mr. ELOUAZZANI (examineur)**



Stage effectué à : YAZAKI Kenitra



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

Nom et prénom: BELQAID Zineb et MATTOUHI Meriem

Année Universitaire : 2014/2015

Titre: Amélioration de la productivité du projet Land Rover L538 en appliquant la démarche DMAIC

Résumé

Comme beaucoup d'entreprises de câblage installées au Maroc, YAZAKI MOROCCO Kenitra 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.

Notre projet de fin d'études est réalisé pour respecter quatre points essentiels : Qualité, Coût, Délai, et Motivation. Il a pour but l'amélioration de la productivité dans la zone d'assemblage du projet Land Rover L538.

Pour atteindre cet objectif, nous avons défini et analysé en premier lieu l'état actuel de la zone d'assemblage, les résultats de cette mesure nous ont permis par la suite de proposer et de mettre en œuvre des solutions adaptées.

En dernier lieu, nous avons fait une estimation des gains en termes d'effectif, de quantité de câble produite, de défauts qualité et finalement le gain de la productivité et d'efficience. Le résultat de nos améliorations s'est reflété sur la diminution du nombre d'effectif de 3 personnes, des arrêts et des défauts qualité de plus de 30 % et nous avons augmenté la productivité de 13 % et l'efficience de 11%.

Mots clés: ManHour, Takt Time, Cycle Time, Main Body, Front End, Productivité, Efficience.

A nos parents

A nos frères et sœurs

A nos familles

A nos amis

Remerciement

Au terme de notre projet de fin d'études, nos remerciements et notre gratitude vont à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Nous remercions notre encadrant au sein de la société YAZAKI MOROCCO KENITRA, M.HADER Rachid, Superviseur production de la zone d'assemblage, pour son exigence, sa confiance, sa disponibilité et ses orientations.

Nous tenons aussi à exprimer notre estime à notre encadrante pédagogique Mme TAJRI Ikram pour son aide, ses conseils et sa participation à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements aux membres du jury qui ont assisté à la présentation et l'évaluation de notre projet, aux enseignants du département Génie Industriel et à tout le corps professoral et administratif de la **Faculté des Sciences Techniques de Fès** pour leur contribution à notre formation.

Nos sincères remerciements à M.MDINI Ahmed, M.SBAI Taoufiq, Mlle CHARKAOUI Sophia, M.BEN ALI Hamza, M.KABRANE Nouredine, Mme ASSOUE Hanane, M.SBAI Younes, Mme NFINIF Amina, Mme Nimmate pour leur générosité et leur soutien.

Enfin, nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de la Société YAZAKI MOROCCO KENITRA pour leur accueil et leur disponibilité et leur aide.

مثل العديد من شركات الكابل العاملة في المغرب، تسعى يازاكي القنيطرة المغرب إنشاء نظام التحسين المستمر، لتلبية توقعات العملاء من حيث الجودة والتسليم في الوقت المحدد.

مشروع تخرجنا ينص على تلبية أربع نقاط رئيسية هي: الجودة والتكلفة والوقت، والتحفيز. ويهدف البرنامج إلى تحسين الإنتاجية في منطقة التجميع للمشروع لاند روفر.

لتحقيق هذا الهدف، قمنا بتحديد وتحليل أولا الحالة الراهنة لمنطقة التجميع، ونتائج هذا الإجراء سمح لنا بعد ذلك إلى اقتراح بعض الحلول وتنفيذها.

وأخيرا، فإننا بفضل هذا المشروع تمكنا من تقليص عدد العمال بنسبة تصل الى 6 ٪، التقليل من عيوب الجودة بنسبة 38 زيادة كمية الكابلات المنتجة بنسبة 16 ٪ و كسب الكفاءة و الإنتاجية في نهاية

11

13 .

Abstract

As many cable companies operating in Morocco, YAZAKI Kenitra MOROCCO aims the establishment of a system of continuous improvement, to satisfy the expectations of their customers in terms of quality and delivery time.

Our graduation project is implemented to respect the four essential pillars to achieve a continuous improvement that translates into: Quality, Cost, Delivery time and Motivation. It aims to improve productivity in the assembly area of the Land Rover L538 project.

To achieve this goal, we have identified and analyzed in the first place the current state of the assembly area, the results of this measure allowed us subsequently to propose and implement some solutions.

Finally, we estimated the gain in terms of labor, quantity of produced cable, quality defects and ultimately gain productivity and efficiency. The result of our improvement was reflected in reducing the number of employees by 3 persons, stops and quality defects by over 30% and we could increase productivity by 13% and efficiency by 11%.

Liste des abréviations

MB : Main Body

FE : Front End

MH: Manhour

P1 : Process 1 (zone de coupe)

P2 : Process 2 (zone de pré-assemblage)

P3 : Process 3 (zone d'assmblage)

TT : TaktTime

CT : Cycle Time

ET : Elemenetery Time

WT : Walking Time

Glossaire

Efficiencie / Productivity : les deux indicateurs de performance ou du rendement d'une ligne.

Main Body : le câble principale de la voiture et est parmi les familles de l'usine.

Front End : le câble qui lie l'avant et le dernière de la voiture.

Jig-Board (JIG) : Planche en bois comprenant le schéma du faisceau, elle sert à assembler les câbles.

Layout : Schéma en dimensions réelle du faisceau mettant en évidence ces différents constituants.

Manhour : Homme-heure, temps nécessaire à un opérateur seul pour effectuer une certaine tâche.

SCRAP : les déchets qui sont couteux pour l'entreprise représentés par les non-conformité des câble, en générale ils sont présentés par les défauts quilité.

Poste goulot : représenté par le poste le plus chargé dont le temps de cycle dépasse le temps de Takt.

Shift : Equipe de travail de 7,67 h.

Takt Time : Le «Takt» est la traduction allemande de la cadence déterminée par la baguette du chef d'orchestre, qui lui permet entre autres de donner le rythme. Le «Takt Time» est la vitesse à laquelle les pièces doivent être produites pour satisfaire la demande client.

Cycle time : le temps réel que passe chaque opérateur pendant l'exécution de ses tâches, il est obtenu par chronométrage.

Liste des figures

Figure 1.1 : Domaines d'activité du groupe YAZAKI.....	18
Figure 1.2 : Implantation mondiale de YAZAKI.....	19
Figure 1.3 : Organigramme YAZAKI Kénitra.....	20
Figure 1.4 : les différents types de câblage	23
Figure 1.5 : Câble automobile	23
Figure 1.6 : Schéma représentatif des différentes étapes de l'assemblage.....	26
Figure 2.1 : Diagramme Pareto représentant le MH de chaque famille	30
Figure 2.2 : Graphe représentant la comparaison entre la productivité réelle et la cible de chaque famille	32
Figure 2.3 : Représentation des données de la productivité de la ligne Main Body	33
Figure 2.4 : Représentation des données de la productivité de la famille Front End.....	34
Figure 2.5 : SIPOC, flux physique du processus de production.....	35
Figure 3.1 : Présentation graphique du chronométrage de la famille MB	44
Figure 3.2 : Représentation graphique du chronométrage des postes goulots de la famille MB45	
Figure 3.3 : Représentation graphique du chronométrage de la famille FE.....	47
Figure 3.4 : Représentation graphique du chronométrage des postes goulots de la famille FE48	
Figure 3.5 : Représentation graphique du chronométrage	49
Figure 3.6 : PARETO des arrêts de la famille Main Body	52
Figure 3.7 : PARETO des arrêts de la famille FE	53
Figure 3.8 : Ishikawa du défaut circuit manquant (AW26).....	54
Figure 3.9 : PARETO général des familles les plus critiques	55
Figure 3.10 : PARETO représentant les processus de la famille Main Body	56
Figure 3.11 :PARETO représentant les processus de la famille Front End	57
Figure 3.12 : PARETO des défauts qualité trouvés dans la famille Main Body.....	58
Figure 3.13 : PARETO des défauts qualité trouvés dans la famille Front End.....	59
Figure 3.14 : Ishikawa du défaut Circuit croisé (AW40).....	60
Figure 4.1 : Structure des fils suspendus.....	65
Figure 4.2 : Exemples de bouclage des fils.....	66
Figure 4.3 : Solution du bouclage des fils	66
Figure 4.4 : Exemple d'une étiquette KANBAN	68
Figure 4.5 : Distance entre les outils de travail et le JIG.....	70
Figure 4.6 : la situation actuelle du JIG	71
Figure 4.7 : Boîte des enroulements.....	71
Figure 4.8 : Emplacement de l'Atol-le.....	71
Figure 4.9 : chariot pour transporter les lots des fils	71
Figure 4.10 : Exemple d'un grillage de fer	72
Figure 4.11 : La boîte de changement de vitesse de la chaîne	72
Figure 4.12 : Connecteur avant de mettre la plaque métallique	75
Figure 4.13 : La plaque métallique à mettre sur la contre-pièce du connecteur.....	75
Figure 4.14 : le test électrique qui assure la bonne position des fils dans les cavités des connecteurs.....	76

Figure 4.15 : Le connecteur exemple	76
Figure 4.16 : JIG actuel	77
Figure 4.17 : JIG proposé.....	77
Figure 5.1 : Placement des cartes dans la caisse	80
Figure 5.2 : Collecte des lots demandés par la chaine.....	80
Figure 5.3 : Poste de scan des cartes KANBAN	81
Figure 5.4 : Alimentation des postes	81
Figure 5.5 : Emplacement des cartes KANBAN.....	81
Figure 5.6 : les emplacements des box de la matière première	82
Figure 5.7 : Box de l’Atol-le	82
Figure 5.8 : Box pour Grommet	83
Figure 5.9 : Box pour les élastiques	83
Figure 5.10 : la boîte de changement de vitesse sécurisé avec un grillage	83
Figure 5.11 : Connecteurs sans aide-visuel	83
Figure 5.12 : Connecteur avec l’aide-visuel.....	83
Figure 5.13 : la barre métallique séparant les cavités de haut du bas.....	84
Figure 5.14 : Système POKA YOKE	84
Figure 5.15 : POKA YOKE avec des élastiques	85
Figure 5.16 : Représentation graphique des temps de cycles des postes goulots.....	86
Figure 5.17 : Chronométrage de la famille MB après équilibrage	87
Figure 5.19 : Représentation du chronométrage des postes goulots de la famille FE.....	88

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Fiche signalétique de YAZAKI Kénitra.....	20
Tableau 1.2 : Description des différents composants d'un câblage	24
Tableau 2.1 : les ManHour des familles.....	30
Tableau 2.2: les productivités actuelles de chaque famille et leurs cibles	31
Tableau 2.3 : Informations utiles.....	32
Tableau 2.4 : Historique de productivité de la ligne Main Body	33
Tableau 2.5 : Historique de la productivité de la famille Front End	33
Tableau 2.6 : Heures Produites selon les références travaillées	39
Tableau 2.7 : Heures travaillées et temps d'absence.....	39
Tableau 2.8 : Temps d'arrêts	40
Tableau 3.1: la moyenne des 10 prises de temps pour chaque poste de Main Body	44
Tableau 3.2: Détails du chronométrage des postes goulots de la famille MB	45
Tableau 3.3 : la moyenne des 10 prises de temps pour chaque poste de la famille FE.....	47
Tableau 3.4: Chronométrage des postes goulots de la famille FE	48
Tableau 3.5 : les différents problèmes existant dans les deux familles MB et FE	49
Tableau 3.6 : Historique des arrêts de la famille MB.....	52
Tableau 3.7 : Exemple de calcul du temps d'arrêt	53
Tableau 3.8 : Historique des arrêts de la famille FE	53
Tableau 3.9 : Historique des défauts qualité	55
Tableau 3.10 : processus de détection des défauts qualité dans la famille MB	56
Tableau 3.11 : processus de détection des défauts qualité dans la famille FE	56
Tableau 3.12 : processus de détection des défauts qualité dans la famille Main Body	57
Tableau 3.13 : processus de détection des défauts qualité dans la famille Front End	58
Tableau 4.1 : classification des propositions des solutions des arrêts.....	64
Tableau 4.2: les gains directs et indirects des cartes KANBAN de l'alimentation des postes	69
Tableau 4.3 : les gains directs et indirects des cartes KANBAN de la production des câbles.....	70
Tableau 4.4 : les actions d'équilibrage des postes.....	74
Tableau 4.5 : les gains directs et indirects de l'équilibrage.....	74
Tableau 4.6 : Faisabilité des solutions pour le défaut circuit croisé.....	75
Tableau 4.7 : Faisabilité des solutions pour le défaut circuit croisé.....	77
Tableau 5.1 : le temps de cycle des postes goulots après les améliorations.....	85
Tableau 5.2 : Chronométrage des postes de la famille MB après équilibrage	87
Tableau 5.3 : Chronométrage des postes de la famille FE après équilibrage.....	88
Tableau 5.4 : Gain en termes des défauts qualité	89
Tableau 5.5 : Gain en termes d'effectif	89
Tableau 5.6 : Gain en termes de quantité produite.....	90
Tableau 5.7 : Heures produites après amélioration	90
Tableau 5.8 : Heures travaillées et temps d'absence.....	91
Tableau 2.9: Temps d'arrêts.....	91
Tableau 5.10 : Temps d'arrêts après amélioration	91
Tableau 5.11 : Gain en productivité et efficience	92

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	15
Chapitre I.....	16
Présentation de l’entreprise d’accueil et du projet	16
I. Présentation de YAZAKI	17
1. Aperçu général sur YAZAKI	17
2. Historique	17
3. Domaines d’activité.....	18
4. Les clients YAZAKI.....	18
5. Implantation mondiale.....	18
II. Présentation de YAZAKI MOROCCO (YMO)	19
1. Historique de YAZAKI MOROCCO	19
2. Aperçu général sur YAZAKI MOROCCO KENITRA (YMK).....	19
3. Fiche signalétique de YAZAKI Kénitra.....	20
4. Organigramme YAZAKI Kenitra.....	20
5. Présentation des différents départements	20
III. L’activité principale de YAZAKI Morocco Kénitra.....	22
1. Le câblage automobile.....	22
2. Les composants d’un câble automobile.....	23
Tableau 1.2 : Description des différents composants d’un câblage	24
3. Le processus de production à YAZAKI Morocco Kenitra.....	24
IV. Présentation du projet.....	27
Chapitre II	29
I. Définir du problème.....	30
1. Zone de travail.....	30
2. L’objectif à atteindre	31
3. Définition de l’objectif de performance	32
4. Les exigences client.....	34
5. Cartographie du processus « Diagramme de SIPOC ».....	34
6. Estimation des gains escomptés	36
II. Définition des formules à utiliser	36
1. Définition de la productivité et l’efficience.....	36
2. Exemple de calcul de la productivité et de l’efficience.....	38

Chapitre III	41
I. Etude du sureffectif : chronométrage	42
1. Introduction	42
2. Chronométrage MAIN BODY	43
3. Chronométrage FRONT END :	46
II. Les arrêts.....	51
1. Collecte des données	51
2. Diagramme cause à effets du défaut Circuit Manquant	54
III. Les défauts qualité.....	54
1. Collecte des données	54
2. Diagramme cause à effets du défaut Circuit Croisé	59
Chapitre IV	61
I. Recherche des solutions.....	62
1. Proposition des solutions pour les Arrêts	62
2. Proposition des solutions des défauts qualité	62
II. Evaluation des solutions	63
1. Classification des solutions des Arrêts	63
2. Classification des solutions des défauts qualité.....	74
Chapitre V	79
I. Les améliorations appliquées.....	80
1. Cartes KANBAN pour l'alimentation des postes :	80
2. Cartes KANBAN pour la production des câbles :	81
3. Matière première plus proche :	82
4. Sécurité de la boîte de changement de vitesse :	83
5. Aide visuelle protégée avec plexiglas:	83
6. La barre métallique :	84
7. POKA YOKE :	84
II. Chronométrage après amélioration.....	85
1. Chronométrage « Main Body »	85
2. Chronométrage « Front End »	88
III. Estimation des différents gains	88
1. Gain en termes de défauts qualité :	88
2. Gain en termes d'effectif :	89
3. Gain en termes de la quantité produite :	89

4. Gains en termes de productivité et d'efficience	90
Conclusion.....	93
Annexes	94

INTRODUCTION GENERALE

Dans un marché où la concurrence est exacerbée, améliorer sa compétitivité passe par la fidélisation des clients. Ainsi, respecter les exigences du client en termes de qualité, de volumes demandés et de délais de livraison est un réel souci pour toute entreprise désirant fidéliser et satisfaire ses clients.

Qui dit voiture dit câble, par conséquent l'industrie du câblage marche au pas de l'industrie automobile selon une bijection entre l'ensemble des voitures et l'ensemble des câbles, on peut même dire que l'industrie du câblage, est une partie intégrante de la seconde. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de fin d'études au sein de la société YAZAKI MOROCCO Kenitra. Il s'agit d'augmenter la productivité de deux lignes de la zone d'assemblage du projet Land Rover L538, en utilisant la démarche DMAIC.

Pour arriver à l'objectif nous avons traité notre sujet en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présentons l'entreprise d'accueil et le contexte général du projet. Dans le deuxième nous introduisons la démarche DMAIC en définissant les familles sur lesquelles nous travaillons, ainsi que les formules de la productivité et l'efficience, puis dans le chapitre suivant nous mesurons et analysons en même temps les données collectées en termes de défauts qualité et arrêts de la chaîne, et nous faisons un chronométrage des postes pour comparer les temps de cycle aux temps de Takt . Le quatrième chapitre porte sur la proposition des solutions et l'étude de leur faisabilité soit pour diminuer les défauts qualité, éliminer quelques postes dans la chaîne d'assemblage ou augmenter la quantité produite , et finalement, dans le dernier chapitre, nous appliquons ces améliorations dans les deux familles, et nous estimons leurs gains en termes de productivité et d'efficience.



Chapitre I

Présentation de l'entreprise d'accueil et du projet

Dans ce chapitre, nous allons présenter en premier lieu la société YAZAKI et ses différents départements, ensuite nous abordons les activités de la société et son processus de production. Enfin nous allons présenter notre sujet en déterminant ses objectifs et les étapes nécessaires pour sa réalisation.

I. Présentation de YAZAKI

1. Aperçu général sur YAZAKI

Dès sa création en 1941, la multinationale japonaise YAZAKI ne cesse de dominer le marché en présentant des produits dotés d'une excellente fiabilité et des performances qui ne cessent de satisfaire les plus grands constructeurs de l'industrie automobile.

En tant que fondateur des systèmes de liaisons électriques modernes, le groupe YAZAKI est parmi les plus grands concepteurs et fabricants mondiaux des systèmes de câblages pour automobile.

YAZAKI produit également dans d'autres secteurs tel que :

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

2. Historique

Le groupe YAZAKI est créé en 1929 par le père Sadami YAZAKI qui a commencé à vendre des faisceaux de câbles pour automobiles et en octobre 1941, YAZAKI Electric Wire Industrial a été créée avec environ 70 employés afin de fabriquer ces câbles.

YAZAKI a développé ses compétences pour établir divers types d'équipement pour l'industrie du gaz de ville, ainsi, le premier système d'absorption solaire de refroidissement, a été conçu et construit en 1974.

3. Domaines d'activité

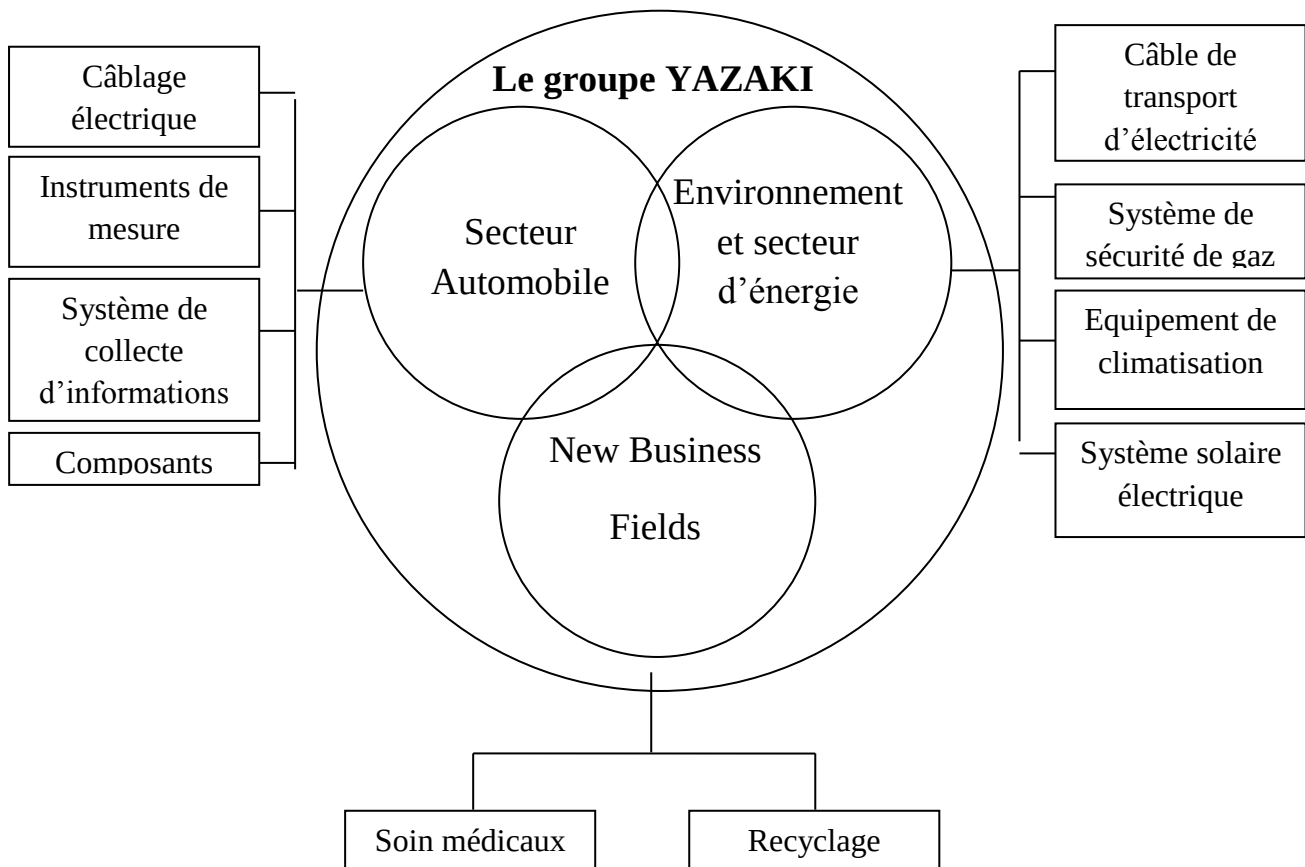


Figure 1.1 : Domaines d'activité du groupe YAZAKI

4. Les clients YAZAKI

Vu son bon rapport de Qualité/ Prix, YAZAKI fait partie des leaders dans le domaine du câblage automobile. Parmi ses clients, on trouve des sociétés de bonne réputation, telles que : MERCEDES, JAGUAR, LAND ROVER, PEUGEOT, NISSAN MOTORS, FIAT, TOYOTA, FORD,...

5. Implantation mondiale

Actuellement, YAZAKI emploie près de 250.000 personnes dans 43 pays (figure 1.2) sur les cinq continents et ses unités se divisent en :

- Plus de 160 filiales ;
- 444 unités réparties entre usines de production, centres de service au client et centres de Recherche & Développement ;



Figure 1.2 : Implantation mondiale de YAZAKI

II. Présentation de YAZAKI MOROCCO (YMO)

1. Historique de YAZAKI MOROCCO

En 2001, le site opérationnel YMO à Tanger a été inauguré en présence de SM le Roi MOHAMMED VI comme premier site de production du câblage automobile en Afrique. Elle était au départ une succursale de la branche portugaise, et 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, elle a été transformée en mai 2003 en une entité indépendante appelée YAZAKI MOROCCO.

2. Aperçu général sur YAZAKI MOROCCO KENITRA (YMK)

L'usine YAZAKI a été inaugurée en Avril 2010, à Kénitra, en présence de Volker Heuzeroth, président, chef exécutif des opérations européennes du groupe Yazaki, de l'ancien ministre de l'Industrie et du Commerce, Ahmed Reda Chami, et Jamal Ghmani, l'ancien ministre de l'Emploi et de la Formation professionnelle. La société, emploie un effectif global de 3.566 personnes. L'unité de production qui a démarré en février a nécessité une enveloppe globale de 25 millions d'euros.

YAZAKI Kenitra est spécialisée dans le câblage pour automobile et la totalité de sa production de câbles électriques est destinée pour l'équipement des marques Jaguar et LandRover. C'est la deuxième du genre au Maroc après celle située dans la zone franche de Tanger.

3. Fiche signalétique de YAZAKI Kénitra

Raison social	YAZAKI Maroc Kénitra
Forme juridique	Société anonyme
Date de création	Avril 2010
Activité	Câblage automobile
Capital	9.327.000.00 Dh
Contact	Adresse : Km 9 Route de Tanger, Nkhakhssa, Kenitra 14000 Tél : 0537369600

Tableau 1.1 : Fiche signalétique de YAZAKI Kénitra

4. Organigramme YAZAKI Kenitra

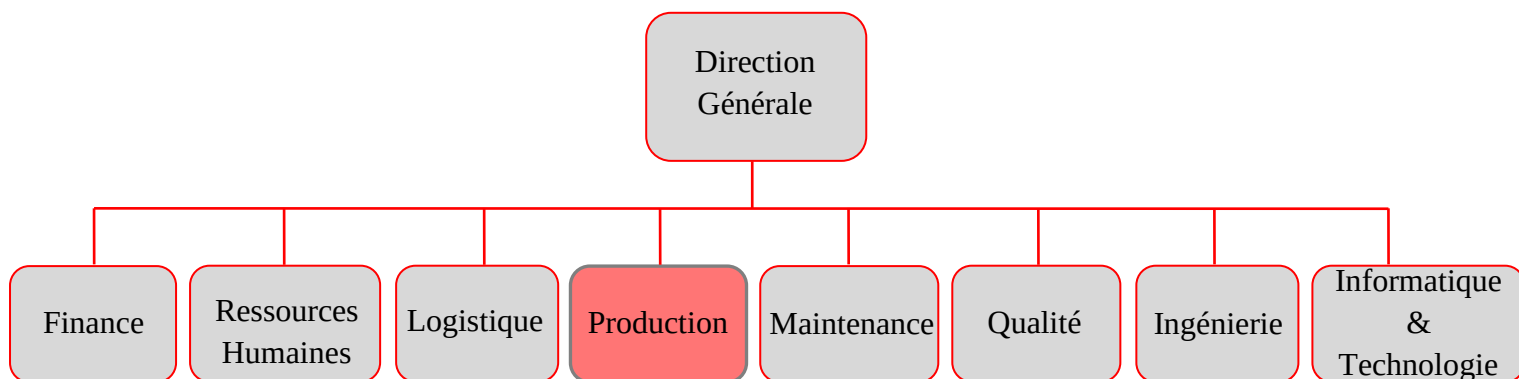


Figure 1.3 : Organigramme YAZAKI Kénitra

5. Présentation des différents départements

- *Département Financier :*

La fonction Finance se donne pour mission de modéliser les flux de composants et produits d'une part, et les flux financiers d'autre part afin de :

- donner des informations sur la situation financière de l'entreprise vis à vis des partenaires extérieurs ;
- aider à la décision en mettant en avant les données économiques nécessaires ;
- utiliser au mieux les ressources financières disponibles dans l'entreprise ;

- obtenir les capitaux (au meilleur coût) nécessaires pour le développement de l'entreprise.

- **Département Ressources Humaines :**

La fonction Ressources humaines a pour mission de faire en sorte que l'organisation dispose du personnel nécessaire à son fonctionnement et que ce personnel fasse de son mieux pour améliorer la performance de l'organisation, tout en s'épanouissant. Ce département joue aussi le rôle de facilitateur et accompagnateur, en social afin d'atteindre des objectifs escomptés par le groupe en matière de ressources humaines et assure une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation.

- **Département Logistique :**

La fonction Logistique se donne pour mission d'optimiser l'ensemble des flux physiques et informationnels de l'entreprise.

L'importance de la fonction Logistique peut s'appréhender à plusieurs niveaux :

- en amont de l'entreprise : gestion des flux en provenance des fournisseurs ;
- au sein de l'entreprise : gestion des stocks, manutention des composants, gestion des flux informationnels ;
- en aval de l'entreprise : stockage des produits, transport vers les distributeurs et vers les clients.

- **Département Maintenance :**

La fonction maintenance doit garantir la plus grande disponibilité des équipements avec un rendement meilleur tout en respectant le budget alloué.

Le service maintenance doit mettre en oeuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise ; cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production.

- Département Qualité :

La fonction qualité est garante de la conformité réglementaire de l'activité de l'entreprise et de la pertinence de ses process au regard de normes et des contraintes réglementaires en vigueur pour répondre aux exigences des clients.

- Département Ingénierie :

Chargé de la gestion et la réalisation des nouveaux projets, le suivi des changements demandés par les clients, et l'adaptation des procédés de fabrication selon les règles définies par la direction Engineering et qualité du groupe.

- Département IT :

Ce département est chargé de gérer les différents systèmes traitant l'information, des réseaux, des postes et des logiciels de bureautique et les mettre à la disposition des utilisateurs.

- Département Production :

La fonction Production englobe l'ensemble des activités qui transforment les fils et les composants en câblage vendus aux clients en passant par les 3 zones de production : la coupe, le pré-assemblage et l'assemblage.

Ce département a pour principale mission la réalisation des plannings de production en prenant en compte la qualité requise du produit, les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.

III. L'activité principale de YAZAKI Morocco Kénitra

1. Le câblage automobile

Le câblage électrique permet la transmission des informations aux calculateurs vu l'intégration de l'électronique dans l'automobile, et aussi l'alimentation en énergie des équipements de confort (lève-vitres) et certains équipements de sécurité (Frein, Airbag, Eclairage).

Pour faciliter la tâche de montage du câblage dans la voiture et celle de sa maintenance, il est subdivisé en parties qui sont liées entre elles (figure 1.4) :

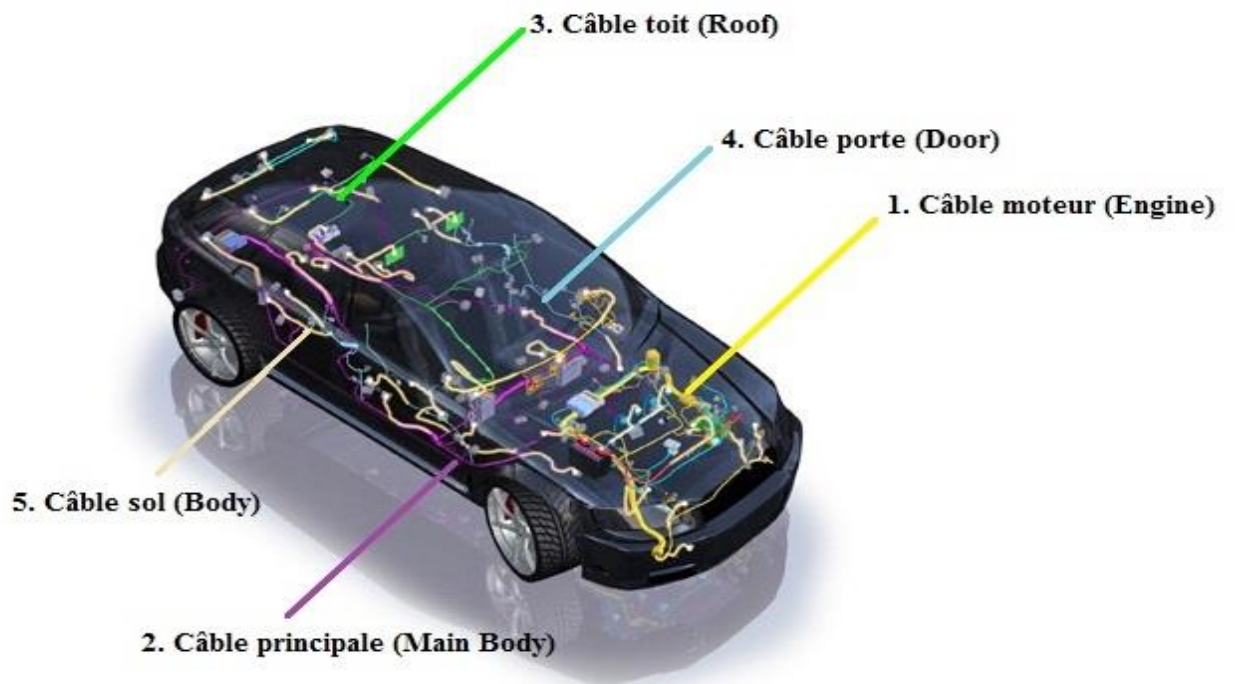


Figure 1.4 : les différents types de câblage

2. Les composants d'un câble automobile

Un câble automobile représenté dans la figure 1.5 est constitué des composants représenté dans le tableau 1.2.



Figure 1.5 : Câble automobile

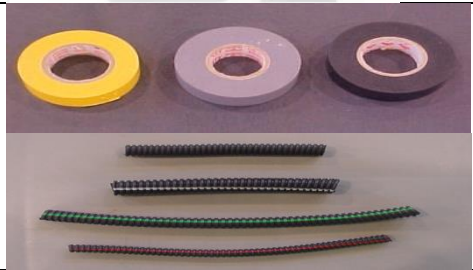
Composant	Description	Image
Fil conducteur	Conduire le courant électrique	
Terminal	Assurer la connectivité entre deux câbles, l'un comme source d'énergie et l'autre comme consommateur d'énergie	
Connecteur	La partie où on insère les terminaux, elle permet d'établir un circuit électrique débranchable et un accouplement mécanique séparable, et aussi d'isoler électriquement les parties conductrices	
Accessoires	Ce sont les rubans d'isolement et les tubes qui assurent la protection et l'isolation du câble	
Fusible	Pièce pour la protection de câble et de ses composants contre la surcharge du courant qui pourrait l'endommager	
Clips ou agrafes	Ce sont des éléments qui permettent de fixer le câblage à la carrosserie de l'automobile	

Tableau 1.2 : Description des différents composants d'un câblage

3. Le processus de production à YAZAKI Morocco Kenitra

Trois grandes étapes constituent le processus de production du câble à YMK qui sont :

3.1. La coupe : zone P1

Cette étape consiste à couper les fils électriques qui constituent la matière première selon l'instruction de l'ordre de fabrication ou le Kanban, c'est à dire : la longueur désignée par le client, le dénudage, insertion des terminaux, sertissage et insertion des bouchons.

Pour effectuer ces tâches, on utilise deux types de machines :

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

Les fils produits dans cette zone sont :

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

Après la coupe, les fils passent par le poste de sertissage pour l'insertion des terminaux et ils sont stockés dans des Pagodes.

3.2. Pré-assemblage : zone P2

Certains circuits se finissent au niveau de la coupe et passent directement vers la zone montage pour être utilisés, d'autres circuits selon leur nature (torsadé, grande section...) passent par la zone de pré-assemblage, qui est l'étape intermédiaire entre la coupe et l'assemblage et elle se présente comme client de la zone de coupe et fournisseur de la zone de pré-assemblage, cette étape rassemble :

- **Le sertissage manuel** : Pour les terminaux qui sont difficiles à sertir automatiquement, il est nécessaire d'effectuer cette opération à l'aide de presses manuelles. Cette opération a pour but d'assurer la liaison électrique en assemblant le câble avec la connexion,
- **Joints par ultrason** : Soudures ultrason unissant un ou plusieurs fils entre eux.
- **Twist** : Torsader deux fils pour les protéger des champs magnétiques.
- **Soudure de masse** : La soudure de masse consiste à souder les extrémités de plusieurs fils à un seul terminal. Cette opération est souvent réalisée pour la production de cosses reliées à la masse.

3.3. Assemblage : zone P3

Une ligne de montage est un ensemble de postes de travail spécialisés disposés dans l'ordre qui correspond à la succession des opérations d'assemblage des composants du câble. Elle se caractérise généralement par l'emploi d'un convoyeur (QE Line) ou d'une chaîne de tableaux mécanisés (Jig) ou les deux en même temps selon le nombre de circuits que contient le câble et sa complexité, ces deux transportent le produit en cours de montage d'un poste à un autre.

Les câblages passent généralement par trois étapes principales lors de l'assemblage : l'insertion, l'enrubannage et l'inspection (figure 1.6). Chacune de ces étapes comportent des opérations qui varient en fonction de la nature du câble.

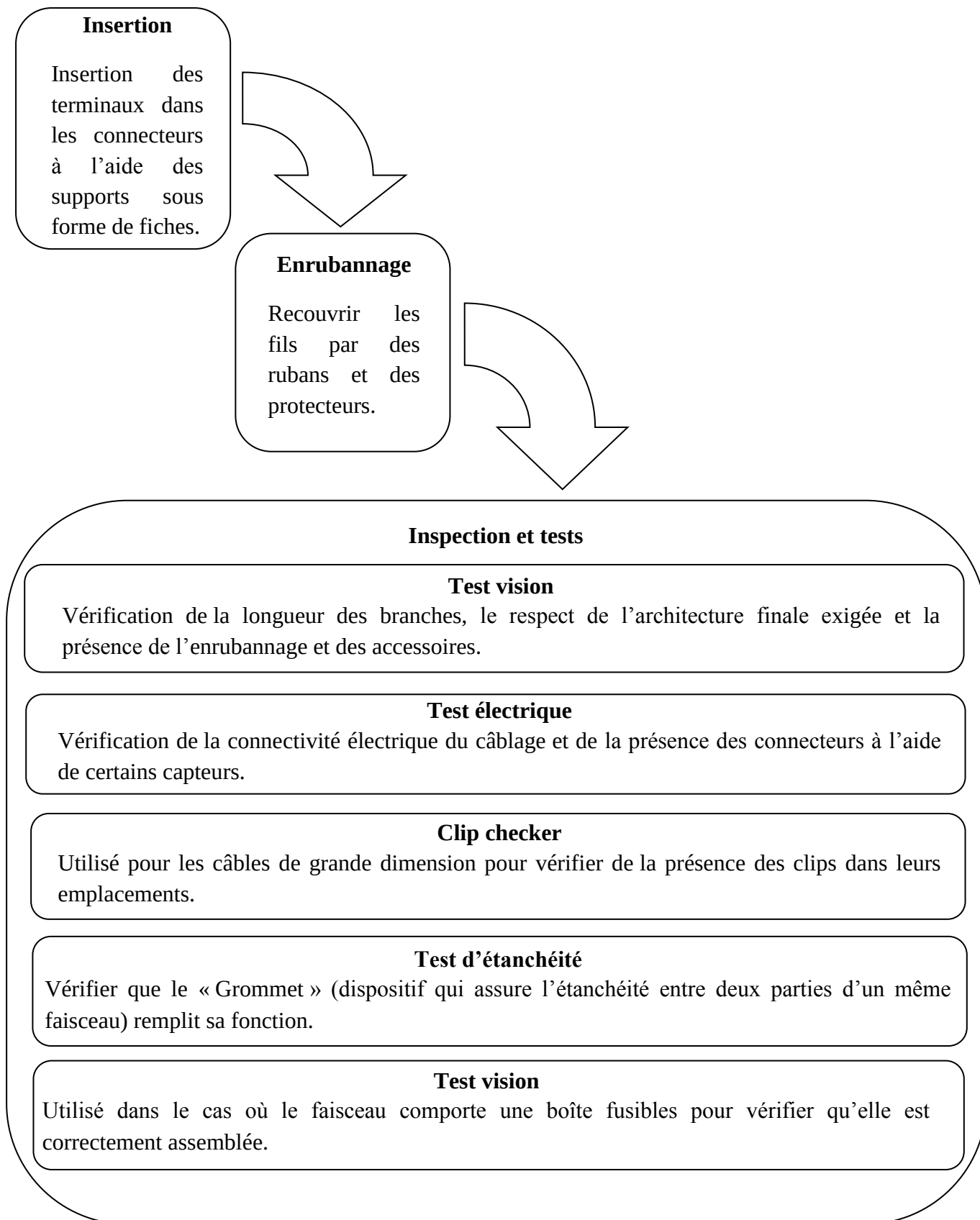


Figure 1.6 : Schéma représentatif des différentes étapes de l'assemblage

IV. Présentation du projet

De plus en plus, les exigences des clients augmentent, surtout dans le domaine automobile, cette réalité pousse les sociétés de câblage à présenter le meilleur de leurs produits. De ce fait, YMK vise en permanence à lancer des projets d'améliorations dans les différents secteurs afin d'optimiser et maîtriser son système de production et améliorer sa productivité. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études qui porte sur « L'augmentation de la productivité, en diminuant les défauts qualité et le taux de scrap dans la zone d'assemblage Land Rover L538 ».

Notre projet se déroule dans la zone d'assemblage Land Rover L538. Le client Land Rover est exigeant concernant la qualité des produits, la date de livraison ainsi que la quantité demandée. Le système de production actuel affronte plusieurs problèmes qualité dans la zone d'assemblage ce qui grève les objectifs de la productivité et augmente le taux de rebut « SCRAP ». Quels sont les facteurs qui influencent sur cette productivité et comment peut-on l'augmenter ?

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

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} = \frac{\text{Quantité produite} \times \text{MH}}{\text{Effectif} \times 7.67}$$

$$\text{ManHour} = \text{Nombre de postes} \times \text{Takt Time}$$

$$\text{Heures produites} = \text{Quantité produite} \times \text{ManHour}$$

$$\text{Heures payées} = \text{Effectif} \times \text{Durée de travail réelle}$$

$$\text{Heures travaillées} = \text{Heures payées} - (\text{Effectif indirect} \times 7,67)$$

Donc nous pouvons agir sur la quantité produite ou l'effectif pour augmenter la productivité, et de façon indirecte nous devons diminuer au maximum les défauts qualité et aussi équilibrer les temps de travail pour qu'on puisse suivre le Takt Time.

Pour arriver aux objectifs du projet, notre étude doit comporter les étapes suivantes :

- La connaissance du flux physique de la production du câblage ;

- La détermination des facteurs qui affectent la productivité en se basant sur la formule de la production ;
- La détermination de la ligne où on détecte le plus de défauts qualité à l'aide d'un diagramme Pareto ;
- La détermination des types de défauts qualité présents dans cette ligne ;
- La détection des causes de ces défauts par l'outil Ishikawa ;
- Le chronométrage de toutes les tâches effectuées et la comparaison des résultats avec le temps théorique ;
- L'analyse des problèmes ;
- La proposition des améliorations dans le processus ;
- Le contrôle des résultats d'amélioration.

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.

La méthode DMAIC est scindée en 5 étapes permettant de réduire la variabilité d'un processus pour augmenter la satisfaction client :

Définir : Cette étape permet de définir le périmètre du processus à améliorer et le problème à résoudre, les attentes des clients du processus, ...

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

Analyser : Cette étape permet d'identifier les causes potentielles de dysfonctionnement du processus et les sources d'améliorations : chronométrage, Pareto des défauts qualité, comparaison entre temps de cycle et Takt Time, ...

Améliorer / Innover : Cette étape consiste à mettre en place des solutions capables de résoudre le problème d'arrêts et les défauts qualité.

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



Chapitre II

Application de la démarche DMAIC au projet Land Rover L538 : Définir

Dans ce chapitre, nous allons appliquer la démarche DMAIC, commençant par définir le problème, et les formules à utiliser pour calculer les indicateurs de performance de la zone d'assemblage en présentant certains exemples de calcul.

I. Définir du problème

1. Zone de travail

Pour déterminer les familles sur lesquelles nous allons travailler, nous avons tracé un diagramme PARETO à partir des données du tableau 2.1 qui représente les familles de l'usine et leurs ManHour (MH) :

Famille	MH	%	%cumulé
Main Body	30550	47,33	47,33
Front End	15180	23,52	70,85
Instrument Panel	5321,06	8,244	79,10
Doors	4005,33	6,20	85,30
Seats	2723,10	4,21	89,52
Smalls	2444,50	3,78	93,31
Tailgate	1736,56	2,69	96,00
Engine	1456	2,25	98,26
Roof	1121,28	1,73	100
Total	64537,85		

Tableau 2.1 : les ManHour des familles

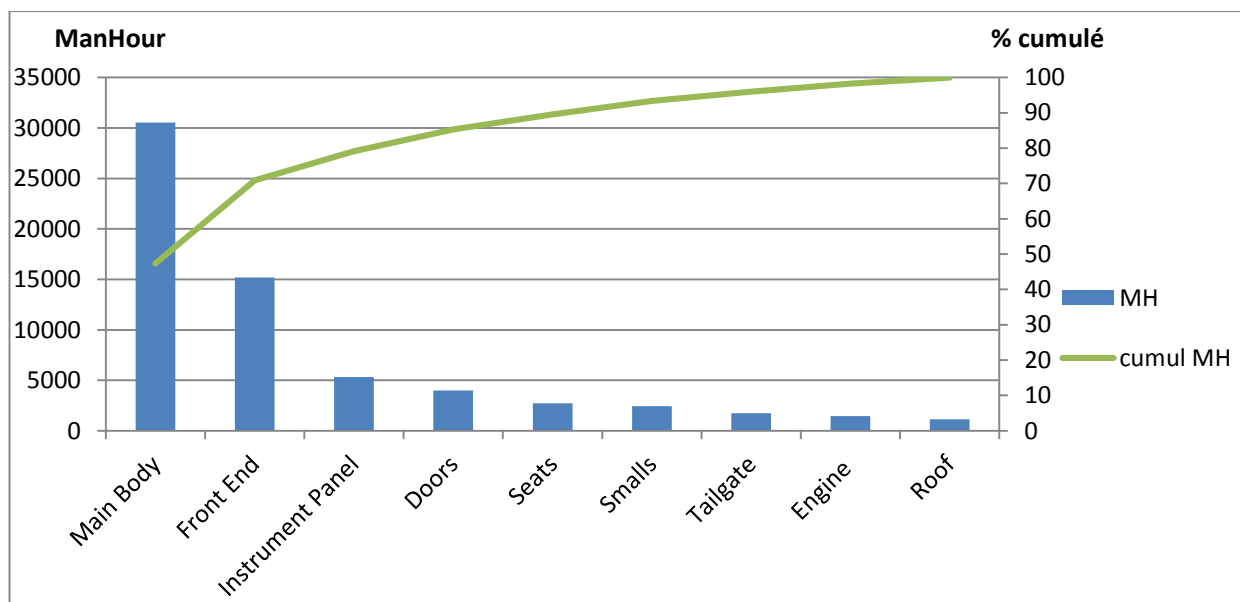


Figure 2.1 : Diagramme Pareto représentant le MH de chaque famille

D'après le diagramme de la figure 2.1, nous constatons que les MH des familles Main Body et Front End qui constituent les 22% des familles représentent 71% du MH total, c'est-à-dire si nous

agissons sur ces deux familles et si nous augmentons leurs productivités, nous pouvons augmenter la productivité de l'usine entière.

2. L'objectif à atteindre

Afin de déterminer notre objectif, nous avons fait une comparaison entre les productivités actuelles et celles ciblées pour chacune des familles (Front End et Main Body).

La valeur de la productivité actuelle que nous avons pris est obtenue à partir d'un historique de 14 mois (de Janvier 2014 jusqu'à Février 2015).

Familles	Moyenne productivité	Target (cible)
Main Body	67%	100%
Front End	80%	110%
Instrument Panel	86%	100%
Smalls	96%	110%
Tailgate	107%	110%
Doors	102%	100%
Seat	82%	90%
Roof	94%	100%
Engine	92%	100%
Rear Door	97%	100%

Tableau 2.2: les productivités actuelles de chaque famille et leurs cibles

La représentation graphique de ces valeurs est la suivante :

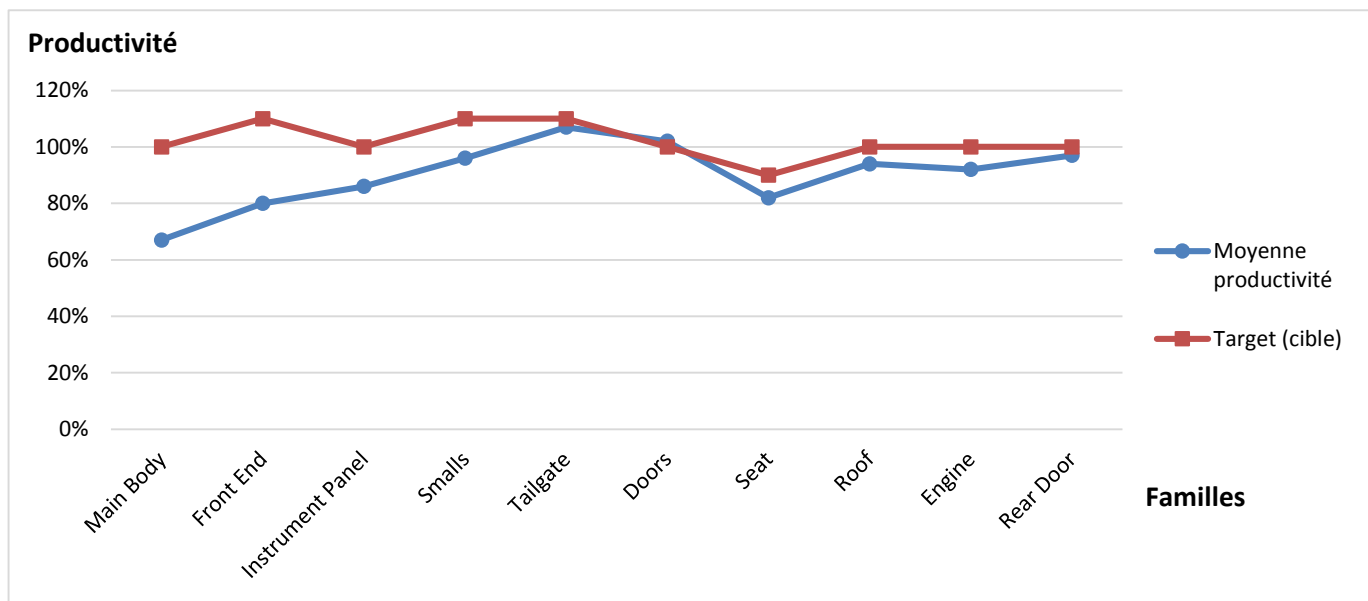


Figure 2.2 : Graphe représentant la comparaison entre la productivité réelle et la cible de chaque famille

Nous constatons d'après la figure 2.2 que la productivité des deux familles (MB et FE) est inférieure à la cible fixée par le département production, alors nous devons travailler sur les causes racines qui nous empêchent d'atteindre ces cibles.

Nous remarquons aussi que les productivités des autres familles sont inférieures à leurs cibles mais nous allons nous intéresser seulement aux deux premières familles car, comme il est montré sur la figure 2.1, ce sont les familles qui représentent plus de 70% du MH total.

Le tableau 2.3 rassemble des informations nécessaires sur les deux familles Main Body et Front End :

Familles	Nombre de ligne	Nombre de postes	Chef de ligne	Shift	Takt Time (s)	ManHour
Main Body	3	47	1	3	217	9500
Front End	2	46	1	3	123	4800

Tableau 2.3 : Informations utiles

3. Définition de l'objectif de performance

Les tableaux 2.4 et 2.5 représentent l'historique de la productivité pendant 14 mois (du mois de janvier 2014 jusqu'à février 2015), il va nous servir pour déterminer la plus grande valeur de la

productivité atteinte durant cette période pour chaque ligne des deux familles MB et FE en d'autre terme, c'est la valeur minimale que nous devons avoir après les améliorations faites.

Mois Lignes	01/14	02/14	03/14	04/14	05/14	06/14	07/14	08/14	09/14	10/14	11/14	12/14	01/15	02/15
L1	54%	54%	61%	64%	61%	64%	64%	62%	64%	68%	72%	74%	78%	83%
L2	61%	60%	63%	64%	63%	67%	68%	65%	73%	75%	76%	76%	80%	55%
L3	56%	63%	61%	63%	63%	68%	67%	62%	70%	71%	73%	74%	76%	81%

Tableau 2.4 : Historique de productivité de la ligne Main Body

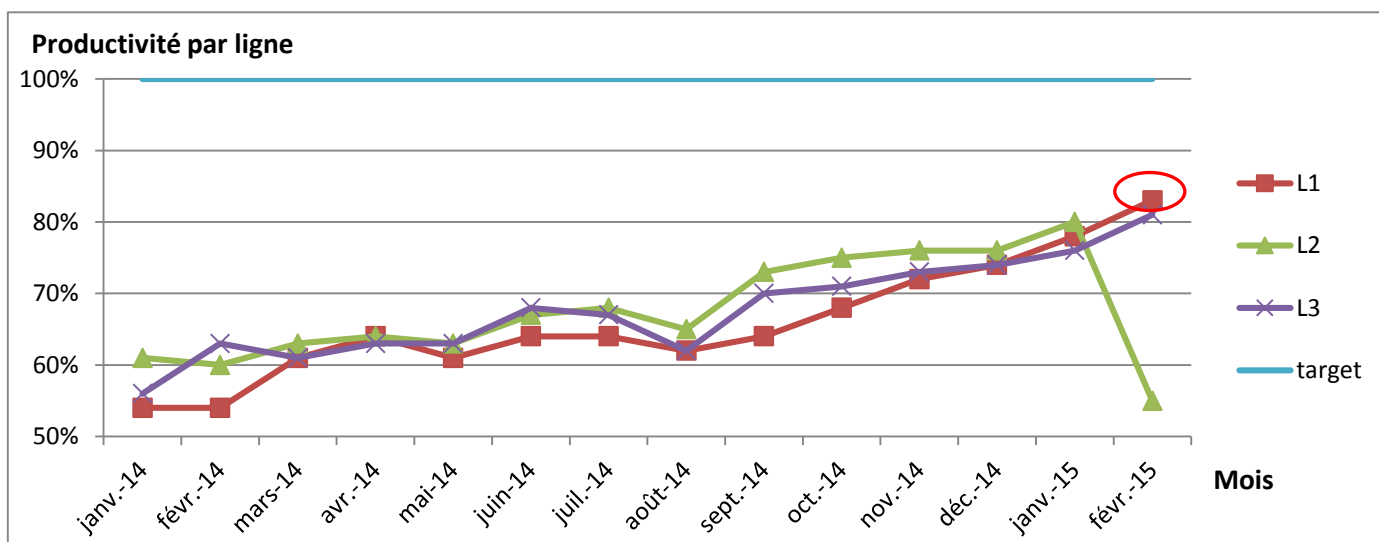


Figure 2.3 : Représentation des données de la productivité de la ligne Main Body

D'après le graphe de la figure 2.3, nous remarquons que la productivité de cette famille a déjà atteint une valeur maximale de 83 % et c'est la meilleure valeur obtenue pendant ces 14 mois.

Nous allons refait la même chose pour les données de la ligne Front End représentées dans le tableau suivant :

Mois Ligne	01/14	02/14	03/14	04/14	05/14	06/14	07/14	08/14	09/14	10/14	11/14	12/14	01/15	02/15
L1	69%	73%	75%	73%	78%	77%	75%	77%	75%	77%	77%	81%	83%	83%
L2	70%	68%	72%	75%	80%	80%	82%	86%	88%	90%	89%	92%	91%	87%

Tableau 2.5 : Historique de la productivité de la famille Front End

La représentation graphique des données du tableau est représentée sur la figure 2.4 :

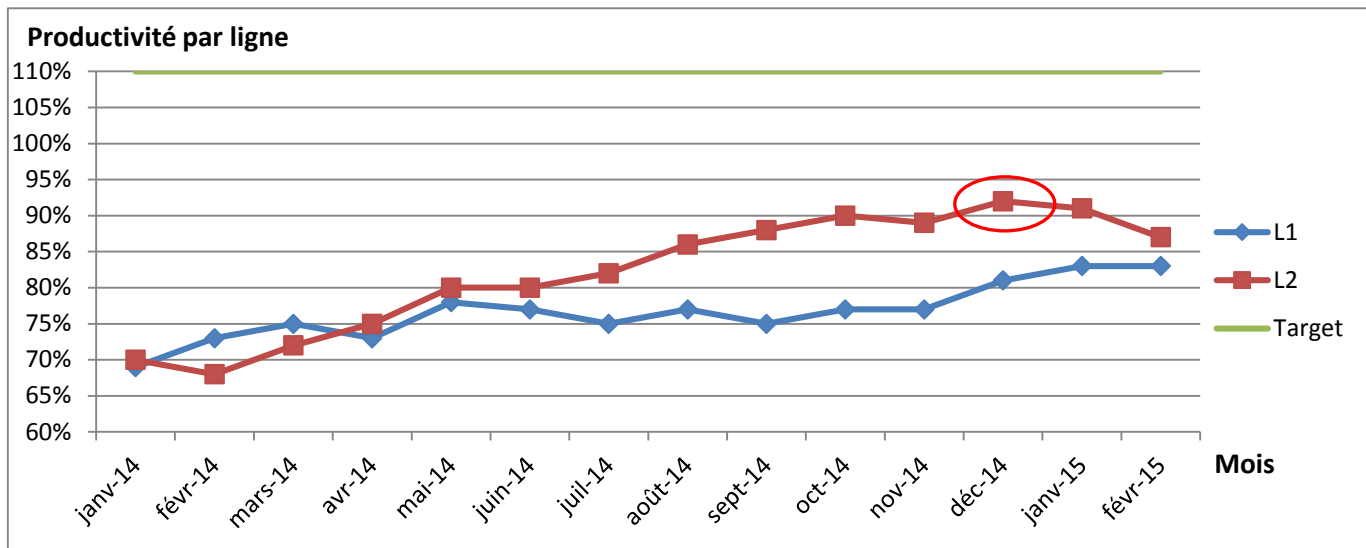


Figure 2.4 : Représentation des données de la productivité de la famille Front End

D'après la figure l'objectif de performance de la famille Front End est 92 %.

4. Les exigences client

Le client exige des spécifications de différentes combinaisons telles que la longueur et la largeur de l'isolant et du conducteur, le type du fil et du terminal, le prix du câble, le délai de fabrication (MH)... et bien notamment la qualité et la conformité du produit.

5. Cartographie du processus « Diagramme de SIPOC »

Pour comprendre le flux de la production au sein de Yazaki, nous avons proposé le diagramme SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers) qui est une cartographie du processus qui décrit le flux depuis les entrées du fournisseur jusqu'aux sorties du Client.

Au fur et à mesure du déroulement du flux, le fournisseur (Supplier) qui peut être interne ou externe à l'entreprise, fournit une entrée (Input) sous forme d'informations, des matières premières, ou des équipes... et alimente le processus (Process) dans sa globalité. De ce processus, résulte un livrable (Output) qui peut être un produit, une information, un service... adressé aux clients (Customers) qui ne sont pas forcément des clients finaux d'un produit.

La figure 2.5 représente le flux du processus de fabrication chez YMK :

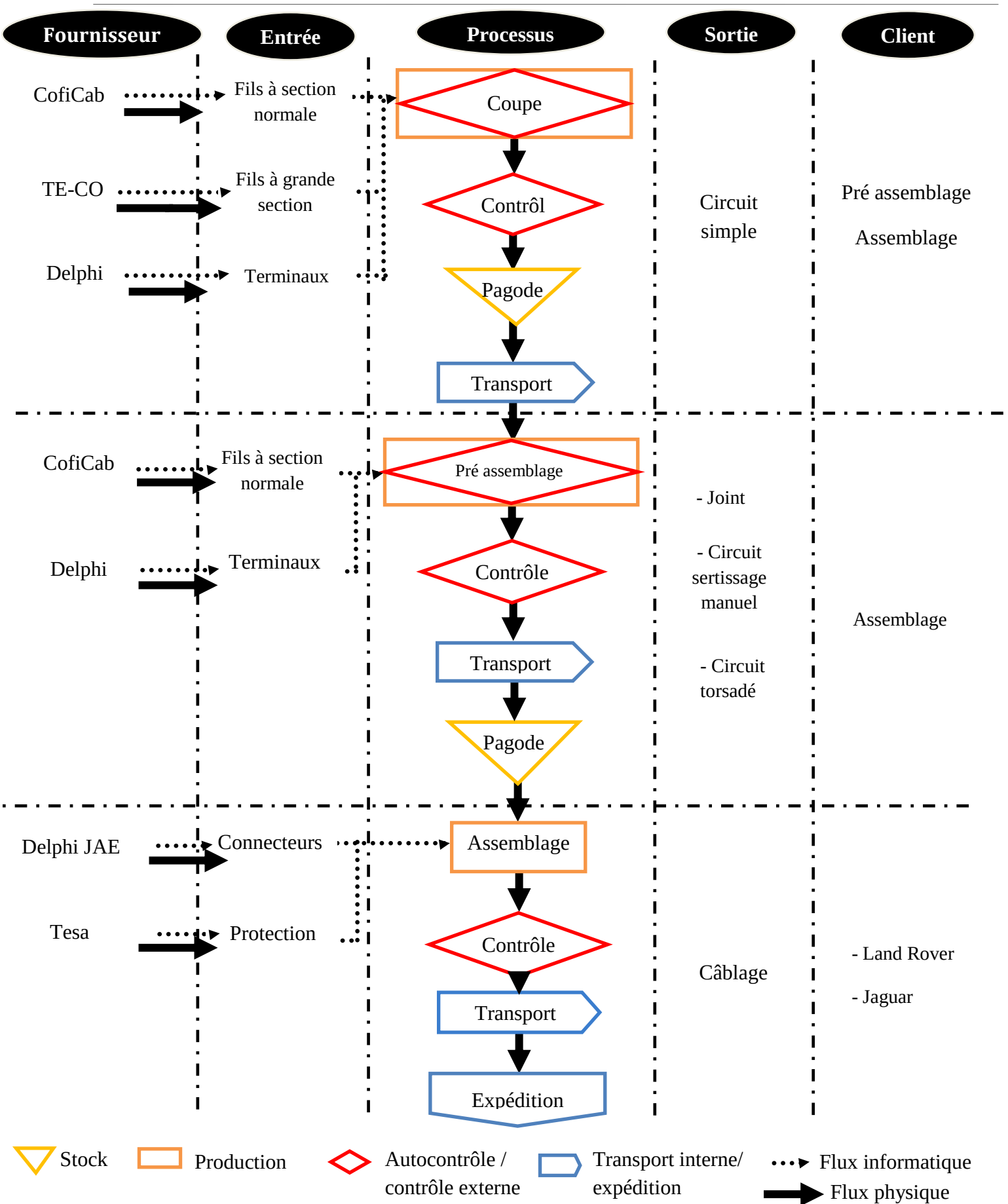


Figure 2.5 : SIPOC, flux physique du processus de production

6. Estimation des gains escomptés

Comme il est présenté sur la figure 2.1, les familles Main Body et Front End sont les plus intéressantes, c'est-à-dire que leur productivité influence celle de toute l'usine.

Avec notre projet de fin d'étude, l'entreprise sera gagnante tant au niveau du temps qu'au niveau de nombre de câble produit par heure, pour améliorer la productivité.

La quantité prévue à produire dans 7.67 h par jour est de 382 câbles, donc nous estimons avoir cette quantité pendant le temps de travail, tout en éliminant des postes non chargés qui peuvent être dispatchés sur d'autres postes, c'est-à-dire diminuer l'effectif, et en jouant sur la réduction du taux d'arrêts.

II. Définition des formules à utiliser

1. Définition de la productivité et l'efficience

Yazaki Morocco Kenitra utilise deux paramètres pour juger sa production : la productivité et l'efficience, ces indicateurs sont dépendants l'un de l'autre car nous devons les comparer pour savoir si le taux d'arrêts dans le processus est important.

Les formules de ces indicateurs sont :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}} \times 100 = \frac{\text{Quantité produite} \times \text{MH}}{\text{Effectif} \times 7.67} \times 100$$

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Heures produites}}{(\text{Heures travaillées} - \text{Temps non productif total})} \times 100$$

Heures produites :

$$\text{Heures produites Total} = \Sigma (\text{Quantité produite} \times \text{ManHour Total})$$

$$\text{ManHour Total} = \text{MH Montage} + \text{MH Pré-assemblage} + \text{MH Coupe}$$

$$\text{Heures produites Montage} = \Sigma (\text{Quantités produites} \times \text{MH Montage})$$

$$\text{Heures produites Pré-assemblage} = \Sigma (\text{Quantités produites} \times \text{MH Pré-assemblage})$$

$$\text{Heures produites Coupe} = \Sigma (\text{Quantités produites} \times \text{MH Coupe})$$

Temps Non Productifs Total = Heures indirectes + Down times (arrêts)

Sachant que :

$$\text{ManHour} = \text{Nombre de postes} \times \text{Takt Time}$$

Pour calculer la productivité et l'efficacité, on a utilisé le Takt Time au lieu d'utiliser un temps réel (Cycle Time), c'est-à-dire que nous n'avons pas une productivité réelle.

Takt Time :

- Le Takt Time nous donne le rythme auquel il faut produire.
- Plus vite que le Takt Time, c'est de la surproduction (gaspillage).
- Moins vite que le Takt time, on ne livre pas au client la quantité requise.

1.1.Exemple de calcul de TAKT TIME

En ce qui concerne la référence étudiée dans notre projet, l'entreprise reçoit une commande de 2293 câbles par semaine par un seul shift, Si on prend en considération les jours du travail, les heures du travail par jours et le nombre des chaînes de la famille MAIN BODY par exemple :

- 6 jours du travail par semaine ;
- 3 shifts par jours ;
- 7,67 h de travail pour chaque shift ;
- 3 chaînes.

Dans notre cas, nous avons travaillé avec un seul shift, donc le calcul du Takt Time est le suivant :

- Nombre de câbles par jour : $2293 / 6 = 382$ câbles
- Temps pour ressortir un câble final $(7,67 \times 3600 \times 3) / 382 = 217$ s

Alors le temps de Takt qui doit être la valeur maximale attribuée à un poste de travail est de 217 secondes.

Heures travaillées :

$$\text{Heures travaillées} = \text{Heures payées} - (\text{Effectif indirect} \times 7,67)$$

Heures payées :

Ce sont les heures de présence du personnel durant 7,67 heures (le temps de travail d'un shift = 480 min - 20 min de pause) :

Heures payées = ((Effectif direct + Effectif indirect) x 7,67) – Heures d'absentéisme + Heures supplémentaires.

Effectif direct :

C'est le nombre de personne direct appartenant à une équipe.

Effectif Indirect :

Une équipe peut emprunter ou céder un opérateur si c'est nécessaire, cet opérateur est un effectif indirect, et on note le nombre d'heures donnés par cette personne accompagné d'un signe + pour l'équipe qui reçoit et d'un signe - pour l'équipe qui donne.

Heures d'absence :

Quand un ou plusieurs membres d'une équipe s'absentent, il faut noter le total des heures d'absentéisme.

Heures supplémentaires :

Ce sont les heures qu'on travaille en plus du temps ouvrable, non payées par le client, et au cas où on travaille des heures supplémentaires il faut mentionner leur total.

2. Exemple de calcul de la productivité et de l'efficience

Pour mieux comprendre la notion de productivité et d'efficience et se familiariser avec les formules utilisées pour les calculer, nous allons présenter un exemple de calcul de ces deux indicateurs en prenant les données concernant le 04/05/2015 qui sont enregistrées chez le département production :

a. Formule de la productivité :

Le tableau 2.6 représente un exemple de références travaillées pendant une journée par un seul shift :

Réf travaillée	Qté	MH	Heures produites
CPA	10	4,16	41,60
CRA	36	4,33	155,88
CTA	10	4,02	40,20
AGA	12	4,07	48,84
Total	68		286,52

Tableau 2.6 : Heures Produites selon les références travaillées

Avec : Heures produites = Qté produite x MH = Qté produite x Effectif direct x TT

$$= 10 \text{ (câbles)} \times 4,16 \text{ (h/câble)}$$

$$= 41,60 \text{ (h)}$$

Heures produites Total = $\sum$ Heures produites

$$= 41,60 + 155,88 + 40,20 + 48,84$$

$$= 286,52 \text{ (h)}$$

Effectif direct	Effectif indirect	Tps ouvrable	Heures payées	Cession	Absence	Heures travaillées
53	3	7,67	406,51	1 x 7,67	2 x 7,67	383,5

Tableau 2.7 : Heures travaillées et temps d'absence

Avec : Heures payées = Effectif direct x Tps ouvrable

$$= 53 \text{ (personnes)} \times 7,67 \text{ (h/personne)}$$

$$= 406,51 \text{ (h)}$$

Heures travaillées = Heures payées – (Effectif indirect x 7,67)

$$= 406,51 \text{ (h)} - 3 \text{ (personnes)} \times 7,67 \text{ (h)}$$

$$= 383,50 \text{ (h)}$$

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}}$$

$$\text{Productivité} = \frac{286,52(h)}{383,50(h)}$$

Productivité = 75 %

b. Formule de l'efficience

La formule de l'efficience est la même que celle de la productivité, sauf qu'on prend en considération le temps d'arrêt (Down Time) représenté sur le tableau 2.8 et qui représente l'arrêt pendant une journée et concernant un shift:

Tableau 2.8 : Temps d'arrêts

Types	Temps d'arrêt (h)		Effectif en arrêt	Tps d'arrêt (h)
Manque Fil	16h00--->16h15	0,25	50	12,5
	17h20---> 17h40	0,33	50	16,67
Total DT/NPT				29,17

Avec : Temps d'arrêt = Arrêt x Effectif en arrêt

$$= 0.25 \text{ (h)} \times 50 \text{ (personnes)}$$

Temps Total d'arrêt = $\sum$ Temps d'arrêt

$$= 12,50 + 16,67$$

$$= 29,17 \text{ (h)}$$

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées} - \text{Tps d'arrêts}}$$

$$\text{Efficience} = \frac{286,52 \text{ (h)}}{383,50 \text{ (h)} - 29,17 \text{ (h)}}$$

$$\text{Efficience} = 81 \%$$

Chapitre II.....	29
I. Définir du problème.....	30
1. Zone de travail	30
2. L'objectif à atteindre	31
3. Définition de l'objectif de performance	32
4. Les exigences client.....	34
5. Cartographie du processus « Diagramme de SIPOC ».....	34
6. Estimation des gains escomptés	36
II. Définition des formules à utiliser	36
1. Définition de la productivité et l'efficacité.....	36
2. Exemple de calcul de la productivité et de l'efficacité.....	38
Figure 2.1 : Diagramme Pareto représentant le MH de chaque famille	30
Figure 2.2 : Graphe représentant la comparaison entre la productivité réelle et la cible de chaque famille.....	32
Figure 2.3 : Représentation des données de la productivité de la ligne Main Body	33
Figure 2.4 : Représentation des données de la productivité de la famille Front End.....	34
Figure 2.5 : SIPOC, flux physique du processus de production.....	35
Tableau 2.1 : les ManHours des familles	30
Tableau 2.2: les productivités actuelles de chaque famille et leurs cibles	31
Tableau 2.3 : Informations utiles.....	32
Tableau 2.4 : Historique de productivité de la ligne Main Body	33
Tableau 2.5 : Historique de la productivité de la famille Front End	33
Tableau 2.6 : Heures Produites selon les références travaillées.....	39
Tableau 2.7 : Heures travaillées et temps d'absence.....	39
Tableau 2.8 : Temps d'arrêts.....	40



Chapitre III

Application de la démarche DMAIC au projet Land Rover L538 : Mesurer et Analyser

Dans ce chapitre nous allons chronométrer les postes des deux chaînes MB et FE pour les équilibrer et par la suite nous allons mesurer et analyser les causes racines des arrêts et des défauts qualité.

I. Etude du sureffectif : chronométrage

1. Introduction

Afin de faire le chronométrage des deux familles MB et FE, nous avons suivi le plan suivant :

A) Partie documentation :

1. Déterminer le nombre d'opérateur ;
2. Déterminer la vitesse de la chaîne, en d'autre terme le temps de Takt (TT).

B) 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 la prise des temps par échantillonnage (10 mesures pour chaque poste) ;
7. Tracer le graphe des temps ;
8. Déterminer les postes goulots c'est-à-dire ceux qui effectuent leurs tâche dans un temps plus que le temps de Takt déjà déterminé.

Dans un premier temps nous avons fait un chronométrage de tous les postes de la chaîne MB et FE. Ce chronométrage a permis de déterminer les postes les plus chargés « **Postes goulots** » c'est-à-dire les postes dont le CT dépasse le TT. Puis nous avons refait un chronométrage plus détaillés de ces postes pour déterminer les causes de ce dépassement, d'où nous avons divisé le CT en 3 parties :

$$CT = ET + WT + PERTES$$

- **ET**: Elementary Time (temps élémentaire), qui est le temps nécessaire pour effectuer les tâches du poste sans aucune perte, c'est le temps que paye le client ;
- **WT** : Walking Time (temps de déplacement), ce sont les déplacements que fait l'opérateur, par exemple pour emmener la matière première, c'est-à-dire les tâches utiles sans valeur ajoutée (non payé par le client) ;

- **Pertes** : toute tâche sans valeurs ajoutée est incluse dans ce terme comme les attentes, les en cours...

Nous nous sommes divisés en deux équipes de 5 personnes chacune afin d'effectuer cette mesure de temps pour les deux familles MB et FE dans un délai de 3 semaines, et à l'aide des chefs de lignes, nous avons pu obtenir des résultats fiables.

2. Chronométrage MAIN BODY

Après avoir appliqué les étapes de chronométrage citées précédemment, nous avons obtenu les résultats représentés dans le tableau 3.1, d'où le détail de ce chronométrage est présenté sur l'annexe 1.

Postes	SUB1-1	SUB 1-2	SUB1-3	P1	P2-1	SUB 2	P2	SUB 3	P3	P4	P5	P6	P6--1	SUB 7	P7	P2.V 02
CT(s)	198	195	183	187	243	230	228	192	195	209	278	283	273	182	201	202
Postes	P 7--1	P8	P8 --1	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P 2.V 03
CT(s)	192	259	179	176	223	219	225	234	202	180	196	201	174	186	177	201
Postes	P21	P22	P23	P24	P T.E 01	PT.E 02	PT.E 03	PC.C 01	PC.C 02	P C.C 03	PC.C 04	PC.C 05	PC.C 06	PT.V	P 01	
CT(s)	184	141	139	128	191	194	199	192	197	189	200	193	203	204	204	

Tableau 3.1: la moyenne des 10 prises de temps pour chaque poste de Main Body

La représentation graphique de ce chronométrage est sur la figure 3.1 :

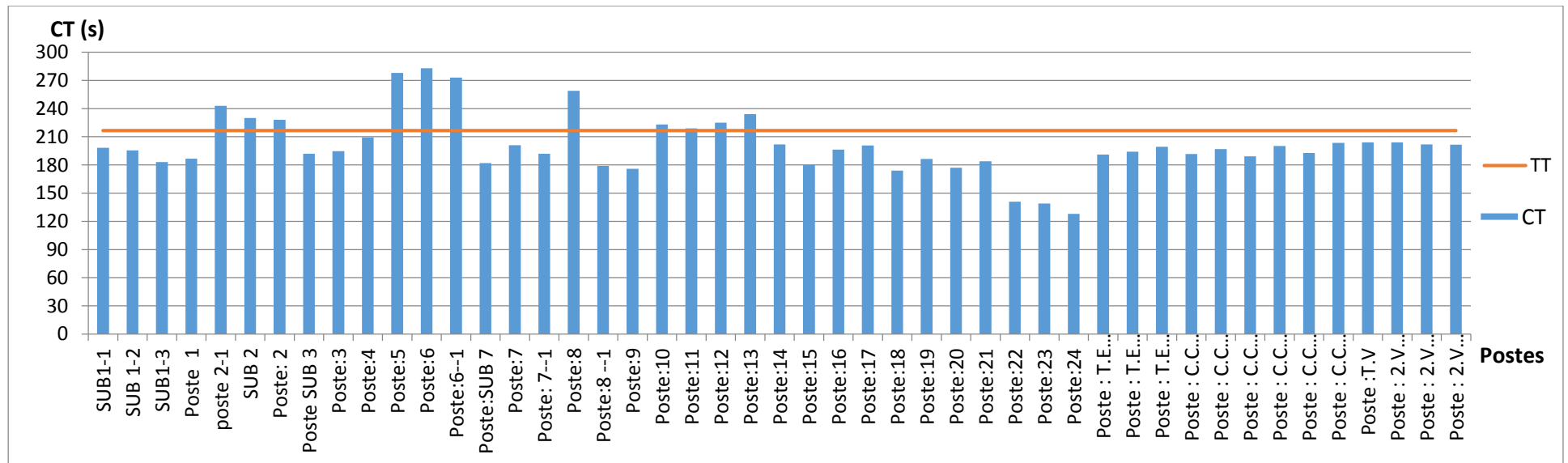


Figure 3.1 : Présentation graphique du chronométrage de la famille MB

Le graphe nous a permis de comparer le temps réel (Cycle Time) de chaque poste avec le temps du cycle planifié (Takt Time) de celui-ci. Nous constatons que le temps de cycle des poste P6, P5, P6--1, P8, P2-1, SUB 2, P13, P2, P12, P10 et P11 est au-delà du temps du cycle planifié, on parle alors des **postes goulots** de la chaine, par contre les autres postes sont adaptés au rythme de production.

L'idée est d'analyser le temps de cycle de ces postes goulots (tableau 3.2), c'est pour cela que nous avons refait un chronométrage pour ces derniers afin de trouver des solutions et équilibrer les postes de travail, et pour avoir à la fin tous les temps de cycle en dessous du temps de Takt et augmenter automatiquement la productivité et l'efficience.

La prise du temps représenté dans le tableau 3.2 n'était pas simple comme auparavant, mais c'était en divisant le temps de cycle en temps élémentaire, temps de déplacement et pertes (voir l'annexe 2), comme il est montré sur le tableau suivant :

Postes	ET	WT	Pertes	Cycle Time
p6	219	38	29	286
P5	167	65	44	276
P6--1	168	66	41	275
P8	145	71	49	265
P2--1	154	62	29	245
P13	136	58	44	238
SUB2	148	54	26	228
P2	143	55	26	224
P12	130	54	38	222
P10	125	56	40	221
P11	134	52	34	220

Tableau 3.2: Détails du chronométrage des postes goulots de la famille MB

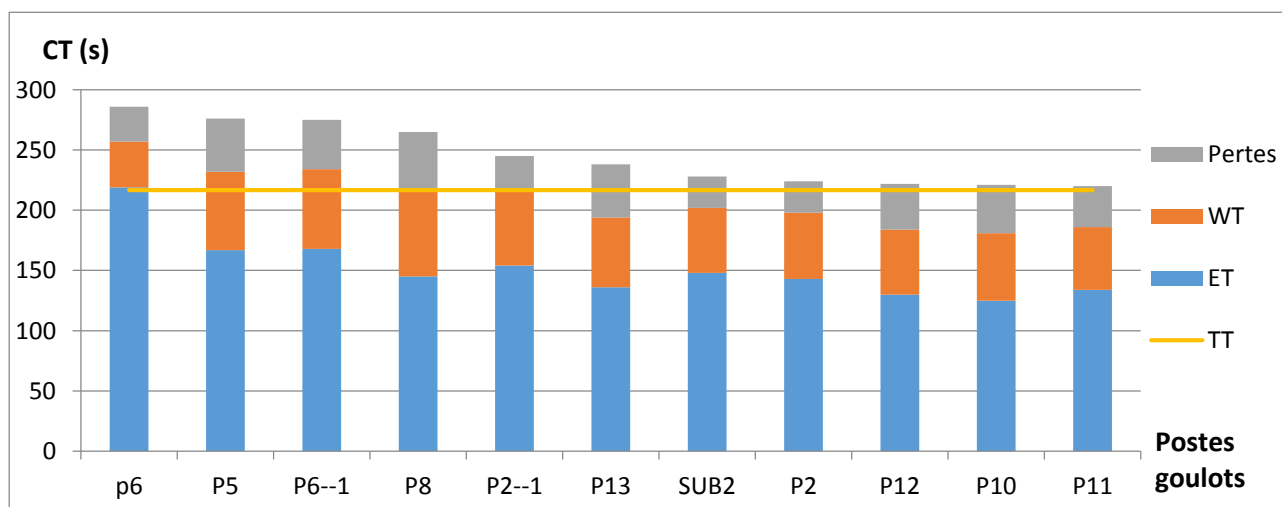


Figure 3.2 : Représentation graphique du chronométrage des postes goulots de la famille MB

Le graphe de la figure 3.2 reflète l'importance de ce deuxième chronométrage, d'où nous remarquons l'influence du temps de déplacement et celui perdu dans des actions inutiles sur le temps de cycle.

3. Chronométrage FRONT END :

De la même manière pour la famille Front End, nous avons préparé les conditions nécessaires pour faire un chronométrage correct, et les résultats obtenus sont représentés sur le tableau 3.3 et la figure 3.3 :

Poste	P1	P2	P3	P3a	P3b	P4	P5	P6	P7	SPS20	P8	P9	P10	P11	P12	
CT	107	131	103	107	90	115	98	121	107	92	92	116	86	104	127	
Poste	P13	P14	P15	P16	P17	SUB1	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	Canusa1	Canusa2	
CT	102	109	110	105	120	104	100	89	111	103	118	107	116	97	91	
Poste	water proof	TE1	TE2	TE3	Torque	CC1	CC2	CC3	CC4	Pr1	Pr2	Pr3	TV	Emb1	Emb2	Emb3
CT	110	89	87	95	111	112	103	100	105	103	113	100	98	106	91	92

Tableau 3.3 : la moyenne des 10 prises de temps pour chaque poste de la famille FE

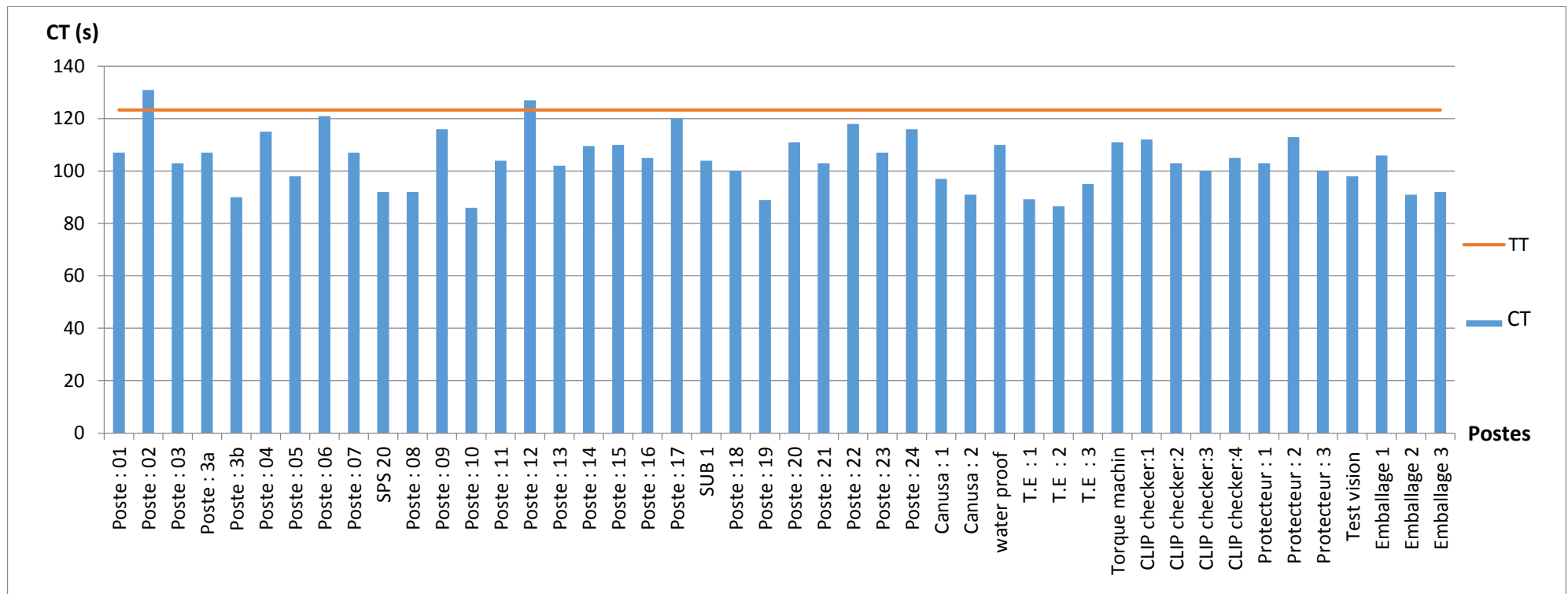


Figure 3.3 : Représentation graphique du chronométrage de la famille FE

Les postes goulots pour cette famille sont : P2 et P12.

De la même manière, nous avons fait 10 prises de temps des postes goulots obtenus en divisant le Cycle Time en ET, WT et pertes. Le détail de ce chronométrage est sur l'annexe 3.

Postes	ET	WT	Pertes	CT
P2	71	47	28	146
P12	66	47	23	136

Tableau 3.4: Chronométrage des postes goulots de la famille FE

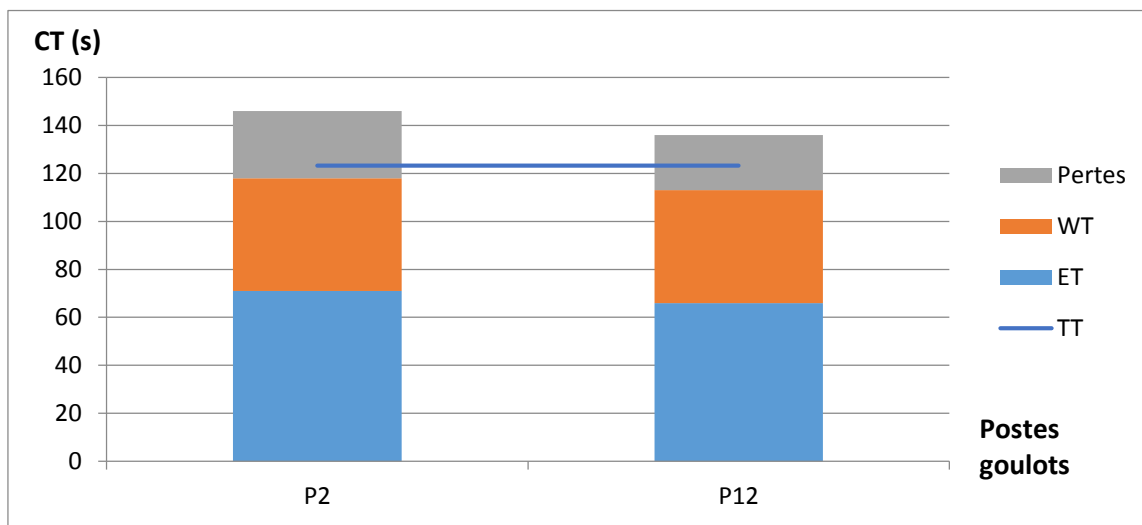


Figure 3.4 : Représentation graphique du chronométrage des postes goulots de la famille FE

Le but de ce travail est de donner une idée plus claire sur quoi nous devons agir pour équilibrer les postes de la chaîne, d'après les graphes du chronométrage nous remarquons qu'il existe plusieurs pistes sur lesquelles nous pouvons agir afin d'atteindre notre objectif.

D'une part, nous devons travailler sur la réduction du temps de déplacement qui contribue d'une façon très claire dans l'augmentation du temps de travail de chaque opérateur, en plus nous sommes obligé de diminuer les pertes existants dans la chaîne, et quand on parle des déplacement inutiles et des pertes, on peut généraliser ces termes en un seul qui est « MUDA », mais d'abord c'est quoi un MUDA ?

Un MUDA est un mot japonais, c'est une activité improductive, qui n'apporte pas de valeur aux yeux du client. Et pour créer efficacement de la valeur, il est indispensable d'identifier les gaspillages et de les éliminer ou les réduire, par l'intervention des chefs d'équipes notamment et aussi par les opérateurs s'ils ont été associés de manière efficace à la démarche d'amélioration afin d'optimiser les processus de l'entreprise.

Les pertes ou la non-valeur ajoutée sont représentés sur la figure 3.5 :

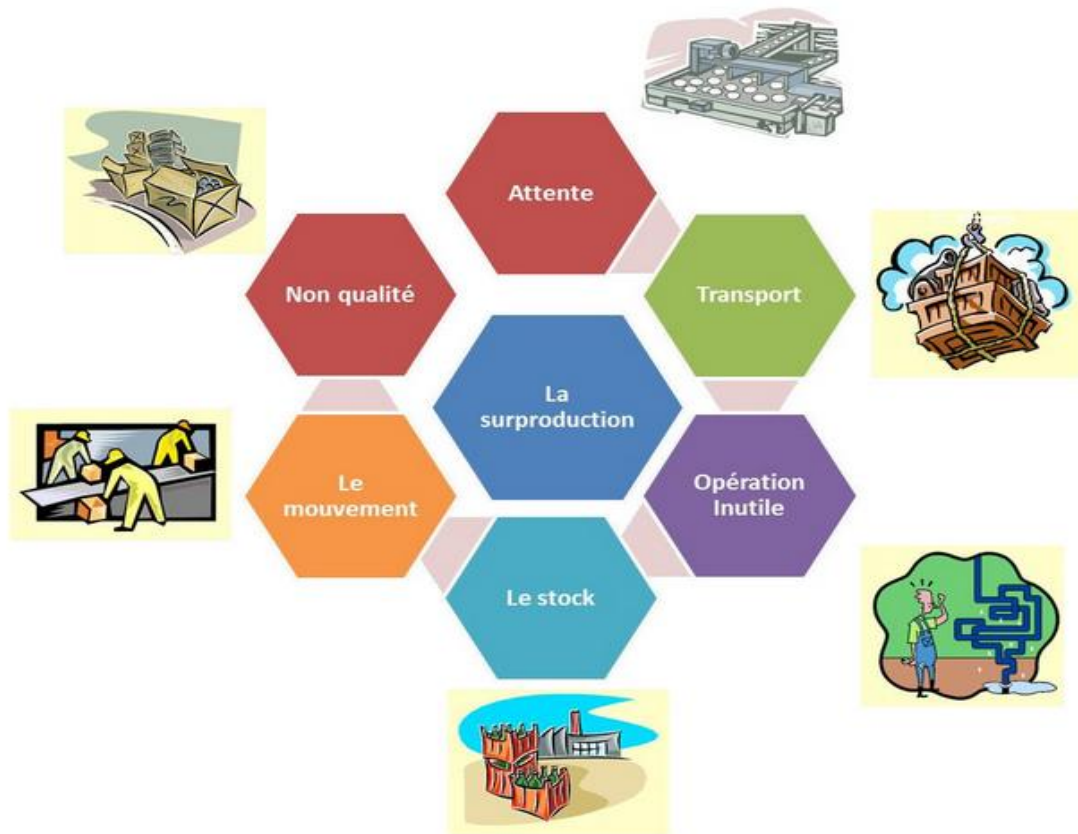


Figure 3.5 : les sept MUDAS

Dans notre cas, nous ne travaillons pas sur tous les MUDAS, mais seulement sur ceux qui nous intéressent et qui sont rassemblés dans le tableau 3.5 :

Tableau 3.5 : les différents problèmes existant dans les deux familles MB et FE

MUDAS	Problème	Source du problème	Figure
Le mouvement	-Mauvaise ergonomie de travail du poste	-Taille du JIG ; -Emplacement du pistolet d'air.	

	-Déplacement inutile	- Le mauvais rangement et le désordre de la matière première ; - Le mauvais emplacement de la matière première ; - Intérêt personnels (Hors la pause).	
La non qualité	-Défauts qui nécessitent une retouche ou une mise au rebut (SCRAP) -Surproduction (SCRAP)	- La fabrication non maitrisée ; - Le manque d'autocontrôle ; - Le manque de la qualification des opérateurs ; - La rapidité	
L'Attente	-Arrêt de la production -Retard de la chaîne	- Opérateur inactif pendant que la chaîne tourne ; - la mauvaise synchronisation des postes (Postes GOULOTS) ; - Manque de polyvalence des opérateurs ; - Manque matière première ; - Changement de la vitesse de la chaîne.	
La surproduction	-Produire plus que le besoin du client ; -Produire avant la commande ; -Réaliser une tâche qui ne répond à aucune demande ni exigence client.	- La taille de lot (cadence); - Le stock appelé Reserve; - Non-respect du plan production.	 
Le stock	- La surproduction	- Taille du lot est importante	Même figures que la surproduction

Le transport	-Retard du distributeur ; -Déplacements de matière ou de pièces sans nécessité.	- Surcharge du distributeur ; - Manque de chariots ; - Référence inappropriée.	
--------------	--	--	---

En ce qui concerne le MUDA qui reste « opérations inutiles », elle est représentée par la sur-qualité c'est-à-dire que le processus va au-delà des spécifications client qui n'apportent pas de valeur ajoutée mais génèrent des coûts, la chose qui n'existe pas dans notre cas pour les deux familles (MB et FE).

II. Les arrêts

1. Collecte des données

Dans la zone d'assemblage, les arrêts permanents des chaînes de montage perturbent la production et créent un problème aux responsables de la société.

Le niveau de la demande par semaine oblige à respecter un nombre de câbles par jour ce qui implique d'éviter le maximum possible les arrêts de la chaîne de production, les responsables sont obligés à mener une politique d'amélioration de la productivité de cette zone en se basant sur un ensemble d'outils.

En particulier, la zone d'assemblage est mise sous pression de plusieurs facteurs :

- Répondre aux demandes du client LAND ROVER.
- Rester en harmonie avec la cadence de la zone qui l'alimente en amont.
- Répondre aux exigences imposées par les agents de la qualité.
- Répondre aux modifications simples ou complexes du câble immédiatement.
- Traiter certains câbles chargés et d'une façon urgente.

Ces facteurs engendrent plusieurs dysfonctionnements, qu'on peut résumer en :

- Le désordre de la zone d'assemblage.
- La mauvaise gestion des actions des opérateurs.
- Le manque d'intervention rapide.

C'est dans cette vision qu'une partie de l'amélioration de la productivité de la zone d'assemblage s'inscrit dans notre projet de fin d'étude.

Nous avons récupéré l'historique de 12 mois des enregistrements des arrêts avec le type et la durée de chaque arrêt. Nous avons rassemblé ces arrêts en familles afin de trouver les problèmes les plus fréquents qui engendrent l'arrêt de la chaîne, le tableau 3.6 représente l'historique des arrêts de la famille MB et le tableau 3.10 récapitule les arrêts de la famille FE, le détail de ces calculs est sur l'annexe 4.

Types Arrêt	Tps d'arrêt (h)	%	% cumulé
Circuit manquant	29001:51:00	49,41%	49,41%
Problème d'absence	12670:22:00	21,59%	71,00%
Problème d'alimentation	6967:37:00	11,87%	82,87%
Retard de poste	4012:10:00	06,84%	89,70%
Défaut de lot	2655:04:00	04,52%	94,22%
Panne test électrique	1884:46:00	03,21%	97,44%
Rectification	1505:01:00	02,56%	100,00%
Total	58696:51:00		

Tableau 3.6 : Historique des arrêts de la famille MB

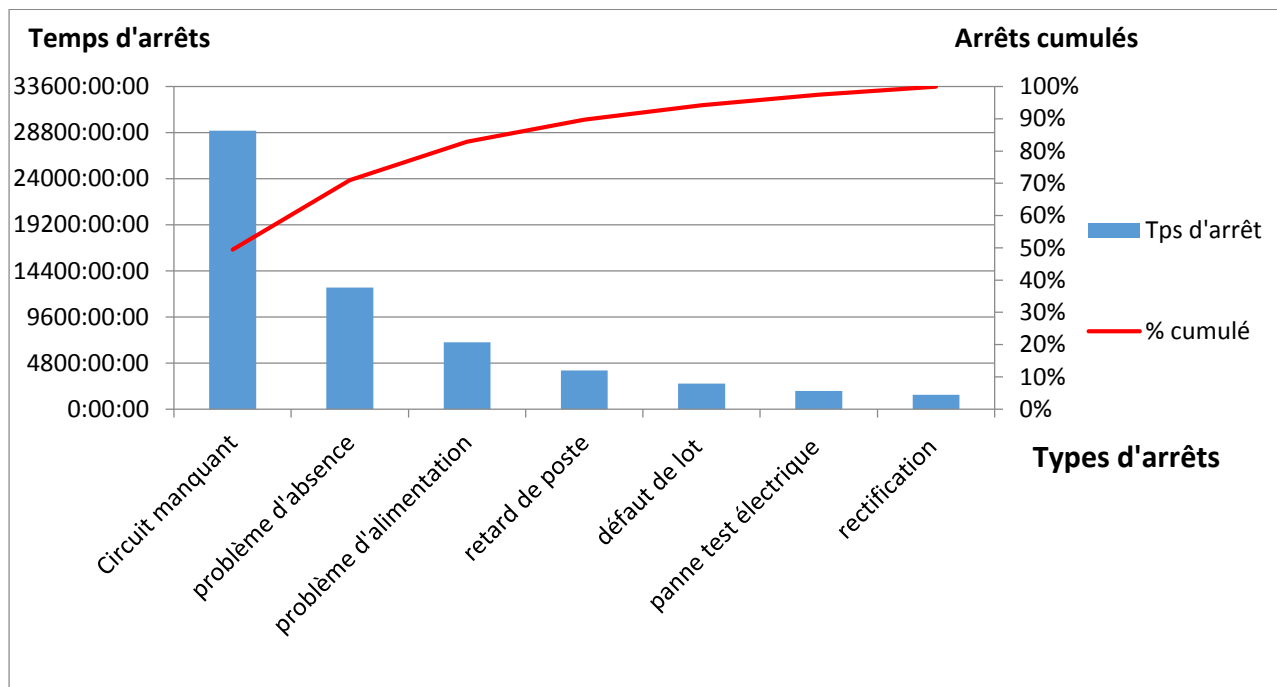


Figure 3.6 : PARETO des arrêts de la famille Main Body

Sachant que le temps d'arrêt est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Heures d'arrêt} = \text{Effectif en arrêt} \times \text{Durée de l'arrêt}$$

Un exemple est représenté dans le tableau 3.9 :

Type de problème	Temps d'arrêts (min)	Effectif en arrêt (personne)	Temps Total d'arrêt (h)
Manque joint	25	48	20

Tableau 3.7 : Exemple de calcul du temps d'arrêt

L'analyse du Pareto de la figure 3.6 nous a permis d'identifier les causes d'arrêts les plus pénalisantes pour la famille MB, nous avons trouvé que 80% des arrêts sont dus au circuit manquant (AW26 voir l'annexe 7), aux problèmes d'absentéisme et d'alimentation.

Types Arrêt	Tps d'arrêt (h)	%	% cumulé
Circuit manquant	15015:32:00	57,69%	57,69%
Problème d'absence	5917:24:00	22,73%	80,42%
Retard de poste	1874:58:00	7,20%	87,62%
Problème d'alimentation	1785:06:00	6,86%	94,48%
Panne test électrique	1436:03:00	5,52%	100,00%
Total	26029:03:00		

Tableau 3.8 : Historique des arrêts de la famille FE

La représentation graphique du Pareto est dans la figure 3.7 :

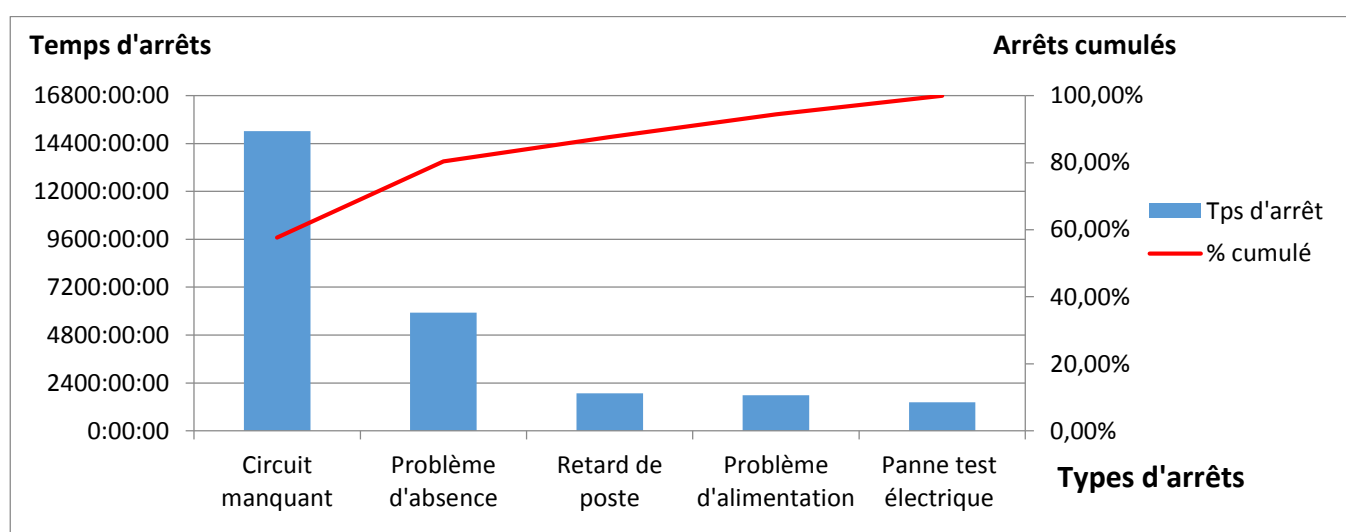


Figure 3.7 : PARETO des arrêts de la famille FE

En analysant ce Pareto nous pouvons dire que les arrêts causés par le circuit manquant et l'absentéisme influencent sur la quantité produite et par conséquent sur la productivité.

2. Diagramme cause à effets du défaut Circuit Manquant

La figure 3.8 illustre une étude cause à effets pour déterminer les causes racines du défaut Circuit manquant :

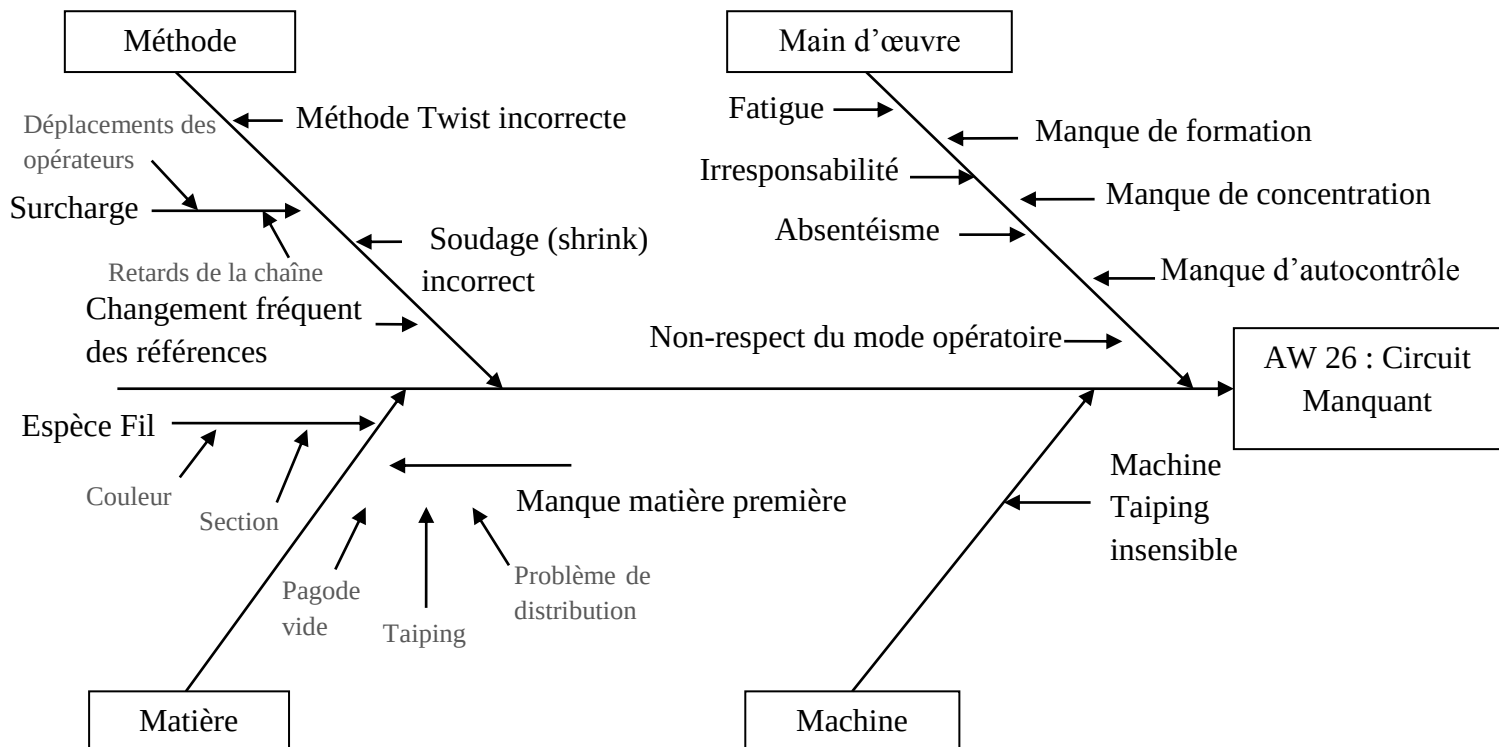


Figure 3.8 : Ishikawa du défaut circuit manquant (AW26)

III. Les défauts qualité

1. Collecte des données

Le tableau 3.9 représente l'historique des défauts qualité pendant quatre mois (Novembre 2014 – Février 2015). L'analyse Pareto permettrait de déterminer les familles les plus critiques, dans quel processus on détecte ces défauts et quels sont les défauts qui représentent 80% des non-conformités, qui causent les arrêts de la chaîne et qui impactent la quantité produite, et par conséquent qui contribuent à la diminution de la productivité.

Étiquettes de lignes	QUANTITE	%	% cumulé
Main body	3041	43,98	43,98
Front end	1900	27,48	71,46
IP	846	12,24	83,70
SMALL	398	5,76	89,46
ENGINE	227	3,28	92,74
Tailgate	213	3,08	95,82
F DOORS	86	1,24	97,06
Roof	77	1,11	98,18
Seat	75	1,08	99,26
R DOORS	51	0,74	100,00
Total	6914		

Tableau 3.9 : Historique des défauts qualité

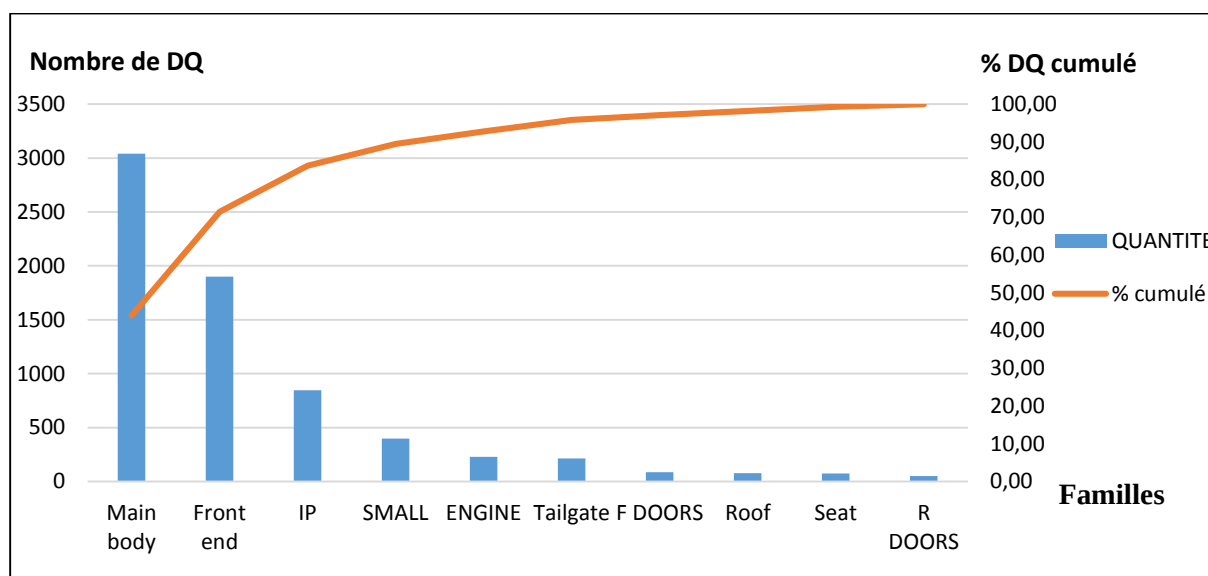


Figure 3.9 : PARETO général des familles les plus critiques

Du diagramme PARETO de la figure 3.9 nous remarquons que les familles qui contiennent plus de défauts qualité sont effectivement celles qui ont un ManHour important : Main Body et Front End.

Pour une meilleure observation du problème des défauts qualité nous devons déterminer le processus où on détecte ces défauts, c’est pour cela que nous avons représenté les processus de la famille Main Body sur le PARETO de la figure 3.10 :

Étiquettes de lignes	QUANTITE	%	% cum
Test Electrique	2671	91,66	91,66
Test clip	168	05,77	97,43
2eme visuel	59	02,02	99,45
Chaine	12	0,41	99,86
Test vision	4	0,14	100
Total	2914		

Tableau 3.10 : processus de détection des défauts qualité dans la famille MB

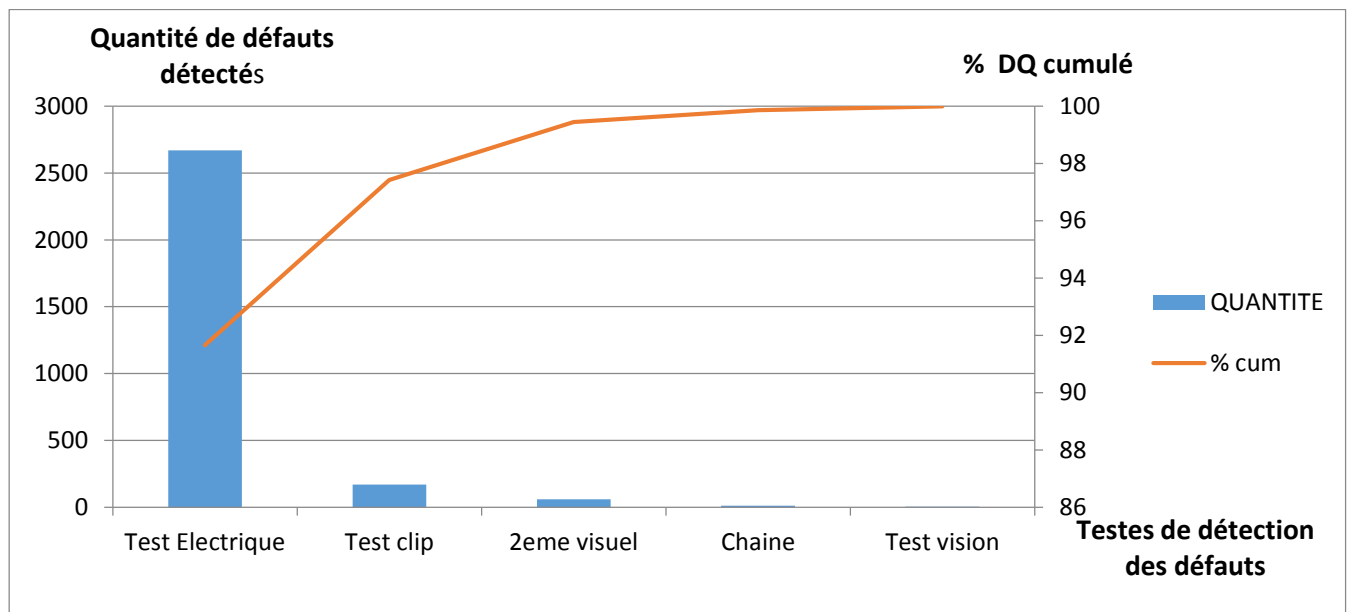


Figure 3.10 : PARETO présentant les processus de la famille Main Body

Concernant la famille FE, la figure 3.11 présente le PARETO des processus qui détectent les défauts qualité.

Étiquettes de lignes	Somme de QUANTITE	%	% cumulé
Test Electrique	1465	79,36	79,36
2eme visuel	237	12,84	92,20
Test vision	65	03,52	95,72
Test clip	45	02,44	98,16
Chaine	34	01,84	100
Total	1846		

Tableau 3.11 : processus de détection des défauts qualité dans la famille FE

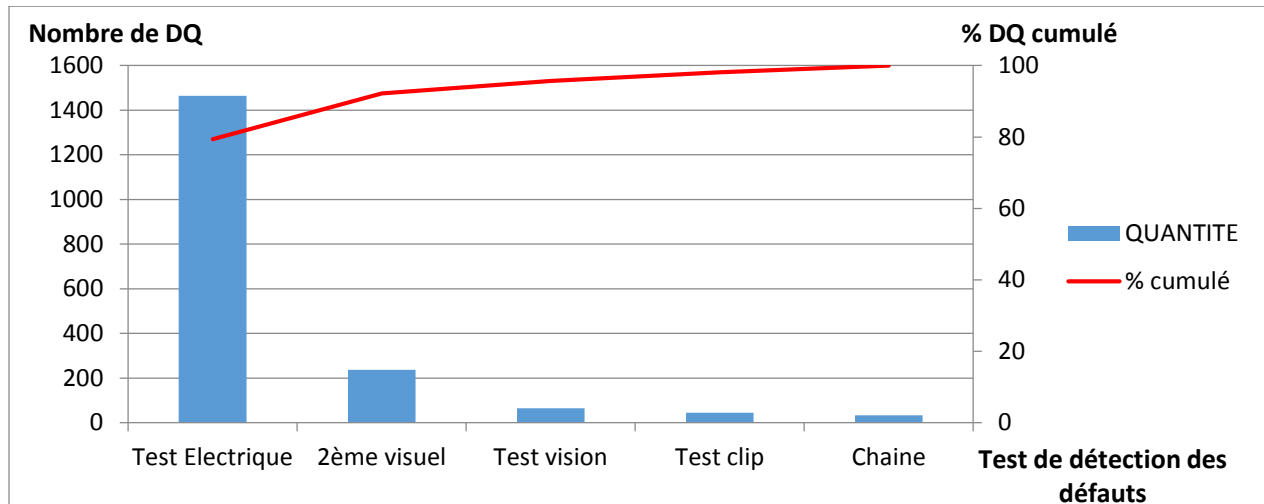


Figure 3.11 :PARETO représentant les processus de la famille Front End

D'après ces deux PARETO nous constatons que le processus qui détecte plus de défauts qualité est le test électrique. C'est pour cela que nous avons cherché les types des défauts qui apparaissent dans ce processus, en utilisant encore une fois le diagramme PARETO.

Dans la figure 3.12 nous déterminerons les défauts qualité détectés dans la famille Main Body, et dans la figure 3.13 ceux de la famille Front End :

Étiquettes de lignes	QUANTITE	%	% cumulé
AW40	4426	62,91	62,91
AA1	1233	17,53	80,44
AA2	381	5,42	85,86
AE 209	194	2,76	88,61
AW26	186	2,64	91,26
AB2	169	2,40	93,66
AB36	126	1,79	95,45
AC3	119	1,69	97,14
AD2	102	1,45	98,59
AE17	99	1,41	100
Total	7035		

Tableau 3.12 : processus de détection des défauts qualité dans la famille Main Body

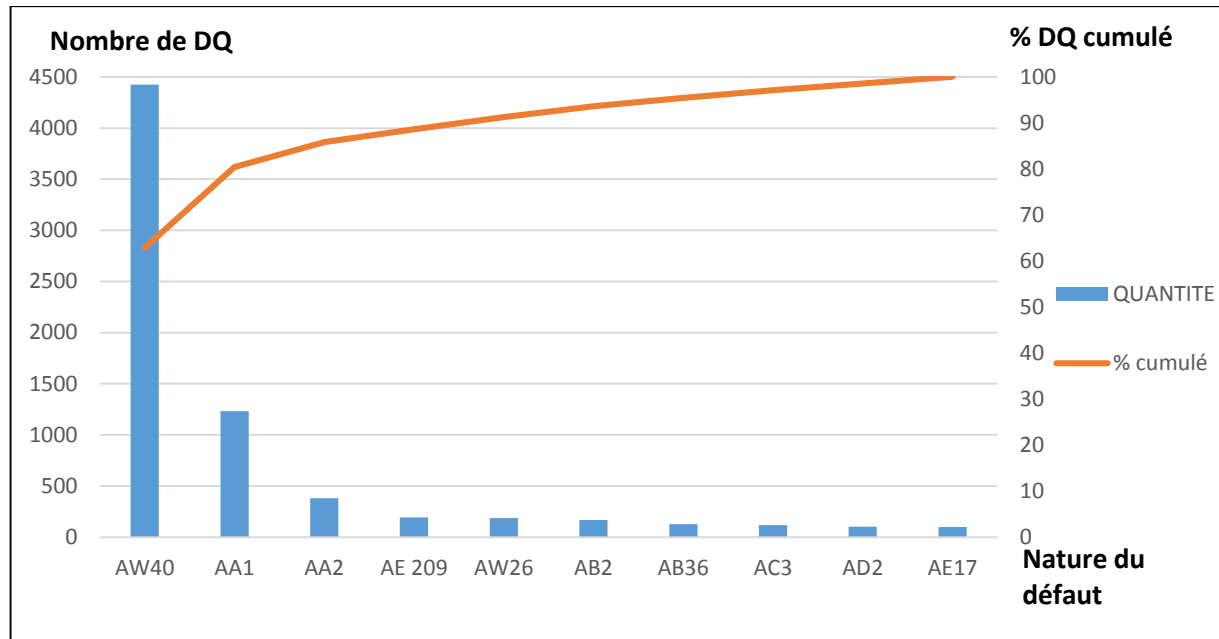


Figure 3.12 : PARETO des défauts qualité trouvés dans la famille Main Body

Types défauts	QUANTITE	%	%cumulé
AW40	967	65,96	65,96
AA1	220	15,01	80,97
AA2	43	02,93	83,90
AW26	42	02,86	86,77
AC3	42	02,86	89,63
AD2	40	02,73	92,36
AE17	27	01,84	94,20
AD26	20	01,36	95,57
AW32	20	01,36	96,93
AG2	17	01,16	98,09
AW71	16	01,09	99,18
AE39	12	0,82	100
Total	1466		

Tableau 3.13 : processus de détection des défauts qualité dans la famille Front End

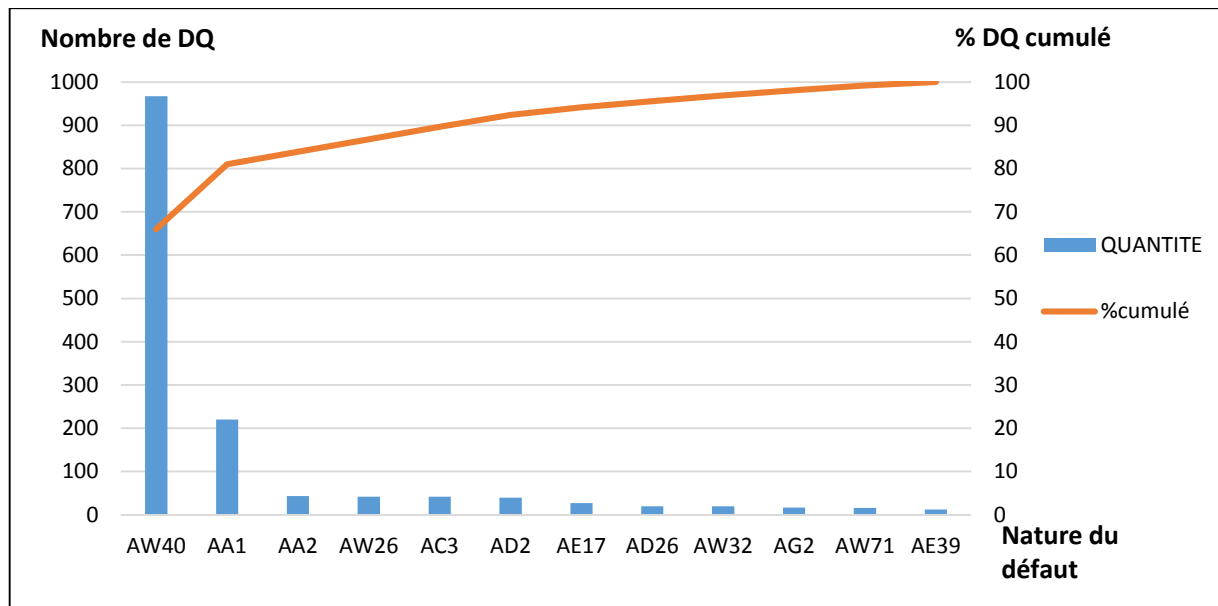


Figure 3.13 : PARETO des défauts qualité trouvés dans la famille Front End

Les deux graphes montrent que 80% des défauts qualité présents dans la famille Main Body est représenté par le défaut circuit croisé (AW40) et dans la famille Front End elle est représentée par le circuit croisé et le terminal endommagé (AB2). Ces problèmes influencent la productivité et la dégrade.

2. Diagramme cause à effets du défaut Circuit Croisé

La figure 3.14 illustre une étude cause à effets pour déterminer les causes racines du défaut Circuit croisés :

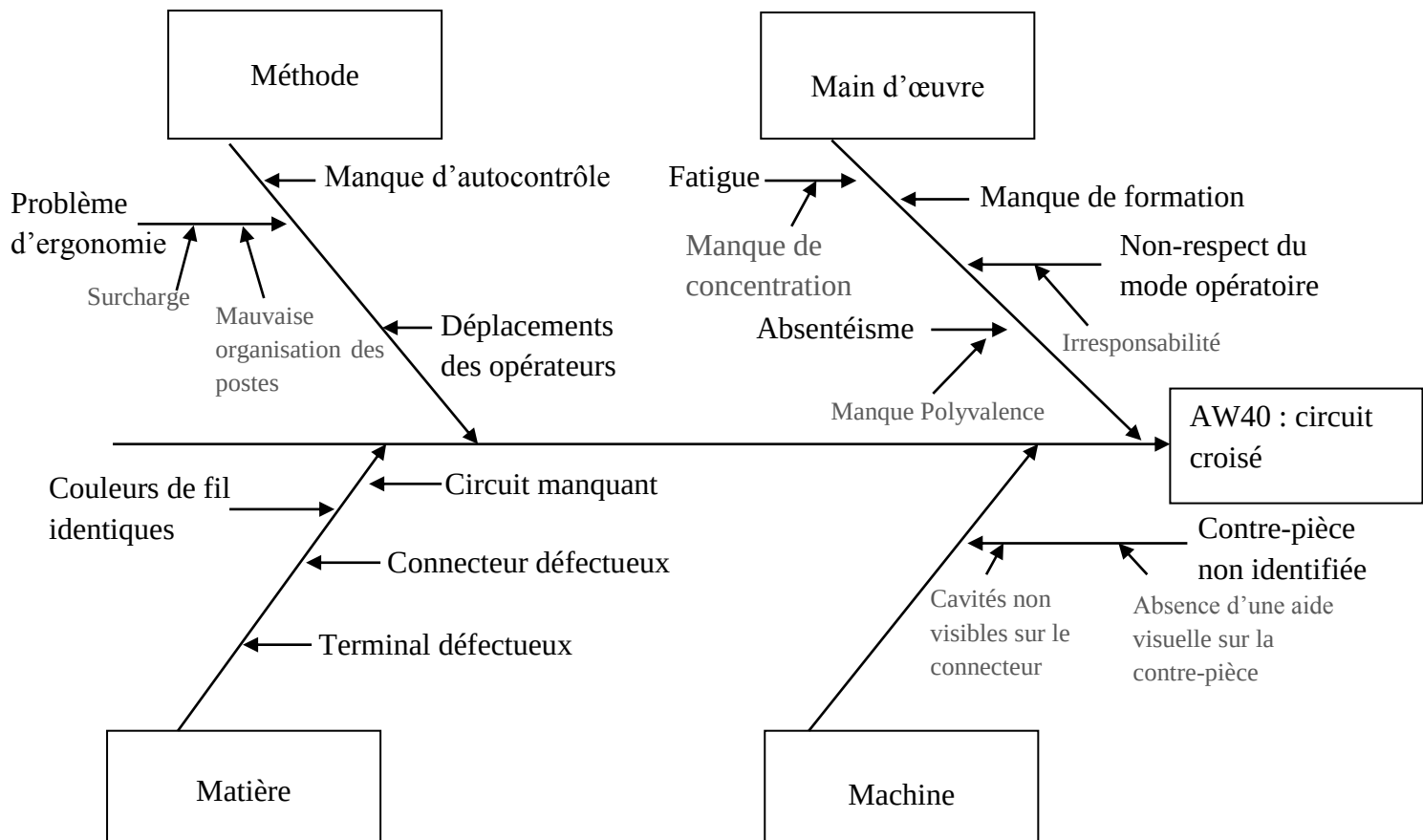


Figure 3.14 : Ishikawa du défaut Circuit croisé (AW40)



Chapitre IV

Améliorations et solutions proposées

Dans ce chapitre nous allons proposer des solutions pour éliminer les 7 MUDAS dont les arrêts et les défauts qualité font partie, et puis nous allons évaluer ces propositions en termes de la faisabilité.

I. Recherche des solutions

Afin de trouver des solutions d'amélioration pour les des deux familles Main Body (MB) et Front End (FE), nous avons fait un Brainstorming avec un groupe constitué de :

- Superviseur département production ;
- Superviseur département Engineering ;
- Deux ingénieurs (Ingénieur qualité et Ingénieur finance);
- Chefs des lignes des deux familles.

Nous avons fait une réunion, dans laquelle il y avait des propositions pour diminuer les MUDA existants, implicitement les défauts qualité et les arrêts de production en générale.

1. Proposition des solutions pour les Arrêts

Les solutions proposées pour diminuer l'impact des Arrêts sont les suivants :

- Elaborer des cartes KANBAN dans la chaîne de production ;
- Elaborer des cartes KANBAN pour l'alimentation de la chaîne par les fils ;
- Changer la taille des JIGS afin d'améliorer l'ergonomie des opérateurs ;
- Rapprocher la matière première de l'opérateur ;
- Fabriquer des chariots pour transporter les câbles ;
- Rapprocher les stocks des fils à côté de la chaîne de production (un petit stock : Pagode);
- Eviter le bouclage des câbles suspendus ;
- Sécuriser la boîte de changement de vitesse et avertir les opérateurs et les sensibiliser sur les conséquences qu'ils peuvent provoquer en modifiant la vitesse de la chaîne ;
- Synchroniser des postes goulots, c'est-à-dire équilibrer le mode opératoire de la chaîne ;
- Augmenter l'effectif.

2. Proposition des solutions des défauts qualité

2.1. Défaut circuit croisé

Les solutions proposées pour le problème de la non-qualité et exactement pour le défaut du circuit croisé (AW40) sont les suivants :

- Mettre une plaque métallique sur la contre-pièce du connecteur pour séparer les cavités qui seront remplies ;
- Graver dans les contre-pièces des connecteurs les couleurs des fils à insérer;
- Coller une aide visuelle dans les contre-pièces des connecteurs et la protéger avec du plexiglas ;
- Pour le connecteur qui cause plus de problème, mettre un séparateur entre les cavités du haut et celles du bas ;
- Elaborer un système dont le fonctionnement est similaire au test électrique, d'où le guidage d'insertion des fils est fait par LED, puis la continuité du courant est vérifiée pour savoir si les fils sont inversés ou non.

2.2.Défaut circuit manquant

Les solutions proposées pour le deuxième défaut qualité AW26 qui signifie le manque circuit sont les suivant :

- Placer un système anti-erreur (POKA YOKE) pour distinguer les fils dont on a besoin ;
- Mettre les fils qui vont être utilisés en ordre ;
- Autocontrôle dans la zone pré-assemblage et dans la zone montage ;
- L'utilisation des cartes KANBAN, peut diminuer le risque du manque.

II. Evaluation des solutions

Les solutions proposées sont classées selon leurs niveaux de faisabilité en termes de délai, qualité, sécurité et ergonomie, pour choisir les meilleures propositions.

1. Classification des solutions des Arrêts

Au cours de notre Brainstorming, nous avons pu analyser la faisabilité des solutions proposées, du côté qualité, sécurité, ergonomie des opérateurs, délai et estimation des coûts.

Solutions	Qualité	Sécurité	Ergonomie	Délai	Coût	% de Faisabilité
Cartes KANBAN	Bonne	Bonne	Bonne	2 semaines	Grande carte : 30 DH Carte moyenne : 27 DH	100%
Changement de la taille du JIG	Bonne	Bonne	Très Bonne	6 semaines	FE : 9000 DH MB : 20000 DH	0%
Matière première plus proche	Bonne	Bonne	Bonne	1 semaine	Box pour élastiques et tubes : 17 DH Box pour ATOLE : 15 DH	100%
Chariot pour les distributeurs	Bonne	Bonne	Très Bonne	1 semaine	1800 DH	100%
Petits stocks plus proche de la chaîne	Bonne	Bonne	Très Bonne	De 4 à 5 semaines	1 structure de 2m : 35000 DH	0%
Système antiblocage des fils suspendus	Bonne	Bonne	Très Bonne	2 semaines	1 barre : 700 DH	50%
Sécuriser la boîte de changement de vitesse	Bonne	Très Bonne	Bonne	1 semaine	600 DH	100%
Equilibrage des postes goulots	Très Bonne	Bonne	Très Bonne	De 3 à 4 semaines	_____	100%
Ajouter l'effectif	Mauvaise	Moyen	Bonne	_____	13.33 DH / heure	0%

Tableau 4.1 : classification des propositions des solutions des arrêts

D'après le tableau 4.1 nous remarquons trois types de solutions : faisables à court terme (100%), faisables à long terme (50%) et non faisables (0%).

NB : les coûts de ces solutions sont donnés par le responsable financier.

1.1. Solutions non faisables

Représentées par le changement du JIG qui est très cher sachant qu'il y a 14 JIGS dans chaque ligne des deux familles, c'est-à-dire que le coût de ce changement sera :

- Pour les 3 chaînes de la famille Main Body :
 $14 \times 3 = 42$ JIGS
 $42 \times 20\,000 = 840\,000$ DH
- Pour les 2 chaînes de la famille Front End :
 $14 \times 2 = 28$ JIGS
 $28 \times 9000 = 252\,000$ DH

En plus du coût très élevé, ce changement nécessite beaucoup d'études puisque la structure va changer et les composants de chaque poste par la suite vont changer.

La deuxième idée non faisable est celle des petits stocks installés à côté des chaînes, car le coût de cette solution est très élevé : 35 000 DH pour une structure de 2 mètres, et le changement du LAYOUT de la chaîne prend du temps et beaucoup d'études afin de consacrer de l'espace pour ces stocks.

Finalement pour la dernière proposition qui est l'ajout de l'effectif est strictement inacceptable, car d'une part, nous cherchons à augmenter la productivité en diminuant l'effectif de la chaîne et pas le contraire, d'autre part c'est cher puisque la rémunération globale d'un seul opérateur est de 13,33 DH par heure (inclus son transport et sa nourriture), et il y a aussi un risque de sécurité si deux opérateurs travaillent sur le même poste ou la même machine.

1.2. Solutions faisables à long terme

- **Système antiblocage des fils suspendus**

Vu la longueur de certains fils, quand l'opérateur essaie de tirer un seul fil, ce dernier se boucle avec les autres, la chose qui cause des arrêts pendant que la chaîne tourne, car il faut dénouer le fil avant de travailler avec. Sur la figure 4.7, nous présentons la structure des fils suspendus :



Figure 4.1 : Structure des fils suspendus

Nous présentons des exemples de bouclage des fils sur la figure 4.8 :

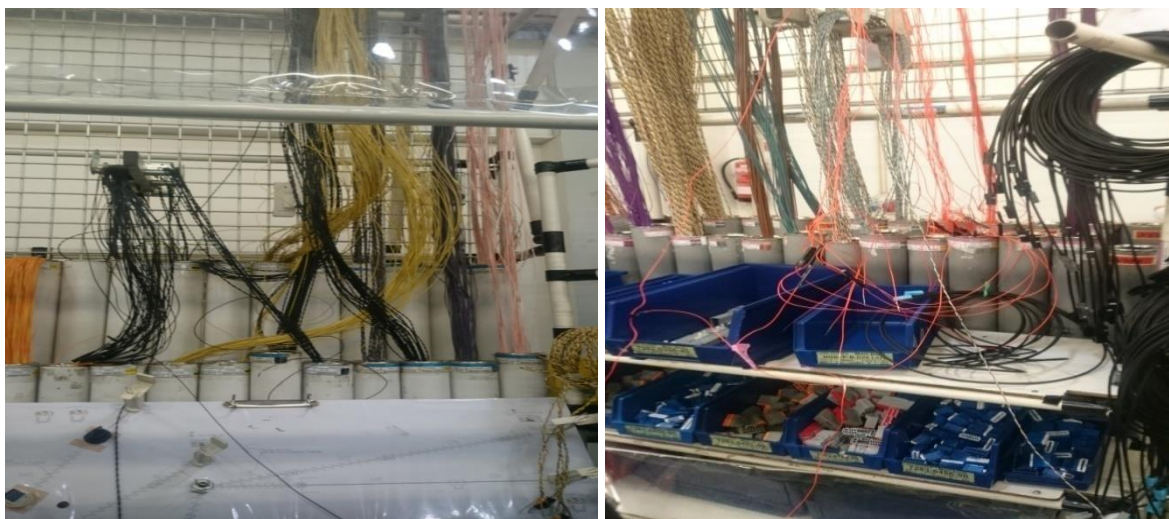


Figure 4.2 : Exemples de bouclage des fils

Nous avons proposé donc d'ajouter des barres qui jouent le rôle d'une brosse pour diminuer le risque de bouclage, et pour faciliter cette tâche nous avons ajouté une planche qui va séparer les fils avant leur passage entre les barres comme il est présenté sur la figure 4.9 :

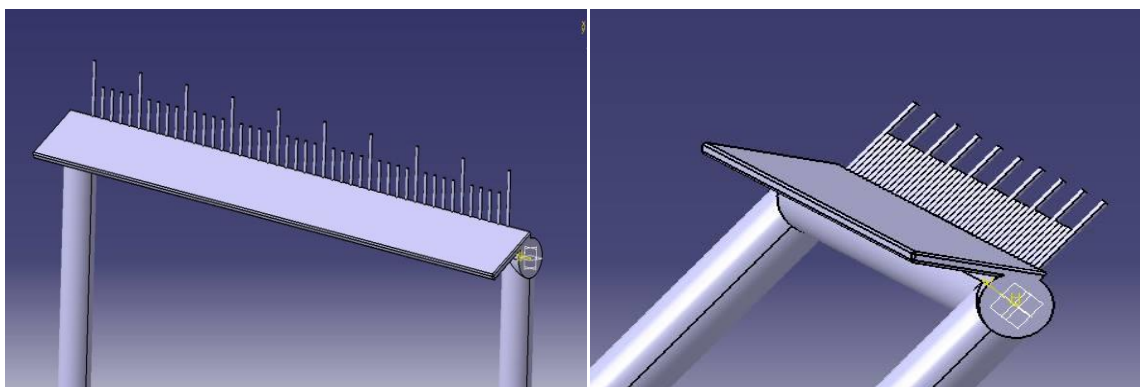


Figure 4.3 : Solution du bouclage des fils

1.3. Solutions faisables à court terme

A. Utilisation des cartes KANBAN

Parfois il est impossible d'éliminer quelques MUDAS, mais nous allons essayer d'éliminer ce qui peut être éliminé. Nous avons proposé d'élaborer des méthodes de gestion comme la méthode KANBAN dans deux cas, celui de la demande des postes en matière première et celui de la production des câbles.

La méthode KANBAN est un mode de gestion de flux crée par Toyota et basé sur des étiquettes, elle implique deux principes :

- Une très forte connotation visuelle ;
- Une recherche de la perfection en moindre coût.

Cette méthode sert à faciliter le flux de production entre deux postes de travail, c'est un système visuel de gestion des processus qui indique, quoi produire, quand le produire, et en quelle proportion. Elle a pour but d'éliminer la surproduction, les en-cours, et de respecter le plan de production.

- KANBAN pour l'alimentation des postes :

Le distributeur dispose d'une check liste sur laquelle sont indiqués les adresses des différentes références dans les supermarchés (pagodes). Normalement le distributeur passe sur les différents postes pour identifier les références qui manquent, et en cas d'oubli c'est à l'opérateur de chercher le distributeur pour lui signaler le manque.

En utilisant cette check liste, on perd beaucoup de temps vue le nombre importants de références constituant le câble, et pire encore lors de la recherche des références dans les pagodes. Par ailleurs les opérateurs sont sensés appeler le distributeur (qui n'est pas toujours disponible) en cas d'un éventuel manque avant son occurrence.

Ces causes sont parmi les facteurs qui diminuent la productivité, c'est pour cela qu'il faut standardiser le travail du distributeur ainsi celui des opérateurs interne de la chaîne.

Le système KANBAN entre les deux zones de production facilite le flux de transfert des informations en saisissant (scan) le bon composant au bon moment.

À chaque référence des circuits utilisés est associée une seule étiquette de transfert qui mentionne notamment le numéro de la référence et le numéro du poste concerné comme le montre la figure 4.1.

production Instruction KANBAN			
Project	Family	Line Number	
L538	IP	2	
GJ3214401 FPA			
From:	Date:	Base:	To:
PI Post	20/05/2015	Less Hud	J.Twist

Figure 4.4 : Exemple d'une étiquette KANBAN

Celle-ci est nécessairement:

- soit accrochée à des lots (bundle) ;
- ou posée dans la boîte située dans le poste de consommation.

Procédure de travail :

- Poser la carte KANBAN dans la caisse à côté du poste de travail : avant que l'opérateur entame le deuxième lot auquel est attachée l'étiquette de transfert de la référence, il la détache et la met dans la caisse des KANBANS disponible sur son poste de travail ;
- Collecter les étiquettes : après chaque distribution et après chaque cycle, le distributeur passe pour collecter à nouveau les cartes des différents postes en vérifiant le respect du système par les opérateurs ;
- Se diriger vers les supermarchés (pagodes) : après la séparation des cartes selon les adresses des supermarchés (pagodes), le distributeur se dirige vers les pagodes ;
- Collecter les lots demandés par la chaîne;
- Attacher l'étiquette de transfert au lot sur un côté visible à l'opérateur ;
- Se diriger vers le poste de saisie (scan) avant l'alimentation : dès que le distributeur fini la collecte des lots demandés du supermarché, il passe au poste de scan pour signaler leur consommation ;
- Alimenter les postes ;
- S'assurer qu'il n'existe pas des surstocks dans les postes : deux lots (bundles) de chaque circuit.

Estimation des gains :

Gain directe	Gain indirecte
- Elimination définitive du manque matière dû au travail arbitraire du distributeur. - Réduction de la charge et des efforts inutiles du distributeur. - Gain de temps et par conséquent réduction de risque de manque de scan. - Elimination de la communication verbale non efficace.	- Elimination des ordres urgents qui perturbe la production au niveau de la coupe et qui engendrent des pertes de temps énormes dû aux changements d'outils fréquent.

Tableau 4.2: les gains directs et indirects des cartes KANBAN de l'alimentation des postes

- **KANBAN pour la production des câbles :**

Les câbles sont produits selon un plan de production, chaque shift doit suivre ce plan en ordre. Le problème qui se présente est que certains chefs de ligne préfèrent travailler avec des références de câbles moins chargés tandis que d'autres références les précèdent, ce problème cause une surproduction de certaines références et un besoin d'autres.

Face à cette situation, nous avons remarqué que la carte KANBAN est nécessaire, elle facilite le flux de transfert des informations en saisissant (scan) la référence du câble produit au bon moment.

À chaque référence de câble est associée une seule étiquette de transfert qui mentionne notamment le numéro de la référence et le numéro du JIG concerné. Celle-ci est nécessairement:

- soit accrochée à la chaîne (JIG) ;
- ou posée dans l'emplacement situé dans le poste d'emballage.

Procédure de travail :

- Poser la carte KANBAN dans la chaîne (JIG) où on assemble le câble : tant que les opérateurs travaillent sur le câble, la carte KANBAN est attachée au JIG.
- Collecter les étiquettes: à la fin d'assemblage, l'étiquette accompagne le câble aux différents tests par lesquels il passe, pour être emballé par la suite, dans cette étape, l'étiquette est collectée.

- Se diriger vers le poste de saisie (scan): dès que l'opérateur collecte l'étiquette, il passe au poste de scan pour signaler la production du câble dont la référence est sur la carte KANBAN.
- Placer les étiquettes: l'opérateur doit placer les étiquettes des câbles produits dans leurs emplacements.

Estimation des gains :

Gain direct	Gain indirect
- Elimination définitive de la surproduction de câbles (élimination des stocks) ; - Gain de temps et par conséquent réduction de risque de manque de scan.	- Elimination des ordres de production urgents qui perturbent la production au niveau d'assemblage et qui causent des pertes de temps.

Tableau 4.3 : les gains directs et indirects des cartes KANBAN de la production des câbles

B. Matière première plus proche

En ce qui concerne les déplacements, l'opérateur perd du temps pour ramener les outils de travail comme l'Atol-le, les tubes (enroulements) et les élastiques.

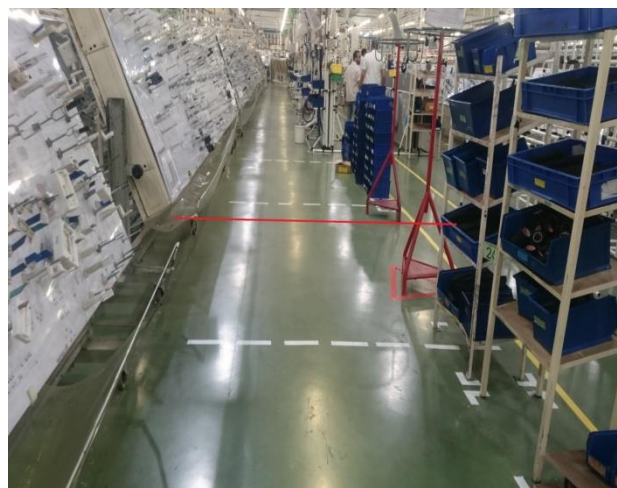


Figure 4.5 : Distance entre les outils de travail et le JIG

D'après les figures 4.2, nous avons remarqué que la distance entre la matière première et le JIG doit être supprimée, c'est pour cela nous avons proposé des boîtes à coller sur les JIGS (chaînes d'assemblage) pour rapprocher les outils de travail le maximum possible.

Dans la figure 4.3 nous représentons l'état du JIG sans amélioration :



Figure 4.6 : la situation actuelle du JIG

Dans les figures 4.4 et 4.5 nous avons utilisé l'outil CATIA pour faire la conception de l'emplacement de l'Atol-le et la boîte qui portera les enroulements et les élastiques.

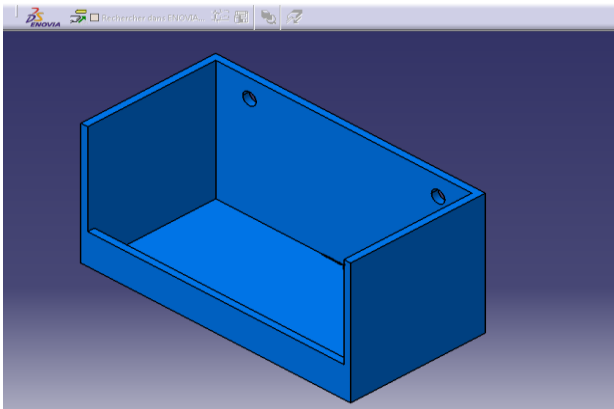


Figure 4.7 : Boîte des enroulements

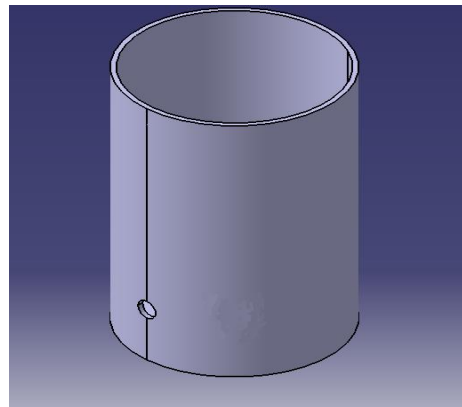


Figure 4.8 : Emplacement de l'Atol-le

C. Chariot pour les distributeurs

Auparavant, les distributeurs n'avaient pas un moyen pour ramener les fils des Pagodes aux postes, c'est pour cela que nous avons proposé des chariots afin de gagner du temps et d'améliorer l'ergonomie du distributeur. Les chariots auront la forme représentée sur la figure 4.6 :

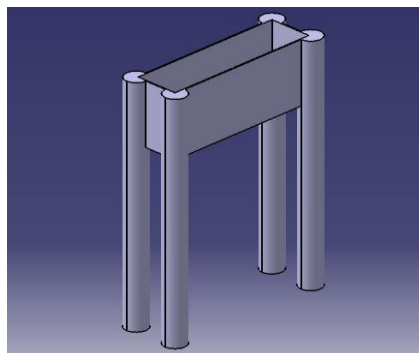


Figure 4.9 : chariot pour transporter les lots des fils

D. Sécuriser la boîte de changement de vitesse

Afin de suivre le rythme de la chaîne, et pour ne pas faire du retard, les opérateurs changent parfois la vitesse de la chaîne sans contrôle du chef de ligne. Pour cela nous avons proposé un grillage (figure 4.11) avec une clé, et seuls les chefs de ligne ont la possibilité d'agir sur la boîte (figure 4.10) pour changer la vitesse de la chaîne.



Figure 4.11 : La boîte de changement de vitesse de la chaîne

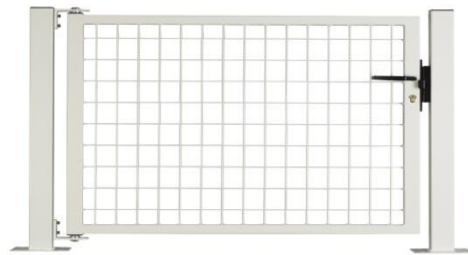


Figure 4.10 : Exemple d'un grillage de fer

E. Equilibrage des postes goulots

D'après les chronométrages faits, nous avons remarqué qu'il y a des postes goulots, c'est pour cela que nous avons essayé de décortiquer les tâches de ces derniers en distribuant leur charge sur d'autres postes moins chargés (tableau 4.4), à l'aide de la nomenclature de chaque poste sur l'annexe 6.

Prenant par exemple le poste 6 dont la nomenclature est la suivante :

Partie insertion :

- 2 Fils torsadés de Réf Tw-30 ;
- 2 Joints de Réf 129 et 6 de Réf 238 ;
- 6 Bonder (Type de terminal) 19 ;
- 2 Fils torsadés de Réf Tw-14 et 2 autres de Réf Tw-29 ;
- 4 Joints 132, 4 Joints 152, 4 Joints 174, 4 Joints 203.

Partie enrubannage :

- Enrubannage 100 % avec PVC Réf ST2763 - B - W =19 430 W8 19 30.

Après avoir étudié la possibilité de cession de quelques tâches de ce poste, nous avons pu constater qu'il existe 2 postes (poste 1 et poste 7--1) qui peuvent diminuer la charge de ce dernier.

La composition de ces deux postes est la suivante :

Poste 1 :

Partie insertion :

- 2 Fils torsadés de Réf Tw-90 ;
- 2 Joints de Réf 673 et 3 autres de Réf 575

Partie enrubannage :

- Enrubannage 50 % avec PVC Réf SCAVTA - B - W=9430 21 09 30

Poste 7--1 :

Partie insertion :

- 2 Airbags, 2 Fils torsadés Tw-69.

Partie enrubannage :

- Enrubannage 100 % avec 51618 W=19 430 OK 19 30 ;
- Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=9 430 OK 09 30 ;
- Fixation avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30.

D'après leur nomenclature et la relation qui les lie avec le poste goulot (Poste 6), nous avons proposé de donner l'enrubannage 100% au poste 1, et donner 2 fils torsadés de Réf Tw30, 1 joint de Réf 129 et 3 Bonder de Réf 19 au poste 7--1.

Origines		Destination
Poste 6	- Enrubannage 100 % avec PVC ST2763 -B W =19 430 W8 19 30. - 2Fils torsadés de Ref Tw-30, 1 Joint de Ref 129, 3 Bonders (type de terminal) de Ref 19.	- Poste1 - Poste 7—1
Poste 5	- 2Fils torsadés de Ref Tw-C9, 2 Fils torsadés de Ref Tw-65 et 2Fils torsadés de Ref Tw-92.	- SUB 3
Poste 6--1	- 2 Fil torsadés de Ref Tw-D0 et 2 fils torsadés de Ref Tw-D1.	- Poste 14

Améliorations et solutions proposées

Poste 8	- 3 Joints de Ref 247, 6 Joints de Ref 699 et 2 Fils torsadés de Ref Tw-42.	- Poste 8—1
Poste 22	- Enrubannage 50 % avec 51618-B-W=19430OK1930. - Enrubannage 100 % avec PVC ST2763-B-W=19430W81930.	- Poste 9 - Poste 20
Poste 23	- Enrubannage 50 % avec l'enroulement de Réf 51618-B-W=9430OK0930. - Enrubannage 50 % avec l'enroulement de Ref51618-B-W=19430OK1930. - Fixation avec l'enroulement de Ref51618-B-W=19430OK1930.	- Poste15 - Poste 16
Poste 24	- Fixation avec l'enroulement de Ref51618-B-W=19430OK1930. - Enrubannage 50 % avec l'enroulement de Réf 51618-B-W=19430OK1930.	- Poste 18

Tableau 4.4 : les actions d'équilibrage des postes

Pour les postes, P6, P5, P6--1 et P8, nous avons essayé d'y retirer quelques opérations et de les ajouter aux postes qui ont un temps de cycle inférieur au temps de Takt.

Concernant les 3 postes restants P22, P23 et P24, se sont des postes d'enrubannage seulement, c'est pour cela que nous avons proposé de les enlever et de distribuer leurs opérations sur d'autres postes moins chargés.

Gain estimé :

Gains directs	Gains indirects
- Eliminer les postes goulots ; - Eliminer 3 effectifs.	- Améliorer l'ergonomie des opérateurs.

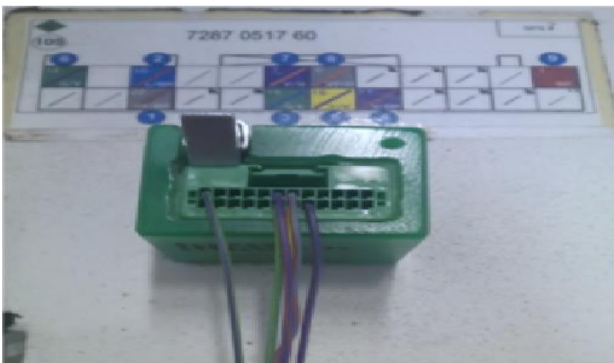
Tableau 4.5 : les gains directs et indirects de l'équilibrage**2. Classification des solutions des défauts qualité****2.1. Défaut circuit croisé**

Comme pour les propositions des solutions des arrêts, nous avons pu analyser la faisabilité des solutions proposées pour les défauts qualité aussi (tableau 4.6), du côté qualité, sécurité, ergonomie des opérateurs, délai et estimation des coûts.

Solutions	Qualité	Sécurité	Ergonomie	Délai	Coût	% de Faisabilité
Mise en place d'une plaque métallique sur la contre-pièce du connecteur.	Très Bonne	Très Bonne	Très Bonne	3 semaines	400 DH	0%
Graver les contre-pièces des connecteurs.	Moyenne	Bonne	Très Bonne	_____	300 DH	0%
Aide visuelle dans les contre-pièces des connecteurs et la protection avec le plexiglas.	Bonne	Bonne	Bonne	1 semaine	Plexiglas de 2/1,20m : 1000 DH	100%
Mettre un séparateur entre les cavités du haut et celles du bas.	Bonne	Bonne	Très Bonne	1 semaine	100 DH	100%
Un système électrique qui vérifie la continuité du courant.	Bonne	Bonne	Bonne	8 semaines	100 000 DH	0%

Tableau 4.6 : Faisabilité des solutions pour le défaut circuit croisé**A. Solutions infaisables**

D'après le Benchmarking que nous avons fait pour des sociétés travaillant dans le même domaine, nous avons remarqué que YAZAKI ROMANIE utilise une plaque métallique (figure 4.13) sur la contre-pièce du connecteur sur laquelle sont indiqués les fils à insérer en y mettant des échantillons réels, elle est divisée en deux parties selon les cavités qui doivent être remplies, les autres sont cachées, de cette manière l'opérateur ne va insérer que les cavités demandées.

**Figure 4.12 : Connecteur avant de mettre la plaque métallique****Figure 4.13 : La plaque métallique à mettre sur la contre-pièce du connecteur**

C'est une très bonne solution du côté qualité, sécurité et ergonomie, mais puisqu'il existe des centaines de connecteur dans chaque ligne, le coût de cette solution sera très élevé.

Pour la deuxième solution, qui est une gravure de l'aide visuelle sur les contre-pièces est une bonne idée, mais au cas où on change de référence, on doit changer tout le modèle de la contre-pièce.

La dernière solution non faisable est celle du test électrique car elle est très coûteuse.

La figure 4.14 nous montre un exemple de ce test déjà appliqué à YAZAKI TANGER



Figure 4.14 : le test électrique qui assure la bonne position des fils dans les cavités des connecteurs

B. Solutions faisables

En plus de l'indication sur le mode opératoire, nous avons proposé d'indiquer les cavités à remplir sur la contre-pièce en utilisant des feuilles imprimées avec du plexiglas au-dessus pour les protéger, de cette manière la tâche sera plus facile à l'opérateur et le pourcentage d'erreur va diminuer.

Pour la deuxième solution appliquée, nous avons choisi l'un des connecteurs les plus compliqués, c'est-à-dire celui qui contient un très grand nombre de cavités représenté sur la figure 4.15 :



Figure 4.15 : Le connecteur exemple

Comme il est représenté sur la figure 4.16, le JIG où on remplit les cavités de ce connecteur contient deux supports verts en plastique, notre idée est d'utiliser une barre métallique au lieu de ces supports pour séparer les cavités supérieures de celles inférieures, de cette façon l'opérateur va distinguer la cavité correcte dans laquelle il doit insérer le fil.



Figure 4.16 : JIG actuel

La conception du modèle proposé sur CATIA est présentée sur la figure 4.17 :

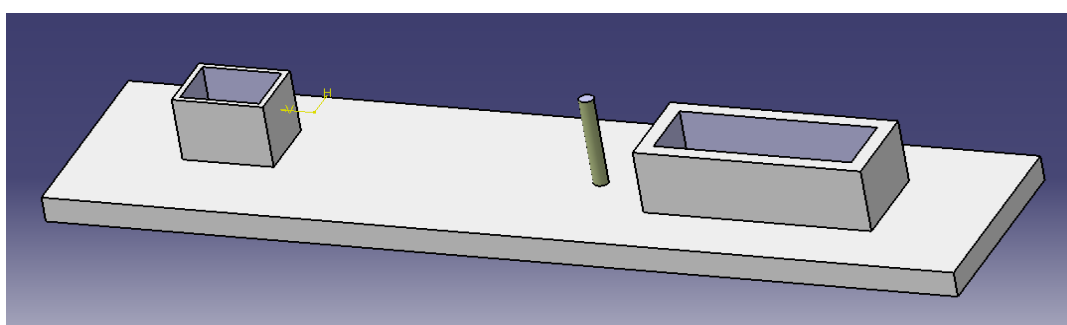


Figure 4.17 : JIG proposé

2.2. Défaut circuit manquant

Le tableau 4.7 présente le pourcentage de la faisabilité des solutions proposées.

Solutions	Qualité	Sécurité	Ergonomie	Délai	Coût	% de Faisabilité
Placer un système anti-erreur (POKA YOKE) pour distinguer les fils dont on a besoin	Très Bonne	Très Bonne	Bonne	1 semaine	800 MAD	100%
Mettre les fils qui vont être utilisés en ordre	Très bonne	Très Bonne	Très Bonne	4 jours	_____	100%
Autocontrôle dans la zone pré-assemblage et dans la zone montage	Bonne	Bonne	Bonne	_____	_____	50%
Utilisation des cartes KANBANS, peut diminuer le risque du manque.	Bonne	Bonne	Très Bonne	2 semaines	100 MAD	100%

Tableau 4.7 : Faisabilité des solutions pour le défaut circuit croisé

Dans ce cas nous remarquons que toutes les solutions sont faisables.

Commençons par le système anti erreur (POKA YOKE), qui est réalisé au sein de la société, il a un grand impact sur l'élimination du circuit manquant, d'où le risque d'oubli des fils est faible.

La deuxième et la troisième proposition ont une relation avec la discipline et la gestion des postes, c'est-à-dire il suffit de former les opérateurs et les sensibiliser pour respecter ces démarches.

Et la dernière proposition est d'établir les cartes KANBAN que nous avons expliqué auparavant.

Chapitre V

Mise en place des solutions et estimation des gains

Dans ce chapitre, nous avons appliqué les améliorations proposées dans les familles MB et FE, et nous avons noté les gains obtenus en termes d'effectif, de quantité de câble produite, de défauts qualité et finalement le gain de la productivité et d'efficience.

I. Les améliorations appliquées

Parmi les solutions proposées précédemment, nous avons choisi quelques-unes pour les appliquer sur le terrain, vu leur niveau de faisabilité comme c'est expliqué dans le chapitre 4.

1. Cartes KANBAN pour l'alimentation des postes :

Après avoir formé les distributeurs et les opérateurs sur la façon d'utiliser les cartes KANBAN, ils ont pu travailler avec ces cartes d'une façon correcte et d'une manière très souple.

Avant que l'opérateur commence le travail sur le lot suivant, il détache la carte KANBAN de ce dernier et la pose dans la caisse à côté de son poste de travail comme c'est montré sur la figure 5.1 :



Figure 5.1 : Placement des cartes dans la caisse

Le distributeur passe après chaque cycle pour collecter les cartes des différents postes en vérifiant le respect du système par les opérateurs, puis il se dirige vers les supermarchés. Il collecte par la suite les lots demandés par les postes tout en respectant la quantité par lot, et en essayant d'attacher la carte KANBAN sur un côté visible aux opérateurs.



Figure 5.2 : Collecte des lots demandés par la chaîne

Le distributeur se dirige vers le poste de saisie (scan) pour signaler leur consommation.



Figure 5.3 : Poste de scan des cartes KANBAN

Finalement il doit s'assurer qu'il n'existe pas des surstocks dans les postes, c'est-à-dire deux lots de chaque circuit, un ouvert et l'autre avec étiquette.



Figure 5.4 : Alimentation des postes

2. Cartes KANBAN pour la production des câbles :

En ce qui concerne l'utilisation de ces cartes dans la chaîne, nous avons consacré un emplacement pour ces derniers, comme le montre la figure 5.5.

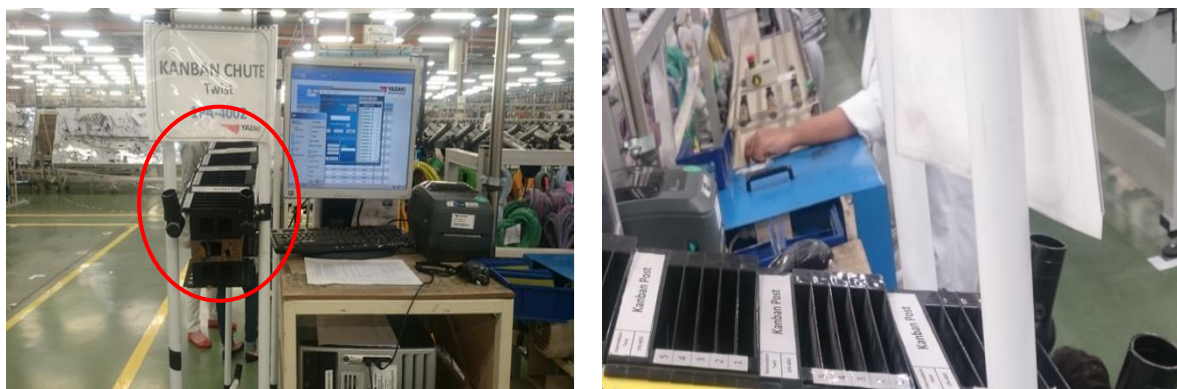


Figure 5.5 : Emplacement des cartes KANBAN

Nous avons posé la carte KANBAN qui est composée d'une grande carte qui sera attaché au JIG tout au long du parcours de la chaîne, et d'autres cartes de taille moyenne qui sont destinées à un ensemble de postes qui travaillent sur une branche du câble totale.

Après avoir terminé le travail sur chaque branche du câble, les moyennes cartes sont ramassées et remises dans la grande, puis celle-ci se raccroche dans la chaîne (JIG), tant que les opérateurs travaillent sur le câble.

Par la suite les étiquettes sont collectées, puis l'opérateur du poste d'emballage se dirige vers le poste de saisie (scan) pour signaler la production de la référence travaillée.

3. Matière première plus proche :

Comme nous avons expliqué dans le chapitre précédent, la matière première doit être rapprochée de l'opérateur pour ne pas perdre du temps dans les va et viens de son poste vers le JIG et vice versa.

Sur la figure 5.6, nous avons proposé tous les cas possibles des emplacements des box de la matière première en prenant en considération les places vides et qui ne risquent pas d'endommager le câble.



Figure 5.6 : les emplacements des box de la matière première

Pour notre cas, nous avons utilisé que 3 box : un pour l'Atol-le, un autre pour les élastiques et un pour l'outil de travail « GROMMET ».



Figure 5.7 : Box de l'Atol-le

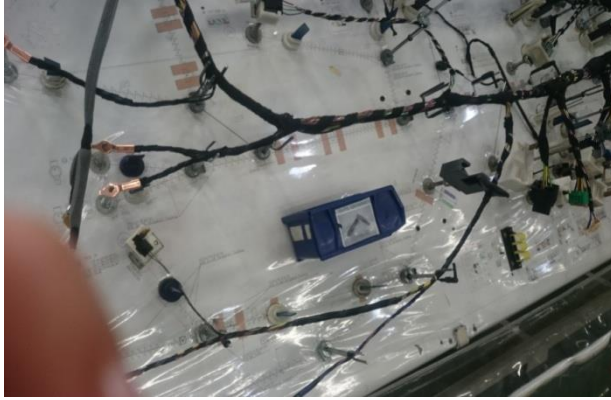


Figure 5.8 : Box pour Grommet

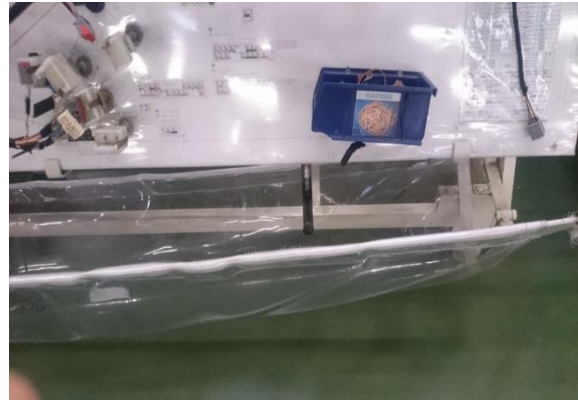


Figure 5.9 : Box pour les élastiques

4. Sécurité de la boîte de changement de vitesse :

Afin d'éviter les manipulations des opérateurs, nous avons fixé un petit grillage métallique sur la boîte de changement de vitesse.



Figure 5.10 : la boîte de changement de vitesse sécurisé avec un grillage

5. Aide visuelle protégée avec plexiglas:

Vu la simplicité et la faisabilité de cette solution, nous l'avons appliqué pour quelques connecteurs, prenant en exemple celui représenté sur la figure 5.13.



Figure 5.11 : Connecteurs sans aide-visuel

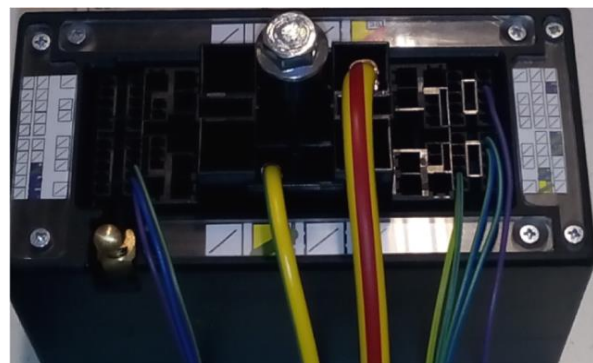


Figure 5.12 : Connecteur avec l'aide-visuel

6. La barre métallique :

La barre métallique sert à séparer les cavités du haut de celle du bas, elle est représentée sur la figure 5.14 :

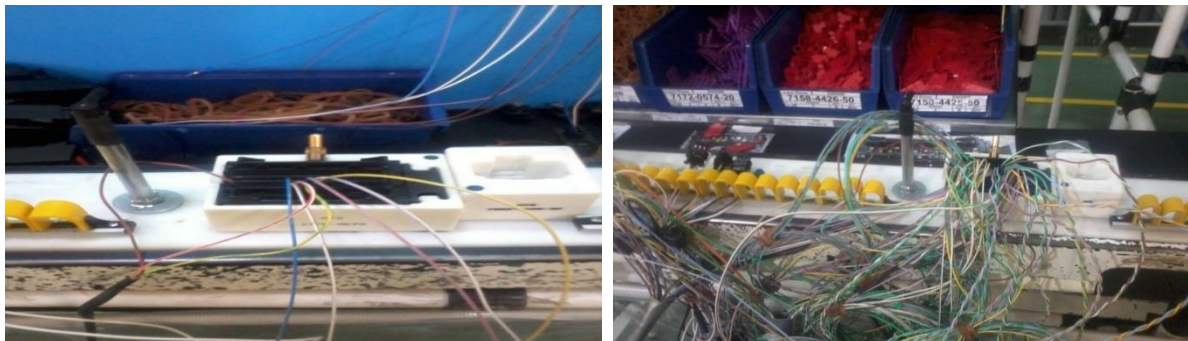


Figure 5.13 : la barre métallique séparant les cavités de haut du bas

7. POKA YOKE :

Ce système appelé aussi anti-erreur, est un système qui diminue d'une façon remarquable l'apparition du manque dans la chaîne s'il est bien respecté par les opérateurs.

Nous avons élaboré un système avec des petits tiroirs avec du plexiglas, qui peuvent être ouverts en cas de besoin et fermés sinon.



Figure 5.14 : Système POKA YOKE

Et pour quelques postes, nous avons appliqué un simple geste qui est considéré comme POKA YOKE aussi, c'est d'assembler tous les fils non utilisés pour la référence en cours de fabrication avec de l'élastique, comme il est montré sur la figure 5.16.

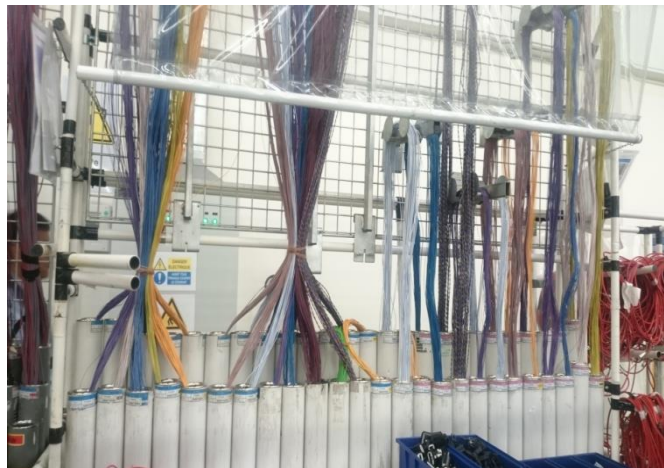


Figure 5.15 : POKA YOKE avec des élastiques

Après avoir appliqué ces solutions sur les deux familles Main Body et Front End, nous avons remarqué que le temps de cycle a diminué, et mieux, il y a des postes goulots dont le temps de cycle est devenu normale en appliquant ces améliorations.

II. Chronométrage après amélioration

1. Chronométrage « Main Body »

Pour s'assurer du rendement de ces méthodes, nous avons refait un chronométrage des postes qui nous causent des problèmes ou bien les postes goulots, et nous avons obtenus les résultats suivants :

Postes	ET	WT	Pertes	Cycle Time
p6	210	24	27	261
P5	176	39	18	233
P6--1	161	39	26	226
P8	149	41	30	220
P2--1	156	32	24	212
P13	152	22	28	202
SUB2	136	22	28	186
P2	138	24	18	180
P12	133	22	23	178
P10	126	24	22	172
P11	129	21	20	170

Tableau 5.1 : le temps de cycle des postes goulots après les améliorations

La représentation graphique de ce tableau est la suivante :

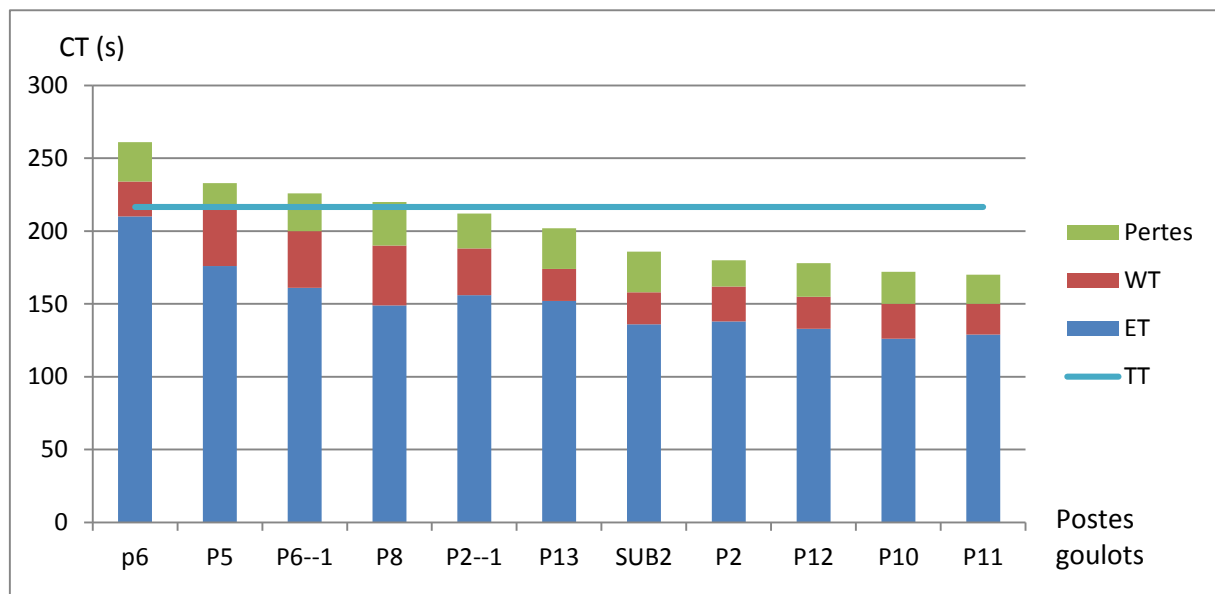


Figure 5.16 : Représentation graphique des temps de cycles des postes goulots

D'après la représentation graphique, nous remarquons déjà une grande amélioration au niveau de 7 postes, d'où leur temps de cycle est devenu inférieur au TT. Mais restent toujours quelques postes goulots que nous devons éliminer en faisant un équilibrage.

1.1. L'équilibrage des postes goulots

Après avoir appliqué les améliorations déjà citées, nous avons remarqué que pour la famille MB, nous avons toujours des postes goulots, c'est pour cela que nous avons étudié la nomenclature de chaque poste dont le détail se trouve dans l'annexe 6, en vérifiant la relation de ce dernier avec les différents postes de toute la chaîne, à l'aide du chef de ligne qui connaît très bien les branchements et les combinaisons que nous pouvons faire entre les postes.

Nous avons appliqué la proposition des décompositions des tâches des postes goulots sur les postes moins chargé déjà cité sur le tableau 4.4 dans le chapitre 4, et nous avons remarqué que les temps de cycle des postes goulots restants sont devenus inférieurs au TT, en plus nous avons pu diminuer l'effectif de cette famille de 3 personnes, la chose qui a impacté la productivité calculé par la suite.

Le tableau suivant présente les prises du temps que nous avons fait après amélioration :

Poste	SUB1-1	SUB 1-2	SUB1-3	Poste 1	poste 2-1	SUB 2	Poste: 2	Poste SUB 3	Poste:3	Poste:4	Poste:5
CT (s)	188	185	173	206	208	205	184	205	185	199	213
Poste	Poste:6	Poste:6--1	SUB 7	Poste 7	Poste: 7--1	Poste:8	Poste:8 --1	Poste:9	Poste:10	Poste:11	Poste:12
CT (s)	211	210	190	191	210	200	190	201	189	185	178
Poste	Poste:13	Poste:14	Poste:15	Poste:16	Poste:17	Poste:18	Poste:19	Poste:20	Poste:21	Poste:22	
CT (s)	186	209	210	208	192	205	186	207	174	0	
Poste	Poste:23	Poste:24	Poste:T.E 01	Poste:T.E 02	Poste:T.E 03	Poste:C.C 01	Poste:C.C 02	Poste:C.C 03	Poste:C.C 04	Poste:C.C 05	
CT (s)	0	0	189	190	185	174	197	182	208	189	
Poste	Poste : C.C 06		Poste :T.V		Poste : 2.V 01		Poste : 2.V 02		Poste : 2.V 03		
CT (s)	200		199		203		204		187		

Tableau 5.2 : Chronométrage des postes de la famille MB après équilibrage

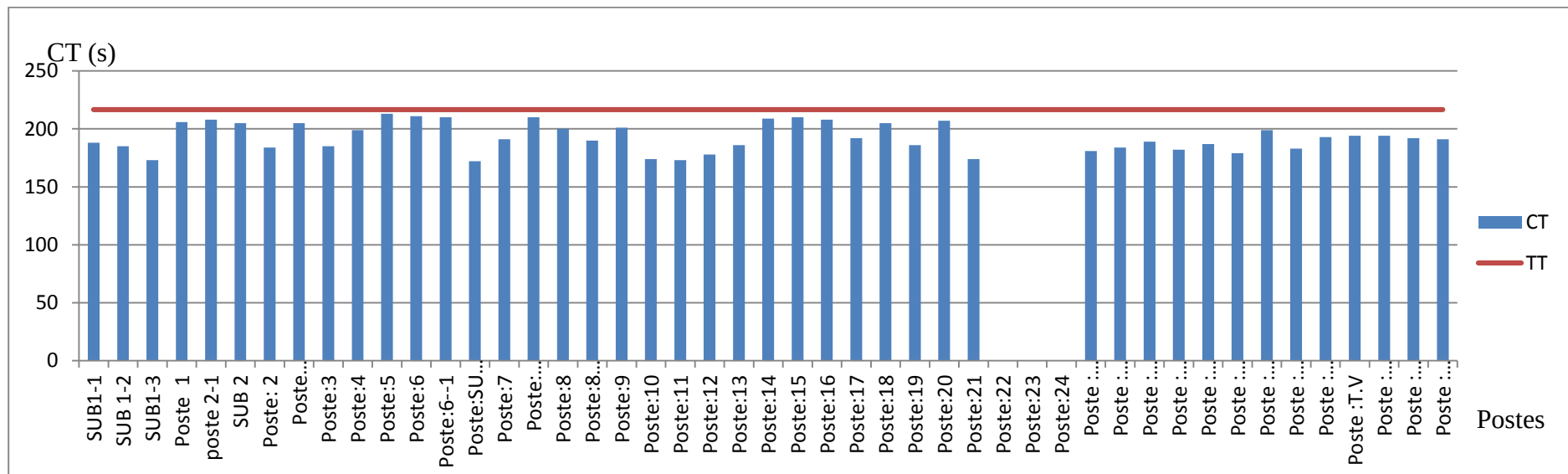


Figure 5.17 : Chronométrage de la famille MB après équilibrage

2. Chronométrage « Front End »

Pour la famille Front End, nous avons appliqué les solutions déjà citées, et nous avons obtenu les résultats suivants :

Postes	ET	WT	Pertes	CT
P2	69	26	19	114
P12	66	19	16	101

Tableau 5.3 : Chronométrage des postes de la famille FE après équilibrage

La représentation graphique du tableau est la suivante :

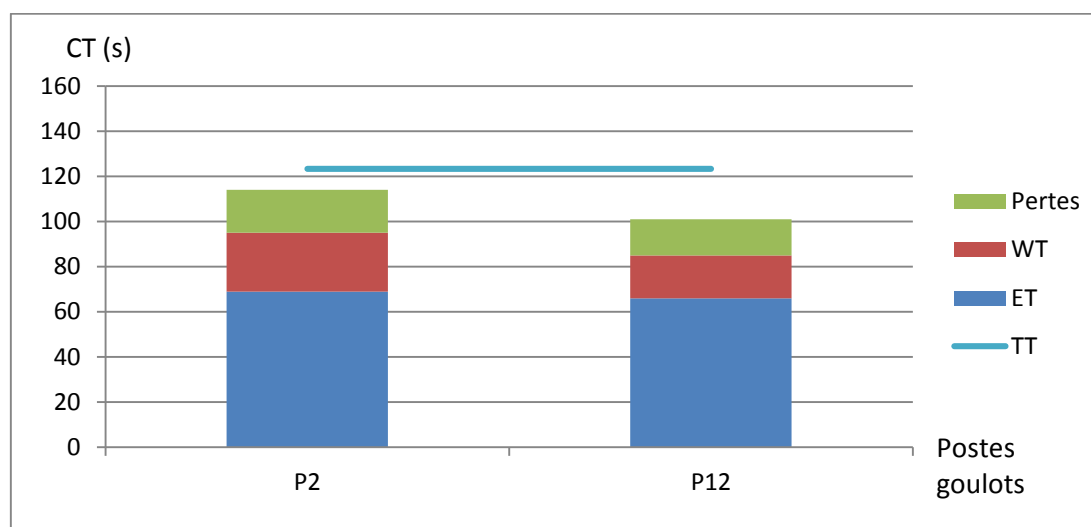


Figure 5.18 : Représentation du chronométrage des postes goulots de la famille FE

D'après la figure nous remarquons qu'en appliquant seulement les améliorations proposées, les temps de cycle des postes goulots ont diminué d'une façon remarquable en dessous du Takt Time.

III. Estimation des différents gains

1. Gain en termes de défauts qualité :

Nous avons pris les données des défauts qualité détectés durant une journée, en accompagnant le shift du matin et en notant les défauts qualité qui apparaissent avant les améliorations. Et après avoir appliqué les solutions, nous avons refait la même opération et les résultats obtenus sont représentés sur le tableau :

	Etat avant l'amélioration	Etat après l'amélioration	Gains
Main Body	39	24	38 %
Front End	27	18	33%

Tableau 5.4 : Gain en termes des défauts qualité

2. Gain en termes d'effectif :

Nous avons supprimé 3 postes c'est-à-dire, nous avons éliminé 3 opérateurs de la chaîne (poste 22, poste 23 et poste 24).

	Etat avant l'amélioration	Etat après l'amélioration	Gains
Nombre des opérateurs	47 + 6 (polyvalent) = 53	50	3

Tableau 5.5 : Gain en termes d'effectif

Sachant que la rémunération de chaque opérateur est de 13.33 Dhs par heure, et qu'il travail 7.67 heures par jour, son salaire par jour est de :

$$13.33 \times 7.67 = 102 \text{ DH / jour}$$

Et puisqu'il travail 30 jours par mois son salaire moyen par mois est de :

$$102 \times 30 = 3\,060 \text{ DH / mois}$$

Et puisque nous avons éliminé 3 personnes, nous trouvons une valeur de :

$$3 \times 3\,060 = 9\,180 \text{ DH / mois} = 110\,160 \text{ DH / an}$$

3. Gain en termes de la quantité produite :

Après avoir sécurisé la boîte de changement de vitesse, les opérateurs n'ont plus de chance pour manipuler la vitesse de la chaîne, et en plus des améliorations faites, qui ont pour rôle de diminuer les arrêts de la chaîne, nous avons remarqué que même la quantité produite des câbles a augmenté.

Nous avons suivis la production d'un seul shift pendant une journée pour calculer le nombre de câble produit durant ce matin, et effectivement nous avons remarqué qu'il y a une augmentation remarquable dans leur quantité.

Nous avons comparé ce tableau avec le premier tableau 2.6 du chapitre II, qui montre la quantité produite avant les améliorations et nous avons remarqué le gain représenté sur le tableau 5.6 :

	Etat avant l'amélioration (pendant 1 h 30 min)	Etat après l'amélioration (pendant 1 h 30 min)	Gains
Quantité de câble	63	73	16%

Tableau 5.6 : Gain en termes de quantité produite

4. Gains en termes de productivité et d'efficacité

Finalement, après avoir appliqué les améliorations proposées, nous avons calculé la productivité et l'efficacité de la famille MB durant une journée avec le shift du matin et dans le tableau suivant nous avons calculé les heures produites :

Réf travaillée	Quantité	MH	Heures produites
CPA	12	4,16	49,92
CRA	36	4,33	155,88
CTA	12	4,02	48,24
AGA	13	4,07	52,91
Total	73		306,95

Tableau 5.7 : Heures produites après amélioration

- Rappelons la formule de la productivité :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées}}$$

D'où les Heures produites = Qté produite x MH = Qté produite x Effectif direct x TT

$$= 12 \text{ (câbles)} \times 4,16 \text{ (h/câble)}$$

$$= 49,92 \text{ (h)}$$

Heures produites Total = $\sum$ Heures produites

$$= 49,92 + 155,88 + 48,24 + 52,91$$

$$= 306,95 \text{ (h)}$$

Effectif direct	Effectif indirect	Tps ouvrable	Heures payées	Cession	Absence	Heures travaillées
50	3	7,67	383,5	1 x 7,67	2 x 7,67	360,49

Tableau 5.8 : Heures travaillées et temps d'absence

Avec : Heures payées = Effectif direct x Tps ouvrable

$$= 50 \text{ (personnes)} \times 7,67 \text{ (h/personne)}$$

$$= 383,5 \text{ (h)}$$

Heures travaillées = Heures payées – (Effectif indirect x 7,67)

$$= 383,5 \text{ (h)} - 3 \text{ (personnes)} \times 7,67 \text{ (h)}$$

$$= 360,49 \text{ (h)}$$

$$\text{Productivité} = \frac{306,95 \text{ (h)}}{360,49 \text{ (h)}}$$

Donc la nouvelle valeur de la productivité est :

$$\text{Productivité} = 85 \%$$

- Concernant la formule de l'efficacité :

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures travaillées} - \text{Tps d'arrêts}}$$

Durant la même journée, nous avons remarqué un arrêt dû au manque circuit qui a causé l'arrêt de la chaîne 2 fois.

Tableau 2.9: Temps d'arrêts

Types	Temps d'arrêt (h)	Effectif en arrêt	Tps d'arrêt (h)
Manque Circuit	10h00 ---> 10h15: 0,15	47	7,05
	12h10 ---> 12h34: 0,24	47	11,28
Total DT/NPT			18,33

Tableau 5.10 : Temps d'arrêts après amélioration

Avec : Temps Total d'arrêt = $\sum$ Temps d'arrêt

$$= 12,50 + 16,67$$

$$= 18,33 \text{ (h)}$$

$$\text{Efficacité} = \frac{306,95 \text{ (h)}}{360,49 \text{ (h)} - 18,33 \text{ (h)}}$$

	Efficiency = 90 %		
	Etat avant l'amélioration	Etat après l'amélioration	Gains
Productivité directe	75%	85%	13,33%
Efficiency	81%	90%	11,11%

Tableau 5.11 : Gain en productivité et efficiency

Conclusion

Ce projet avait pour but l'amélioration de la productivité dans la zone d'assemblage du projet Land Rover L538. Au terme de ce travail nous sommes arrivés à atteindre une grande partie des objectifs fixés.

En abordant la démarche DMAIC, nous sommes parvenus à prendre des décisions rationnelles, nous sommes passés dans un premier temps par la phase Définir pour déterminer la zone de travail et les paramètres à étudier.

La deuxième partie du projet a été consacrée aux deux phases Mesurer et Analyser, en traitant l'historique des données des arrêts et des défauts qualité dans la zone d'assemblage et en chronométrant les tâches des postes de certaines familles. Ce travail a été réalisé en utilisant des diagrammes Pareto et des diagrammes causes-effets pour extraire les causes racines des problèmes influents sur la productivité.

Dans la troisième partie, nous avons travaillé avec la méthode du vote pondéré pour déterminer les solutions capables de résoudre les problèmes rencontrés et celles réalisables à savoir les cartes KANBAN, les emplacements des outils sur le JIG, la mise en place d'un chariot pour le transport de la matière première, le système antiblocage des fils, le grillage de la boîte de changement de vitesse de la chaîne et l'équilibrage des postes.

La dernière partie du projet a été consacrée à la réalisation de certaines solutions proposées et la détermination de la valeur de la productivité après la mise en place de ces améliorations.

Ce projet a pour but d'améliorer la productivité de certaines familles, et si on suit la démarche proposée, nous pouvons avoir des valeurs de productivité plus élevées, car durant ces 4 mois de stage, nous n'avons appliqué qu'une partie des solutions, sachant qu'il y a encore d'autres propositions qui peuvent être appliquées à long terme, en plus, nous pouvons généraliser les améliorations faites pour toutes les familles de l'usine, et comme ça augmenter sa productivité en atteignant la cible posée par le département production et même plus.

Annexes

Poste	1 ^{er} prise	2 ^{ème} prise	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}	moyenne (h)	CT (s)
P6	04:45	04:41	04:50	04:44	04:30	04:30	04:38	04:57	04:41	04:51	04:43	283
P5	04:38	04:38	04:49	04:47	04:54	04:27	04:37	04:34	04:13	04:46	04:38	278
P6--1	05:14	04:38	04:35	04:20	04:18	04:26	04:26	04:40	04:41	04:08	04:33	273
P8	04:35	04:18	04:18	04:12	03:58	04:16	04:07	04:35	04:23	04:32	04:19	259
P2--1	04:25	04:13	04:11	03:40	03:46	04:03	04:28	03:48	03:55	03:58	04:03	243
P13	03:49	03:48	03:53	04:02	03:52	03:59	03:56	03:55	03:59	03:47	03:54	234
SUB2	04:03	03:49	03:40	03:48	03:24	04:45	03:49	03:36	03:42	03:47	03:50	230
P2	03:50	03:55	04:07	03:30	03:45	03:57	03:30	03:45	03:29	04:08	03:48	228
P12	03:42	03:35	03:43	03:31	03:34	03:55	03:41	03:51	03:05	03:48	03:45	225
P10	03:33	03:34	03:56	03:54	03:40	03:54	03:28	03:37	03:58	03:38	03:43	223
P11	03:45	03:30	03:41	03:53	03:44	03:20	03:20	03:56	03:25	03:53	03:39	219
Poste:4	03:35	03:38	03:23	03:52	03:22	03:22	03:21	03:27	03:29	03:18	03:29	209
Poste:14	03:14	03:16	03:31	03:21	03:23	03:22	03:25	03:31	03:19	03:20	03:22	202
Poste:7	02:49	02:58	02:59	03:21	03:22	03:34	03:38	04:00	03:38	03:11	03:21	201
Poste:17	03:34	03:38	04:00	03:38	03:11	02:54	02:58	03:01	03:17	03:22	03:21	201
SUB1-1	03:01	03:29	03:10	03:10	03:34	03:12	03:09	03:25	03:25	03:21	03:18	198
Poste:16	03:07	03:12	03:18	03:08	03:24	03:17	03:15	03:19	03:21	03:17	03:16	196
SUB 1-2	03:12	03:12	03:15	03:11	03:16	03:15	03:18	03:17	03:16	03:19	03:15	195
Poste:3	03:18	03:17	03:16	03:19	03:12	03:12	03:15	03:11	03:16	03:15	03:15	195
Poste7--1	03:05	03:07	03:12	03:12	03:10	03:17	03:17	03:13	03:14	03:10	03:12	192
Poste SUB 3	02:53	03:06	03:07	03:12	02:46	03:27	03:24	03:15	03:29	03:17	03:12	192
Poste 1	03:02	03:04	03:07	03:09	03:05	03:11	03:08	03:10	03:11	03:04	03:07	187
Poste:19	02:55	03:06	03:05	03:09	03:12	02:52	03:07	03:05	03:10	03:15	03:06	186

Poste:21	03:05	02:59	02:56	03:01	02:56	03:11	03:12	03:14	03:09	02:59	03:04	184
SUB1--3	03:02	03:04	03:06	03:05	03:12	02:57	03:03	03:00	03:00	03:03	03:03	183
SUB7	03:00	02:58	03:04	03:03	03:04	03:02	03:00	02:59	03:11	03:03	03:02	182
Poste:15	02:54	02:57	02:59	03:01	03:07	03:05	02:57	02:58	03:00	03:01	03:00	180
Poste:8—1	03:04	02:59	02:52	02:52	03:08	03:03	02:55	02:59	02:54	03:01	02:59	179
Poste:20	02:58	02:54	02:56	03:03	03:00	03:00	03:04	02:58	02:48	02:52	02:57	177
Poste:9	02:51	02:50	02:54	02:57	02:49	02:58	02:53	03:02	03:00	03:03	02:56	176
Poste:18	02:48	02:46	02:49	03:05	02:53	03:08	02:49	03:00	02:43	03:00	02:54	174
Poste:22	02:21	02:20	02:17	02:21	02:22	02:21	02:20	02:21	02:23	02:26	02:21	141
Poste:23	02:16	02:10	02:21	02:28	02:22	02:23	02:15	02:13	02:15	02:27	02:19	139
Poste:24	02:05	02:02	02:01	02:22	02:05	02:11	02:14	02:05	02:04	02:07	02:08	128

Annexe 1 : détail du chronométrage MB

prise	P6			P5			P6--1			P8			P2--1			P13		
	ET	WT	Perte s	ET	WT	Perte s	ET	WT	Perte s	ET	WT	Perte s	ET	WT	Perte s	ET	WT	Perte s
1	03:40	00:40	00:28	02:44	00:59	00:50	02:46	01:34	00:35	02:30	01:29	00:45	02:47	00:58	00:40	02:14	00:50	00:45
2	03:31	00:32	00:21	02:43	01:10	00:40	02:47	00:57	00:34	02:20	01:21	00:44	02:38	01:00	00:35	02:12	00:51	00:45
3	03:32	00:35	00:30	02:48	01:11	00:50	02:50	01:05	00:47	02:39	01:00	00:45	02:34	01:08	00:29	02:14	00:51	00:48
4	03:32	00:39	00:26	02:33	01:15	00:55	02:45	00:59	00:42	02:14	01:20	00:40	02:20	00:59	00:21	02:17	00:58	00:47
5	03:33	00:42	00:24	03:00	01:15	00:40	02:55	00:58	00:45	02:15	01:18	00:45	02:40	00:59	00:29	02:20	01:42	00:40
6	03:40	00:41	00:24	02:41	00:59	00:38	02:49	00:58	00:39	02:28	00:58	00:50	02:28	01:05	00:30	02:20	00:52	00:45
7	03:41	00:37	00:33	03:00	00:58	00:50	02:50	00:57	00:39	02:20	01:25	01:20	02:40	01:20	00:28	02:16	00:55	00:45
8	03:38	00:37	00:37	02:40	00:58	00:45	02:43	01:12	00:49	02:15	00:59	00:51	02:37	00:50	00:21	02:18	00:58	00:39
9	03:50	00:39	00:40	02:40	00:50	00:44	02:57	01:20	00:48	02:37	00:58	00:40	02:29	00:58	00:28	02:17	00:54	00:48
10	03:50	00:33	00:28	03:00	01:15	00:31	02:40	00:58	00:30	02:36	01:05	00:51	02:30	00:59	00:29	02:15	00:54	00:38
Moy (min)	03:39	00:38	00:29	02:47	01:05	00:44	02:48	01:06	00:41	02:25	01:11	00:49	02:34	01:02	00:29	02:16	00:58	00:44
Moy (s)	219	38	29	167	65	44	168	66	41	145	71	49	154	62	29	136	58	44
CT (s)	286			276			275			265			245			238		

Prise	SUB2			P2			P12			P10			P11		
	ET	WT	Pertes	ET	WT	Pertes	ET	WT	pertes	ET	WT	Pertes	ET	Wt	Pertes
1	02:34	01:05	00:24	02:15	01:00	00:35	02:12	00:50	00:40	01:59	00:59	00:35	02:20	00:50	00:35
2	02:38	00:50	00:21	02:18	00:58	00:39	02:10	00:50	00:35	01:58	00:58	00:38	01:58	00:46	00:35
3	02:19	00:58	00:23	02:20	00:57	00:30	02:11	00:51	00:41	02:11	00:58	00:40	02:19	00:54	00:28
4	02:20	00:58	00:30	02:21	00:48	00:21	02:08	00:48	00:35	01:57	00:34	00:35	02:25	00:50	00:30
5	02:18	00:46	00:20	02:19	01:05	00:25	02:05	00:48	00:31	02:05	00:58	00:48	02:15	00:54	00:35
6	02:30	01:00	01:00	02:17	01:07	00:28	02:12	00:50	00:41	02:20	00:58	00:38	02:18	00:52	00:39
7	02:34	00:57	00:18	02:18	00:50	00:22	02:11	00:50	00:40	01:52	00:59	00:37	01:59	00:53	00:28
8	02:29	00:48	00:19	02:21	00:57	00:29	02:11	00:58	00:42	02:05	00:58	00:35	02:19	00:52	00:45
9	02:34	00:48	00:20	02:20	00:50	00:24	02:10	01:12	00:35	02:21	00:59	00:50	01:59	00:58	00:28
10	02:19	00:49	00:20	03:00	00:40	00:28	02:08	00:58	00:42	02:02	00:59	00:40	02:30	00:48	00:35
Moy(min)	02:28	00:54	00:26	02:23	00:55	00:28	02:10	00:54	00:38	02:05	00:56	00:40	02:14	00:52	00:34
Moy (s)	148	54	26	143	55	28	130	54	38	125	56	40	134	52	34
CT	228			226			222			221			220		

Annexe 2 : détail des temps de cycle des postes goulots de la famille MB

prise	P2			P12		
	ET	WT	Pertes	ET	WT	Pertes
1	01:25	00:46	00:22	01:05	00:50	00:30
2	01:10	00:47	00:30	01:05	00:50	00:24
3	01:09	00:45	00:33	01:08	00:51	00:25
4	01:09	00:46	00:25	01:10	00:47	00:24
5	01:11	00:47	00:20	01:07	00:48	00:24
6	01:05	00:47	00:22	01:04	00:40	00:26
7	01:06	00:46	00:44	01:03	00:49	00:21
8	01:12	00:44	00:40	01:05	00:50	00:10
9	01:12	00:48	00:20	01:08	00:42	00:23
10	01:10	00:50	00:21	01:09	00:39	00:27
Moy(min)	01:11	00:47	00:28	01:06	00:47	00:23
Moy (s)	71	47	28	66	47	23
CT (s)	146			136		

Annexe 3 : détail des temps de cycle des postes goulots de la famille FE

Types Arrêt	Tps d'arrêt	%	% cumulé
problème d'absence	12670:22:00	21,5861%	21,5861%
manque joint	12168:26:00	20,7310%	42,3171%
problème d'alimentation	6967:37:00	11,8705%	54,1876%
manque joint twist	5455:24:00	9,2942%	63,4818%
retard de poste	4012:10:00	6,8354%	70,3172%
manque bondre	3222:48:00	5,4906%	75,8078%
manque fil	3103:43:00	5,2877%	81,0955%
défaut de lot	2655:04:00	4,5234%	85,6188%
manque composant	2001:08:00	3,4093%	89,0281%
panne test électrique	1884:46:00	3,2110%	92,2391%
manque twist	1629:47:00	2,7766%	95,0157%
rectification	1505:01:00	2,5641%	97,5798%
manque connecteur	1420:35:00	2,4202%	100,0000%
Total général	58696:51:00		

Annexe 4 : détail des arrêts de 12 mois de la famille MB

Types Arrêt	Tps d'arrêt	%	% cumulé
problème d'absence	5917:24:00	22,7338%	22,7338%
manque joint	5091:50:00	19,5621%	42,2959%
manque joint twist	2782:03:00	10,6883%	52,9842%
manque fil	2772:42:00	10,6523%	63,6365%
retard de poste	1874:58:00	7,2034%	70,8399%
panne d'énergie	1785:06:00	6,8581%	77,6980%
manque composant	1737:59:00	6,6771%	84,3751%
manque connecteur	1524:55:00	5,8585%	90,2336%
panne test électrique	1436:03:00	5,5171%	95,7507%
manque grommet	1106:03:00	4,2493%	100,0000%
Total général	26029:03:00		

Annexe 5 : détail des arrêts de 12 mois de la famille FE

poste	Désignation d'insertion	Désignation d'enrubannage
6	2Fils torsadés de Ref Tw-30, Joint de Ref 129, 6 Bonder 19 et	Enrubannage 100 % avec PVC ST2763 -B W =19 430 W8 19 30
	6 Joint-238, 2Fils torsadés de Ref Tw-14, 2Fils torsadés	
	de Ref Tw-29, 4 Joints 132, 4 Joints 152, 4 Joints 174, 4 Joints 203	
5	11 Fils simples de différentes couleurs	Fixation avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
	2Fils torsadés de Ref Tw-C9, 2 Fils torsadés de Ref Tw-65 ,	
	2Fils torsadés de Ref Tw-92, 2Fils torsés de Ref Tw-74, 2 Double-1	
	et 10 Fils torsadés de Ref J.Tw-54/555	
6--1	17 Fils simples de différentes couleurs, 2 Fil torsadés Tw-D0, 2Tw-D1	_____
	4 Fils torsadés J,Tw-225 (shieldwire), 3 Joints-735	
8	2 Airbags, 4 Joints-169, 2 Fils torsadés de Ref Tw-42, 2 Fils torsadés	_____
	de Ref Tw-69, 2 Fils torsadés de Ref Tw-67, 3 Joints-247, 6Joints-699	
	3 Joints-227 et 3 Fils simples de différentes couleurs	
16	4 Joints-38,7 2Fils simples de différentes couleurs	Enrubannage 100 % avec PVC ST2763 -B W =19 430 W8 19 30
	et 2 Fils torsadés de Ref Tw-86	Fixation avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
1	2 Fils torsadés de Ref Tw-90, 2 Fils simples de différentes couleurs	Enrubannage 50 % avec SCAVTA - B - W=9430 21 09 30
	2 Joints-673 et 3 Joints-575	
14	4 Joints-105, 1 Joint-32 et 13 Fils simples de différentes couleurs	Enrubannage 100 % avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30

SUB3	3 Fils simples de différentes couleurs, 2 Fils torsadés J.Tw-468/482	Fixation avec PVC ST2763 -B W =19 430 OK 09 30
		Enrubannage 50 % avec SCAVTA- B - W=9 430 21 09 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
7--1	2 Airbags, 2 Fils torsadés Tw-69.	Enrubannage 100 % avec 51618 W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=9 430 OK 09 30
		Fixation avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
15	3 Joints-441 et 4 Fils simples de différentes couleurs	Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec SCAVTA - B - W=9 430 21 09 30
		Enrubannage 100 % avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
8--1	2 Fils torsadés Tw-68, 2 Fils torsadés Tw-66, 2 Airbags, 1 Fil simple	Fixation avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=9 430 OK 19 30
20	4 fils simples de différentes couleurs	2 Enrubannages 100 % avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
		Fixation avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
9	9 Fils simples de différentes couleurs	_____
18	_____	Enrubannage 100 % avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
		Fixation avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
22	_____	Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30

		Enrubannage 100 % avec PVC ST2763 -B W =19 430 W8 19 30
23		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=9 430 OK 09 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30
		Fixation avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
24		Fixation avec - 51618 - B - W=19 430 OK 19 30
		Enrubannage 50 % avec 51618- B - W=19 430 OK 19 30

Annexe 6 : la nomenclature de quelques poste de la famille MB