

Année Universitaire : 2018-2019



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Amélioration de l'efficacité de la famille principale
(Thermique et PHEV) du projet X74**

Lieu : Meknès

Référence : 6/19-MGI

Présenté par:

EL MOUTAANI Fatima Zohra

Soutenu Le 17 Juin 2019 devant le jury composé de:

- **Mr. RJEB Mohammed (encadrant)**
- **Mr. Ayllal Abdellatif (encadrant Société)**
- **Mr. Kabbaj Hassane (examineur)**
- **Mr. Gadi Fouad (examineur)**

Stage effectué à : Delphi Packard Meknès



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

Nom et prénom: EL MOUTAANI Fatima Zohra

Année Universitaire : 2018/2019

Titre: Amélioration de l'efficacité de la famille principale (Thermique et PHEV) du projet X74

Résumé

Ce rapport correspond à un stage de projet de fin d'études que nous avons effectué au sein de Delphi Packard Meknès, une filiale du Groupe Américain Delphi, qui est spécialisé dans la fabrication des faisceaux électriques pour voiture.

Le projet consiste à améliorer l'efficacité d'une ligne de production de l'un des projets de Delphi Packard Meknès.

Ce projet s'inscrit dans le cadre des projets « Lean Manufacturing », la raison pour laquelle, sa résolution suit la méthode « DMAIC ». Cette méthode repose sur une démarche structurée en 5 étapes : « Définir » - « Mesurer » - « Analyser » - « Innover » et « Contrôler ». Dans un premier temps nous avons commencé par cerner le projet et identifier le processus, ensuite nous avons dépouillé les données pertinentes sur le projet et nous avons achevé par les étudier dans la phase Analyser dans le but de mettre en place des solutions efficaces et finalement nous avons contrôlé les actions mises en place pour vérifier l'atteinte de notre objectif.

Abstract

This present report describes in detail the fruitful months of this End-of-Study Project, a project carried out within Delphi Packard Meknès, a subsidiary of the American Group Delphi, Which is an American automotive manufacturer.

The project consists in improving the efficiency of the X74 principal's family assembly line by reducing the wastefulness "Muda".

This initiative is part of the "Lean Manufacturing" projects, therefore it's resolution follows the "DMAIC" approach. This method is based on a structured approach in 5 steps: "Define" - "Measure" - "Analyze" - "Improve" and "Control". Thus, we first started by defining the project and identifying the process. Then, in the "Measure & Analyse" phase, we stripped and analyzed all the relevant data on the project in order to place the appropriate solutions. And finally, we dedicated the last part to the controls of the solutions implemented to verify the achievement of our goal.

Mots clés: Efficacité, Effectif, Out Put, Temps de cycle, gaspillages, Lean.

DEDICACE

A mon Père,

« L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. »

A ma mère,

« Tu m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. »

A mon frère et mes sœurs.

A mes chers amis.

REMERCIEMENT

Avant tout louange à Dieu

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes tuteurs de stage, M. Ayllal Abdellatif et M. RJEB Mohammed pour tout le temps qu'ils m'ont consacré, leurs directives précieuses, et pour la qualité de leur suivi durant toute la période de mon stage. Je tiens aussi à remercier vivement le Manager du département ingénierie à Delphi Packard Meknès, M.FATRI Mohamed qui a accepté de m'accueillir en stage au sein du département. Je voudrai remercier également tout le personnel du Delphi Packard Meknès pour leurs aides et leurs soutiens notamment Melle ELKHALFI Fatima Zohra responsable produit au département ingénierie.

Mes plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral et administratif de la Faculté des sciences et techniques de Fès.

Mes remerciements vont enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des abréviations :

ATT : Actual Takt Time

CT : Cycle Time (Temps de cycle)

CM : Contrôle Molette

DASM : Delphi Automotive System Maroc

DPK: Delphi Packard Kenitra

DPM : Delphi Packard Meknes

DPT : Delphi Packard Tanger

Dpt : Département

ET : Element Time (temps à valeur ajoutée).

GCSD : General Common Standard Data

ME : Manufacturing Engineering.

MP : Matière Première.

NVA: Non-Valeur Ajoutée

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle

PPL : la famille principale

PSA : Peugeot Société Anonyme

ROB : Ring Out Board- Contrôle électrique

TMS : Time Measurement Sheet.

TT : Takt Time

USW : Ultra Sonic Welding

VA: Valeur Ajoutée

5M : Matière, Matériel, Méthode, Milieu, Main d'œuvre.

Liste des définitions

ATT : c'est le Takt Time multiplié par 90% qui est considéré comme marge de sécurité

Cellule : Poste de travail contenant un ou plusieurs tableaux de kit ainsi que de la matière première nécessaire pour produire des kits.

Famille : le mot « famille » dans l'industrie automobile Delphi, désigne une ligne produisant un type de câble pour un véhicule spécifique.

Pénétration : désigne le taux d'insertion d'un module en pourcentage par rapport à la demande totale du client.

GCSD ou WSD : le temps total nécessaire pour réaliser un câble par une seule personne.

Efficience : L'efficienc

e est définie par la norme NF EN ISO 9000:2005 comme étant : « Le Rapport entre le résultat obtenu et les ressources utilisées ». Dans sa plus simple expression, l'efficience indique à quel point une organisation utilise bien ses ressources pour produire des biens et des services.

Encliquetage : Cette opération consiste à insérer le fil serti à un terminal dans une voie spécifiée d'un connecteur.

Kit : Ensemble de fils encliquetés à un ou plusieurs connecteurs.

Moyen de connexion : Outil de suspension et de stockage des kits, serviable pour la transmission entre les cellules elles même et entre cellules et postes.

Pin Out : Un dessin sur le tableau de Kit indiquant les vois du connecteur qui doivent être encliquetés

Poste goulot : Poste de travail dont le cycle de production est le plus long (le poste de travail dont la cadence est la plus faible).

Rack : Etagères contenant de la matière première pour les postes d'assemblage.

Shift de production : égal à 460 min, c'est le temps de production journalier d'une équipe

Tableau de kit : Petit tableau contenant des contre pièces et un Layout (aide visuel) sur lequel un kit est assemblé.

TT : Rythme de production exigé par la demande client

Ultra Sonic Welding : Poste de soudage chargé de la réalisation des épissures (splices)

Liste des figures

Figure 1: Siège de DELPHI aux Etats-Unis.....	2
Figure 2: Fiche technique de DPM	3
Figure 3 : les types des câbles	5
Figure 4: Câble automobile	6
Figure 5: Le flux de fabrication.....	7
Figure 6: Diagramme de Gantt du projet.....	11
Figure 7: DS 7 Crossback.....	11
Figure 8: L'efficience actuelle des différentes familles du projet X74.....	13
Figure 9 : Historique de l'efficience entre la 01 Janvier et 15 Mars 2019	14
Figure 10: L'écart de l'efficience	14
Figure 11: QQQQCP du projet.....	15
Figure 12: Diagramme Dedans / Dehors	16
Figure 13: Historique d'Out Put exigé et l'Out Put réel durant Janvier au Mars 2019.....	17
Figure 14: La répartition des opérateurs dans la ligne de production	18
Figure 15: Efficience en état d'avant	18
Figure 16 : Diagramme de Pareto des références demandées par le client de Février jusqu'à Novembre 2019	20
Figure 17:Taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL444	21
Figure 18: Diagramme d'Ishikawa du non équilibrage des taux d'occupation.....	22
Figure 19:Diagramme de Pareto d'historique des arrêts de Décembre 2018 jusqu'à Février 2019.....	23
Figure 20: Yamazumi du CM et ROB	24
Figure 21:Diagramme de Pareto des arrêts du ROB	25
Figure 22:Arbre des causes "Inversion des fils"	26
Figure 23:Exemple des fils semblables	26
Figure 24: Diagramme de Pareto des arrêts du CM	27
Figure 25: Arbre des causes "Arrêt de ligne"	28
Figure 26:Arbre des causes "Chevauchement des opérateurs"	28
Figure 27: Diagramme spaghetti entre US1 et Cellule1	30
Figure 28: Diagramme spaghetti des déplacements dans le poste 1	30
Figure 29: Diagramme spaghetti des déplacements de l'opératrice de l'US4.....	31
Figure 30:Diagramme spaghetti des déplacements des opérateurs du Poste 17 et Poste 18....	32

Figure 31:Illustration de la mauvaise organisation de la Cellule 10	32
Figure 32: Illustration de la mauvaise organisation de la cellule 4	33
Figure 33: Illustration de la mauvaise organisation de la Cellule 8	33
Figure 34: Poste Torque + Vision	34
Figure 35: Diagramme de Pareto des défauts de qualité	35
Figure 36: les composants endommagés	35
Figure 37: Diagramme d'Ishikawa des composants endommagés	36
Figure 38: Encombrement des fils	36
Figure 39:Diagramme d'Ishikawa des Fil masqué/manqué	37
Figure 40:Pareto des arrêts de production du câble PHEV	38
Figure 41:Taux d'occupation des cellules X74PPL444 (avant et après)	40
Figure 42: Marquage des fils semblables	41
Figure 43 : Illustration de la minimisation des déplacements des opératrices de l'US1 et C1	42
Figure 44:Illustration de la minimisation des déplacements de l'opérateur du Poste 1	43
Figure 45: Illustration de la minimisation des déplacements de l'opératrice de l'US4	44
Figure 46: Exemple des actions réalisées "cellule 10"	46
Figure 47: Les actions de minimisation de la réparation "la protection des bords du convoyeur"	47
Figure 48: Les actions de minimisation du taux de la réparation "les Macdo de séparation" ..	47
Figure 49: Macro du séquençement des ordres de production.....	48
Figure 50 : Comparaison de l'efficience avant et après les améliorations	49
Figure 51: L'évolution de l'efficience pendant Mai 2019	50

Liste des tableaux

Tableau 1: Les composants d'un câble	6
Tableau 2: Suivi des arrêts du PHEV	37
Tableau 3: La séquence de travail souhaitée	38
Tableau 4: Les actions du balancement.....	39
Tableau 5: Les gains des actions du balancement.....	40
Tableau 6: Les actions de l'élimination des arrêts.....	41
Tableau 7: Les gains de la diminution des arrêts	42
Tableau 8: Les gains de la minimisation des déplacements avec Non-Valeur Ajoutée.....	44
Tableau 9: Les actions de réorganisation des postes de travail.....	45
Tableau 10: le gain des actions de réorganisation des postes de travail.....	46
Tableau 11: Les actions de la minimisation des défauts de qualité	46
Tableau 12: Le gain des actions de minimisation du taux de la réparation.....	47
Tableau 13: Le gain des actions de séquençage des ordres de production	48
Tableau 14: Le gain par un shift de production.....	49
Tableau 15: Le bilan économique	49

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Présentation de l'entreprise et du contexte général du projet.....	2
I. Présentation générale.....	2
1. Le groupe Delphi	2
2. DELPHI Maroc	2
II. Description de l'organisme d'accueil.....	3
1. Fiche technique de DPM.....	3
2. Départements et leurs missions	4
3. Les clients de Delphi Maroc :	4
III. Le câblage automobile	5
1. Les types de câblage produits par DPM (figure 3) :	5
2. Les composants du câble automobile	5
3. Etapes de fabrication du câble	7
IV. Présentation du projet	8
1. Cahier de charge.....	8
2. Objectif du projet	9
V. Stratégie et démarche de conduite du projet.....	9
1. Le principe de Lean Manufacturing.....	9
2. Démarche adoptée.....	9
VI. Les outils utilisés	10
VII. Planning du projet.....	10
Chapitre 2 : Diagnostic et analyse de l'existant « Phase 1 : Définir »	12
I. Introduction	11
II. Présentation générale du Projet X74 :	11
1. La DS 7 Crossback :	11
2. Life time du projet :	11

3.	Motorisation :.....	11
III.	Travail à effectuer.....	12
IV.	La problématique.....	13
V.	Description de la problématique.....	14
1.	Le QQQQCP.....	14
2.	Diagramme SIPOC.....	15
3.	Diagramme Dedans/Dehors.....	15
Chapitre 3 : Diagnostic et analyse de l'existant « Phase 2 : Mesurer» et « Phase 3 : Analyser		
».....		17
I.	Introduction.....	17
II.	Mesurer les paramètres de l'efficience.....	17
1.	Out Put.....	17
2.	Nombre des opérateurs.....	17
3.	L'impact des deux paramètres sur l'efficience.....	18
III.	Gemba Walk.....	18
1.	Le flux de production dans la zone d'assemblage.....	19
2.	Les gaspillages chassés.....	19
IV.	Non équilibrage des taux d'occupation des postes de travail.....	19
1.	Choix des références.....	20
2.	Le document utilisé : TMS.....	21
3.	Mesure des taux d'occupation.....	21
4.	Analyse des taux d'occupation.....	22
V.	Les arrêts « Stoppages ».....	23
1.	Les arrêts de la ligne de production X74 PPL.....	23
2.	Analyse du Stop and Reject Study.....	24
VI.	Déplacement Avec Non-Valeur Ajoutée.....	29
1.	Déplacements entre l' US1 et la C1.....	29

2.	Déplacements entre Poste 1 et Rack	30
3.	Déplacements entre Cellule 10 et US4	30
4.	Déplacements entre Poste 17-18 et Rack.....	31
VII.	Mauvaise organisation des postes de travail.....	32
VIII.	Les défauts de qualité de la ligne de production X74PPL.....	34
IX.	Les problèmes de la production du câble PHEV.....	37
Chapitre 4 : Plan d'action et contrôle des résultats « Phase 4: Innover » et « Phase 5 : Contrôler ».....		
		39
I.	Introduction	39
II.	Plan d'action et les résultats obtenus	39
1.	Non Equilibrage des taux d'occupation des postes de travail.....	39
2.	Les arrêts	40
3.	Déplacements avec Non-Valeur Ajoutée.....	42
4.	Mauvaise organisation des postes de travail	45
5.	Les défauts de qualité.....	46
6.	Les problèmes de production	47
III.	Gain en efficience	48
1.	Le gain par un shift de production	48
2.	Bilan économique	49
1.	L'état de l'efficience après diminution des gaspillages chassées	49
2.	Historique d'efficience après diminution des gaspillages.....	50
Conclusion générale		51

Introduction générale

Le marché automobile connaît une concurrence sévère entre les entreprises face à un client qui devient de plus en plus exigeant. Cette situation contraint les entreprises à assurer une qualité irréprochable, à respecter les délais et surtout à être réactives c'est-à-dire capables de s'adapter très vite et en permanence aux besoins en produits de plus en plus variés dans un marché mondial fortement concurrentiel.

Dans ce cadre concurrentiel, DELPHI cible une amélioration continue du système de ses performances. Cet objectif d'amélioration a donné naissance à notre projet de fin d'étude qui s'articule autour de l'efficacité d'une ligne de production intitulé ainsi « Amélioration de l'efficacité de la ligne de production principale (Thermique et PHEV) du projet X74 » que nous avons effectué au sein du département Manufacturing Engineering.

Ainsi, dans le sillage de cette problématique, l'approche que nous proposons d'entreprendre pour mener à bien notre travail est la démarche DMAIC.

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

- Dans le premier chapitre, nous présentons l'entreprise d'accueil et le métier du câblage ainsi qu'une présentation générale du projet avec la démarche de travail et la stratégie adoptée
- Dans le deuxième chapitre, nous définissons la problématique et son périmètre
- Dans le troisième chapitre, nous collectons les données et nous les analysons
- Finalement, dans le quatrième chapitre nous proposons des améliorations pour les anomalies trouvées ainsi que les résultats obtenus par les plans d'actions.

Chapitre 1:

Présentation de l'entreprise et du contexte général du projet

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une brève présentation générale du groupe Delphi et par la suite une description de Delphi Packard Meknès l'organisme d'accueil.

Pour une meilleure compréhension de la suite du projet, Il fut également indispensable de décrire le fonctionnement et le processus d'assemblage dans l'entreprise ainsi que la démarche pour entamer notre projet

I. Présentation générale

1. Le groupe Delphi

Delphi est un groupe multinational américain leader dans l'industrie automobile, spécialisé dans la conception et la fabrication d'équipements pour l'automobile et dont la clientèle s'étend de plus en plus vers des secteurs de haute technologie, comme les télécommunications, le matériel médical, l'informatique et ses périphériques. Son siège se situe dans la ville de Troy (Michigan)



aux Etats-Unis (figure1).

Figure 1: Siège de DELPHI aux Etats-Unis

Le groupe possède 171 unités de fabrication à travers le monde dont 49 aux Etats-Unis et Canada, 61 à l'Europe, le Moyen-Orient et l'Afrique, 47 au Mexique et l'Amérique du Sud et 14 à l'Asie Pacifique. Et ceci dans 41 pays différents. Le groupe multinational DELPHI emploie plus de 205.700 personnes à travers le monde dont la majorité se concentre au Mexique et l'Amérique du Sud. Parmi eux on trouve environ 16.000 ingénieurs.

2. DELPHI Maroc

Le groupe DELPHI dispose de quatres sites de production au Maroc :

- Delphi Automotive Système Maroc (DASM),
- Delphi Packard Tanger (DPT)
- Delphi Packard Kenitra (DPK)
- Delphi Packard Meknès (DPM), où nous avons effectué notre stage.

a. DASM

Implantée à Tanger depuis 1999, DELPHI Automotive System Maroc est une filiale du groupe DELPHI Packard Electrics Systems. Cette dernière est le leader mondial des systèmes de distribution des signaux électriques pour véhicules. DASM est certifiée ISO 9001, ISO 14001 & ISO TS 16949.

b. DPT

Delphi Packard Tanger est implantée au Maroc depuis 2008, emploie actuellement environ 4300 personnes, Delphi a oxygéné un environnement socio-économique en difficulté, dont l'impact dépasse la région du nord

c. DPK

Delphi Packard Kenitra, filiale de la division du Delphi Packard Electric Systems, a démarré au mois de Juillet 2013 à Kenitra. La présence de Delphi à Kenitra, est expliquée par deux raisons économiques. La première raison est relative aux coûts de production qui y sont compétitifs (main d'œuvre, bon marché et moins onéreuse), et la seconde est liée aux coûts logistiques qui y sont minimaux.

d. DPM

Delphi Meknès, filiale de la division du Delphi Packard Electric Systems, a été implanté en 2017. Elle est spécialisée dans la fabrication de faisceaux électriques pour voitures. Ces faisceaux sont les premiers composants qui se fixent sur la carrosserie et dont le rôle est d'alimenter électriquement tous les composants et les options de la voiture. Ces faisceaux sont composés d'un ensemble de composants ordonnés de façon logique : fils électriques, terminaux, connecteurs, passe-fils, rubans, tubes isolants, etc.

II. Description de l'organisme d'accueil

- Raison sociale : Delphi Packard Meknès ;
- Secteur d'activité : Industrie automobile ;
- Date de création : 01/01/2017 ;
- Forme juridique : Société Anonyme (SAS) ;
- Activité : Fabrication de faisceaux électriques pour les voitures ;
- Patente : 34253017 ;
- CNSS : 5203550 ;
- Capital social : 400 MDH ;
- Adresse : PLOT UL1, AGOPOLIS Business Park, Meknès (Maroc) ;
- Effectif : Environ 4500 ;
- Tel : (+212) 0532-04-00-70;

1. Fiche technique de DPM

Figure 2: Fiche technique de DPM

2. Départements et leurs missions

- **Le département Qualité :** vu que la qualité joue de plus en plus un rôle primordial dans le domaine concurrentiel de l'industrie, ce département se charge du contrôle des différents produits finaux afin de garantir aux clients la qualité de leurs produits avec leurs propres exigences.
- **Direction des Ressources Humaines :** s'occupe de la gestion administrative du personnel ainsi que de leurs charges sociales, sécurité et gestion des horaires. Le recrutement, la gestion des carrières, la formation ainsi que la communication interne font partie des missions accomplies par cette Direction.
- **Département logistique :** c'est au niveau de ce département que s'effectue l'ensemble des opérations d'approvisionnement et de planification des commandes. De ce fait le département logistique forme l'une des unités cerveaux internes à DELPHI vu son implication directe dans la satisfaction du client via une bonne gestion des délais.
- **Département production :** comme son nom l'indique ce département est responsable de la production des câbles, et donc de la transformation de la matière première en produits finis. Il se charge, donc, de la fabrication de produits conformes dans les délais déjà planifiés et aux moindres coûts.
- **Département maintenance :** se charge de la maintenance dans les différentes zones de l'usine, il s'occupe donc de l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir les biens dans un état spécifié et en mesure d'assurer leurs service et fonctions déterminées.
- **Département coupe et préparation :** s'occupe de l'alimentation des chaînes de production en fils, il se divise en deux zones : une pour la coupe et l'autre pour la préparation.
- **Département ingénierie :** ce département est divisé en trois unités :
 - **Ingénierie de Méthode (Où nous avons effectué notre stage):** qui se charge de la définition des projets, leurs méthodes de travail, les outils, le lieu et les temps de réalisation du travail défini.
 - **Ingénierie de Process:** qui se charge d'assurer les outils, les équipements et les programmes.
 - **Ingénierie Industrielle :** qui se charge de la communication directe avec le client en veillant sur la réalisation des changements demandés.

3. Les clients de Delphi Maroc :

Les clients de Delphi Automotive Systems Maroc se définissent comme suit :

FIAT (Torino, Termoli, FMA), **RENAULT** (Valladolid, Flins, Revoz, Dieppe, Maubeug), **OPEL** (Zaragoza, Azambuja, Eisenach) et **PSA** (Vigo, Madrid, Mangualde, Mulhouse, Sochaux, Aulnay, Poissy, Aulnay, Poissy, Ryton, Rennes).

III. Le câblage automobile

Delphi Packard Meknès produit les faisceaux électriques pour voitures. Ces faisceaux sont composés d'un ensemble de composants ordonnés de façon logique : fils électriques, terminaux, connecteurs, passe-fils, rubans, tubes isolants, etc.

Les faisceaux électriques sont les premiers composants qui se fixent sur la carrosserie et dont le rôle est d'alimenter électriquement tous les composants et les options de la voiture. Par exemple : Actionner le moteur, les essuie-glaces, allumer les fards.

1. Les types de câblage produits par DPM (figure 3) :

- Câblage principale (Main)
- Câblage moteur (Engine)
- Câblage sol (Body)
- Câblage porte (Door)
- Câblage toit (Roof)
- Câblage tableau de bord (Instrumental Panel), etc.

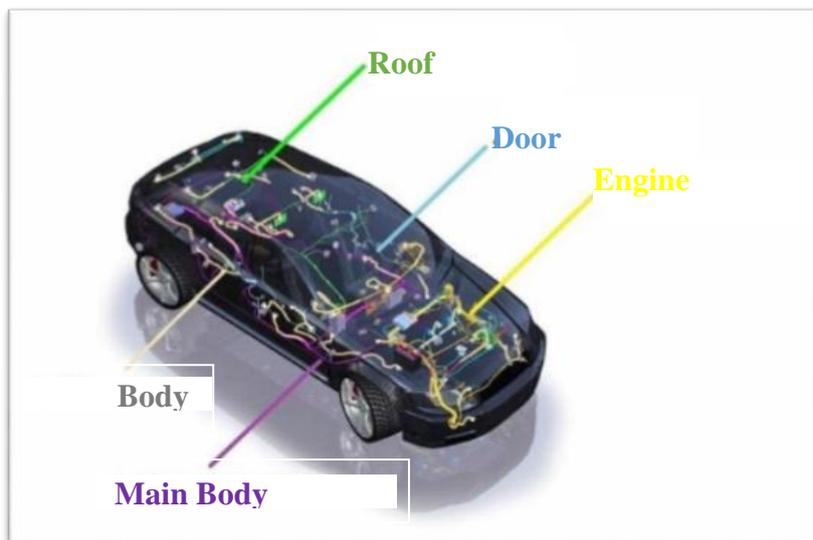


Figure 3 : les types des câbles

2. Les composants du câble automobile

Un câble automobile représenté dans la figure 4 est constitué des composants représentés dans le tableau 1 :



Figure 4: Câble automobile

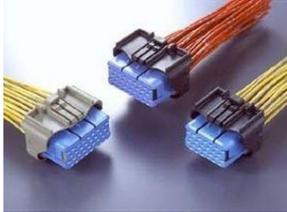
Composant	Description	Image
Fil conducteur	Conduire le courant électrique	
Terminal	Assure la connectivité entre deux câbles l'un comme source d'énergie et l'autre comme consommateur d'énergie	
Connecteur	La partie où on insère les terminaux elle permet d'établir un circuit électrique débranchable et un accouplement mécanique séparable et aussi d'isoler électriquement les parties conductrices	
Rubans	Attachent les fils et assurent leurs protection	
Tube	Assure l'isolation et la protection des fils contre la chaleur	

Tableau 1: Les composants d'un câble

3. Etapes de fabrication du câble

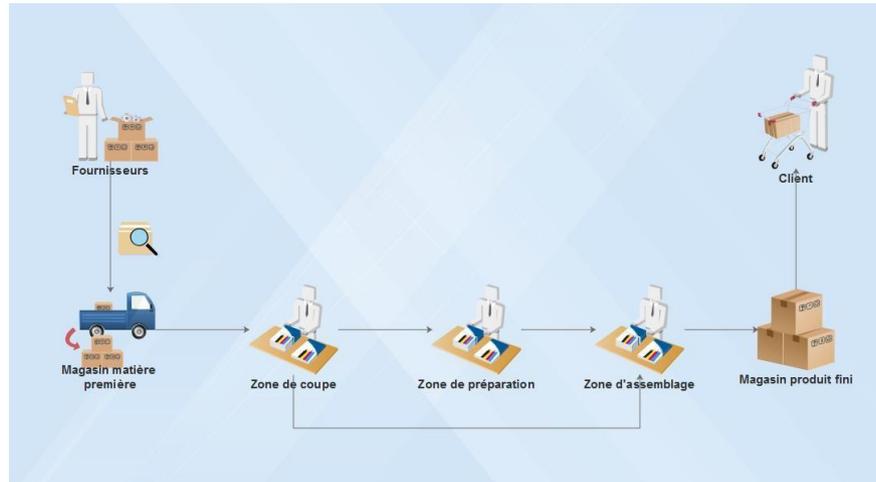


Figure 5: Le flux de fabrication

Le flux de production est résumé dans la figure ci-dessous (figure 5)

La matière première venant du fournisseur passe par le laboratoire du contrôle de qualité pour subir un contrôle de réception avant d'être stockée dans le magasin de matière première. Le stock quotidien passe à la zone de préparation (la coupe) qui est gérée par le système Kanban. A ce niveau les fils sont préparés pour passer à la zone d'assemblage où les faisceaux électriques sont assemblés et bandés. Ensuite ces câbles passent au contrôle électrique où on vérifie la continuité électrique entre les différentes extrémités du circuit et la présence des éléments secondaires (sécurité des connecteurs, passe-fil, réglette...). De là, les faisceaux subissent un dernier contrôle qui est celui de contention au cours duquel les différentes côtes sont vérifiées avant l'étiquetage, emballage et envoi au client.

- **Zone de coupe et de préparation** : c'est le fournisseur de matière première pour les chaînes d'assemblage. Il leur fournit les fils en quantité et qualité demandées et au moment opportun. La zone de coupe est équipée par des machines automatiques qui servent à couper des fils selon les longueurs exigées, les dénuder puis les sertir.
- **La zone d'assemblage** : c'est la zone où les fils sertis venant de la coupe sont assemblés. L'assemblage se fait soit sur des tableaux fixes pour les câbles de petites dimensions soit sur des tableaux roulants ; avec un temps cycle bien défini ; dans les chaînes de montage pour les câbles longs. Et ceci suivant des schémas (lay-out) fourni par l'ingénierie de process. Le nombre de postes est déterminé par le département ME, plus le câble est chargé plus le nombre de postes est grand. Ces postes sont entourés par des cellules

qu'on appelle les cellules de kitting dont le rôle est de préparer des parties de câble, ce sont des tableaux fixes où on réalise les épissures, les isolations, et l'encliquetage. Les kits sont ensuite passés aux derniers postes d'assemblage où on effectue la séparation, l'enrubannage et où on met les brides. Ensuite le câble passe par un control électrique et une contention avant d'être emballé et expédié au client.

IV. Présentation du projet

La réussite industrielle est généralement assimilée à une victoire sur un adversaire. Il ne s'agit plus alors de produire les biens qui font défaut, mais d'empêcher les autres de produire ces mêmes biens. Or notre monde reste un monde de rareté : il n'y a pas trop de richesses. Comment peut-on utiliser les ressources de la façon la plus efficiente afin d'améliorer les performances industrielles ?

Notons tout de suite le choix du mot efficience, l'efficience porte sur le moyen terme, un moyen terme où les moyens et les buts sont appelés à évoluer. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études qui porte sur « L'Amélioration de l'efficience de la ligne de production principale Thermique et PHEV du projet X74 ».

Nous tenons à citer que le choix de la ligne de production principale Thermique et PHEV du projet X74 nous a été proposé par l'équipe d'ingénieurs au sein de l'entreprise vu que le taux d'efficience n'atteint pas l'objectif fixé.

1. Cahier de charge

a. Les acteurs du projet

- **Le maitre d'œuvre** est la Faculté des Science et Techniques de Fès (FSTF), Département Génie Industriel, Cycle Master, représenté par l'étudiante EL MOUTAANI Fatima Zohra avec le suivi et l'encadrement de Monsieur RJEB Mohamed.
- **Le maitre d'ouvrage** est Delphi Packard Meknès qui est une multinationale opérant dans le secteur automobile, Département Manufacturing Engineering, sous l'encadrement de Monsieur AYLLAL Abdellatif et la formation de Madame Fatima Zahra LKHALFI.

b. Contexte pédagogique

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études indispensable pour l'obtention du Master délivré par La Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF).

2. Objectif du projet

Le processus de la gestion de production et des flux s'appuie sur un ensemble d'outils d'analyse, d'amélioration et de résolution des problèmes qui visent :

- ✓ L'utilisation optimale des ressources disponibles
- ✓ L'élimination des sources de gaspillage et les causes du non qualité.

Notre projet a comme objectif d'améliorer l'efficacité de la ligne de production étudiée en éliminant les gaspillages et en utilisant les ressources définies sans excès.

V. Stratégie et démarche de conduite du projet

La stratégie de conduite et les méthodes d'analyse du projet représentent un point de mesure important de la réussite du projet pour cela il est nécessaire de choisir le concept le plus convenable pour augmenter le pourcentage d'atteinte de l'objectif fixé.

1. Le principe de Lean Manufacturing

Le principe de Lean Manufacturing est de gérer les processus au plus juste, plutôt que de 'tirer' davantage sur ces ressources. Toute activité peut se décomposer en processus ou suite des tâches qui créent la valeur ajoutée et un ou plusieurs processus supports.

a. Qu'est-ce que le Lean Manufacturing ?

Le Lean Manufacturing est une méthode d'optimisation de la performance industrielle qui permet, grâce à une analyse détaillée des différentes étapes d'un processus de production, d'optimiser chaque étape et chaque fonction de l'entreprise. Elle repose sur le principe de la chasse aux gaspillages tout au long du processus.

b. Les gaspillages

Les différents types de gaspillages traités par le Lean Manufacturing sont les suivants :

Traitements inutiles, Temps d'attente, Mouvements inutiles, Surproduction, Surstockage, Transports et Défauts.

2. Démarche adoptée

La démarche DMAIC vise à fournir un diagnostic approfondi des problèmes rencontrés dans une organisation avant de les résoudre. C'est la raison pour laquelle le problème doit être quantifié, les causes profondes clairement identifiées pour que les solutions développées en phase d'amélioration s'attaquent à la racine du problème.

Elle est composée de cinq étapes ordonnancées selon une logique structurée :

- **Définir** : est la première étape de la méthode. Elle permet de définir le périmètre du projet, les attendus, les ressources et délais nécessaires.
- **Mesurer** : Cette étape consiste à collecter les données permettant de mesurer objectivement la performance du processus
- **Analyser** : Elle permet d'identifier les causes potentielles du dysfonctionnement du processus et les sources d'amélioration
- **Innover** : (ou améliorer) cette étape consiste à définir les processus cibles et à identifier les plans d'amélioration de la performance.
- **Contrôler** : l'étape du contrôle consiste à définir les indicateurs de la performance du processus cible et donc la pertinence des plans d'amélioration mis en œuvre

VI. Les outils utilisés

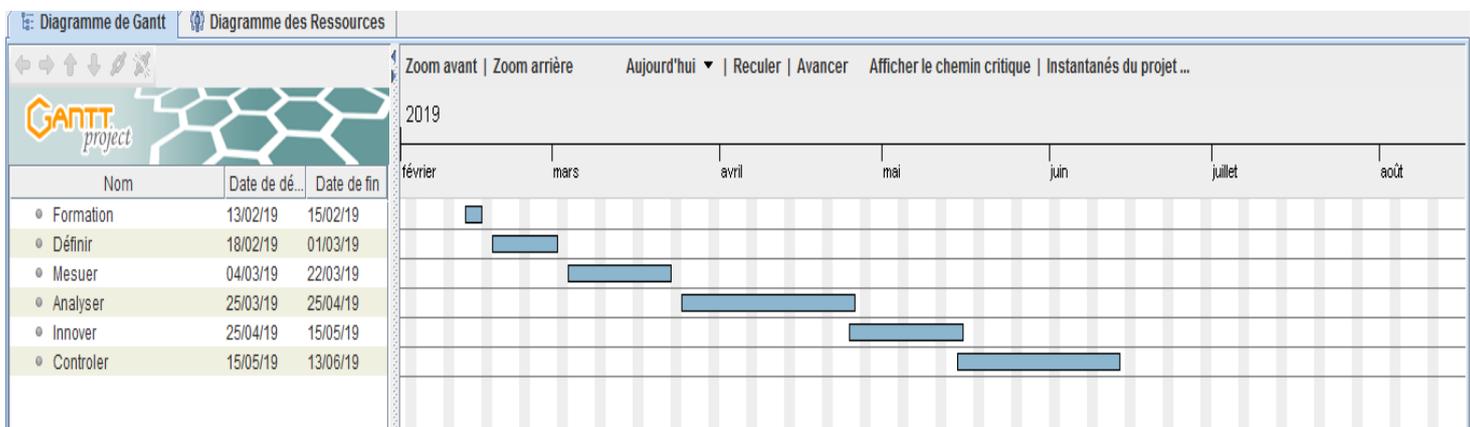
Pour bien mener notre projet, nous avons utilisés plusieurs outils pédagogiques, à savoir :

- Le QQQQCP
- Le diagramme de SIPOC
- Le diagramme Dedans/Dehors
- Le diagramme d'Ishikawa
- L'arbre des causes
- Le Diagramme de Pareto,

Nous avons défini ses outils dans l'annexe (voir ANNEXE 1)

VII. Planning du projet

La répartition des activités dans le temps est faite à l'aide du diagramme de Gantt présenté dans



la figure 6, outil indispensable pour définir le plan du projet :

Figure 6: Diagramme de Gantt du projet

Chapitre 2 :
Diagnostic et analyse de l'existant
« Phase 1 : Définir »

Dans cette première étape de l'approche DMAIC, nous avons fait appel à un ensemble d'outils nous permettant de bien cadrer et poser la problématique de notre sujet de stage.

I. Introduction

Ce chapitre sera dédié à la première étape de la démarche DMAIC : Définir. Où nous allons d'abord définir la problématique sur laquelle se déroulera notre projet, puis à l'aide des outils QQQQCP, SIPOC et le diagramme Dedans/Dehors nous allons essayer de définir le périmètre du projet, les résultats attendus et les moyens nécessaires pour identifier tous les éléments pertinents associés au processus.

II. Présentation générale du Projet X74 :

1. La DS 7 Crossback :



Figure 7: DS 7 Crossback

Le projet X74 produit le câble de la voiture DS 7 Crossback deuxième SUV, familial premium du constructeur automobile français DS Automobiles, après le DS 6 vendu en Chine. Présenté en février 2017, Elle est commercialisée à partir du janvier 2018. Elle inaugure de nombreuses technologies du Groupe PSA, un nouveau style et un nouveau positionnement pour DS.

2. Life time du projet :

La durée de production de la voiture est estimée à 6 ans selon le constructeur PSA (de 2017 à 2023).

3. Motorisation :

La DS 7 Crossback est disponible en Essence et en Diesel (tous associés à un système stop & Start), et d'une nouvelle architecture hybride essence rechargeable, attendue pour 2019 dans le Groupe PSA.

➤ Thermique :

Côté **Essence**, on retrouve en entrée de gamme le 3-cylindres PureTech 130 déjà présent sous le

capot de nombreuses voitures du groupe PSA.

Côté Diesel, on retrouve les moteurs 4-cylindres 1.6-litre BlueHDI présents sur la gamme Peugeot.

➤ **PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle):**

L'architecture hybride rechargeable sera composée d'un bloc essence 1.6 THP et de deux moteurs électriques, un sur chaque essieu, (portant la puissance totale à 300ch et permettant de disposer d'une transmission intégrale. Équipée d'une batterie de 13 kWh, elle permettra de rouler une cinquantaine de kilomètres en mode 100 % électrique. Elle sera disponible à partir du printemps 2019, uniquement avec la boîte automatique.

III. Travail à effectuer

Avant d'entamer notre étude nous devrions d'abord répondre aux questions suivantes :

- **Qu'est-ce que l'efficience?**
- **Quel sont les facteurs qui impactent l'efficience?**

Dans sa plus simple expression, l'efficience indique à quel point une organisation utilise bien ses ressources pour produire des biens et des services. Au niveau de l'industrie automobile, l'efficience se calcule souvent de la manière suivante :

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Heures produites}}{\text{Heures payées}}$$

Or, l'efficience est l'indicateur sur lequel se base Delphi afin de mesurer le taux de rendement de sa production. Elle se mesure sous la forme d'un rapport entre les résultats obtenus et les ressources utilisées :

$$\text{Efficience} = \frac{\text{GCSD} * \text{Out Put}}{460 * \text{Nombre des opérateurs}}$$

GCSD: Ou WSD est le temps qu'il faudra pour produire un seul câble par un seul opérateur.

Out Put: Nombre de câbles exigé par shift.

460: Temps de travail par shift en minute (480 min - 20 min de pause).

Les facteurs qui impactent l'efficience sont L'Out Put et le Nombre des opérateurs vu que GCSD et Temps de travail par shift sont constants.

Pour résumer, améliorer l'efficience revient à :

- Augmenter l'Out Put
- Diminuer le nombre des opérateurs.

IV. La problématique

La famille principale thermique du projet X74 connaît une efficacité très faible. Comme il a été cité précédemment, la nouvelle architecture hybride rechargeable sera disponible à partir de 2019. Pour répondre à la demande de son client en produisant le nouveau type de câble (PHEV), Delphi Packard Meknès était face à deux choix : soit garder la ligne de production du thermique déjà existante et définir une nouvelle ligne de production spécifique à la production du câble PHEV ou intégrer la production des deux types de câbles dans la ligne de production déjà existante.

La production du nouveau câble a demandé une étude financière bien détaillée qui a donné comme résultat : l'intégration de la ligne de production de la principale PHEV avec la ligne de production de la principale thermique déjà existante (c.-à-d. que la même ligne produira les 2 types de câbles), au lieu de définir une nouvelle ligne de production spécifique au câble PHEV.

En Février 2019, on a intégré définitivement la ligne de la principale PHEV avec celui de la principale Thermique. Certes, cette intégration a minimisé les ressources (humaines et matérielles) aussi que l'espace. Mais, elle a aggravé l'efficacité de la famille et elle l'a rendu la plus névralgique des familles du projet X74 comme le montre la figure 8 :

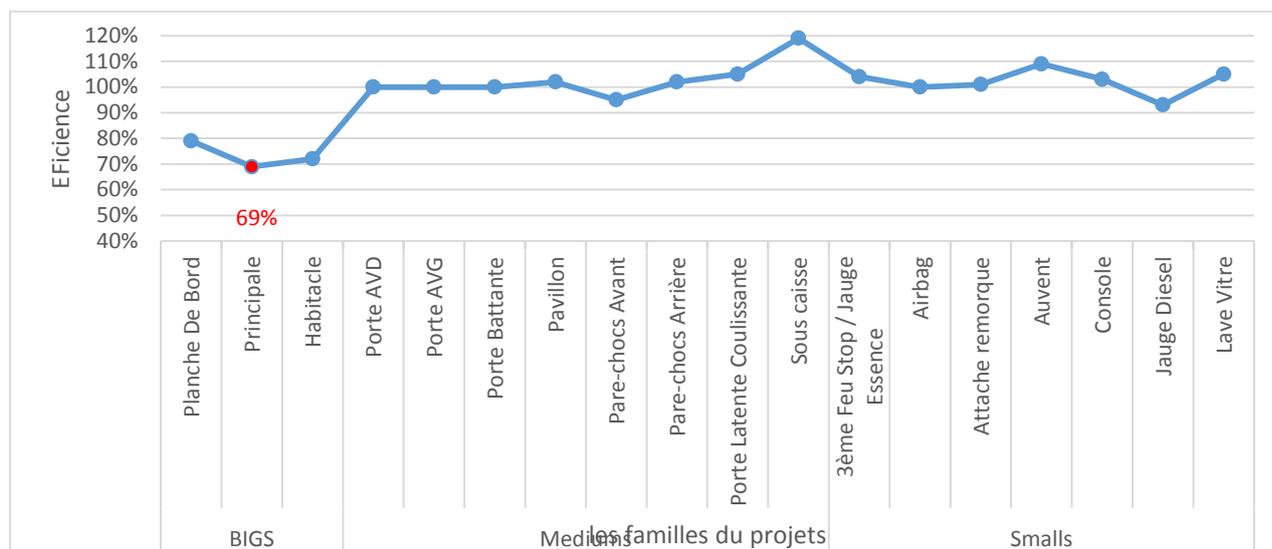


Figure 8: L'efficacité actuelle des différentes familles du projet X74

Pour visualiser l'état actuel de l'efficiences de la famille principale du projet X74, nous avons collecté un historique journalier de l'efficiences de la période étalée du Janvier à mi-Mars (Figure 9):

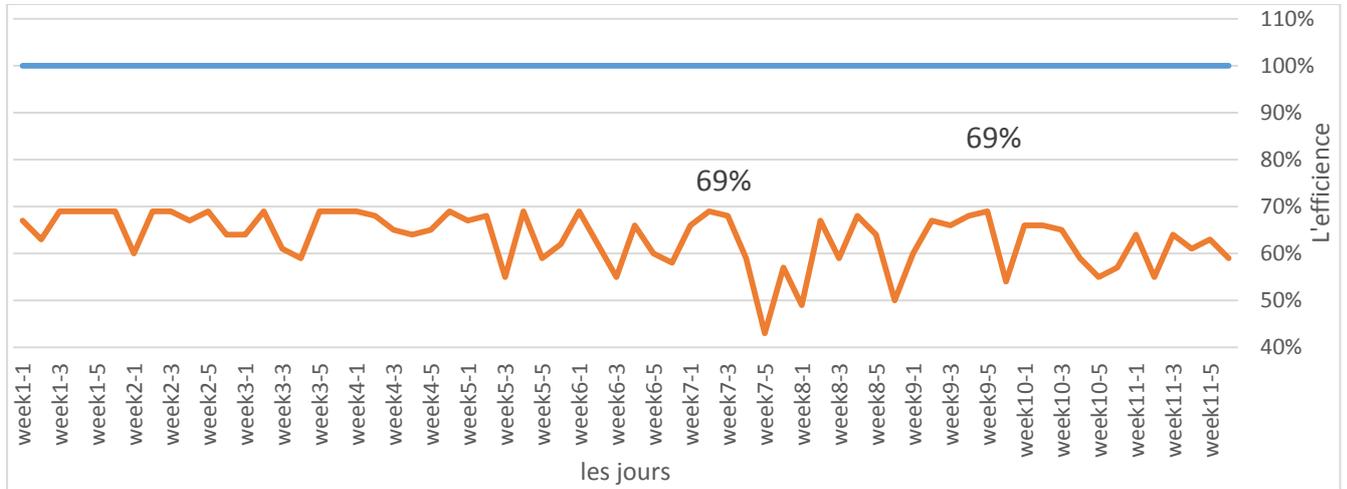


Figure 9 : Historique de l'efficiences entre la 01 Janvier et 15 Mars 2019

- La figure 9 montre l'efficiences ultime est fixé à 100% .Or, Le maximum atteint dans l'historique collecté est de 69%, ce qui révèle un écart de 31% par rapport à 100%, comme le montre le graphique de la figure 10 :

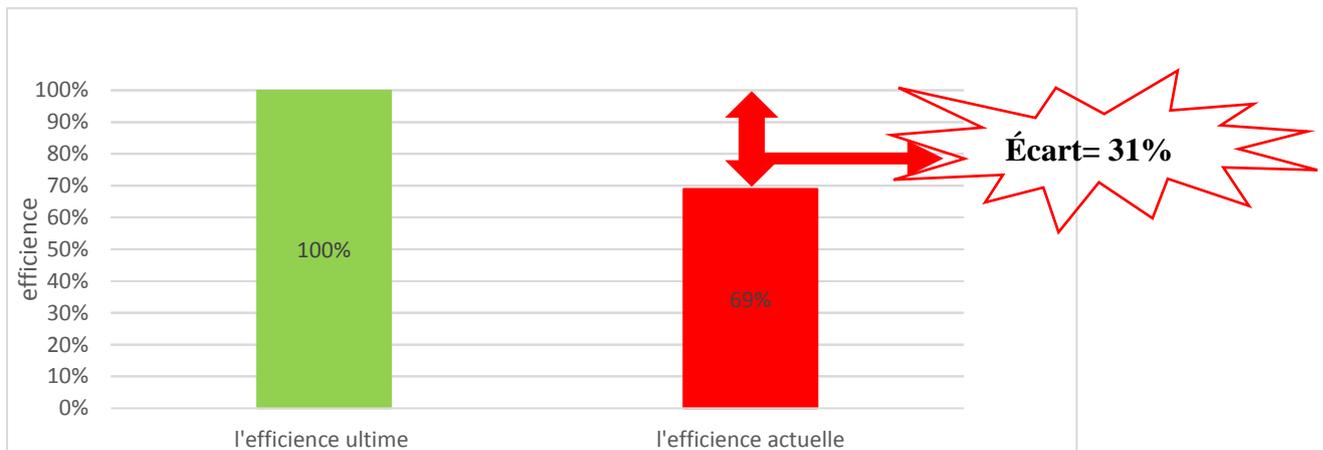


Figure 10: L'écart de l'efficiences

- L'objectif de notre projet est de diminuer l'écart entre l'efficiences actuelle et l'efficiences ultime en améliorant l'efficiences actuelle.

V. Description de la problématique

1. Le QQQQCP

Pour mieux définir la problématique, nous avons adopté la méthode QQQQCP :

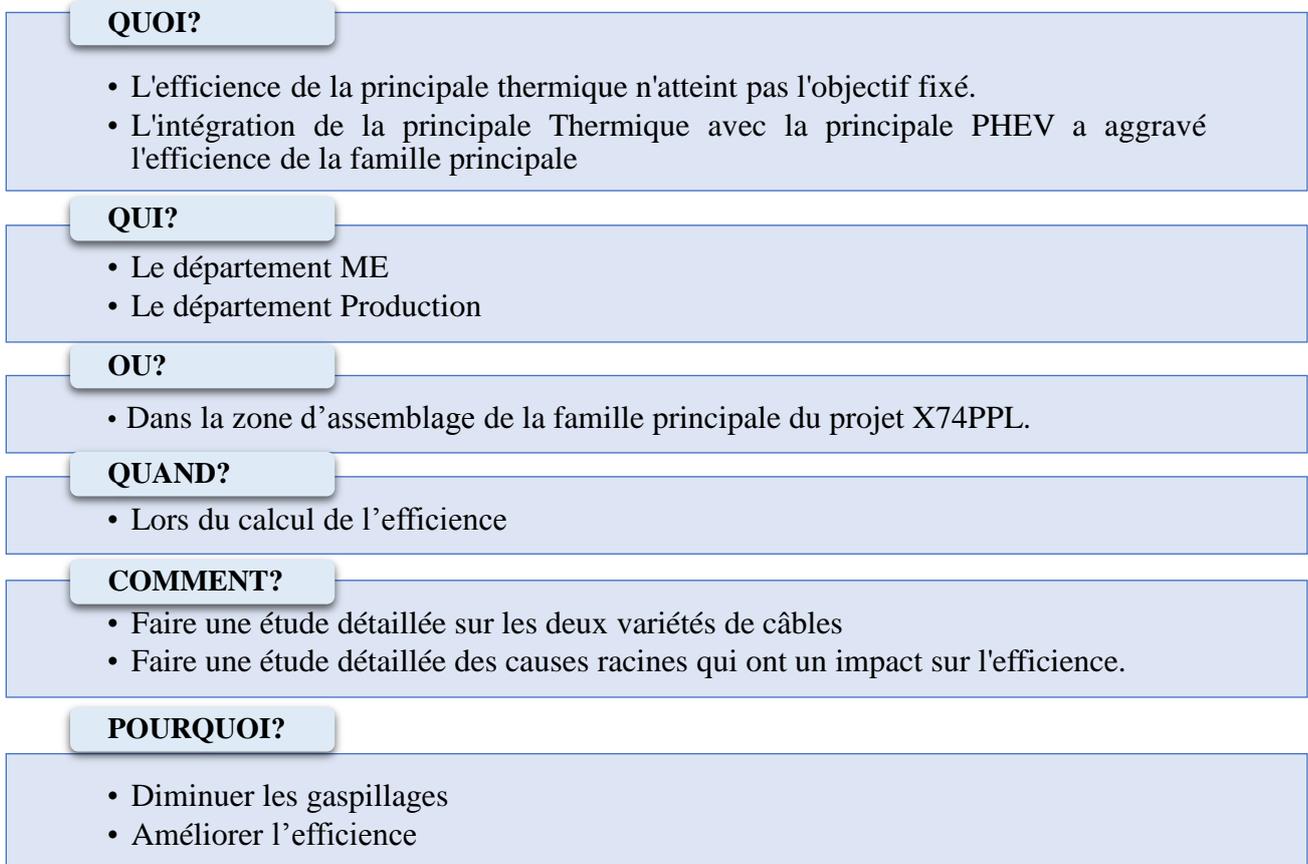


Figure 11: QOOQCP du projet

2. Diagramme SIPOC

Pour identifier tous les éléments pertinents associés à un processus (Process) : son périmètre (frontières, début et fin), les sorties (Outputs), les entrées (Inputs), les fournisseurs (Suppliers) et les clients (Customers), nous avons fait un diagramme de SIPOC. (Voir ANNEXE 2)

3. Diagramme Dedans/Dehors

Afin de déterminer les différentes parties prenantes du projet, en désignant les parties qui ont un lien direct avec le projet, nous avons tracé un diagramme Dedans/Dehors présenté dans la figure 12 :

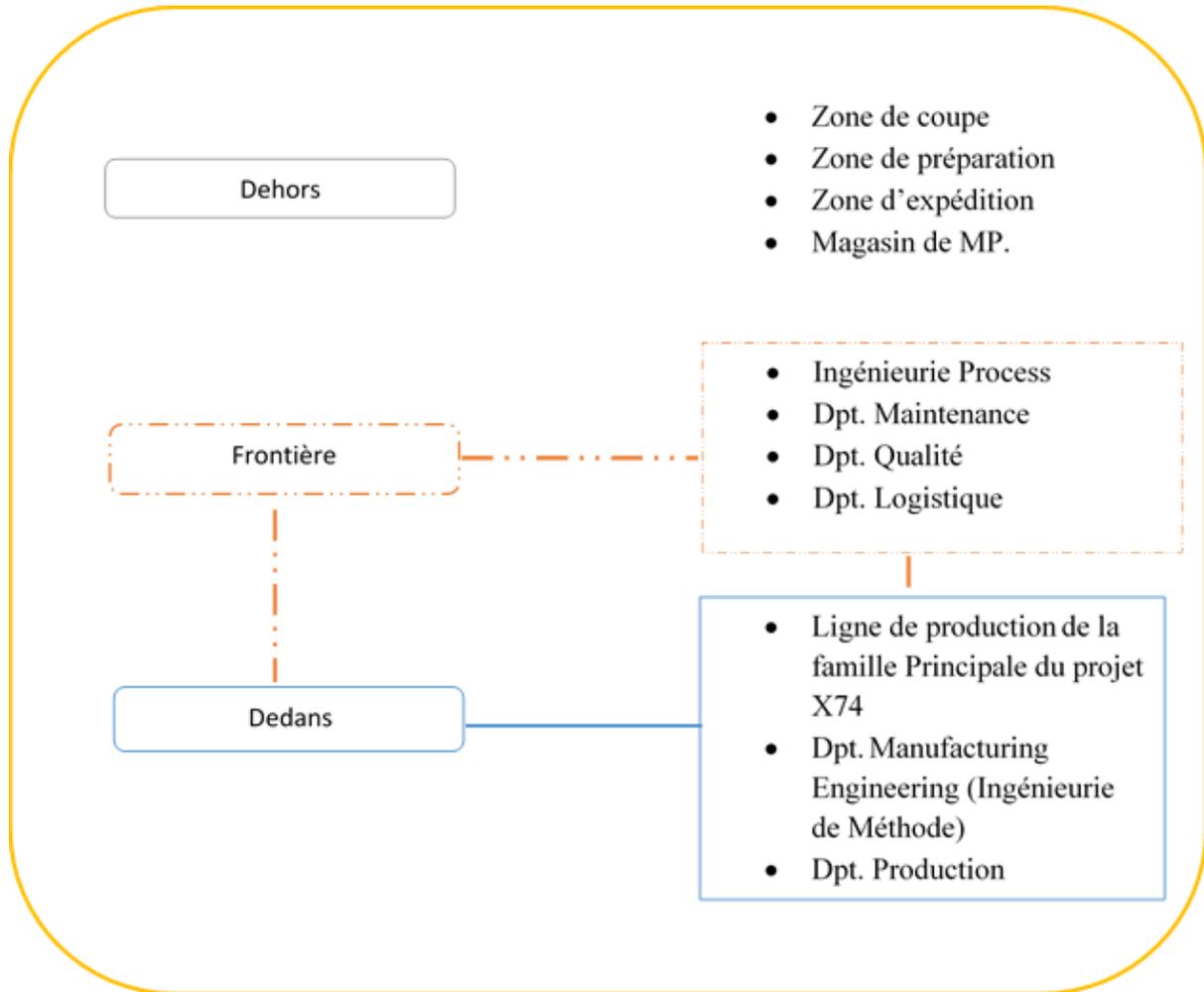


Figure 12: Diagramme Dedans / Dehors

Chapitre 3 :

Diagnostic et analyse de l'existant

« Phase 2 : Mesurer » et « Phase 3 : Analyser »

Dans ce chapitre, nous allons présenter la deuxième et la troisième phase de la démarche DMAIC, qui consistent à collecter les données, mesurer les performances qui ont un impact sur l'efficacité et les analyser.

La mesure, la collecte et l'analyse des données doivent se faire d'une manière critique pour obtenir des résultats fiables afin que notre étude soit efficace et efficiente.

I. Introduction

Après avoir bien défini le cadre du projet, notre deuxième tâche serait d'évaluer les performances du processus en collectant les informations et les mesures objectives qui le caractérisent, ces données se rapportent à l'état actuel pour déterminer le plan d'action adéquat.

Nous allons d'abord évaluer l'état actuel de la chaîne de production pour pouvoir effectuer les mesures nécessaires.

II. Mesurer les paramètres de l'efficacité

D'après la formule de calcul de l'efficacité, on a pu conclure que l'out put (Le nombre de câbles produits par shift) et le nombre des opérateurs par shift (l'effectif) sont les paramètres qui influencent l'efficacité. Pour savoir leurs impacts sur l'efficacité actuelle, nous avons collecté les données concernant chacun d'eux :

1. Out Put

Le graphique suivant montre l'historique de l'Out Put réel et l'Out Put défini par le département ME durant la période étalée du Janvier au Mars 2019:

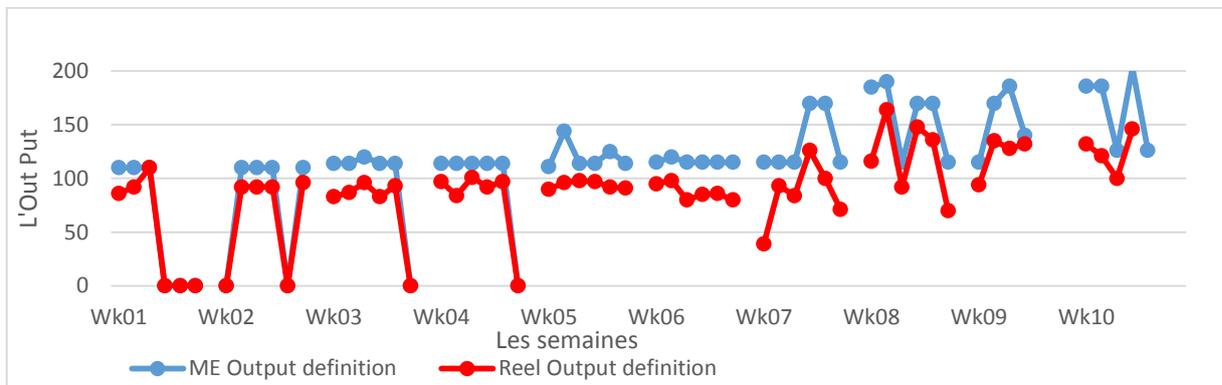


Figure 13: Historique d'Out Put exigé et l'Out Put réel durant Janvier au Mars 2019

✚ On remarque que :

- Tout au long de l'historique, il y'a un écart entre l'Out Put exigé et l'Out Put réel

2. Nombre des opérateurs

Le graphique suivant montre la répartition des opérateurs dans les différents postes de travail ainsi que les opérateurs supports :

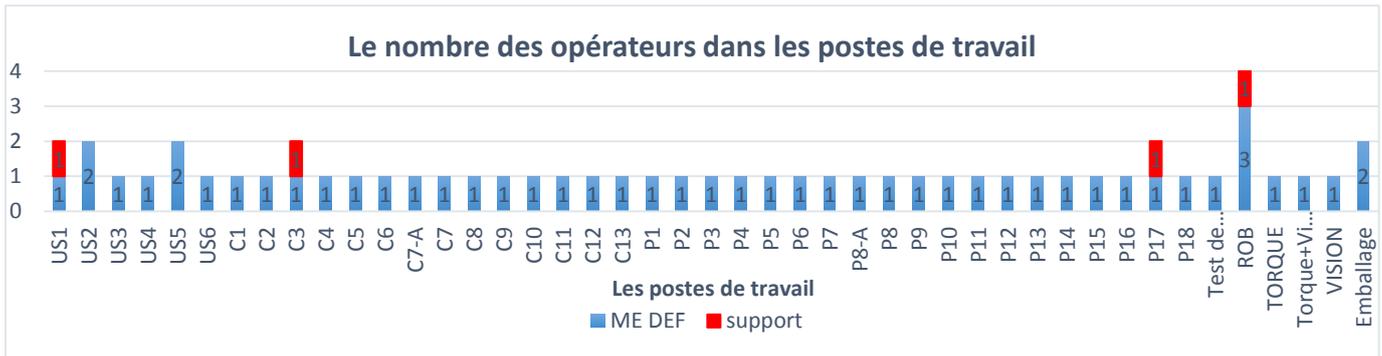


Figure 14: La répartition des opérateurs dans la ligne de production

- ✚ On remarque que :
 - Le nombre des opérateurs actuel dépasse celui défini par 4 personnes de support, réparties sur les postes suivants : US1, Cellule 2, Poste 17 et ROB.

3. L'impact des deux paramètres sur l'efficacité

Dans ce qui précède, on a relevé que l'efficacité actuelle est de 69% et l'écart est de 31%. Cet écart est causé par l'impact des 2 paramètres (L'Out Put et Nombre des opérateurs), chacun d'eux contribue par un pourcentage comme le montre la figure 15 :

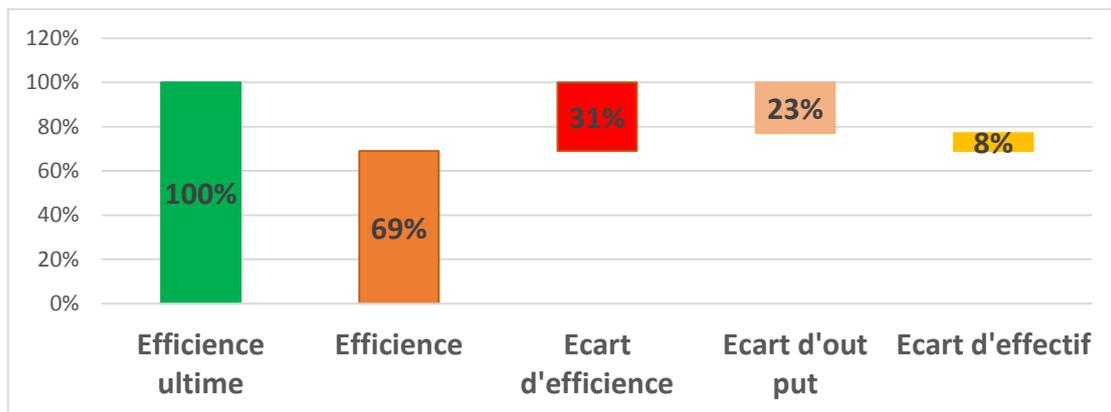


Figure 15: Efficacité en état d'avant

- ✚ On remarque que 31% d'écart entre l'efficacité réelle et ultime est réparti comme suit :
 - 8% de l'impact d'effectif
 - 23% de l'impact de l'out put

III. Gemba Walk

Dans une recherche de détection des différents gaspillages qui impactent l'efficacité de la ligne de production, nous avons fait un Gemba Walk (tour d'usine) qui consiste d'aller sur le terrain, faire des observations instantanées et mieux comprendre le processus afin d'avoir un zoom sur la situation actuelle et affronter les vrais problèmes.

1. Le flux de production dans la zone d'assemblage

Pour pouvoir agir, il fallait tout d'abord schématiser le flux de la ligne de production et comprendre son processus. (Voir ANNEXE 3)

2. Les gaspillages chassés

Suite à notre Gemba Walk, nous avons détecté les anomalies suivantes :

- Non équilibrage des taux d'occupation des postes de travail (cellules de Kitting et postes d'encliquetage et bandage), ce qui cause un déphasage entre les opérateurs (retard des uns et avance des autres)
- Beaucoup d'arrêts « Stoppages »
- Des déplacements avec Non-Valeur Ajoutée « Walking »
- Mauvaise organisation des postes de travail
- Beaucoup de réparation « Rework »
- La séquence de Production.

Dans ce qui suit, nous allons traiter les différents gaspillages cités.

IV. Non équilibrage des taux d'occupation des postes de travail

Parmi les gaspillages chassés, on trouve le non équilibrage des taux d'occupation des cellules de Kitting et des postes mobiles.

Nous pourrions définir le taux d'occupation des postes comme étant le pourcentage du temps effectivement utilisé par un poste de travail. Pour la production, il se calcule comme suit

$$\text{Taux d'occupation} = \frac{\text{Cycle Time}}{\text{Actual Takt Time}}$$

Avec :

Actual Takt Time : Le temps nécessaire pour qu'un câble passe par les différentes étapes de processus de production

Cycle Time (le temps de cycle) : le temps nécessaire à l'accomplissement des tâches définies dans le mode opératoire du poste de travail.

Alors pour pouvoir calculer les taux d'occupation des différents postes de travail, il faut chronométrer leurs temps de cycle. Pour cela, on a opté de faire un chronométrage. Or, chaque poste de travail effectue un certain nombre des tâches qui changent selon la référence du câble

demandé avec un ordre bien défini dans le mode opératoire. Or, il y'a une centaine des références avec des pénétrations (pourcentage de la demande du client) différentes.

✚ Pour que notre étude soit efficace, nous avons choisi les références à chronométrer selon la demande du client.

1. Choix des références

Building Plan est un document qui donne la demande du client par rapport à chaque référence pour chaque semaine. Dans le graphique de Pareto ci-dessous, nous avons représenté la demande

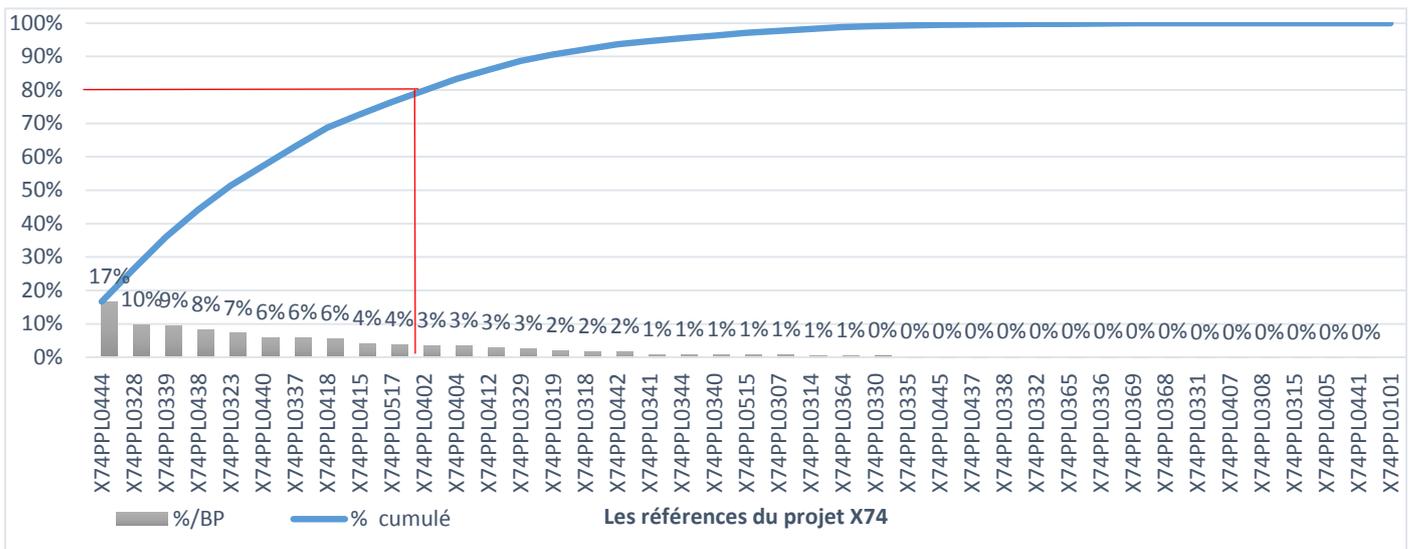


Figure 16 : Diagramme de Pareto des références demandées par le client de Février jusqu'à Novembre 2019

du client du février jusqu'au Novembre :

D'après le graphique, les 20% des références qui présentent 80% de la demande du client sont :

➤ Les références de la principale Thermique

X74PPL444 avec un pourcentage de 17%

X74PPL328 avec un pourcentage de 10%

X74PPL339 avec un pourcentage de 9%

X74PPL438 avec un pourcentage de 8%

X74PPL323 avec un pourcentage de 7%

X74PPL440 avec un pourcentage de 6%

X74PPPL337 avec un pourcentage de 6%

X74PPL418 avec un pourcentage de 6%

X74PPL415 avec un pourcentage de 6%

➤ **Les références de la principale PHEV**

X74PPL517 avec un pourcentage de 4%.

- ✚ A cause de la contrainte du temps, nous allons faire le chronométrage des 3 premières références de la principale thermique (X74PPL444, X74PPL328 et X74PPL339) et celui de la principale PHEV (X74PPL517). Comme ça, On aura travaillé sur les 2 types de câbles.

2. Le document utilisé : TMS

Pour pouvoir faire le chronométrage des postes de travail, Delphi utilise un document bien détaillé c'est le TMS (Voir en ANNEXE 4) la définition et un exemple du document.

3. Mesure des taux d'occupation

Le chronométrage des TMS, nous a permis d'avoir le temps de cycle de chaque poste de travail et donc de calculer leurs taux d'occupation.

La figure suivante montre le taux d'occupation des cellules de kitting pour la référence X74PPL444 :

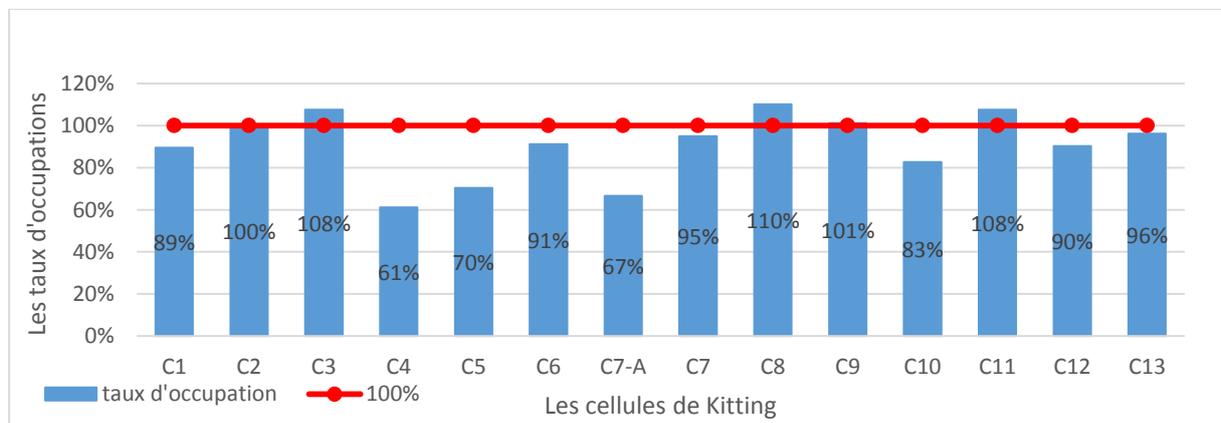


Figure 17: Taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL444

- ✚ Le chronométrage des cellules a montré que les taux d'occupation ne sont pas synthétisés. Il y a des cellules qui sont trop soulagées or il y en a des autres qui sont surchargées.

(Voir en ANNEXE 5) les taux d'occupation des cellules et des postes des différentes références étudiées.

4. Analyse des taux d'occupation

Dans le but de chercher les raisons et les causes racines du non équilibre des taux d'occupation

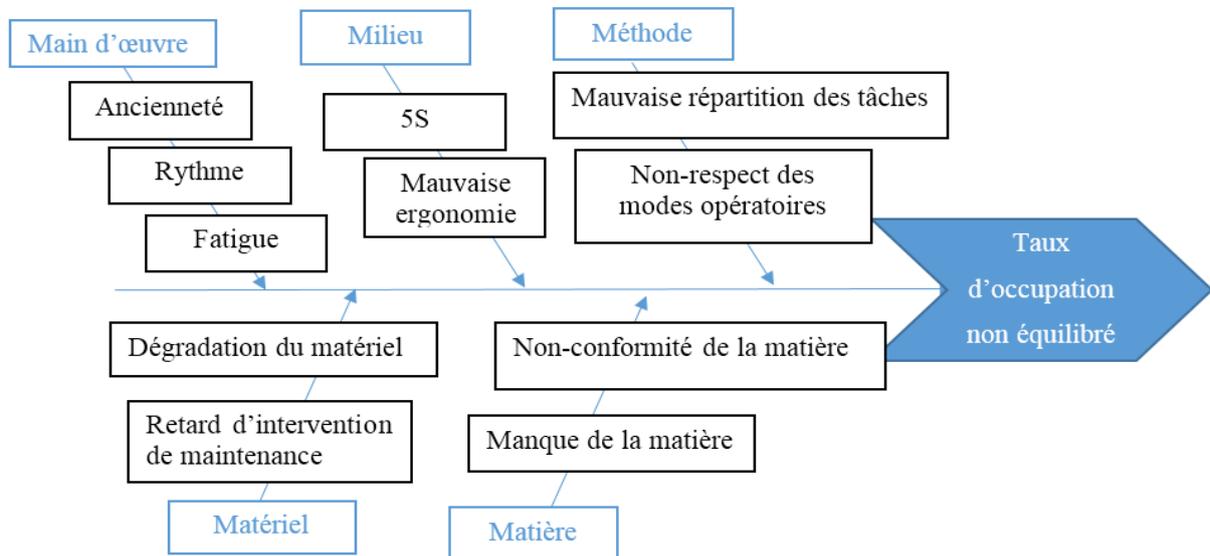


Figure 18: Diagramme d'Ishikawa du non équilibre des taux d'occupation

des différents postes de travail, nous avons construit le diagramme d'Ishikawa suivant :

Un Brainstorming avec l'équipe de production y compris le chef de shift, le contremaître et quelques opérateurs s'avère très utile pour discuter les causes présentées dans le diagramme d'Ishikawa ci-dessus. Dans lequel, on s'est mis d'accord sur la mauvaise répartition des tâches comme étant la cause la plus prioritaire d'être étudiée.

La mauvaise répartition des tâches :

Pour chaque référence, la ligne de production tourne avec un ATT (Actual Takt Time) bien défini qui signifie le temps de production du câble qui doit être dans le cas idéal égal au temps de cycle des opérateurs (Cas idéal : $ATT=CT$ avec CT est le même pour tous les opérateurs) . Or, à cause de la mauvaise répartition des tâches les opérateurs n'ont pas le même temps de cycle (avance des uns et retard des autres) ce qui rend le temps de production du câble égal au plus grand temps de cycle des opérateurs et non pas à l'ATT défini.

Dans notre plan d'action, nous allons agir sur la mauvaise répartition des tâches en faisant des balancements pour que tous les opérateurs aient le même taux d'occupation, c'est-à-dire : le même temps de cycle qui tend vers l'ATT. Ce qui va nous permettre de :

- Eliminer les opérateurs de support dans les postes chargés

- Synthétiser l'ATT avec le CT et donc diminuer le temps de production du câble et augmenter l'Out Put

V. Les arrêts « Stoppages »

Un arrêt d'un poste de travail cause l'arrêt de toute la ligne de production donc une diminution de l'out put et puis une diminution de l'efficience.

1. Les arrêts de la ligne de production X74 PPL

La ligne de production X74PPL (Thermique et PHEV) connaît un ensemble des arrêts qui ralentissent sa cadence. Pour savoir la nature de ces arrêts, nous avons collecté l'historique des arrêts à partir du Décembre 2018 au Février 2019, qui sont présentés sous forme d'un diagramme de Pareto pour les hiérarchiser selon le temps perdu dans chaque type d'arrêt comme le montre la

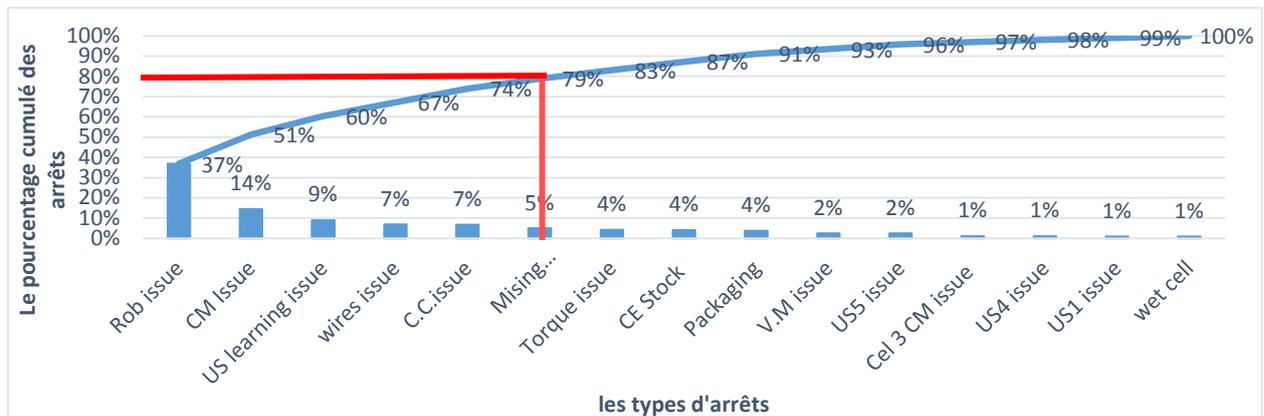


figure 19 :.

Figure 19: Diagramme de Pareto d'historique des arrêts de Décembre 2018 jusqu'à Février 2019

✚ On remarque que 80% du temps d'arrêt est causé par :

- Les arrêts du ROB qui représentent 37%
- Les arrêts du Contrôle de molette qui représentent 14%
- Les arrêts des US qui représentent 9%
- Les arrêts des fils qui représentent 7%
- Les arrêts du Cable Channel (teste de goulotte) qui représentent 7%
- Les arrêts du manque de composants qui représentent 5%

A l'aide d'un brainstorming avec l'équipe composée de :

ME : Ingénieur méthode

Production : Le chef de shift et le Contremaître

Qualité : Ingénieur qualité et l'auditeur

Maintenance : Responsable de maintenance

Fiabilité : Technicien de fiabilité

On a pu conclure que les arrêts les plus fréquents et les plus critiques sont les arrêts du ROB et du contrôle de molette. Dans une recherche de leurs causes, on a opté de faire ce qu'on appelle Stop and Reject Study pour les postes de ROB et CM.

Stop and Reject Study: comme son nom l'indique c'est une étude du suivi d'un poste de travail en chronométrant tous les arrêts de 3 heures par jours pendant 3 jours. Les données collectées sont présentées dans l'annexe (Voir ANNEXE 7 et ANNEXE 8)

2. Analyse du Stop and Reject Study

A partir des données collectées du Stop And Reject Study du ROB et CM, on a pu faire un graphique de YAMAZUMI des 2 postes étudiés :

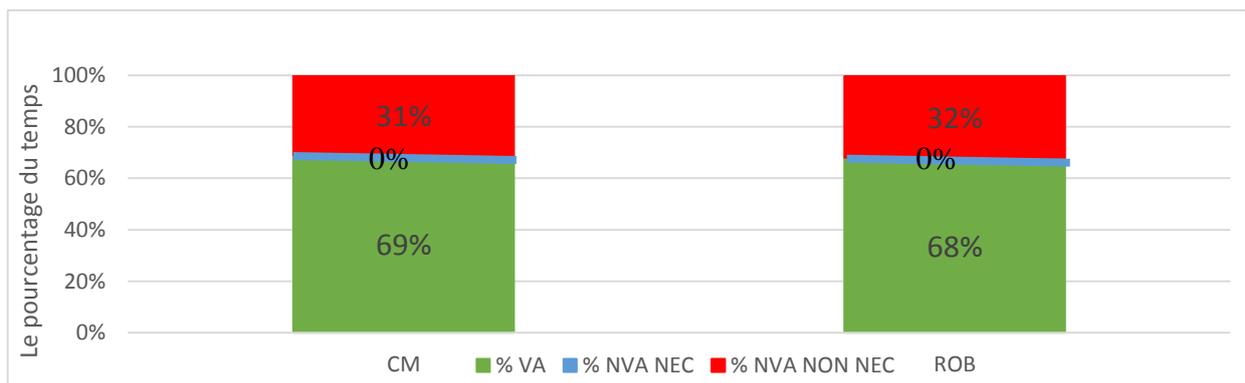


Figure 20: Yamazumi du CM et ROB

✚ La figure 20 montre que :

- On perd 32% du temps dans des tâches de NVA qui représentent des arrêts dans le ROB
- On perd 31% du temps dans des tâches de NVA qui représentent des arrêts dans la CM

Pour savoir les arrêts qui causent ces temps de NVA, on a hiérarchisé l'ensemble des arrêts qu'on a collecté dans chacune des Stop and Reject Study faites, selon le temps perdu par les diagrammes de Pareto suivants :

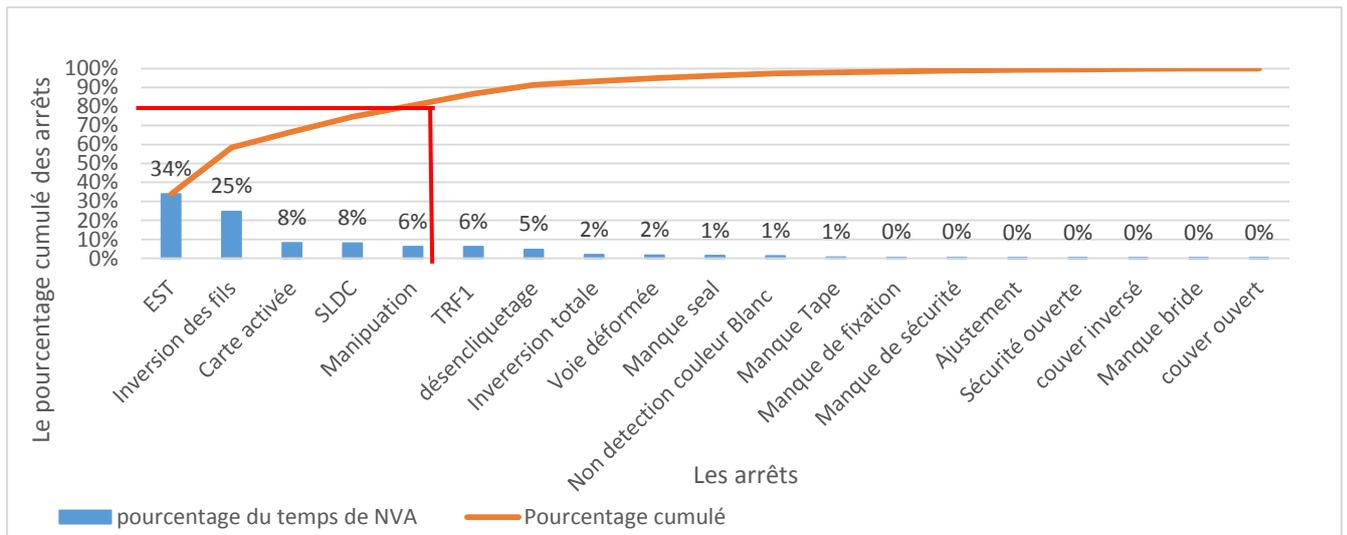


Figure 21: Diagramme de Pareto des arrêts du ROB

a. **Diagramme de Pareto des arrêts du ROB :**

Le diagramme de Pareto montre 20% des arrêts qui causent 80% du temps perdu sont :

- EST : qui représente 34%
- Inversion des fils : qui représente 25%
- Carte activée : qui représente 8%
- SLDC : qui représente 8%
- Manipulation : qui représente 6%

b. **Les causes des arrêts du ROB**

EST: Lorsqu'on monte un connecteur dans sa contre pièce une led verte s'allume en indiquant la présence des seals (bouchons) dans leurs bons emplacements dans les voies du connecteur. Dans le cas contraire, la led ne s'allume pas même si les seals sont dans leurs bons emplacements, c'est ce qu'on appelle un problème d'EST qui est lié au service de maintenance.

Inversion des fils : L'inversion des fils se présente lorsque les fils ne sont pas encliquetés dans les voies définies du connecteur.

Selon la criticité de l'inversion, la réparation de ce problème se fait soit par les opérateurs du ROB soit on démonte le câble pour qu'il soit réparé dans le poste de réparation. Dans les deux cas, le problème cause un temps de non-valeur ajouté. Pour savoir les causes racines de ce problème, nous avons construit l'arbre des causes suivant :

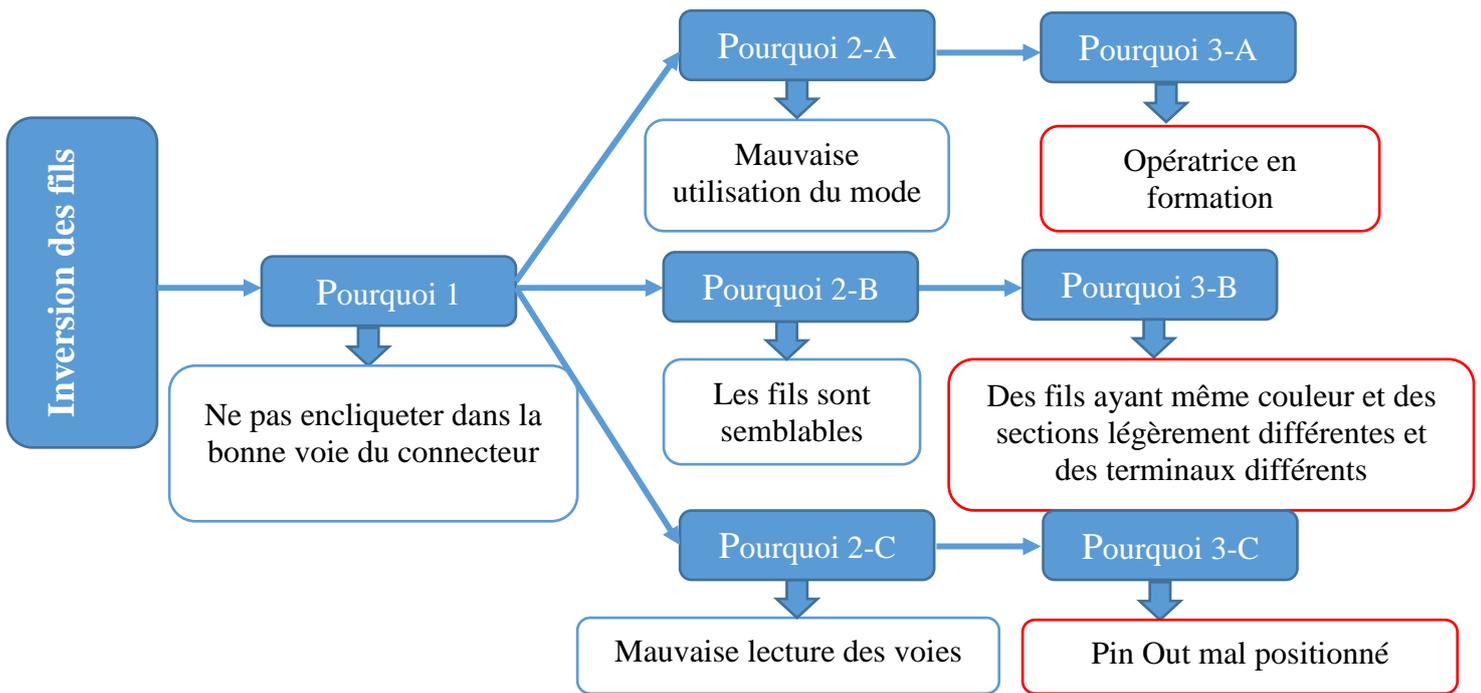


Figure 22:Arbre des causes "Inversion des fils"



Figure 23:Exemple des fils semblables

SLDC : C'est un élément dans la contre pièce du connecteur qui détecte la présence de la sécurité du connecteur. C'est un problème lié au service de maintenance.

Carte activée : Ce problème se présente lors du changement des câbles dans le teste électrique (il y a des cartes spécifiques au PHEV et des autres spécifiques au Thermique) . C'est un problème lié au service de maintenance.

Manipulation : La présence des connecteurs se détecte dès qu'on monte les connecteurs dans leurs contre-pièces. Or, des fois les opérateurs doivent faire des manipulations (monter et démonter les connecteurs plusieurs fois) pour que la présence des connecteurs soit détectée. Ce qui cause une perte de temps pour l'opérateur. C'est un problème lié au service de maintenance.

c. Diagramme de Pareto du CM

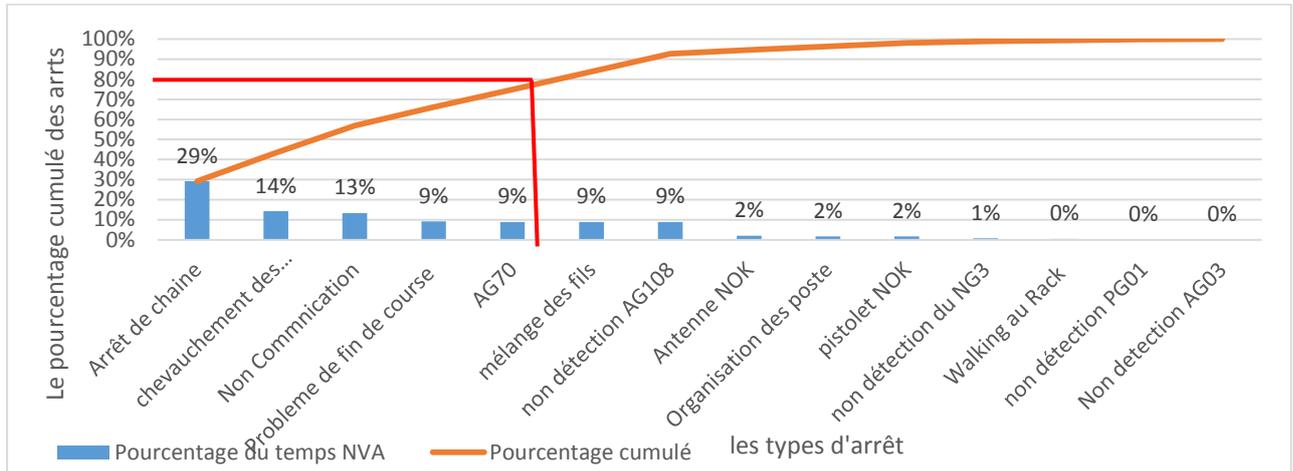


Figure 24: Diagramme de Pareto des arrêts du CM

Le diagramme de Pareto montre que 20% des arrêts qui causesnt 80% du temps perdu sont :

- Arrêt de ligne
- Chevauchement des opérateurs
- Non communication
- Problème de fin de course
- AG70

d. Les causes des arrêts du CM

Les arrêts de la ligne de production : la ligne de production s'arrête de tourner ce qui affecte directement l'out put. Pour savoir les causes racines de ce problème, nous avons construit l'arbre des causes suivant :

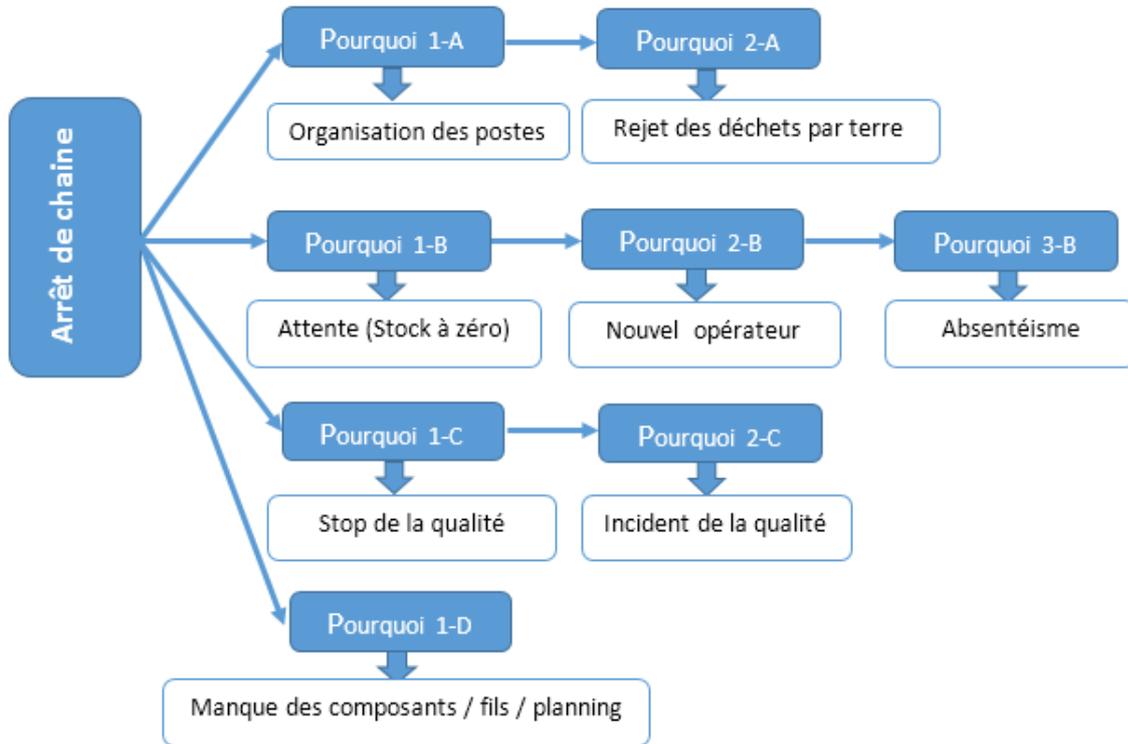


Figure 25: Arbre des causes "Arrêt de ligne"

Chevauchement des opérateurs : le chevauchement des opérateurs se produit quand beaucoup d'opérateurs accomplissent leurs tâches dans le même tableau. Pour savoir les causes racines de ce problème, nous avons construit l'arbre des causes suivant :

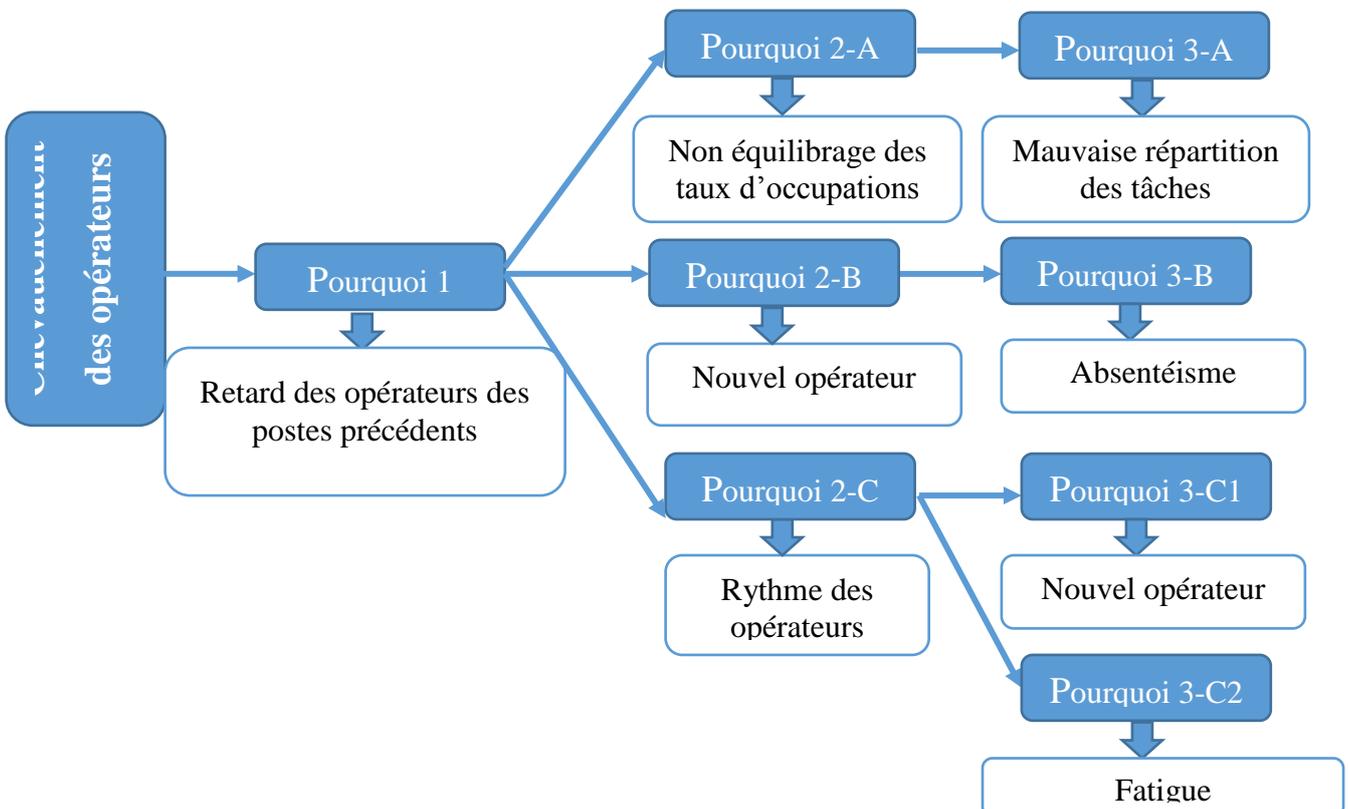


Figure 26: Arbre des causes "Chevauchement des opérateurs" Page 28 sur 50

Non communication :

Le CM sert à tester l'emplacement des brides en affichant sur un écran toutes les brides à tester.

La communication du tableau et l'écran d'affichage se fait via un bornier, dans le cas du dysfonctionnement du bornier, l'écran n'affiche rien alors le câble ne peut être testé qu'après la résolution du problème. C'est un problème lié au service de maintenance.

Problème de fin de course :

Le contrôle de molette est la dernière station du câble dans la chaîne de production.

Quand le câble est en cours de test dans le CM, la ligne de production s'arrête jusqu'à ce que le câble soit testé et démonté, ceci grâce à un détecteur de fin de course. Dans le cas d'un problème de fin de course, le câble tourne pour la deuxième fois dans la ligne de production. Alors, la ligne au lieu de tourner avec un nouveau câble, elle tourne avec un câble en attente de CM, ce qui engendre la perte de production d'un câble. C'est un problème lié au service de maintenance.

AG70 : est une contre pièce dégradée qui nécessite une manipulation pour détecter la présence de la bride. Or, cette manipulation présente une perte de temps d'opérateur. C'est un problème lié au service de maintenance.

VI. Déplacement Avec Non-Valeur Ajoutée

Les déplacements avec Non-Valeur Ajoutée présentent une perte de temps pour les opérateurs et donc une diminution de l'out put qui impacte l'efficience. Dans ce qui suit, nous allons présenter les déplacements qu'on a constaté accompagnés des digrammes spaghetti pour mieux les illustrer :

1. Déplacements entre l' US1 et la C1

➤ Les déplacements de l'opératrice de l'US1 :

-Déplacement de Cell-US1 vers l'US1 pour préparer les épissures

-Déplacement pour mettre les épissures au moyen de connexion

-Déplacement pour retourner au Cell-US1

➤ Les déplacements de l'opératrice de la C1 :

-Déplacement de la Cell vers le moyen de connexion

-Déplacement du moyen de connexion vers la C1 :

La figure suivante, illustre le diagramme spaghetti des déplacements de l'opératrice de l'US1 et

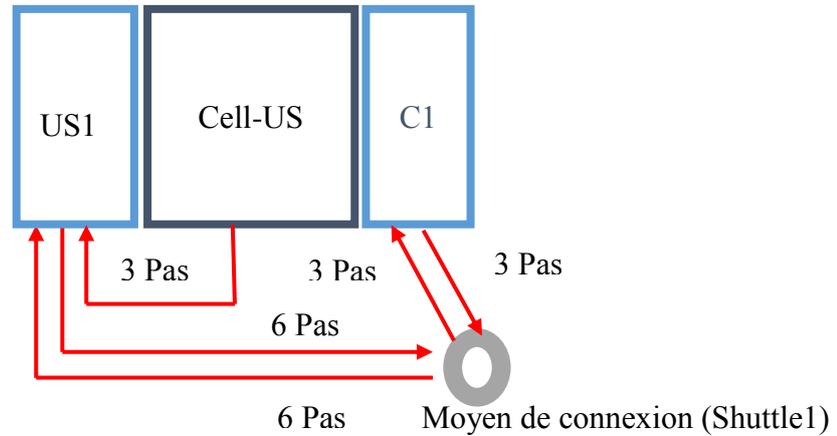


Figure 27: Diagramme spaghetti entre US1 et Cellule 1

celle de la C1:

Le chronométrage a montré que ses déplacements présentent une perte de : 192s / shift.

2. Déplacements entre Poste 1 et Rack

- Les déplacements de l'opérateur du poste 1:
 - Déplacement du poste 1 vers le Rack
 - Déplacements du Rack vers le poste 1

La figure suivante, illustre le diagramme de spaghetti des déplacements de l'opérateur du poste 1 :

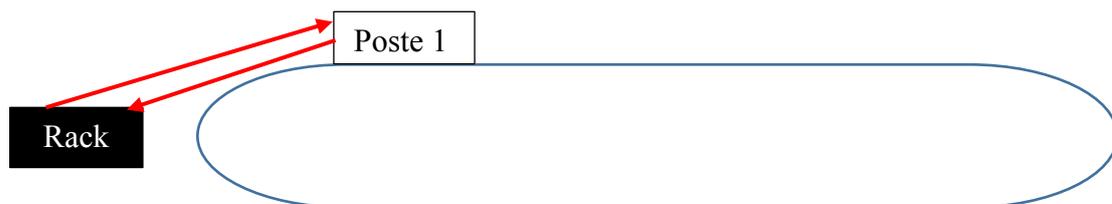


Figure 28: Diagramme spaghetti des déplacements dans le poste 1

- ✚ Le chronométrage a montré que ces déplacements présentent une perte de : 112 s / Shift.

3. Déplacements entre Cellule 10 et US4

- Les déplacements de l'opératrice de l'US4
 - Déplacement de la cell-US4 vers l'US4 pour préparer les épissures
 - Déplacement de l'US4 vers le moyen de connexion pour mettre en place les épissures préparées

-Déplacement du moyen de connexion 1 vers le moyen de connexion 2 pour mettre en place les kits de la cellule 10

-Déplacement pour retourner à la cell-US4

La figure suivante, illustre le diagramme de spaghetti des déplacements de l'opératrice de l'US4 et celle de la C10 :

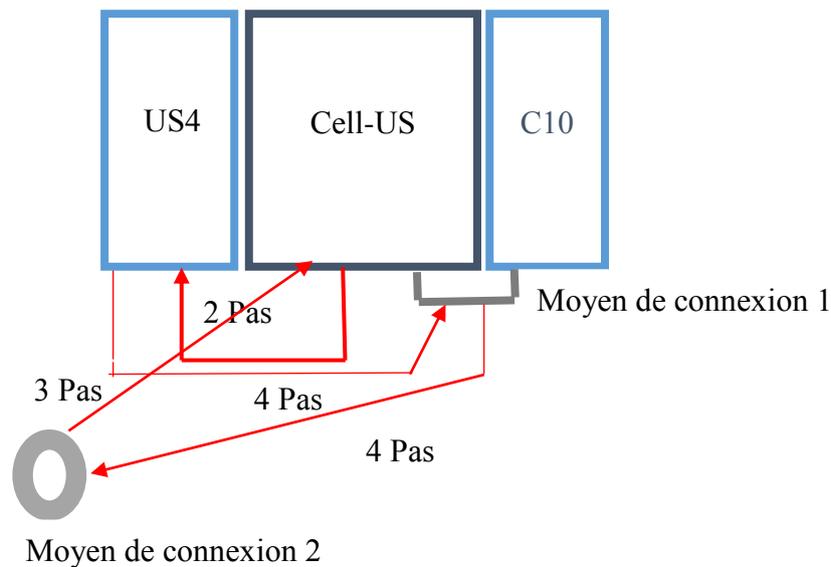


Figure 29: Diagramme spaghetti des déplacements de l'opératrice de l'US4

✚ Le chronométrage a montré que ces déplacements présentent une perte de 112 s / Shift

4. Déplacements entre Poste 17-18 et Rack

- Les déplacements de l'opérateur du Poste 17 :
 - Déplacement vers le rack pour amener le scanner
 - Déplacement du rack vers le Poste 17
 - Déplacement vers le rack pour amener les brides
 - Déplacement du rack vers le Poste 17
- Les déplacements de l'opérateur du Poste 18 :
 - Déplacement vers le rack pour amener les brides
 - Déplacement du rack vers le Poste 18

La figure suivante, illustre le diagramme spaghetti des déplacements des opérateurs du Poste 17 et Poste 18 :

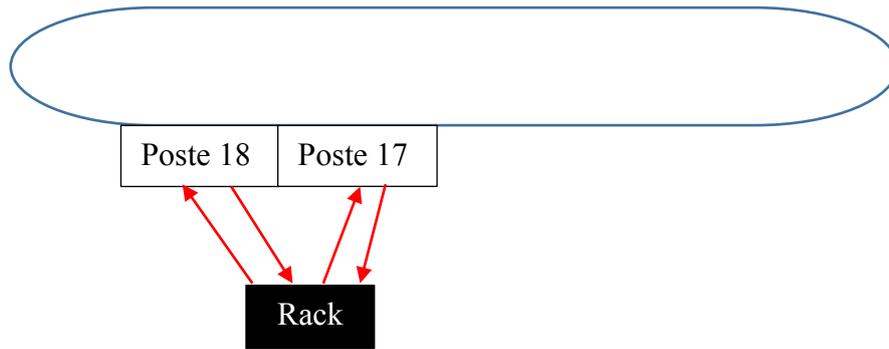


Figure 30: Diagramme spaghetti des déplacements des opérateurs du Poste 17 et Poste 18

✚ Le chronométrage a montré que ces déplacements présentent une perte de 288s / Shift

VII. Mauvaise organisation des postes de travail

La mauvaise organisation des postes de travail présente un non-respect de l'ergonomie physique de l'opérateur, aussi qu'un ensemble des mouvements inutiles qui causent une augmentation du temps de cycle et donc une diminution de l'output qui impacte l'efficacité.

Pendant notre Gemba Walk, nous avons détecté la mauvaise organisation des postes de travail suivants :

➤ Cellule 10

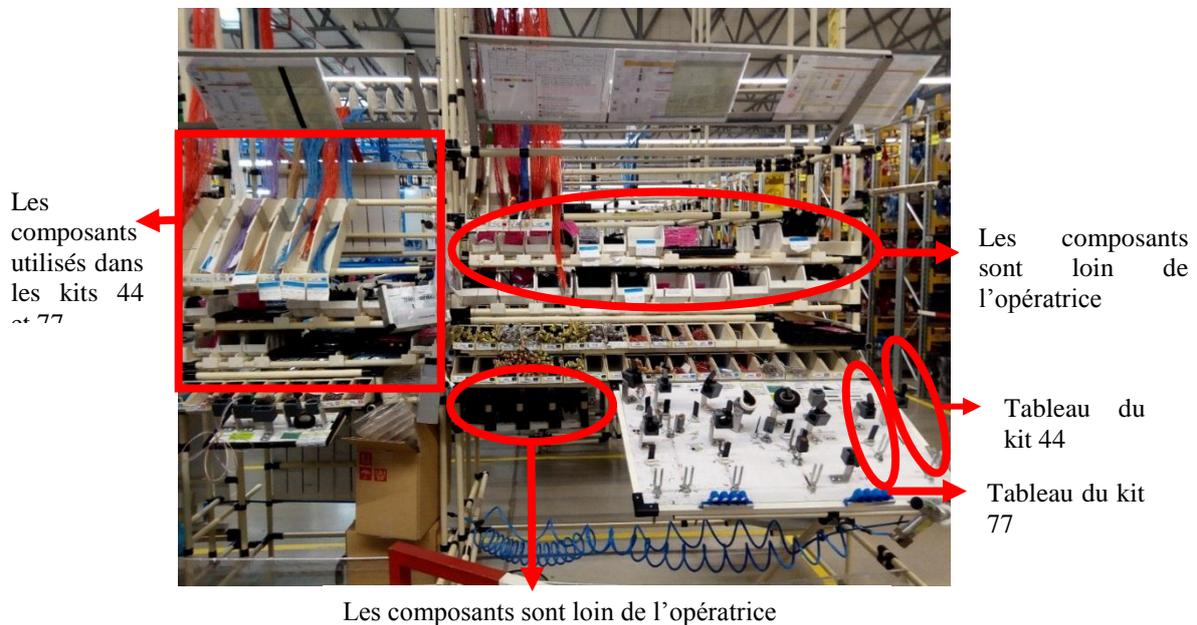


Figure 31: Illustration de la mauvaise organisation de la Cellule 10

La photo ci-dessous présente la cellule 10 :

✚ La figure 31 montre que:

- Les tableaux des kits 44 et 77 sont loin de leurs composants
- Les composants sont loin de l'opératrice

➤ **Cellule 4**

La photo ci-dessous présente la cellule 4 :

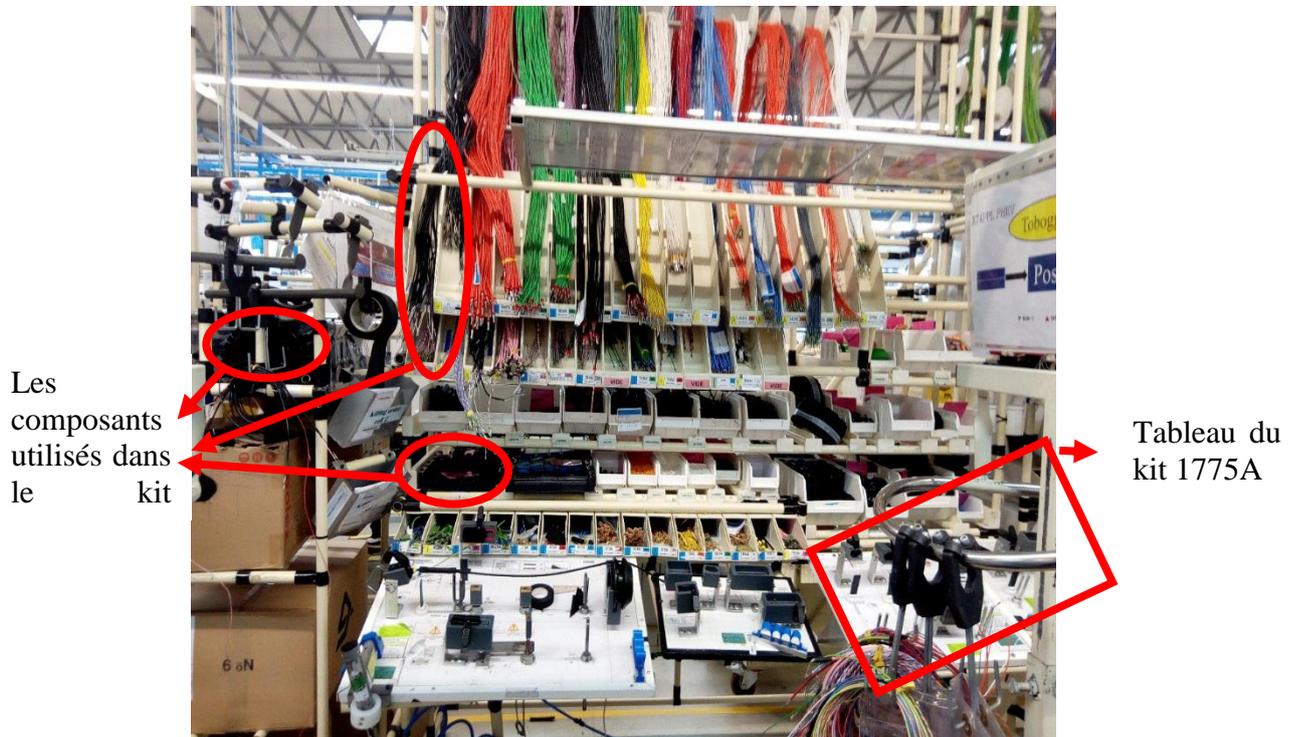


Figure 32: Illustration de la mauvaise organisation de la cellule 4

- ✚ D'après la figure 32, on remarque que le tableau du kit 1775A est trop loin des composants utilisés dans la production de ce kit

➤ **Cellule 8**

La photo ci-dessous présente la cellule 8 :



Figure 33: Illustration de la mauvaise organisation de la Cellule 8

✚ La figure 33 montre que : Les composants du kit 26 sont loin les uns des autres ce qui peut causer un mélange des fils aussi qu'une perte de temps dans l'emballage des fils.

➤ **Poste Torque + Vision**

Ce poste est récemment ajouté (avec l'intégration), alors que les contres pièces sont mal positionnées. Ce qui rend la mission de passer ce test difficile pour l'opérateur, et il lui prend beaucoup de temps. La figure 34 présente l'état actuel du Poste Torque + Vision

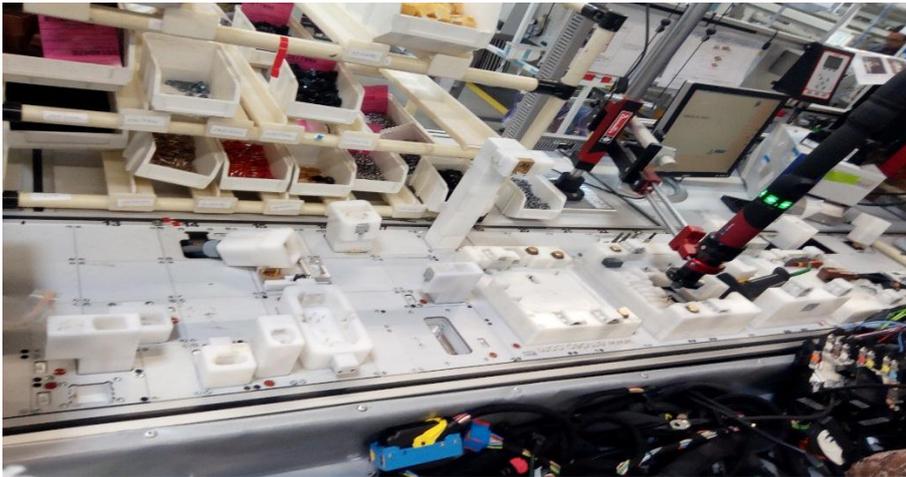


Figure 34: Poste Torque + Vision

VIII. Les défauts de qualité de la ligne de production X74PPL

On ne peut pas parler de l'efficience sans parler des défauts de qualité qui retardent la production à cause du temps gaspillé dans la réparation des câbles.

Les responsables de qualité prélèvent chaque jour les défauts de qualité qui apparaissent au niveau de la chaîne, ce qui est une source de retard de production et de diminution de l'efficience. Nous avons contacté le responsable de qualité de la famille afin de nous fournir l'historique des défauts durant 2 mois (Février et Mars 2019). La figure 36 présente un diagramme de Pareto d'historique des défauts :

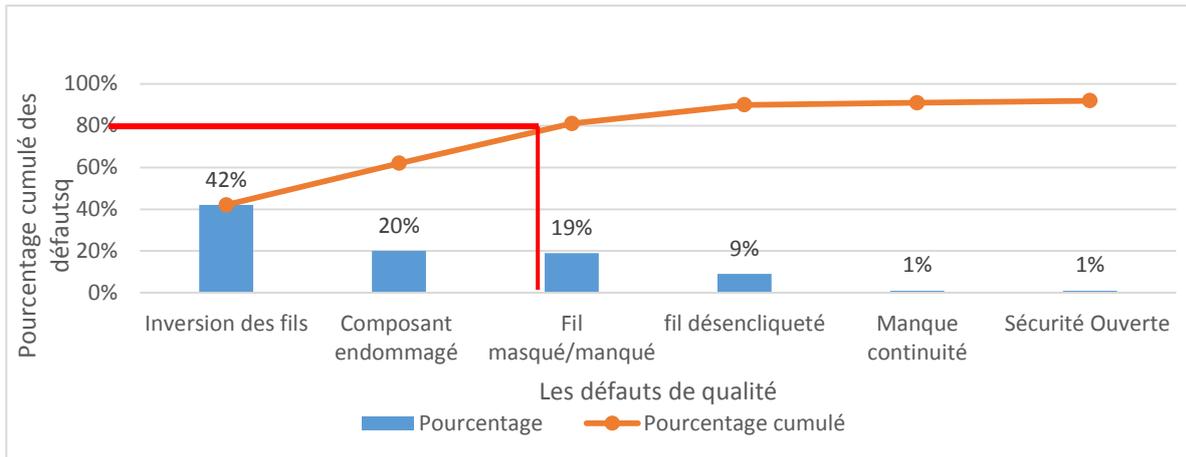


Figure 35: Diagramme de Pareto des défauts de qualité

- ✚ La figure montre que 80% des défauts de qualité sont:
 - Inversion des fils avec un pourcentage de 42%
 - Composant endommagé avec un pourcentage de 20%
 - Fil masqué/ manqué avec un pourcentage de 19%

a. Inversion des fils :

Problème déjà traité dans le ROB. Voir : chapitre 4 .V.2.b

b. Composant endommagé :

Les composants endommagés peuvent être des connecteurs, des terminaux ou bien des passe-fils qui ont subi des forces en traversant les différentes étapes du flux de production.



Figure 36: les composants endommagés

La recherche des causes racines de ce problème, nous a menés vers la réalisation d'un diagramme d'Ishikawa présenté dans la figure 37:

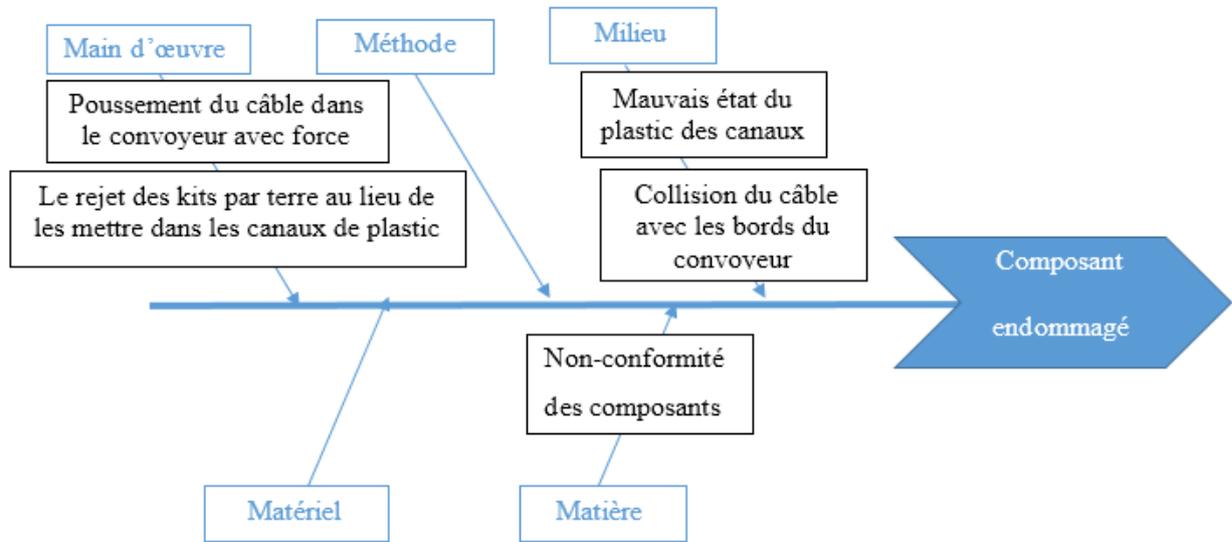


Figure 37: Diagramme d'Ishikawa des composants endommagés

c. **Fil masqué/ manqué :**

Ce problème se traduit par le manque d'un fil ou bien l'encombrement avec les autres fils qui le masquent. la figure 38 illustre ce problème :

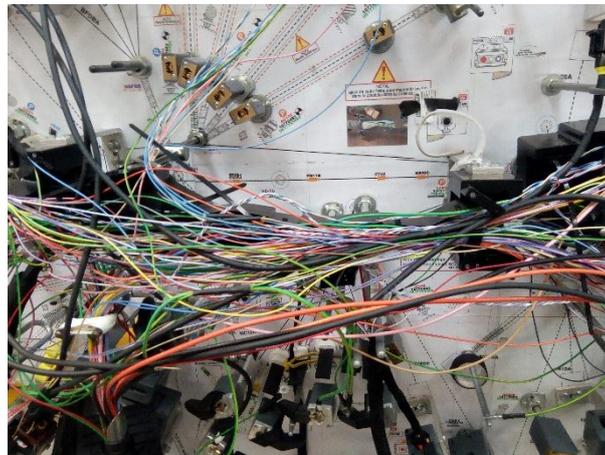


Figure 38: Encombrement des fils

La recherche des causes racines de ce problème, nous a menés vers la réalisation d'un diagramme d'Ishikawa présenté dans la figure 39 :

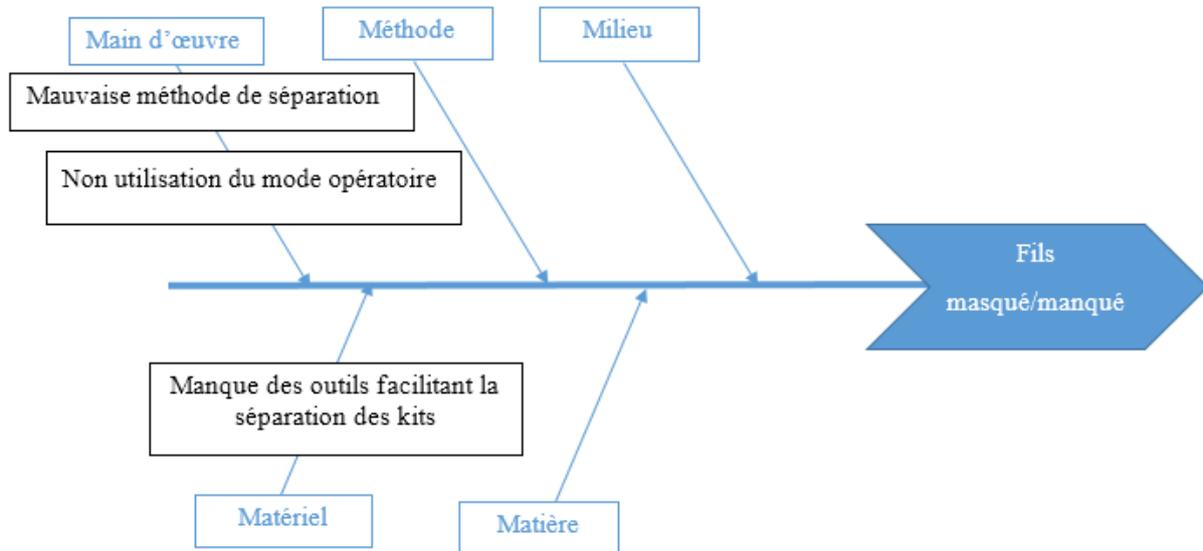


Figure 39: Diagramme d'Ishikawa des Fil masqué/manqué

IX. Les problèmes de la production du câble PHEV

La production du câble PHEV connaît beaucoup de problèmes qui causent des attentes entre les différents postes de travail, des retards de production qui s'incarnent dans le fait que parfois le câble ne s'achève pas dans un seul tour de ligne et donc une perte d'Out Put.

Afin de savoir les causes de ces problèmes, nous avons fait un suivi de la production de 3 câbles comme le montre le tableau suivant :

1er Câble		2eme Câble		3eme Câble	
Arrêt (s)	Cause	Arrêt (s)	Cause	Arrêt (s)	Cause
123	CM	807	kit NOK	40	CM
281	Manque kit	216	Epissure arrachée	281	Manque kit
449	Manque kit	413	kit NOK	178	Organisation poste
452	CM	540	Manque Kit	210	Manque Kit
352	Manque kit	195	Organisation poste	58	CM
35	CM	191	Manque Kit	150	CM
65	CM	358	CM	118	Epissure erronée
123	CM	236	CM	210	Kits NOK
42	CM			35	CM
498	CM				
388	Manque fixation				
140	manque crochet				

Tableau 2: Suivi des arrêts du PHEV

La hiérarchisation par un diagramme de Pareto des problèmes rencontrés lors du suivi selon le temps perdu dans chacun d'eux,

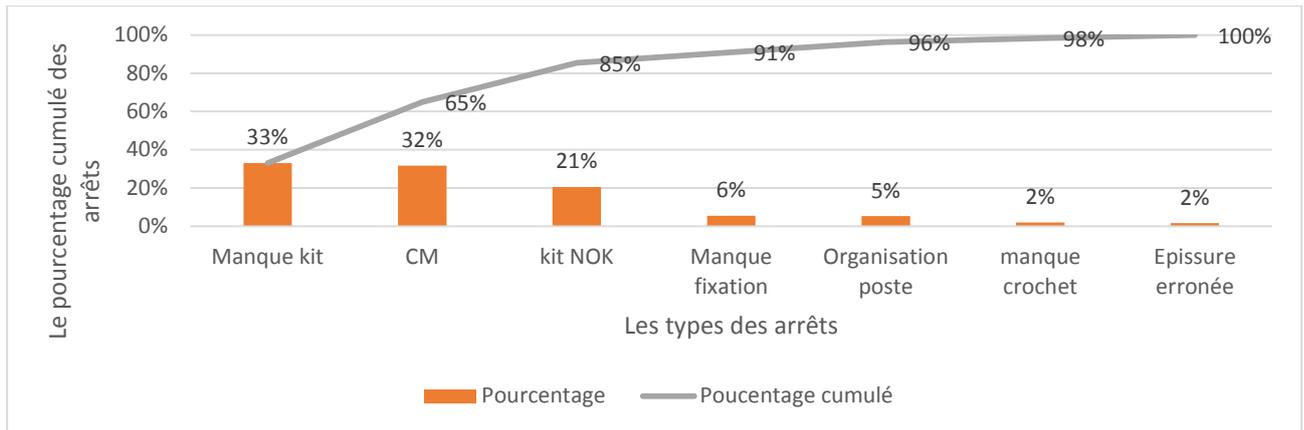


Figure 40: Pareto des arrêts de production du câble PHEV

Comme le montre la figure 40, le problème du manque du Kit présente la plus grande perte de temps dans la production du câble PHEV.

Dans la ligne de production, On a 12 tableaux d'assemblage. Selon la demande du client du câble PHEV (le maximum qu'on peut atteindre 25%), on détermine le nombre des tableaux de chaque variété.

Nombre des tableaux du Thermique	Nombre des tableaux du PHEV	La séquence de travail
9	3	On produit 3 câbles Thermique et puis un câble PHEV
10	2	On produit 5 câbles Thermique et puis un câble PHEV
11	1	On produit 11 câbles Thermique et puis un câble PHEV

Tableau 3: La séquence de travail souhaitée

Or, les kitting Order (Les ordres de production) sont imprimés selon combien on doit produire dans un shift de production et non pas comment on doit les produire, (c.-à-d. qu'il n'y a pas une séquence de travail, on a seulement le nombre des kitting order de chaque type de câble). Dans notre plan d'action, on va agir sur la séquence de travail pour assurer la présence des kits à temps.

Chapitre 4 :
Plan d'action et contrôle des résultats
« Phase 4: Innover » et « Phase 5 : Contrôler »

Ce chapitre présente les solutions mises en place pour atteindre les objectifs du projet en se basant sur les mesures et les analyses effectuées dans le chapitre précédent ainsi que l'évaluation des indicateurs de performance et les gains par rapport à chaque action.

I. Introduction

La mesure et l'analyse des données ont été suivies par la mise en place d'un plan d'action du projet, l'évaluation des gains et le contrôle de l'efficacité après la mise en place des actions d'amélioration proposées.

II. Plan d'action et les résultats obtenus

1. Non Equilibrage des taux d'occupation des postes de travail

Pour résoudre les problèmes liés au non équilibrage des taux d'occupation, on a proposé un plan d'action visant le balancement des taux d'occupation des postes de travail :

a. Les actions choisies « Les balancements »

Le tableau 4 englobe les actions de balancements des postes de travail :

Irritants	Actions	Résultat
Surcharge de la cellule 3	Supprimer l'élément « Prendre et mettre le con.2120A au CP, encliqueter 4 fils » du kit 1-B De la cellule 3 et l'ajouter au kit 1-A de la cellule 4	-Diminuer le temps de cycle de la cellule 3 -Eliminer l'opérateur support de la cellule 3
Surcharge de la cellule 11	Supprimer l'élément « <i>Mettre GAF_9 entre N135 _N342 avec l'outil 13772053</i> » du kit 2-B de la cellule 11 et l'ajouter au kit 2-A de la cellule 12	-Diminuer le temps de cycle de la cellule 11
Surcharge de la cellule 8	Supprimer le Kit 30 de la cellule 8 et l'ajouter à la cellule 7-A	-Diminuer le temps de cycle de la cellule 8
Surcharge du poste 10	Supprimer l'élément « <i>Habiller la branche N540-N530 avec TSA-100</i> » et « <i>Appliquer les frettes FR-28 et FR-29</i> » du poste 10 et l'ajouter pour le Poste 11.	-Diminuer le temps de cycle du Poste 10
Surcharge du poste 17	-L'alimentation des brides par le poste 18 -L'ajout de la coupe de 2 brides par le post 18 au lieu du poste 17	-Diminuer le temps de cycle du Poste 17

Tableau 4: Les actions du balancement

b. Visualisation des résultats obtenus

La figure 41 permet de faire la comparaison entre les taux d'occupation avant et après les balancements pour la référence X74PPL444 :

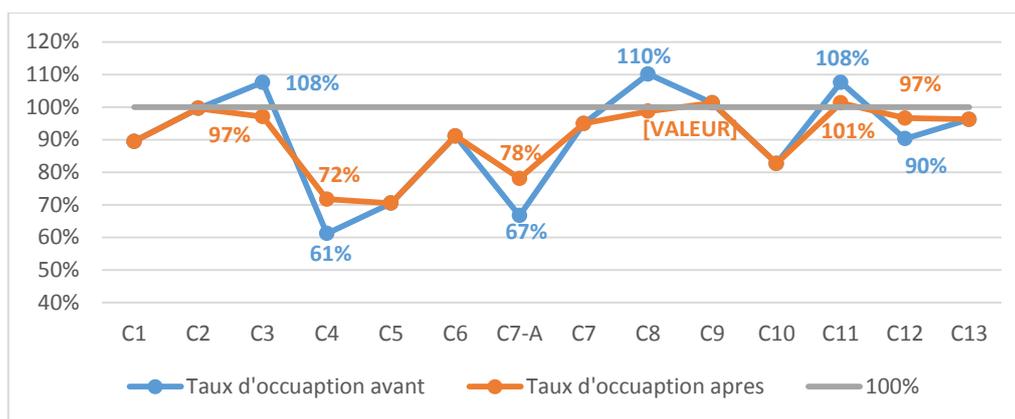


Figure 41: Taux d'occupation des cellules X74PPL444 (avant et apres)

✚ D'après le graphique, on peut remarquer que les balancements faits ont permis de minimiser les écarts des taux d'occupation par rapport à 100% (l'état idéal). Les autres références sont présentées dans l'annexe (voir ANNEXE 6)

c. Les gains

Les paramètres améliorés	Les gains	Gain en efficience	Efficience totale gagnée
L'out put	+ 2,5 câbles / shift	+1,8%	+3,8%
L'effectif	-1 opérateur	+2%	

Tableau 5: Les gains des actions du balancement

✚ Le tableau 5 montre que les actions de balancement nous ont permis de gagner 3,8% de l'efficience

2. Les arrêts

Comme nous avons mentionné dans le chapitre précédent, les arrêts du ROB et du CM sont les plus critiques dans la ligne de production. Pour cela, nous avons proposé un plan d'action visant leur diminution.

a. Les actions

Le tableau 6 englobe les actions que nous avons proposées pour diminuer les arrêts de la ligne de production:

Poste	Irritants	Actions	Résultat
ROB	EST	Intervention maintenance pour la liste des contres pièces qui connaissent un problème d'EST	Eliminer un opérateur support (un opérateur support entre les deux postes au lieu d'un opérateur pour chacun) et Augmentation d'Out Put
	Inversion des fils	Marquage des fils	
	SLDC	Intervention maintenance pour la liste des contres pièces qui connaissent un problème de SLDC	
	Manipulation	Intervention maintenance pour la liste des contres pièces qui connaissent un problème de manipulation	
CM	Non communication	Intervention maintenance du tableau 6 et tableau 11	
	Problème de fin de course	Intervention maintenance du tableau 2	
	AG70	Changement de la contre pièce	

Tableau 6: Les actions de l'élimination des arrêts

Dans l'annexe nous avons présentés les listes des contres pièces nécessitant une intervention maintenance pour chaque problème (voir ANNEXE 9)

b. Visualisation des actions

Pour éviter les inversions des fils causés par les fils semblables, on a fait un marquage permettant de distinguer les uns des autres :



Figure 42: Marquage des fils semblables

La figure 42 montre un exemple des marquages faits visant la diminution des inversions

des fils causées par les fils semblables présentés dans la figure 33 (nous avons marqué l'un par le blanc et l'autre par le noir).

c. Les gains

Les paramètres améliorés	Les gains	Gain en efficacité	Efficience totale gagnée
L'out put	+ 6 câbles / shift	+4,3%	+6,3%
L'effectif	-1 opérateur	+2%	

Tableau 7: Les gains de la diminution des arrêts

Le tableau 7 montre que les actions visant la diminution des arrêts nous ont permis de gagner 6,3% de l'efficacité

3. Déplacements avec Non-Valeur Ajoutée

Afin de diminuer les déplacements avec Non Valeur Ajoutée qui ont un impact direct sur l'Out Put, nous avons proposé les actions suivantes :

a. Walking entre US1 et Cellule 1

L'action :

- Permuter les emplacements de la Cell-US et de l'US1 de telle façon que l'US soit plus proche de la cellule 1.
- Changer l'emplacement du moyen de connexion de telle façon qu'il soit entre l'US et la C1

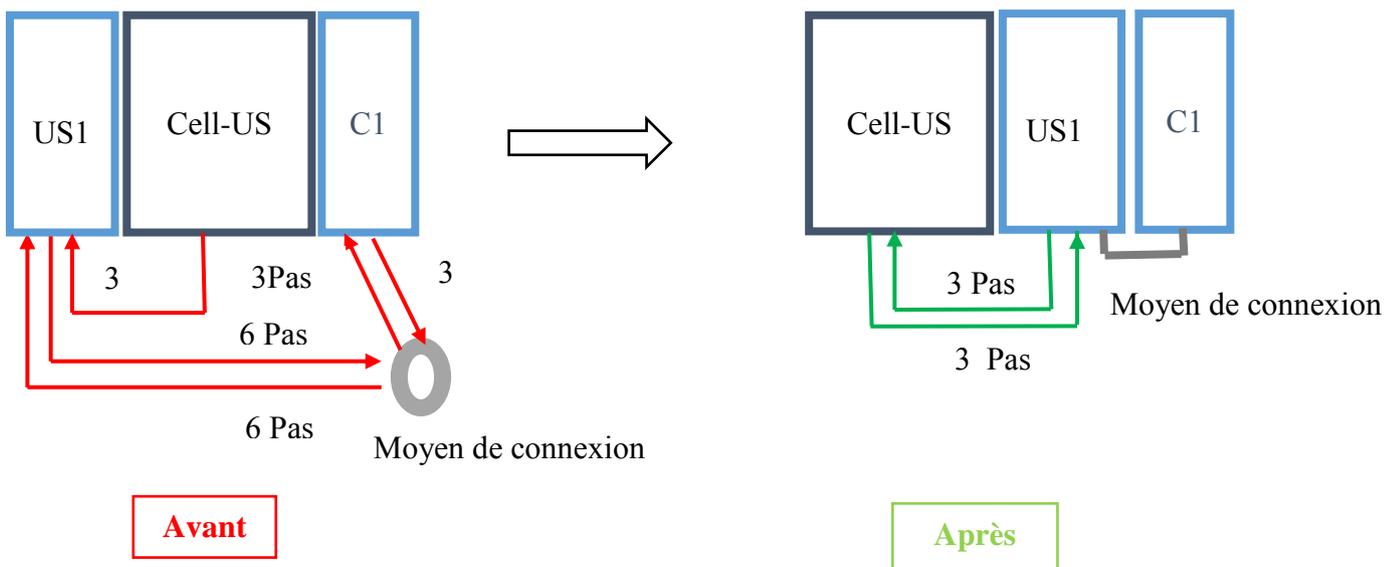


Figure 43 : Illustration de la minimisation des déplacements des opératrices de l'US1 et C1

Le résultat :

- Diminution des déplacements de l'opératrice de l'Ultrasonique 1
- Elimination des déplacements de l'opératrice de la Cellule 1

Le gain: 96 s/ shift

b. Walking entre Poste 1 et Rack

L'action : La mise en place d'un panier derrière le poste 1 qui pourra être alimenté chaque heure au lieu de se déplacer jusqu'au Rack pour chaque câble.

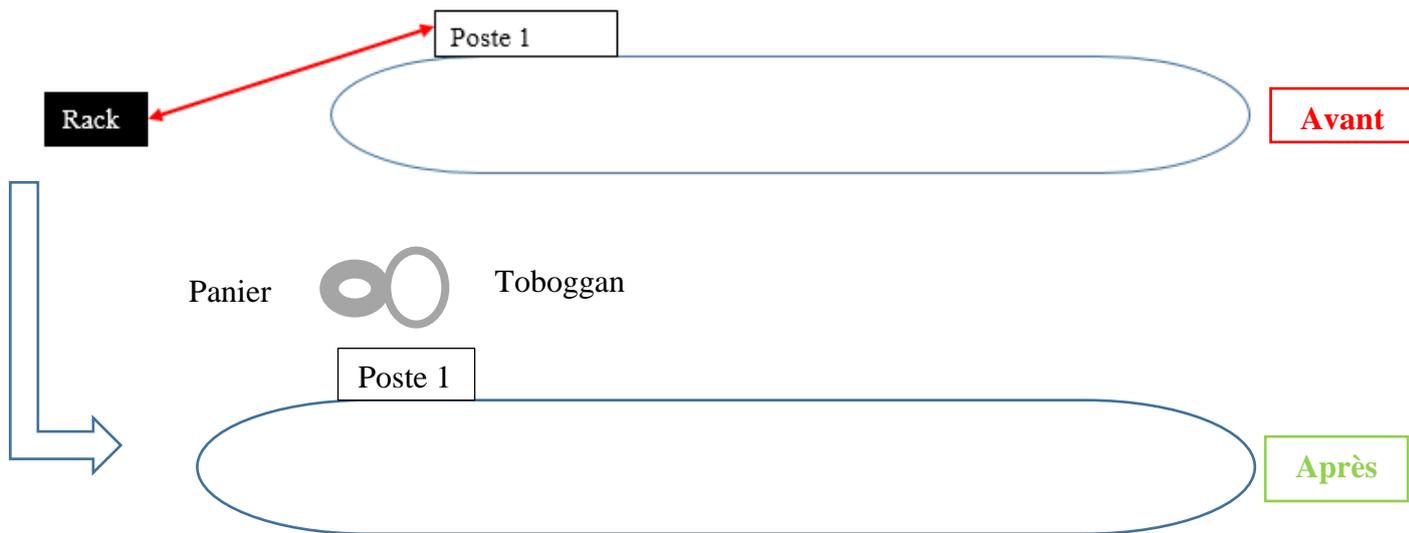


Figure 44: Illustration de la minimisation des déplacements de l'opérateur du Poste 1

Le résultat : Minimisation des déplacements de l'opérateur du poste 1

Le gain total: 50s / Shift

c. Walking entre US4 et Cellule 10

Les actions: Changer l'emplacement du Rack et la cellule 10 de telle façon que l'US4 soit plus proche de la cellule 10 afin de minimiser le déplacement de l'opératrice de la cellule 10.

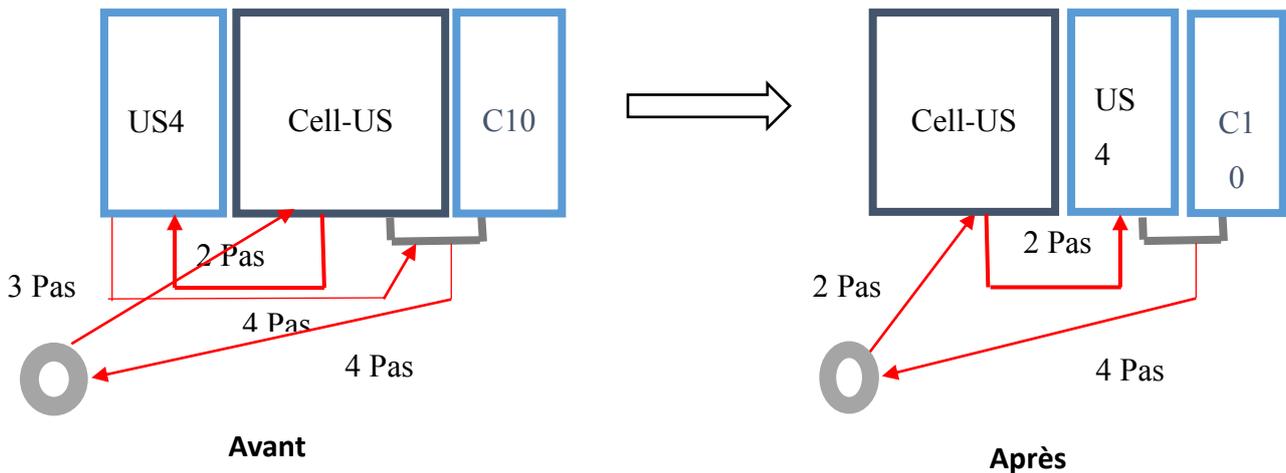


Figure 45: Illustration de la minimisation des déplacements de l'opératrice de l'US4

Le résultat : Minimisation des déplacements de l'opératrice de l'US4

Le gain total: 48s / shift

d. Walking des Poste 17 et 18

Les actions :

-Assurer des tabliers avec des grandes poches (delandas) aux opérateurs des postes 17 et 18 pour minimiser les déplacements vers le rack des brides.

-Mettre en place un scanner sur le poste pour éliminer le déplacement de l'opérateur du poste 17.

Le résultat : Minimisation des déplacements des opérateurs du poste 17 et Poste 18

Le gain total: 264s / shift

e. Le gain total de la minimisation des déplacements avec non-valeur ajoutée :

Les irritants	Le gain (s)/shift	Le gain total (s)/shift	Gain en Out Put/Shift	Gain en efficience
Wallking entre US1 et cellule 1	96	458	2 câbles	+1,4%
Walking du Poste 1	50			
Walking entre US4 et Cellule 10	48			
Walking des postes 17 et 18	264			

Tableau 8: Les gains de la minimisation des déplacements avec Non-Valeur Ajoutée

✚ Le tableau 8 montre que par l'ensemble des actions visant la diminution des déplacements avec Non-Valeur Ajoutée, nous avons gagné 1,4 % de l'efficience

4. Mauvaise organisation des postes de travail

La mauvaise organisation cause des mouvements inutiles. Pour les diminuer, nous avons appliqué la méthodologie des 5S dans les postes de travail visant leur organisation pour assurer des conditions de travail efficaces et sécurisées.

a. Les actions de réorganisation

Poste	Les actions de réorganisation	Résultat
Cellule 4	Changer l'emplacement des éléments (M1, M3, M3495252 et 13648596) de telle façon qu'ils soient devant le tableau du kit 1775A	Amélioration de l'ergonomie des postes de travail pour diminuer le temps de cycle et faciliter l'accomplissement de leurs tâches.
Cellule 8	Changer l'emplacement des éléments (1620A, BR15B, 1601B, 6725A et 13668543) de telle façon qu'ils soient devant le tableau du kit 1775A	
Cellule 10	Echanger emplacement 1589Z (PHEV) avec 1590A (Thermique)	
	Changer les emplacements des kits 44 et 77 (les mettre avec les le tableau des contres pièces)	
	Diminuer la largeur du tableau du kit pour que l'opératrice soit plus proche des composants	
Torque + Vision	Changer l'emplacement des contre pièces (BFRE, 7025A, 1753A-2T, RP10, RPA0-2T, RCP4, 7711A) pour faciliter le test ainsi que pour garder la qualité du câble	
	Augmenter la longueur du bras de vissage	

Le tableau 9 englobe les actions de réorganisation des postes de travail:

b. Visualisation des actions réalisées

La figure suivante montre les actions de réorganisation faites au niveau de la cellule 10 :



Figure 46: Exemple des actions réalisées "cellule 10"

c. **Le gain**

Les paramètres améliorés	Les gains	Gain en efficacité	Efficacité totale gagnée
L'out put	+ 1,25 câbles / shift	+0,9%	+0,9%

Tableau 10: le gain des actions de réorganisation des postes de travail

- ✚ Le tableau 10 montre que ces actions de réorganisation, nous ont permis de gagner 0,9% de l'efficacité. De plus, ces actions visent le confort des opérateurs et le respect de leur ergonomie et donc un rendement meilleur.

5. Les défauts de qualité

a. **Les actions de qualité**

Irritant	Action	Résultat
composant endommagé	Appliquer le Glycérine pour faciliter la mise en place du passe-fil dans sa contre-pièce	Diminution du taux de réparation et donc augmentation de l'out put
	Assurer la protection des bords du convoyeur	
	Assurer des nouveaux canaux de plastic	
Fil masqué/ Manque	Assurer les Macdos pour une meilleure séparation	
	Vérifier la conformité de la séquence de travail	
	Sensibiliser les opérateurs de respecter la séquence de travail	
	Assurer le suivi des opérateurs	

Tableau 11: Les actions de la minimisation des défauts de qualité

b. **Visualisation des actions**

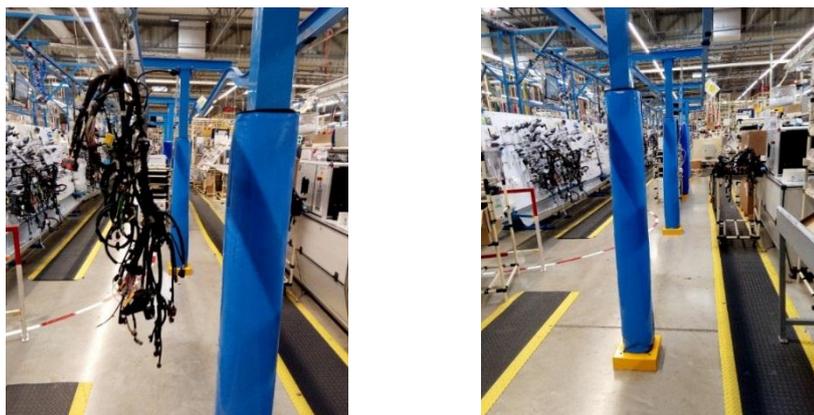


Figure 47: Les actions de minimisation de la réparation "la protection des bords du convoyeur"
 La figure 47 montre l'action proposée pour assurer la protection des bords du convoyeur .

La figure 48 montre l'action proposée pour assurer une meilleure séparation des fils :

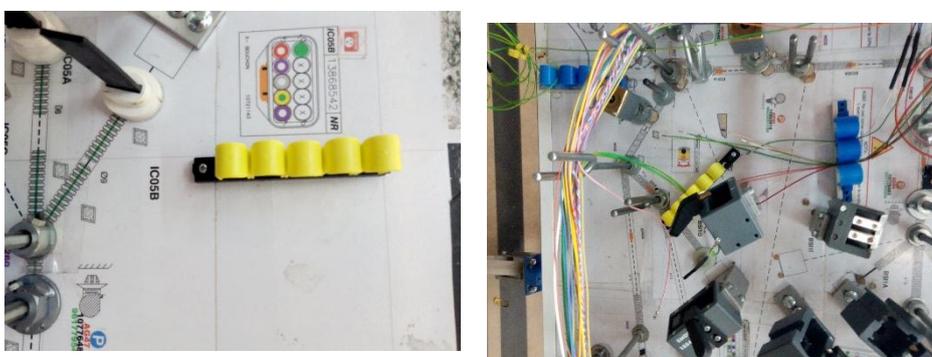


Figure 48: Les actions de minimisation du taux de la réparation "les Macdo de séparation"

c. **Le gain**

Les paramètres améliorés	Les gains	Gain en efficience	Efficience totale gagnée
L'out put	+ 2 câble / shift	+0,7%	+1,4%

Tableau 12: Le gain des actions de minimisation du taux de la réparation

✚ Le tableau 12 montre que les actions de minimisation du taux de la réparation, nous ont permde gagné 1,4 % de l'efficience.

6. Les problèmes de production

a. **Action**

Pour remédier aux problèmes de production causés par le manque des kits, nous avons préparé une macro par Excel et nous l'avons proposé au département logistique qui est chargé de la préparation des kitting ordre, cette macro vise l'organisation des kitting ordre selon la séquence de production dans la ligne de production.

Mauvaise organisation	0,9%	=15,7%	25 120
Réparation	1,4%		
Production câble PHEV	1,8%		

Tableau 14: Le gain par un shift de production

✚ Le tableau 14 montre que par la diminution des gaspillages chassés, nous avons gagné 15,7% de l'efficacité.

2. Bilan économique

Sachant que : le projet durera jusqu'à 2023 et il y a 2 shifts de production/ jours. Nous présentons dans le tableau suivant le gain pour la durée de vie restante du projet :

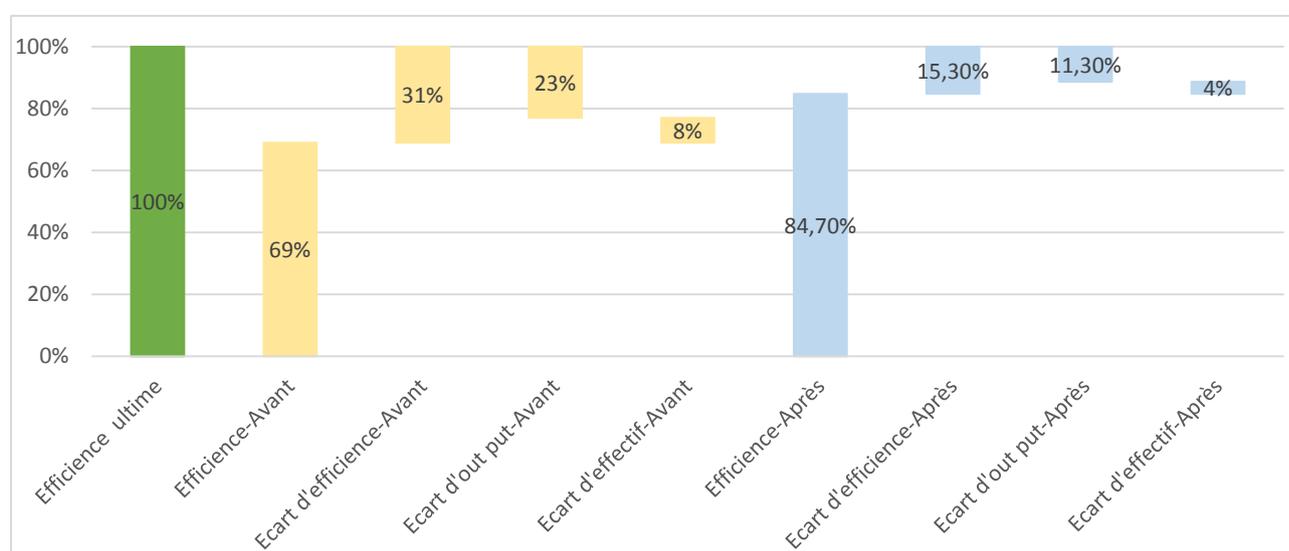
Gain (€) / shift	Gain total brut (€)	Charges des actions	Gain net (€)
25 120	33 660 800	295 600	33 365 200

Tableau 15:Le bilan économique

✚ Le tableau 15 montre que pour le reste de la durée de vie du projet (2,5 ans) et avec 2 shifts de production par jours, nous gagnons 33 365 200 €.

1. L'état de l'efficacité après diminution des gaspillages chassés

Pour pouvoir faire une comparaison entre l'efficacité avant et après les améliorations, nous



avons présenté le graphique de la figure 50 :

Figure 50 : Comparaison de l'efficacité avant et après les améliorations

✚ Le graphique montre que l'efficacité de la ligne de production a passé de 69% à 84,7% avec une diminution d'écart de 31% à 15,3%.

2. Historique d'efficacité après diminution des gaspillages

Pour s'assurer des résultats obtenus, nous avons suivi l'efficacité du mois de Mai qu'on a présenté dans la figure 53 :

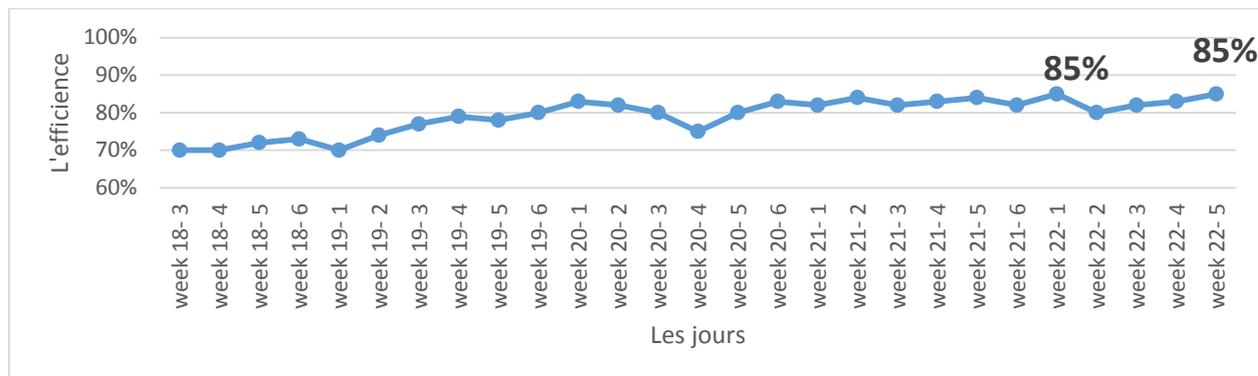


Figure 51: L'évolution de l'efficacité pendant Mai 2019

- Le graphique montre que l'efficacité est en évolution et elle a pu atteindre un maximum de 85% ainsi que la fluctuation a diminué. Ce qui garantit l'atteinte de notre objectif.

Conclusion générale

Le stage au sein de Delphi Packard Meknès, nous a permis de réaliser un projet d'une grande importance pour le projet X74 qui est « L'Amélioration de l'efficacité de la ligne de production principale (Thermique et PHEV)» de sorte à gagner en efficacité tout en minimisant les gaspillages, ce qui présente un gain important.

Ce projet reflète une étude globale suivant la philosophie de l'amélioration continue et visant l'élimination des actions à non valeurs ajoutées en agissant sur les dysfonctionnements implicites et explicites.

Nous avons été amenés, tout d'abord, à faire un diagnostic de l'état de lieu, afin de détecter les paramètres qui influencent les performances de notre ligne.

La démarche suivie nous a permis de schématiser le flux de production dans ligne étudiée afin de donner une vision claire des procédés, d'élaborer des analyses pertinentes permettant de prendre conscience des gaspillages qui pénalisent l'efficacité.

A la lumière de ces analyses bien détaillées, nous avons pu mettre en place des solutions techniques et organisationnelles d'amélioration (l'équilibrage des charges de travail, la minimisation des déplacements inutiles, la réorganisation des postes de travail, l'amélioration de la disponibilité des équipements, la minimisation des défauts de qualité et l'amélioration de la séquence de production) qui nous ont permis d'atteindre nos objectifs :

- Augmenter la production des câbles par 16,25 câbles/ shift
- Diminution d'effectif par 2 opérateurs
- Améliorer l'efficacité de la ligne de production de plus de 15%.
- Rendre plus fluide le flux et le processus de production.

En perspective, et dans l'optique d'améliorer encore plus l'efficacité de la ligne de production, nous proposons de mettre en œuvre les actions suivantes :

- Adopter la méthode SMED pour diminuer le temps de changement de tableaux.
- Améliorer la séquence de production des postes de travail
- Traiter les problèmes d'absentéisme des opérateurs.

ANNEXE 1

Les outils utilisés :

➤ QOOQCP :

Pour identifier les aspects essentiels en tenant compte de toutes les dimensions du problème, nous avons adopté la méthode QOOQCP. C'est une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique :

Q = Quoi ? De quoi s'agit-il ? Quel est le défaut ?

Q = Qui ? Qui est concerné ? Qui a détecté ce défaut ?

O = Où ? Où cela se produit-il ? Où est-ce localisé ?

Q = Quand ? Quand est-ce que cela s'est produit ? A quelle fréquence ?

C = Comment ? Comment cela arrive-t-il ? Comment l'a-t-on détecté ?

C = Combien ? Combien de fois cela s'est-il passé ? Combien ça a coûté ?

P = Pourquoi ? Pourquoi cela s'arrive-t-il ? Pourquoi ne l'a-t-on pas détecté avant ?

➤ SIPOC

Un diagramme SIPOC est un outil de visualisation qui permet d'identifier tous les éléments pertinents associés à un processus (Process) : son périmètre (frontières, début et fin), les sorties (Outputs), les entrées (Inputs), les fournisseurs (Suppliers) et les clients (Customers).

Fournisseurs (S) : La personne fournissant les entrées nécessaires au processus.

Entrées (I) : Les ressources ou données requises pour l'exécution du processus.

Processus (P) : Un ensemble d'activités nécessitant un ou plusieurs types d'entrées et créant des sorties qui ont de la valeur ajoutée pour le client.

Sorties (O) : Un service ou produit résultant du processus.

Client (C) : Le destinataire du produit du processus (c'est-à-dire de la sortie).

➤ **Diagramme Dedans/Dehors :**

Le diagramme Dedans-Dehors sert à déterminer les différentes parties prenantes du projet, en désignant les parties qui ont un lien direct avec le projet.

➤ **Diagramme de Pareto**

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

➤ **Diagramme d'Ishikawa**

Diagramme d'Ishikawa en référence à son concepteur promoteur, est un outil de qualité utilisé pour identifier les causes d'un problème. Il permet de structurer la recherche en les classant par familles. Chaque famille commence par la lettre M :

Main d'œuvre : compétence

Matière : matérielle ou immatérielle

Méthode : procédure de travail

Moyen : Machine

Milieu : environnement

➤ **Arbre des causes**

Arbre des causes est un schéma se présentant sous la forme d'une arborescence en posant la question pourquoi plusieurs fois afin de trouver la cause racine de la défaillance

➤ **Brainstorming**

Le brainstorming est une technique de créativité qui facilite la production d'idées d'un individu ou d'un groupe. L'utilisation du brainstorming permet de trouver le maximum d'idées originales dans le minimum du temps grâce au jugement différé.

➤ **Graphique Yamazumi**

Les graphique empilés « Yamazumi » sont utilisés dans l'analyse, l'équilibrage des opérations des postes de travail sur une ligne de fabrication ou dans une cellule de production.

Dans un graphique Yamazumi, les tâches exécutées à un poste sont représentées sous forme de rectangles dont la hauteur est proportionnelle au temps nécessaire à leur exécution. Une couleur est généralement attribuée à chaque tâche pour faciliter la lecture du graphique.

Une variante propose d'utiliser la couleur de chaque rectangle selon traditionnel principe vert-orange-rouge.

Vert : Tâche à valeur ajoutée

Orange : Tâche à non-valeur ajoutée mais nécessaire (non supprimable)

Rouge : Tâche sans valeur ajoutée, gaspillage qui doit être supprimé

➤ **Diagramme de spaghetti**

Le diagramme de spaghetti est un outil qui donne une vue claire du flux physique des pièces ou des individus.

Il tire son nom de sa ressemblance avec un plat de spaghettis. En général, lors de sa première tracée les flux s'entremêlent.

➤ **Les 5S**

La méthode 5S permet d'optimiser en permanence les conditions de travail et le temps de travail en assurant l'organisation, la propreté et la sécurité d'un plan de travail ;

Les 5S proviennent des cinq opérations qui constituent la méthode :

Seiri : Trier, placer les outils selon leur fréquence d'utilisation

Seiton : Ranger, organiser, classer de manière à limiter les déplacements physiques et optimiser l'utilisation de l'espace.

Seiso : Nettoyer, réparer

Seiketsu : Ordonner le poste de travail à ce qu'une autre personne puisse s'y retrouver.

Shitsuke : être rigoureux, appliquer les 4 opérations précédentes et les maintenir dans le temps

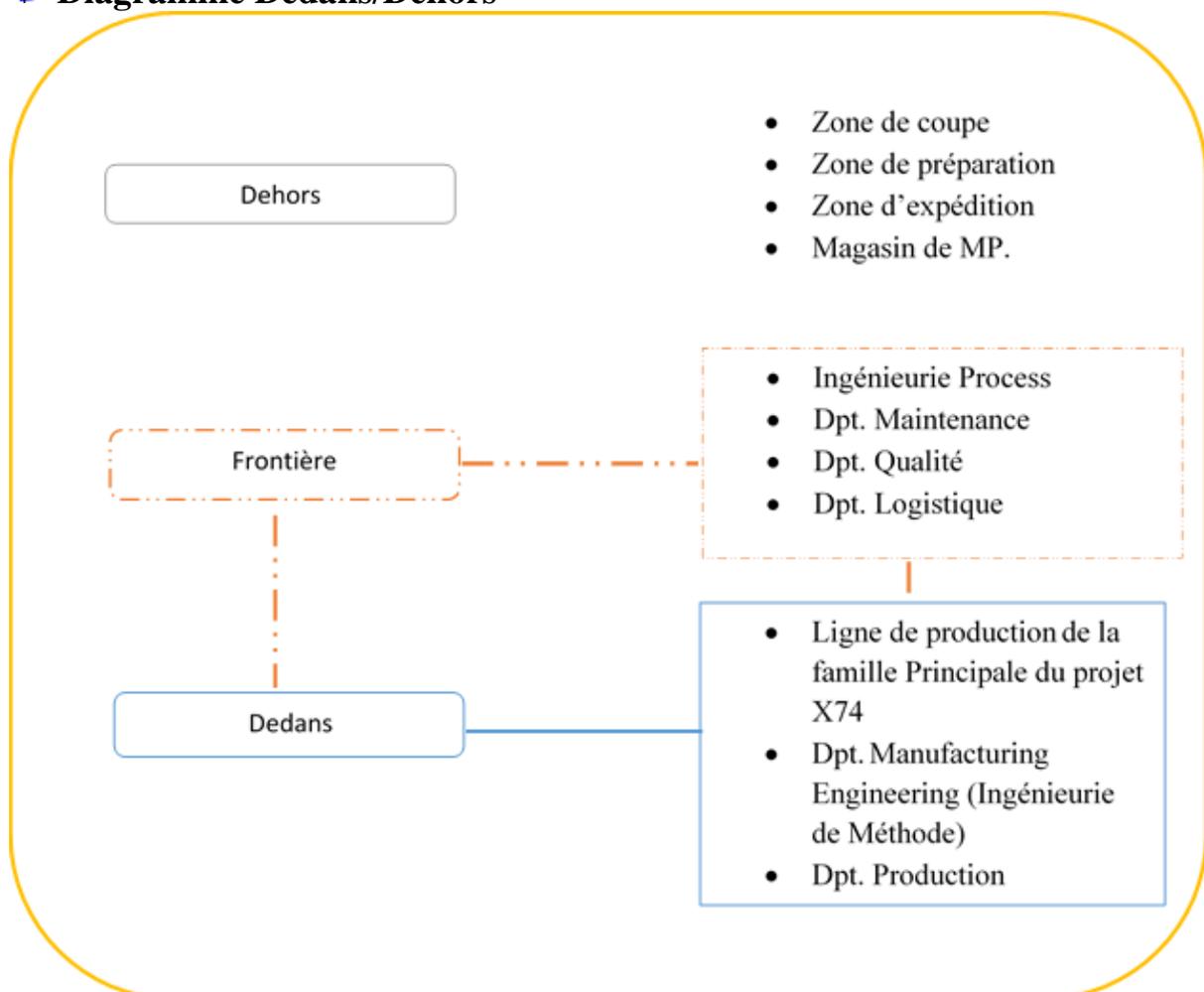
ANNEXE 2



SIPOC				
				
<i>PC& L (Production Control & Logistics)</i>	Matière première / Planning de production	Assurance de la matière première auprès les fournisseurs/ Planification de la production	Câbles selon la quantité demandée	Magasin produit finis
<i>Ingénierie (process)</i>	Equipements	Assurance et validation des équipements	Equipements capacitaires et validés	La ligne d'assemblage
<i>Dpt. Maintenance</i>	Pièces de rechange	Maintenance des équipements	Equipements maintenus	Equipements défailants
<i>Centre de formation</i>	Ressources humains	Formation des opérateurs	Opérateurs formés	La ligne d'assemblage
<i>Dpt. Ingénierie industrielle (Méthode)</i>	-SOS -WAM -Work instructions -Aides Visuels -Distribution des emplacements des	Définition de la méthode de travail / Balancements entre postes	Flux optimal	La ligne d'assemblage

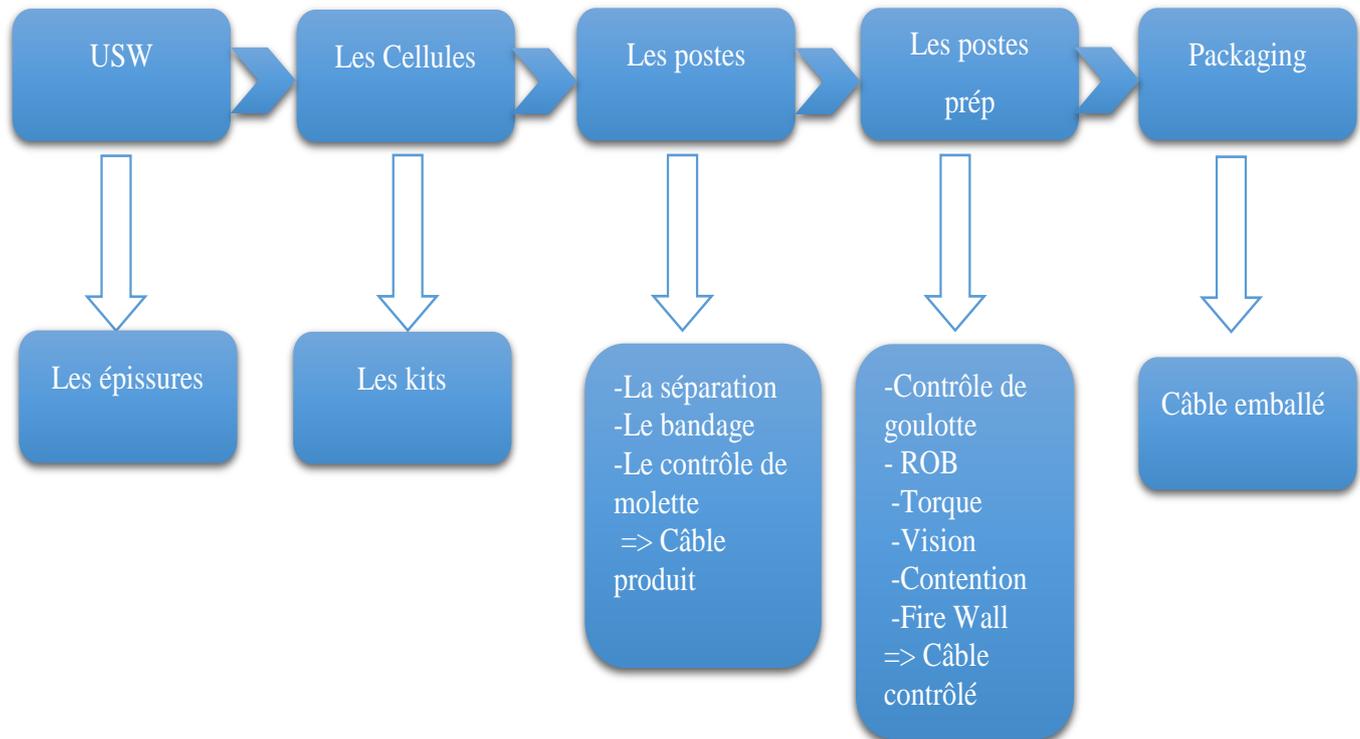
	composants			
<i>Dpt. Qualité</i>	Checklists des anomalies fréquents et réclamations client	Suivie du respect de la méthode définie & des standards Delphi	Câbles avec zéro défaut et de meilleures qualités	La ligne d'assemblage

✚ Diagramme Dedans/Dehors



Processus de production dans la ligne de la famille principale du projet X74

Chaque câble passe par 4 étapes avant d'être emballé, chaque étape apporte une valeur ajoutée au câble jusqu'à ce qu'il soit prêt à être expédié au client. Le flux est schématisé dans la figure ci-dessous :



Zone soudage USW : Zone dans laquelle se fait l'union de deux ou plusieurs conducteurs pour assurer la continuité électrique entre ces fils.

Zone de kitting : Contient des cellules dont le rôle est de préparer les parties du câble (les kits) qui seront par la suite assemblées. Les opérations réalisées par ces postes fixes sont :

- L'encliquetage
- L'enrubannage (bandage)

Zone d'assemblage : contient la ligne de production avec des tableaux mobiles, les opérations réalisées par ces postes mobiles sont :

- La séparation des kits au tableau
- L'encliquetage
- L'enrubannage (bandage)
- Le contrôle de moulette (C.M)

Zone de contrôle : contient

- Un poste contrôle de goulotte (Cable Channel) : Il contrôle l'emplacement de la goulotte
- Un contrôle électrique (ROB) : Il est composé de 2 testes :
 - ✓ le premier pour la vérification de la continuité électrique du câble.
 - ✓ Le second pour la vérification de la présence des accessoires.
- Vissage (Torque) : Il assure le montage des écrous et des accessoires ainsi que le vissage masses et cosses
- Vision (Teste des Fusibles) : Il se charge de la fixation des fusibles et relais dans la boîte à fusibles et puis il teste leurs emplacements.
- Contention : Il se charge de la vérification de côtes du câble
- Fire Wall : Il se charge du contrôle des points critiques dans le câble

Packaging (Emballage) : Il assure l'emballage et le conditionnement du câble.

ANNEXE 4

Définition du document TMS

Le TMS est un document qui permet de mesurer le temps de cycle moyen **CT** et le temps élémentaire moyen **ET** de chaque poste de travail (avec $CT = ET + \text{Walking} + \text{Waiting}$) en chronométrant 10 prises pour chaque élément défini dans le mode opératoire du poste de travail et en prenant en considération la pénétration de chaque référence (Take Rate) et le rythme d'opérateur. (Voir exemple en annexe).

Données d'entrée : - 10 prises du chronomètre de chaque élément du mode opératoire

- la pénétration des références
- le rythme d'opérateur

Données de sortie : - le temps moyen, le temps maximum et le temps minimum des 10 prises de chaque élément

- Le temps de cycle moyen du poste de travail

Exemple TMS

Element or Working	Starting Point	Finishing Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kit 18-B												
Prendre le kit 18-A du shuttle et séparer au tableau (A)	Prendre kit	Fin séparation	30,0"	30,0"	31,0"	39,0"	32,0"	30,0"	31,0"	30,0"	32,0"	30,0"
Prendre le kit 18-A du shuttle et séparer au tableau (B)	Prendre kit	Fin séparation	20,0"	20,0"	20,0"	22,0"	21,0"	20,0"	20,0"	22,0"	19,0"	20,0"
Prendre le con 8605A, passer 3 fils des épissures EM47A, E952, EB06A par PG01 et encliqueter	Prendre con	Fin d'encliquetage	35,0"	36,0"	38,0"	38,0"	34,0"	36,0"	36,0"	37,0"	35,0"	36,0"
Mettre GAF_6 entre N371_8605A (540)	Prendre GAF	Fixer le GAF	18,0"	18,0"	17,0"	19,0"	18,0"	18,0"	19,0"	19,0"	18,0"	19,0"
Mettre GAF_13 entre N2253_N371(80)	Prendre GAF	Fixer le GAF	13,0"	13,0"	14,0"	15,0"	14,0"	13,0"	13,0"	12,0"	12,0"	14,0"
Faire bandage 100% entre N215_N2253	Dbut de bandage	Fin de bandage	33,0"	36,0"	33,0"	35,0"	30,0"	34,0"	33,0"	35,0"	34,0"	36,0"
Mettre GAF_11 entre N211_N215 (300), Faire bandage 50% entre N211_N215	Prendre GAF	Fixer le GAF	42,0"	46,0"	49,0"	45,0"	47,0"	44,0"	45,0"	44,0"	46,0"	42,0"
Prendre, Serrer et couper 5 agrafes	Prendre agrafe	couper agrafe	39,0"	38,0"	36,0"	38,0"	38,0"	39,0"	35,0"	40,0"	36,0"	37,0"
Passer le test de molettes, démonter, emballer et mettre le kit au moyen de connexion	Test de molettes	Mettre au moyen de connexion	24,0"	26,0"	27,0"	30,0"	28,0"	25,0"	26,0"	27,0"	26,0"	28,0"
Kit 66												
Prendre et mettre le con ICK5E au CP, encliqueter 2 fils	Prendre con	Fin d'encliquetage	20,0"	18,0"	18,0"	19,0"	19,0"	20,0"	18,0"	18,0"	20,0"	19,0"
Prendre et mettre le con ICK5E au CP, encliqueter 4 fils	Prendre con	Fin d'encliquetage	24,0"	25,0"	27,0"	25,0"	26,0"	25,0"	24,0"	24,0"	24,0"	25,0"
Emballer et mettre le kit au moyen de connexion	Emballer le kit	Mettre au moyen de connexion	5,0"	5,0"	4,0"	4,0"	5,0"	5,0"	4,0"	4,0"	5,0"	5,0"

Weighted Average
Cycle time

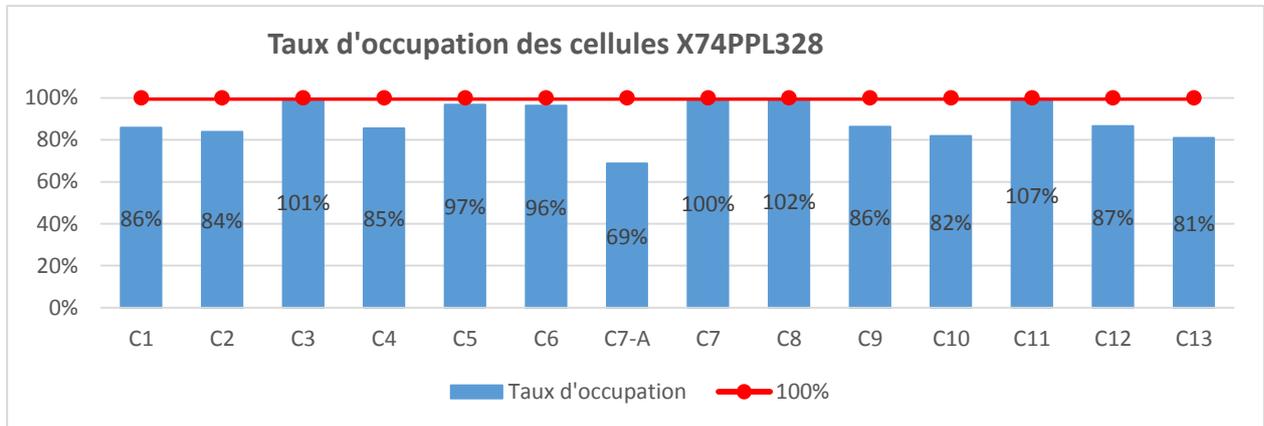
244"

ANNEXE 5

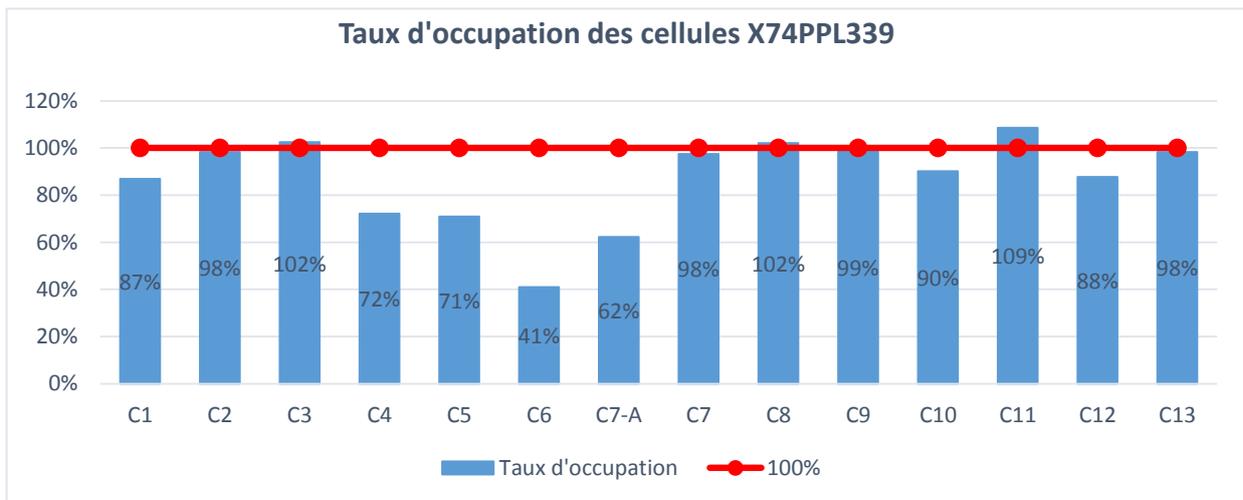
Taux d'occupation des cellules de Kitting

Les figures ci-dessous montrent les taux d'occupation des cellules dans les différentes références étudiées :

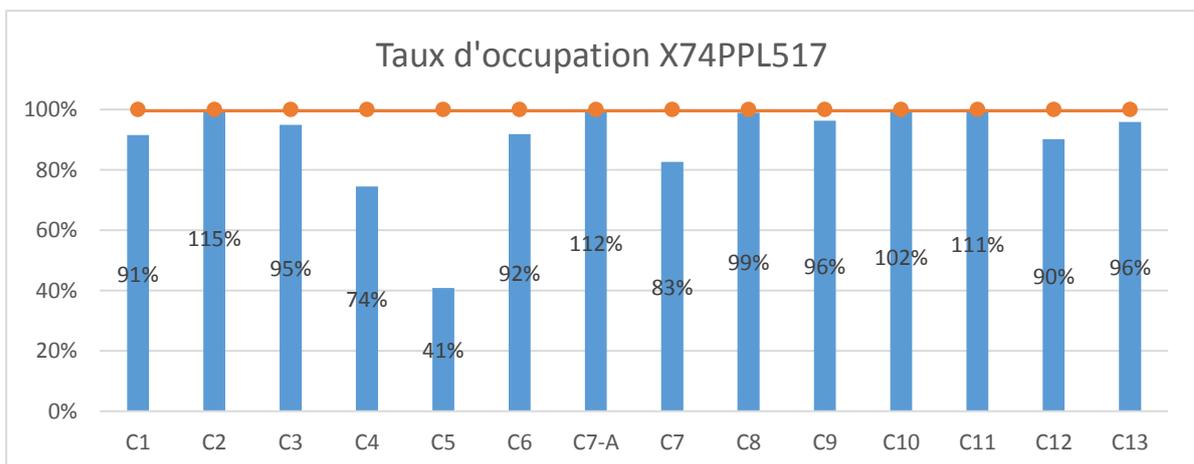
- Taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL328



- Taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL339



- Taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL517

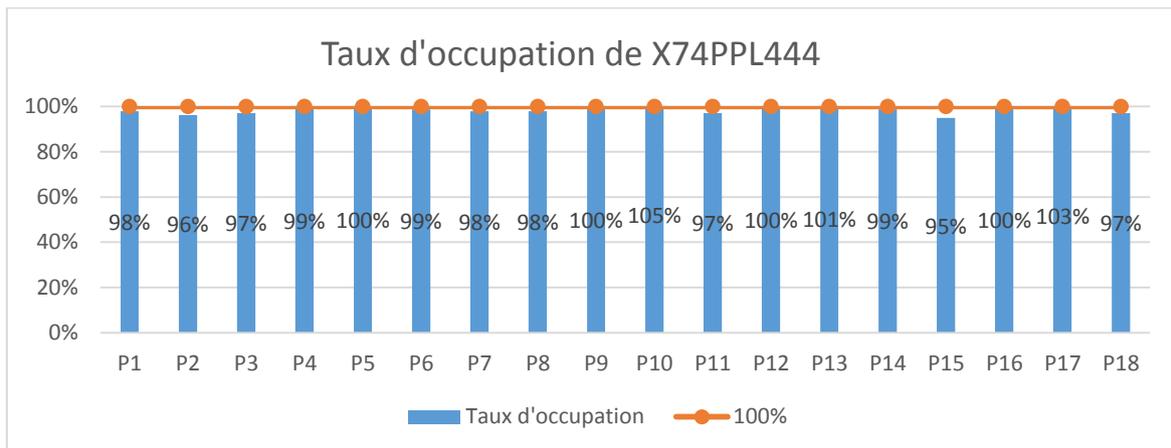


- Le chronométrage des cellules a montré que le taux d'occupation n'est pas synthétisé dans les différentes références étudiées. Il y a des cellules qui sont trop soulagées or il y en a des autres qui sont surchargées

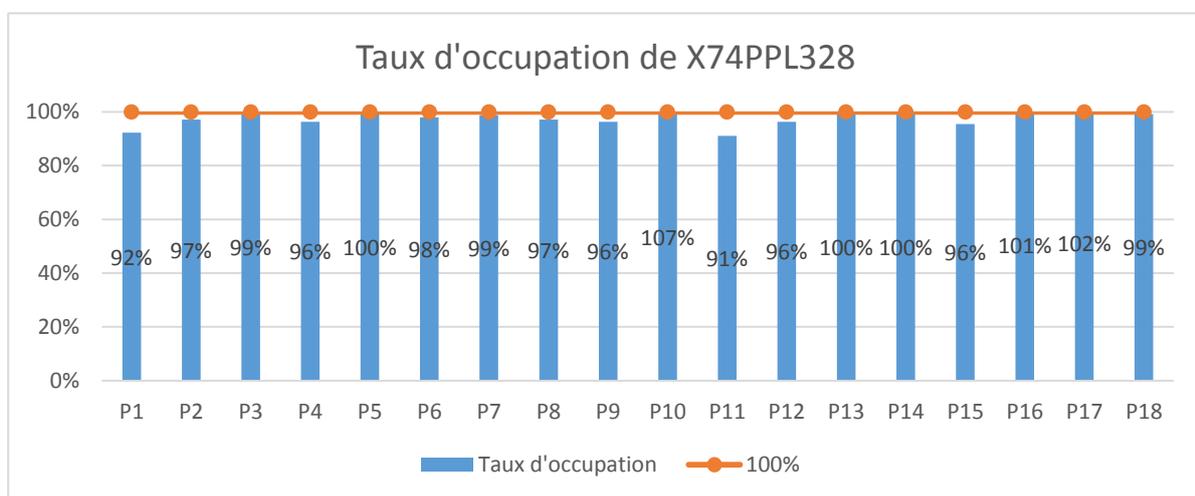
Taux d'occupation des postes

Les figures ci-dessous montrent le taux d'occupation des postes dans les différentes références étudiées :

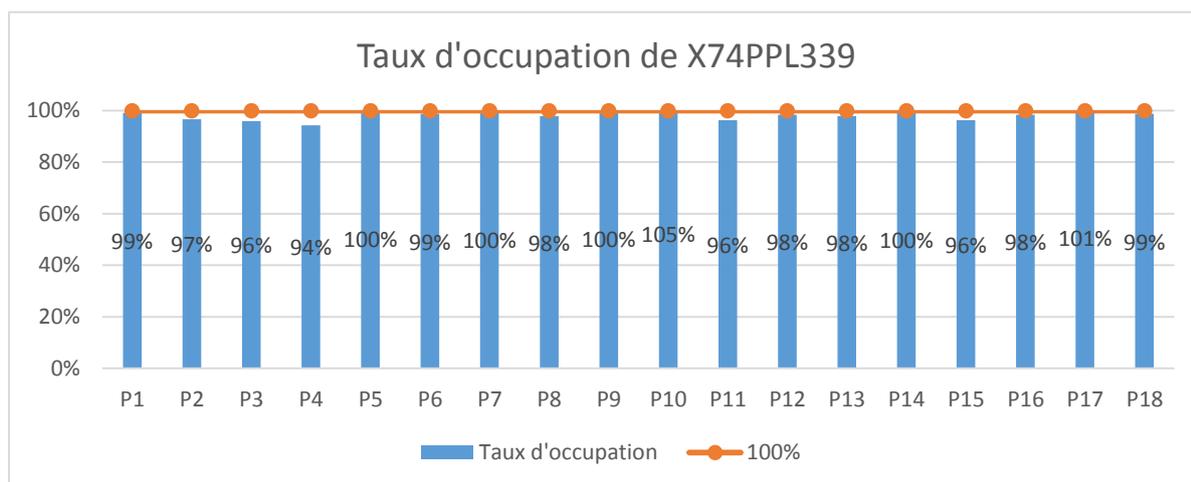
- Taux d'occupation des postes dans la référence X74PPL444



- Taux d'occupation des postes dans la référence X74PPL328



- Taux d'occupation des postes dans la référence X74PPL339

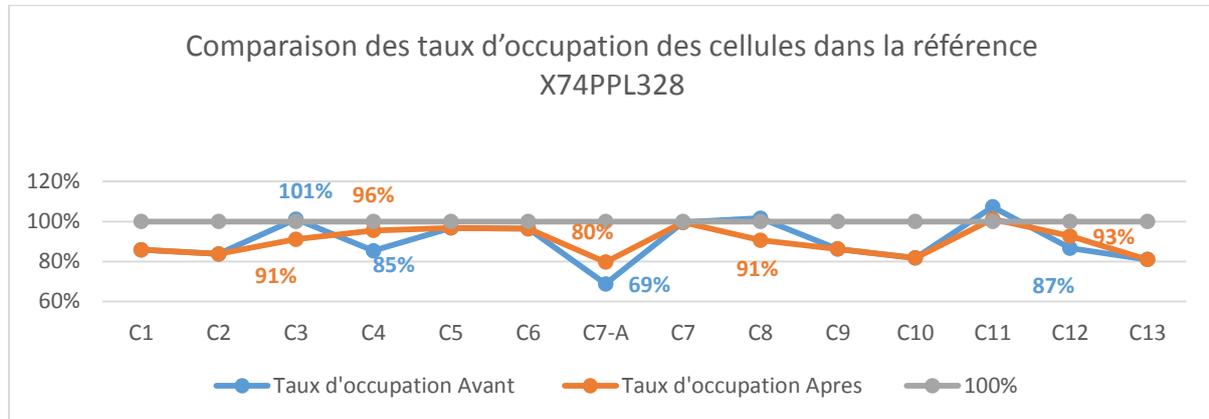


- Le chronométrage des postes a montré que le taux d'occupation n'est pas synthétisé.
Il y'a des postes qui sont trop soulagés or il y en a des autres qui sont surchargés.

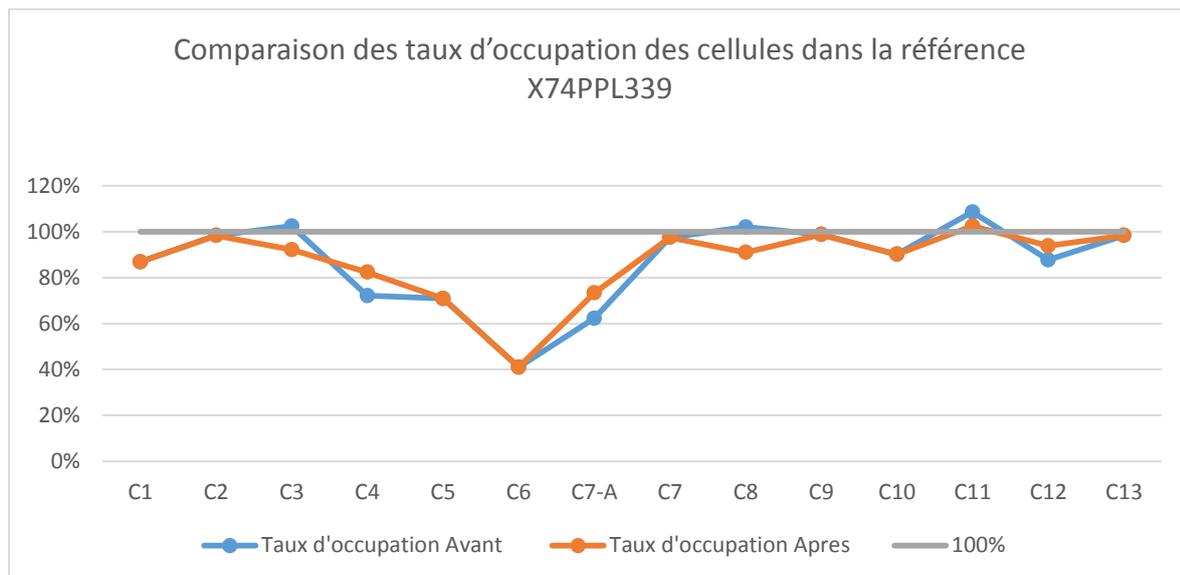
ANNEXE 6

Les taux d'occupation avant et après les balancements

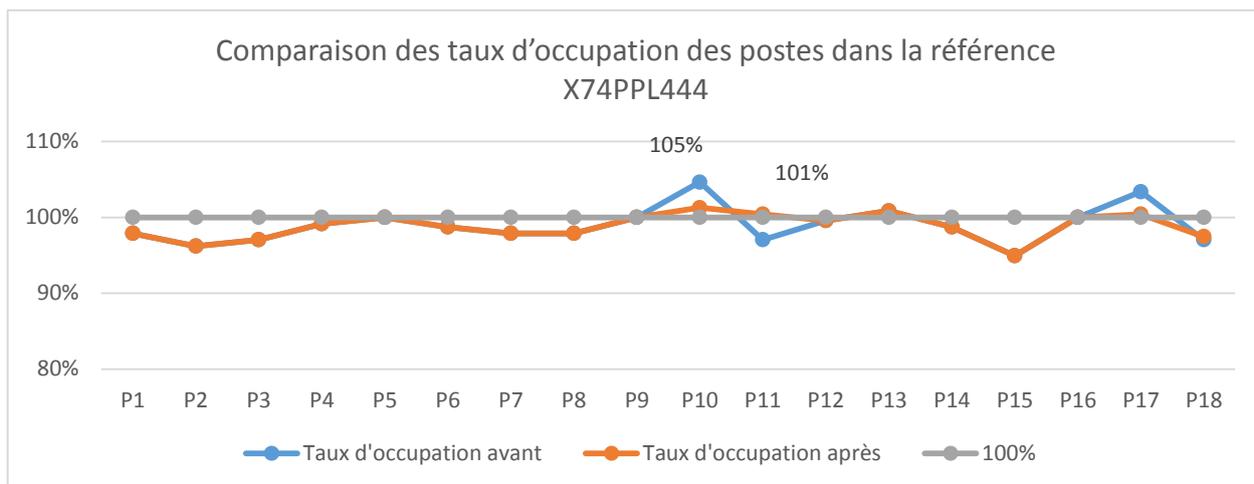
- Comparaison des taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL328



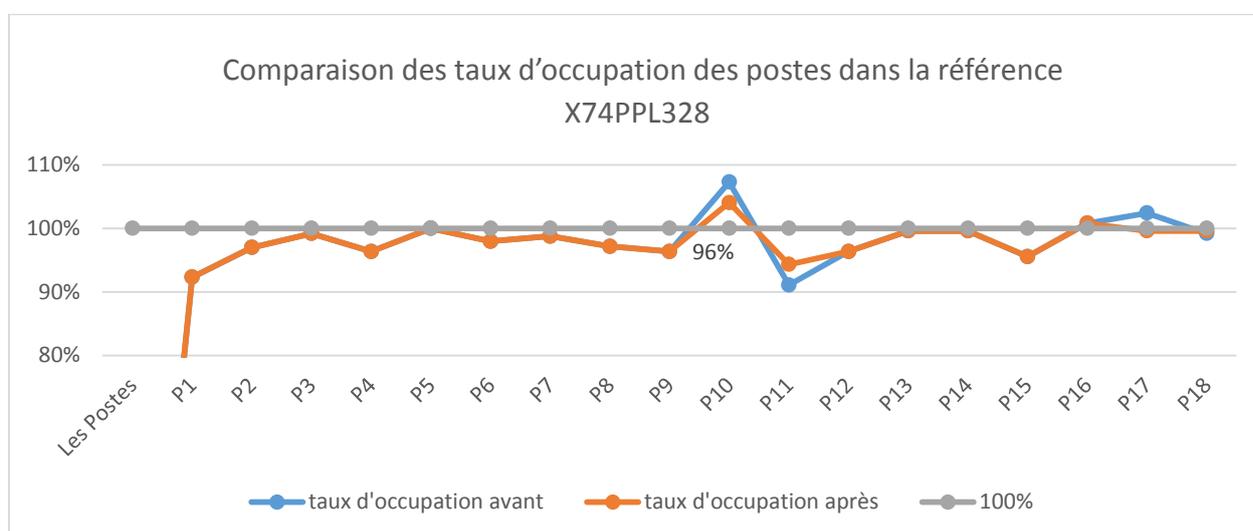
- Comparaison des taux d'occupation des cellules dans la référence X74PPL339



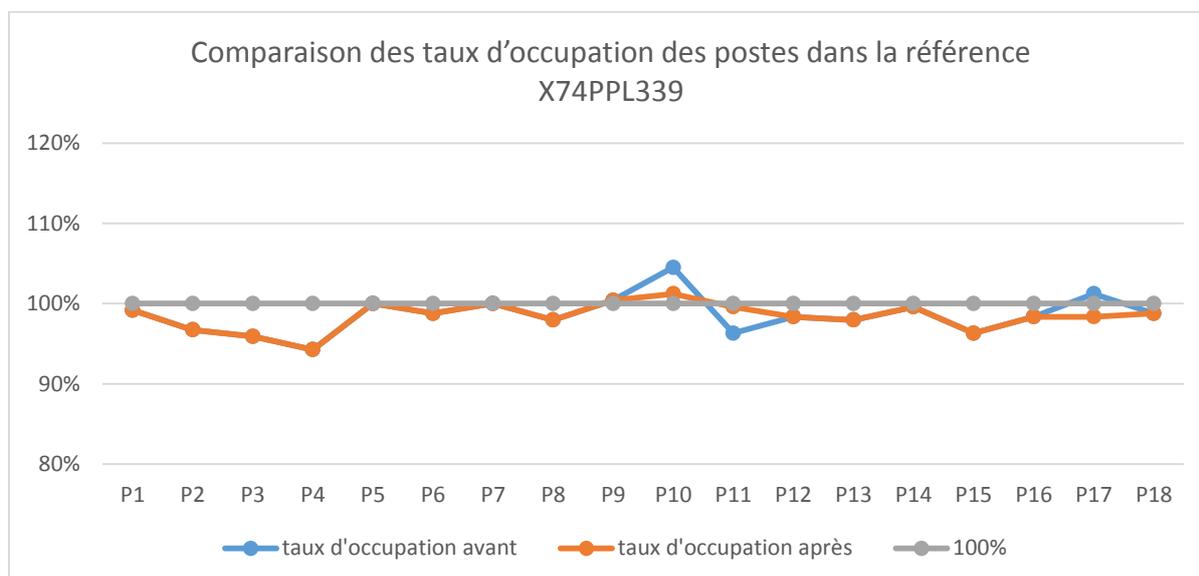
- Comparaison des taux d'occupation des postes dans la référence X74PPL444



➤ Comparaison des taux d'occupation des postes dans la référence X74PPL328



➤ Comparaison des taux d'occupation des postes dans la référence X74PPL339



ANNEXE 7

Stop and Reject Study Of ROB

1er Jour			2ème Jour			3ème Jour		
1er heure			1er heure			1er heure		
Arrêt (s)	Cause	connecteur	Arrêt (s)	Cause	Connecteur	Arrêt (s)	Cause	connecteur
420	EST	MC10B	654	Carte Activée	ICK5F	7	désencliquetage	IC57A
13	Manque seal	IC05B	630	TRF1	C005A	12	Inversion des fils	IC15F
10	Sécurité ouverte	BS1G	472	SLDC	C005A	5	Manque de fixation	MC21B
2	Sécurité ouverte	IC05A	60	EST	ICK5E	30	Manipultaion	BC-P3A
252	Inversion des fils	IC11B	30	désencliquetage	1534A	22	EST	IC05D
2	Sécurité ouverte	12C1A	82	Inversion des fils	1534A	12	Manipultaion	BFDDBA
141	Inversion des fils	ICK5E	247	EST	2610A	6	Manque de fixation	MC21B
2	Sécurité ouverte	1356A	68	Inversion des fils	IC05B	30	EST	IC05D
6	Manipulation	MC10A	2eme heure			18	Manipultaion	Tous
113	Inversion des fils	IC02B	94	Inversion des fils	ICK5E	12	Manipultaion	Tous
127	Désencliquetage	1320H	64	Voie déformée	C15F	55	inversion des fils	IC15F
3	Sécurité ouverte	4410A	30	Ajustement	ICK5E	33	inversion des fils	IC01A
3	Sécurité ouverte	7126A	162	désencliquetage	1651A	6	EST	BC-P3A-2T
2	Sécurité ouverte	8007A	146	Inversion des fils	ICK5E	292	Inversion des fils	1320H
8	Manipulation	1320H	17	désencliquetage	1031A	16	Manipultaion	75781
60	Inversion des fils	IC05A	109	Voie déformée	7126A	15	Manque bride	7758A
193	Inverersion totale	IC15F	63	Manque seal	IC05B	5	désencliquetage	7781A
78	Inversion des fils	IC07	113	Inversion des fils	7758A	103	EST	7025A
2eme heure			3eme heure			25	couver inversé	8007A

1680	EST	IC05D	53	Manque Tape	BFDBA	85	Manipultaion	IC05D
600	EST	BFDBC	52	Inversion des fils	ICK5F	22	Manipultaion	2610A
30	Inversion des fils	C005A	20	désencliquetage	C005E	2eme heure		
65	EST	C005A	89	Inversion des fils	ICK5F	6	Manque de fixation	MC21B
133	Non detection couleur	MC22	165	EST	ICK5E	7	Manque de fixation	MC21A
3eme heure						178	Manipulation	BFDBC
196	Carte Activée	37.C29				7	Manque de fixation	MC21B
65	Désencliquetage	IC05A				7	Manque de fixation	MC21A
100	Inversion des fils	IC43				53	Manque seal	7025A
358	SLDC	C005A				9	Manque bride	7758A
218	Inversion des fils	8899A				42	Manipulation	BFDBA
56	Inversion des fils	BFRMA				6	couver ouvert	IC07A
67	EST	RP10				12	Manipulation	BFDBC
36	Inversion des fils	IC05A				10	Manipulation	2610A
47	Manque de sécurité	IC05A				14	Manque seal	IC57A
						10	Manipuation	BFDBA
						3eme heure		
						160	Inversion des fils	ICK5E
						2	Sécurité ouverte	1356A
						20	Manipulation	MC10A
						113	Inversion des fils	IC02B
						87	Inversion des fils	ICK5F
						20	désencliquetage	C005E
						60	EST	ICK5E
						30	désencliquetage	1534A
						82	Inversion des fils	1534A
						7	Manque de fixation	MC21B

ANNEXE 8

Stop and Reject Study Of CM

1er Jour		2eme Jour		3eme Jour	
Arrêt (s)	Cause	Arrêt (s)	Cause	Arrêt (s)	Cause
1er heure		1er heure		1er heure	
46	Arrêt de ligne	9	non détection du NG3	600	Non communication
643	Arrêt de ligne	8	Walking au Rack	900	mélange des fils
8	Walking au Rack	30	chevauchement des opérateurs	900	chevauchement des opérateurs
400	Problème de fin de course	35	chevauchement des opérateurs	7	Walking au Rack
202	Antenne NOK	36	chevauchement des opérateurs	20	Non detection AG03
2 ème heure		33	chevauchement des opérateurs	9	non détection du NG3
8	Walking au Rack	56	chevauchement des opérateurs	22	non détection PG01
180	Organisation du poste	20	chevauchement des opérateurs	2 ème heure	
234	Arrêt de ligne	13	non détection du NG3	900	AG70
175	pistolet NOK	47	chevauchement des opérateurs	540	Arrêt de ligne
26	non détection du NG3	43	chevauchement des opérateurs	175	Arrêt de ligne
3 ème heure		189	Arrêt de ligne	68	chevauchement des opérateurs
440	Non communication	2 ème heure		3 ème heure	
50	chevauchement des opérateurs	15	non détection PG01	185	Non communication
42	chevauchement des opérateurs	80	Arrêt de ligne	300	Arrêt de ligne
456	Arrêt de ligne	56	chevauchement des opérateurs	185	Arrêt de ligne
		540	probleme de fin de course	34	chevauchement des opérateurs
		40	Arrêt de ligne	9	non détection du NG3

	3 ème heure	8	Walking au Rack
10	non détection du NG3		
8	Walking au Rack		
80	Arrêt de ligne		
9	non détection du NG3		
900	non détection AG108		
135	Non Communication		

ANNEXE 9

Les interventions de maintenance

- ✓ La liste des contres pièces qui connaissent un problème de : SLDC

C005A
C005A

- ✓ La liste des contres pièces qui connaissent un problème de : EST

MC10B
IC05D
BFDBC
C005A
RP10
ICK5E
2610A
ICK5E
IC05D
IC05D
BC-P3A-2T
7025A
ICK5E

- ✓ La liste des contres pièces qui connaissent un problème de : manipulation

MC10A
1320H
BC-P3A
BFDBA
Tous les connecteurs
Tous les connecteurs
75781
IC05D
2610A
BFDBC
BFDBA
BFDBC
2610A
BFDBA
MC10A
BFDBC

- ✓ La liste des tableaux qui connaissent un problème de : non communication

Tableau 6 et tableau 11

- ✓ La liste des connecteurs qui connaissent des problèmes d'inversion des fils

IC11B
ICK5E
IC02B
IC05A
IC15F
IC07
C005A
IC43
8899A
BFRMA
IC05A
1534A
IC05B
ICK5E
ICK5E
7758A
ICK5F
ICK5F
IC15F
IC15F
IC01A
1320H
ICK5E
IC02B
ICK5F
1534A

Bibliographie & webographie

Matsuda Kamematsu, le guide qualité de la gestion de production, Dunod, 1998

Pillet, Maurice. Lean Six Sigmas. s.l: Edition d'organisation, 2004. 2.

Documentation interne de Delphi Packard Mknès

<http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/value-stream-mapping>

<http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/lean-management/216-gemba-walk>

<http://www.eponine-pauchard.com/2010/09/le-diagramme-spaghetti/>