



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah

Faculté des Sciences et Techniques

www.fst-usmba.ac.ma



Année Universitaire : 2015-2016



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

Amélioration des indicateurs de Performance de la qualité du projet IP.

Lieu : Delphi Packard Tanger

Référence : 17 /16-MGI

Présenté par:

BOUGHABA Anas.

Soutenu Le 17 Juin 2016 devant le jury composé de:

- **Mr. KABBAJ Hassane** (encadrant pédagogique)
- **Mr. ET-TAZROUTI Achraf** (encadrant industriel)
- **Mr. TAOUSSI Brahim** (encadrant industriel)
- **Mr. CHERKANI-Hassani Mohamed** (examinateur)
- **Mr. TAHRI Driss** (examinateur)

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0) 35 60 29 53 Fax : 212 (0) 35 60 82 14

Dédicace

Aux âmes de ceux qui m'ont quitté très tôt

Ma Mère et mon Père

En témoignage de mon amour, mon affection et ma reconnaissance pour les efforts qu'ils ont consentis pour moi durant leurs vies.

Remerciement

A **Allah**, le tout puissant, qui m'a inspiré et m'a guidé dans le bon chemin, je vous dois ce que je suis devenu. Louanges et remerciements.

Au terme de ce projet, je témoigne ma profonde gratitude et mes expressions de reconnaissance à mon professeur encadrant à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès **Mr. Hassane KABBAJ**, pour l'intérêt remarquable qu'il a apporté à mon projet en n'épargnant ni son temps ni ses efforts.

Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à mes deux parrains de l'établissement d'accueil, **Mr. Achraf ET-TAZROUTI**, coordinateur qualitatif, pour ses remarques et conseils précieux qu'il n'a cessé de me prodiguer malgré ses occupations et responsabilités, et également **Mr. Brahim TASOUSSI**, ingénieur qualité produit, pour l'enrichissement de ma formation et son encadrement minutieux, lui qui s'est dévoué pour me dispenser de tous recommandations, conseils, directives et savoirs.

Nombreux sont ceux qui ont contribué à la réalisation du présent travail. A ce titre, je tiens à remercier vivement tout le personnel de l'entreprise Delphi Packard Tanger, auprès duquel j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont j'avais besoin, et en particulier **Mr. Hamza HADIFI**, Ingénieur Méthode, et **Mme. Hayat EL AISAOUALI**, Auxiliaire d'ingénierie Méthode, qui répondaient toujours présents à toute demande d'aide ou d'informations.

Je ne peux que remercier également mon Co-encadrant pédagogique **Mr. Mustapha OUARDOUZ**, enseignant chercheur à la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, pour son temps et ses indications précieuses qui m'ont été bénéfiques.

Liste des Figures et Tableaux

→Liste des figures

<i>Figure 1 : Implantation Mondial de Delphi.</i>	2
<i>Figure 2 : Clients de Delphi.</i>	3
<i>Figure 3 : Delphi Packard Tanger.</i>	4
<i>Figure 4 : Organigramme de Delphi Packard Tanger.</i>	5
<i>Figure 5 : Les différents composants d'un câble automobile.</i>	6
<i>Figure 6 : Processus de la production des câbles chez Delphi.</i>	6
<i>Figure 7 : Principaux câblages automobiles.</i>	7
<i>Figure 8: Organigramme du département qualité de la DPT.</i>	8
<i>Figure 9: Impact des défauts de non-qualité sur les indicateurs de performance.</i>	10
<i>Figure 10: Ecart entre la situation actuelle et la situation cible.</i>	11
<i>Figure 11: Diagramme Bête à corne du projet.</i>	12
<i>Figure 12 : Planning du projet sous 'GANTT Project'.</i>	14
<i>Figure 13 : Tableau de bord de la voiture Ford.</i>	17
<i>Figure 14: Equipe du projet.</i>	18
<i>Figure 15 : Diagramme SIPOC du projet.</i>	20
<i>Figure 16 : Description du projet par QOOQCP.</i>	21
<i>Figure 17 : Evolution de l'FTQ durant la période d'étude.</i>	24
<i>Figure 18 : Evolution de l'FTQ par équipe durant la période d'étude.</i>	25
<i>Figure 19 : Evolution du Pass Rate durant la période d'étude.</i>	26
<i>Figure 20 : Evolution du Pass Rate par équipe durant la période d'étude.</i>	26
<i>Figure 21 : Evolution du coût de la réparation durant la période d'étude.</i>	28
<i>Figure 22 : Evolution du coût de la réparation par équipe durant la période d'étude.</i>	29
<i>Figure 23 : Diagramme Pareto des défauts apparus durant la période d'étude.</i>	30
<i>Figure 24 : Encliquetage du terminal dans la voie du connecteur.</i>	31
<i>Figure 25 : Diagramme Pareto des connecteurs présentant des inversions durant la période d'étude.</i>	32
<i>Figure 26 : Processus de l'assemblage du câble IP.</i>	33
<i>Figure 27 : La chaîne « 18-A » de la production du projet IP.</i>	34
<i>Figure 28 : La zone centralisée du Projet IP.</i>	34
<i>Figure 29 : Kit d'une épissure.</i>	35
<i>Figure 30 : Partie soudée d'une épissure.</i>	35
<i>Figure 31 : Kit de la Ring.</i>	35
<i>Figure 32 : Terminal de type Ring.</i>	35
<i>Figure 33 : Banc du test électrique.</i>	35
<i>Figure 34 : 2 fils cachés</i>	35
<i>Figure 35 : Diagramme Pareto de la répartition du défaut fil caché par type connecteur.</i>	36
<i>Figure 36 : Terminal déformé.</i>	37
<i>Figure 37 : Diagramme Pareto de la répartition de la déformation du terminal par type connecteur.</i>	37
<i>Figure 38 : Encliquetage inversé du terminal.</i>	39
<i>Figure 39 : Encliquetage conforme du terminal.</i>	39
<i>Figure 40 : Diagramme Ishikawa du défaut d'inversion.</i>	40
<i>Figure 41 : Aide visuel du C2LF45-R est mal orienté.</i>	40
<i>Figure 42 : Aide visuel du C3R114-C est mal orienté.</i>	40

<i>Figure 43 : Aide visuel du C3ET28-A est mal orienté.</i>	41
<i>Figure 44 : Aide visuel du C23-DF est mal orienté.</i>	41
<i>Figure 45 : Non ergonomie de la Contre pièce du C33-CF.</i>	41
<i>Figure 46 : Diagramme Pareto de la répartition de la non-conformité du Kit par type défaut.</i>	43
<i>Figure 47 : Diagramme Ishikawa du défaut référence erronée.</i>	44
<i>Figure 48 : Fils cachés.</i>	46
<i>Figure 49 : Analyse Ishikawa du défaut fil caché.</i>	47
<i>Figure 50 : Diagramme Pareto de la répartition des causes du défaut fil caché.</i>	49
<i>Figure 51 : Répartition de la déformation du terminal par type connecteur et par numéro de la voie.</i>	50
<i>Figure 52 : Analyse Ishikawa de la déformation du terminal.</i>	51
<i>Figure 53 : Kit 4 suspendu par terre.</i>	51
<i>Figure 54 : Terminaux déformés.</i>	51
<i>Figure 55 : Terminaux conformes.</i>	51
<i>Figure 56 : Analyse 5Pourquoi de la déformation du terminal.</i>	52
<i>Figure 57 : Système Poka-Yoke</i>	55
<i>Figure 58 : Aide visuel du C2LF45-R avant l'implémentation du plan d'action.</i>	57
<i>Figure 59 : Aide visuel du C2LF45-R après l'implémentation du plan d'action.</i>	57
<i>Figure 60 : Aide visuel du C3R114-C avant l'implémentation du plan d'action.</i>	57
<i>Figure 61 : Aide visuel du C3R114-C après l'implémentation du plan d'action.</i>	57
<i>Figure 62 : Aide visuel du C3ET28-A avant l'implémentation du plan d'action.</i>	58
<i>Figure 63 : Aide visuel du C3ET28-A après l'implémentation du plan d'action.</i>	58
<i>Figure 64 : Aide visuel du C23-DF avant l'implémentation du plan d'action.</i>	58
<i>Figure 65 : Aide visuel du C23-DF après l'implémentation du plan d'action.</i>	58
<i>Figure 66 : Flux du déplacement du chariot depuis la zone centralisée jusqu'à l'arrière des cellules.</i>	61
<i>Figure 67 : Conception du chariot sous 'Catia'.</i>	63
<i>Figure 68 : Chariot fabriqué.</i>	63
<i>Figure 69 : Chariot alimenté par des Kits.</i>	64
<i>Figure 70 : Alimentateur transporte le chariot.</i>	64
<i>Figure 71 : Alimentation des cellules par le système FIFO.</i>	65
<i>Figure 72 : Marquage de la référence du Kitting et Production Order.</i>	65
<i>Figure 73 : Mise en place des McDo contre les tableaux d'assemblage.</i>	68
<i>Figure 74 : McDo pour le C2H101-B.</i>	68
<i>Figure 75:McDo pour le C33-DF.</i>	68
<i>Figure 76 : McDo pour le C2H101-C.</i>	68
<i>Figure 77 : McDo pour le C3R114-C.</i>	68
<i>Figure 78 L'état kit 4 avant et après la mise en œuvre du crochet</i>	71
<i>Figure 79 : Evolution de l'FTQ avant et après l'implémentation des plans d'actions.</i>	72
<i>Figure 80 : Evolution du Pass Rate avant et après l'implémentation des plans d'actions.</i>	73
<i>Figure 81 : Evolution du coût de la réparation avant et après l'implémentation des plans d'actions.</i>	73
<i>Figure 82 : Diagramme Pareto de la répartition des défauts après l'implémentation des plans d'actions.</i>	74

<i>Figure 83 : Diagramme Pareto de la répartition des défauts du Kit après l'implémentation des plans d'actions</i>	75
<i>Figure 84 : Soudage des extrémités des fils par l'US.</i>	76
<i>Figure 85 : Epissure.</i>	76
<i>Figure 86 : Modélisation de l'épissure S2DB25A.</i>	76
<i>Figure 87 : Flux actuel de déplacement de la main de l'opérateur pour préparer l'épissure S2DB25A.</i>	77
<i>Figure 88 : Flux prévisionnel de déplacement de la main de l'opérateur pour préparer l'épissure S2DB25A.</i>	85
<i>Figure 89 : Phase de description du problème par FPDAS.</i>	88
<i>Figure 90 : Phase d'analyse Ishikawa par FPDAS.</i>	89
<i>Figure 91 : Phase d'analyse 5P par FPDAS.</i>	90
<i>Figure 92 : Phase de résolution et suivi du problème par FPDAS.</i>	91

→Liste des tableaux :

<i>Tableau 1 : Plaque signalétique de la DPT.</i>	5
<i>Tableau 2 : Notation de la gravité des risques du projet.</i>	14
<i>Tableau 3 : Notation de la fréquence d'apparition des risques du projet</i>	15
<i>Tableau 4 : Notation de la non-détectabilité des risques du projet.</i>	15
<i>Tableau 5 : Notation de la criticité des risques du projet.</i>	15
<i>Tableau 6 : Analyse des risques du projet.</i>	16
<i>Tableau 7 : Indications fournies par le tableau de bord d'une voiture.</i>	17
<i>Tableau 8 : Charte du projet.</i>	19
<i>Tableau 9 : Critical To Quality.</i>	22
<i>Tableau 10 : Historique des défauts détectés en projet IP durant la période d'étude.</i>	30
<i>Tableau 11 : Historique des inversions par type connecteur durant la période d'étude.</i>	32
<i>Tableau 12 : Historique du défaut fil caché par type connecteur durant la période d'étude.</i>	36
<i>Tableau 13 : Historique de la déformation du terminal par type connecteur durant la période d'étude.</i>	37
<i>Tableau 14 : Analyse AMDEC de la référence erronée du Kit.</i>	45
<i>Tableau 15 : Notation de la gravité des causes du fil caché</i>	47
<i>Tableau 16 Notations affectées par les opérateurs aux différentes causes des fils cachés.</i>	48
<i>Tableau 17 : Répartition de la déformation du terminal par connecteur et par numéro de la voie.</i>	50
<i>Tableau 18 : Poids affectés aux différentes actions.</i>	54
<i>Tableau 19 : Plan d'action du défaut Inversion.</i>	56
<i>Tableau 20 : Les participants de la réunion tenue le 26/04/2016.</i>	59
<i>Tableau 21 : Plan d'action du défaut Kit non-conforme.</i>	60
<i>Tableau 22 : Chiffrage du matériel nécessaire pour la fabrication du chariot.</i>	62
<i>Tableau 23 : Plan d'action du défaut fil caché.</i>	67
<i>Tableau 24 : Suggestion d'une action d'amélioration.</i>	69
<i>Tableau 25 : Plan d'action de la déformation du terminal.</i>	70

<i>Tableau 26 : Inventaire des défauts détectés avant et après l'implémentation des plans d'actions.</i>	74
<i>Tableau 27 : Non-conformités détectées en Kit après l'implémentation du plan d'action</i>	75
<i>Tableau 28 : Limites des audits internes.</i>	82
<i>Tableau 29 : Limites de la classe Qualité.</i>	82
<i>Tableau 30 : Grille de notation de la gravité des modes de défaillance.</i>	83
<i>Tableau 31 : Grille de notation de la non-détection des modes de défaillance.</i>	84
<i>Tableau 32 : Grille de notation de l'occurrence des modes de défaillance.</i>	85
<i>Tableau 33 : Intervalles des niveaux de la criticité.</i>	
<i>Tableau 34: Notations affectées de la part des intervenants du projet par action et par critère.</i>	86
<i>Tableau 35: Emplacement actuel des fils dans la cellule '1' des épissures</i>	87
<i>Tableau 36 : Emplacement amélioré des fils dans la cellule '1' des épissures</i>	88

Liste des abréviations et acronymes :

AMDEC	: Analyse des Modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité.
APQP	: Advanced Product Quality Planning.
C.D.P	: Coefficient de Pondération.
CNQ	: Coûts de Non Qualité.
C.P.	: Contre Pièce.
CTQ	: Critical To Quality.
DASM	: Delphi Automotive Systems Morocco.
DBS	: Delphi Business System.
DEEDS	: Delphi Electronic Electrical Division System.
DMAIC	: Définir, Mesurer, Analyser, Innover et contrôler.
DPT	: Delphi Packard Tanger.
Eq	: Equipe.
FIFO	: First In First Out.
FPDAS	: Fast Problem Description, Analysis and Solver.
FTQ	: First Time Quality.
ISO TS	: International Organization for Standardization of Technical Specification.
LED	: Light-Emitting Diode.
NOK	: Non Ok.
Op	: Opérateur.
PDCA	: Plan, Do, Check & Act.
PPM	: Partie Par Million.
QOOQCP	: Qui? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?
QRQC	: Quick Response Quality Control.
RH	: Ressources Humaines.
S	: Semaine.
SIPOC	: Supplier, Input, Process, Output, Customer.
US	: Ultra Sonic.
5M	: Méthode, Milieu, Main d'œuvre, Machine et Matière.
5P	: 5 Pourquoi.

Sommaire

Dédicace

Remerciement

Liste des figures et tableaux

Liste des abréviations et acronymes.

Sommaire

Introduction Générale..... 1

Chapitre I Présentation du Groupe Multinational Delphi

I. Présentation générale..... 3

I.1. Le groupe multinational DELPHI 3

I.1.1. Généralités..... 3

I.1.2. Politiques de DELPHI 4

I.2. Le groupe national DELPHI..... 5

I.2.1. Introduction 5

I.2.2. Delphi Packard Tanger 5

I.2.3. Organisation de la DPT 6

II. Description du processus de la production..... 6

II.1. Composants d'un câble automobile..... 6

II.2. Processus de la production des câbles 7

II.3. Les projets actuels de la DPT 8

Chapitre II Département de la Qualité & Cahier de charges du Projet

I. Département de la qualité..... 9

I.1. Introduction 9

I.2. Hiérarchie :..... 9

I.3. Missions : 9

II. Cahier de charges 10

II.1. Les acteurs du projet..... 10

II.2. Contexte du projet 10

II.2.1. Encadrement et suivi minutieux du projet :..... 10

II.2.2. Enoncé de la problématique : 10

II.3. Analyse du besoin : 12

II.4.	Planification du projet :	13
II.4.1.	Démarche DMAIC :	13
II.4.2.	Planning du projet :	14
II.5.	Analyse des risques :	15
Chapitre III Déploiement de la démarche DMAIC		
I. Définir		
I.1.	Introduction :	18
I.2.	Projet IP :	18
I.3.	Equipe du projet :	19
I.4.	Charte du projet :	19
I.5.	SIPOC :	21
I.6.	QQOQCP :	22
I.7.	Diagramme CTQ: Critical To Quality	22
I.8.	Conclusion :	23
II. Mesurer		
II.1.	Introduction:	24
II.2.	Les indicateurs clés de performance :	24
II.2.1.	FTQ : First Time Quality	24
II.2.2.	Pass Rate	26
II.2.3.	Coût de la réparation	28
II.3.	Historique des défauts	30
II.3.1.	Inversions :	32
II.3.2.	Kit NOK	34
II.3.3.	Fil caché :	36
II.3.4.	Terminal déformé :	38
II.4.	Conclusion :	39
III. Analyser		
III.1.	Introduction	40
III.2.	Analyse du défaut : Inversions	40
III.3.	Analyse du défaut : Kit NOK	43
III.4.	Analyse du défaut : Fil caché	47
III.5.	Analyse du défaut : Terminal déformé	49
III.6.	Conclusion :	53
IV. Innover		
IV.1.	Introduction :	54

IV.2.	Inversion :.....	54
IV.2.1.	. Outils d'aide à la décision : Matrice de compatibilité & Vote pondéré	54
IV.2.2.	Plan d'action :.....	54
IV.2.3.	Mise en œuvre du plan d'action :	57
IV.3.	Kit non-conforme :	59
IV.3.1.	Outil d'aide à la décision : Brainstorming.....	59
IV.3.2.	Plan d'action :.....	59
IV.3.3.	Mise en œuvre du plan d'action :	61
IV.4.	Fil caché :	66
IV.4.1.	. Plan d'action :.....	66
IV.4.2.	Mise en œuvre du Plan d'action :	68
IV.5.	Terminal endommagé :.....	69
IV.5.1.	Plan d'action :.....	69
IV.5.2.	Mise en œuvre du plan d'action :	71
IV.6.	Conclusion :.....	71
V.	Contrôler	
V.1.	Introduction :	75
V.2.	Evolution FTQ :.....	75
V.3.	Evolution Pass Rate :.....	76
V.4.	Evolution coût de la réparation :	76
V.5.	Evolution des non-conformités :	77
V.5.1.	Kit NOK	78
V.6.	Pérennisation du niveau de performance :.....	79
	Conclusion générale	83
	Annexe I : Indicateurs qualité.....	84
	Annexe II :Notations AMDEC.....	84
	Annexe III : Matrice de compatibilité et vote pondéré.....	86
	Annexe IV : Emplacement actuel des fils dans la cellule des épissures.....	87
	Annexe V : Emplacement amélioré des fils dans la cellule des épissures.....	88
	Annexe VI : FPDAS.....	89
	Bibliographie et Webographie.....	93

Introduction Générale

Dans un contexte économique actuel marqué par une mondialisation féroce et des marchés de plus en plus exigeants, les entreprises sont amenées à améliorer la qualité de leurs produits et services en vue de renforcer leur compétitivité et satisfaire leurs clients. Les firmes doivent également côtoyer l'excellence ou, au moins, tout faire pour tendre vers la perfection.

Visant à être reconnue comme le leader mondial de la production des câbles automobiles, et soucieux de la performance et de la qualité de ses produits, Delphi Packard Tanger a décidé d'accentuer son Système de Management de la Qualité. Ce travail qui s'inscrit dans ce contexte vise l'amélioration des indicateurs de performance de la qualité du Projet IP.

Produire la qualité dès le premier coup est une obsession majeure pour Delphi, notamment son département de la qualité qui cible, en perpétuelle, la réduction voire l'élimination des coûts de non qualité engendrés par la réparation des câbles présentant des non-conformités.

L'FTQ, le Pass Rate et les coûts de la réparation des câbles sont les 3 indicateurs de performance qu'on tentera d'améliorer au niveau du projet IP tout en s'appuyant sur la démarche DMAIC. Ce mémoire de fin d'études s'étale sur 3 grands chapitres :

-Le premier chapitre : Présente le groupe multinational Delphi, les différents départements de l'organisme, le produit ainsi que le processus de production.

-Le deuxième chapitre : Décrit le département de la qualité avec tous ses éléments, ses missions, ses objectifs ainsi que ses différents indicateurs et audits.

-Le troisième chapitre : S'intéresse à l'étude minutieuse du projet selon les 5 phases de la démarche DMAIC. Au cours de la 1^{ère} phase «Définir», nous allons décrire le cadre du projet à l'aide des outils performants tels que : QQQQCP, SIPOC, Diagramme CTQ,... ensuite nous entamerons la 2^{ème} phase «Mesurer» qui consistera au suivi des évolutions des indicateurs de performance (FTQ, Pass Rate et coûts de la réparation). Le suivi de l'évolution des non-conformités responsables de la dégradation des indicateurs sera également effectué dans le but d'identifier les défauts au niveau desquels on devrait agir en priori. Une fois c'est réalisé, nous procéderons à la 3^{ème} phase «Analyser» dans le but d'identifier les causes potentielles des anomalies détectées, en s'appuyant sur les outils suivants : 5M, 5P, AMDEC,... Pour éliminer les sources de la dégradation, nous allons élaborer au cours de la phase «Innover» des plans d'actions qu'on vérifiera leur efficacité dans la phase «contrôler».

Chapitre I

Présentation du Groupe Multinational

Delphi.

DELPHI

Innovation for the Real World

I. Présentation générale

I.1. Le groupe multinational DELPHI

I.1.1. Généralités

DELPHI est un groupe multinational américain leader en industrie automobile, spécialisé dans la conception et la fabrication des 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, il est issu d'une filiation de 'General Motors'. Il compte 99 sites de production, 51 centres client et bureaux de vente et 32 centres techniques dans 37 pays.



Figure 1 : Implantation Mondiale de Delphi

Le groupe multinational DELPHI emploie plus de 205700 personnes à travers le monde dont la majorité se concentre au Mexique et l'Amérique du Sud. Parmi eux on trouve environ 16000 ingénieurs. Delphi compte plus de 120 fournisseurs de matières premières à travers le monde, elle est également le fournisseur de plus de 30 marques de voitures. La figure 2 présente les clients majeurs de Delphi :



Figure 2 : Clients de Delphi.

Chaque jour, plus d'une invention sont créées par les ingénieurs de Delphi, et c'est un nouveau produit ou un nouveau procédé qui est créé chaque semaine.

I.1.2. Politiques de DELPHI

DELPHI est régie par trois politiques de base : la politique de qualité, la politique d'environnement et la politique de sécurité.

- **Politique de la qualité**

Le but est de satisfaire les clients en leur fournissant un produit avec zéro défaut et dépasser leurs attentes. DELPHI a développé un système de Management de la Qualité appelé : D.B.S (DELPHI Business System), ce système est basé sur les attentes du client et sur les exigences des normes ISO 9001, ISO 14001 et ISO TS 16949.

- **Politique de l'environnement**

La gestion du système environnemental de DELPHI implique tous les aspects de l'environnement qui résultent de ses activités, ses produits et ses services.

Les principes du respect de l'environnement se développent dans la politique ci-dessous:

- La protection de la santé des personnes.
- La réduction des déchets et des contaminations.
- La conservation des Ressources.

- **Politique de Sécurité et d'Hygiène**

La priorité absolue de DELPHI est la protection de la santé et de la sécurité de chaque employé. Dans ce cadre, la compagnie impose des consignes concernant :

- L'Hygiène : L'interdiction de fumer en dehors de la zone fumeur.

- La Sécurité : le port des gants et des lunettes de protection dans les postes de travail est obligatoire.
- La Santé : une structure d'assistance médicale est prête à intervenir en cas d'urgence.

I.2. Le groupe national DELPHI

I.2.1. Introduction

La multinationale Delphi est implantée au Maroc (Tanger) depuis 1999 avec son usine DASM. Delphi Maroc est une filiale de la division DEEDS (Delphi Electronic Electrical Division System) dont la direction centrale se trouve aux Etats-Unis, ce dernier est leader mondial des systèmes de distribution des signaux électriques pour véhicules; en outre le groupe Delphi a renforcé sa position à travers l'implantation d'une deuxième unité de production en 2008 « Delphi Packard Tanger » et en 2013 «Delphi Packard Kenitra ».

I.2.2. Delphi Packard Tanger

Située à la zone franche de Tanger, Delphi Packard Tanger a démarré son activité le 11 Août 2008, spécialisée dans la fabrication des faisceaux électriques pour voitures, elle emploie approximativement 3000 personnes. Parmi ses principaux clients, on cite les grands constructeurs automobiles tels que les groupes Fiat, Ford et Opel.



Figure 3 : Delphi Packard Tanger.

Le tableau 1 présente la fiche technique de DPT:

Raison sociale	Delphi Packard Tanger – DPT
Nationalité	Multinationale américaine, Warren, Ohio à Etats-Unis
Forme juridique	Société anonyme – SA
Siège social	Ilot 53, lot n° 1, Tanger Free Zone
Superficie	60.000 m ²
Secteur d’activité	Industrie Automobile
Effectif actuel	3000
Produit	Faisceaux électriques pour l’industrie automobile
Directeur d’usine	Mr. ANDALOUSSI Khalid
Démarrage de la production	Août 2008
Capital	12.500.000 millions euros
Téléphone	05.39.39.87.00
Fax	05.39.39.87.09
Site web	www.delphi.com

Tableau 1 : Plaque signalétique de la DPT.

I.2.3. Organisation de la DPT

L’organigramme (figure 4) illustre les différents départements de l’usine DPT.

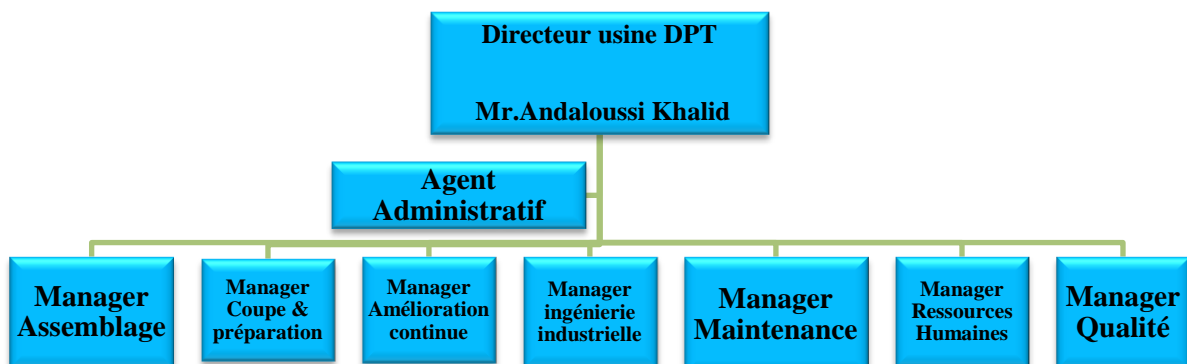


Figure 4 : Organigramme de Delphi Packard Tanger.

II. Description du processus de la production

Delphi produit les faisceaux électriques automobiles (câbles). Ce sont les premiers éléments qui se fixent sur la carrosserie et dont le rôle est d’alimenter électriquement tous les composants et les options de la voiture.

II.1. Composants d’un câble automobile

La figure 5 présente les différents composants qui rentrent dans la production d’un câble automobile.

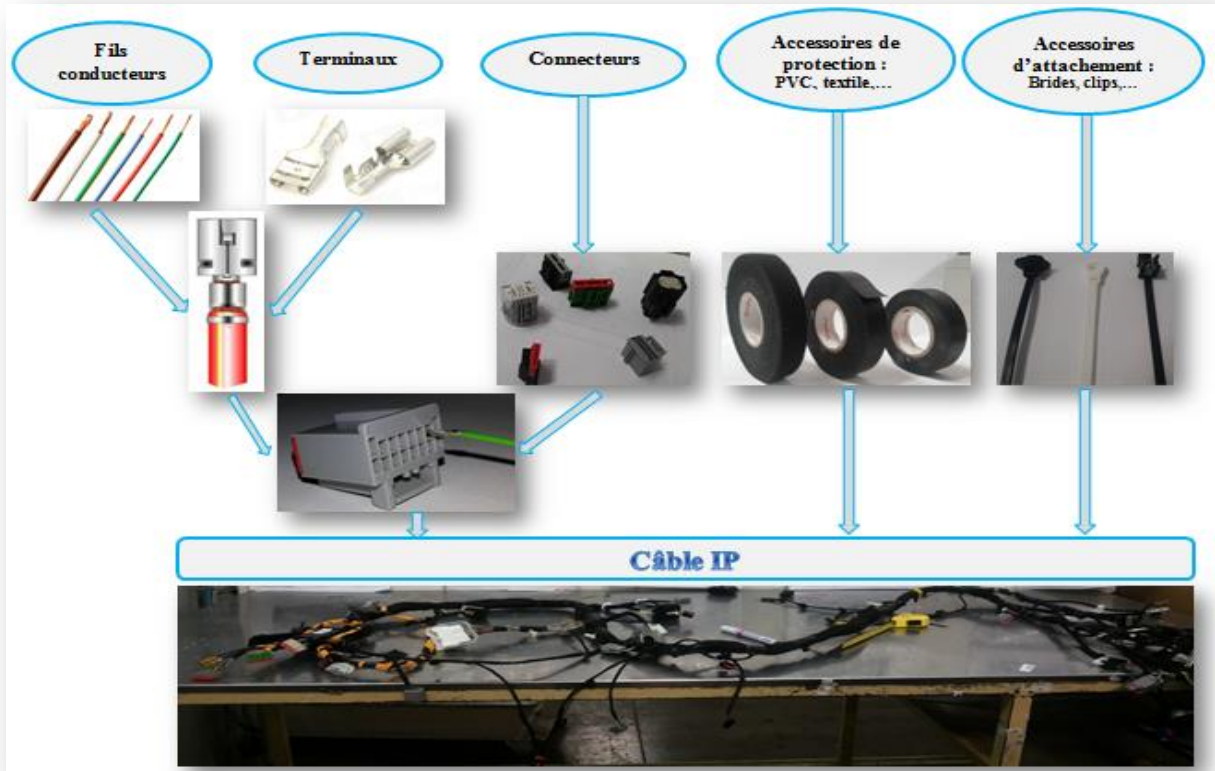


Figure 5 : Les différents composants d'un câble automobile.

II.2. Processus de la production des câbles

Le processus de la production des câbles au sein de la DPT, est représenté par la figure 6, depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis.

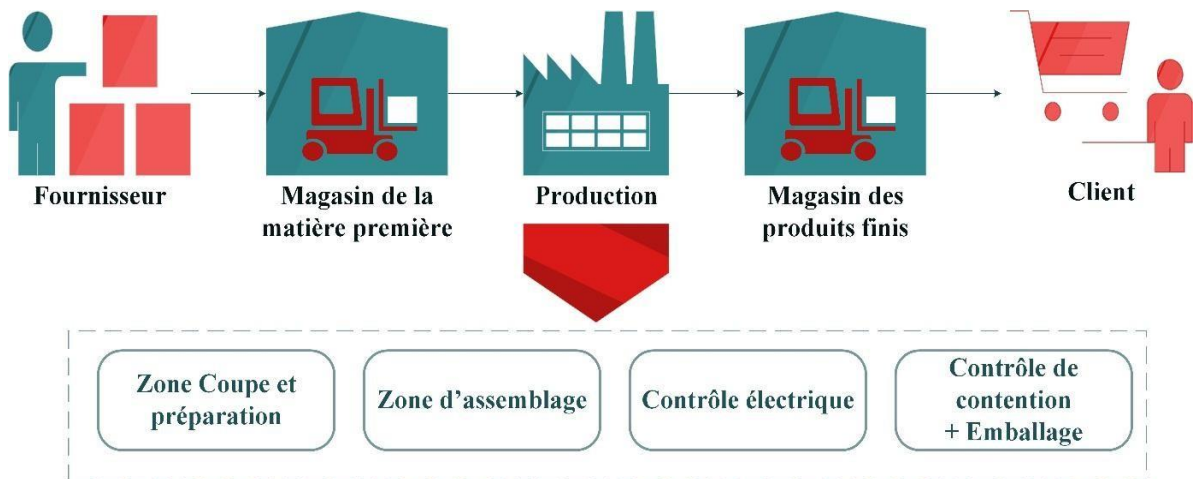


Figure 6 : Processus de la production des câbles chez Delphi.

La production des faisceaux électriques passe par plusieurs étapes et zones :

- **Le magasin de la matière première**

La matière première subit un contrôle de réception et de validation par le laboratoire de la qualité avant d'être stockée dans le magasin des matières premières.

- **La zone de coupe et préparation**

Considérée comme étant le fournisseur des chaînes d'assemblage, elle leur fournit les fils avec la qualité requise et au moment convenable. La zone de coupe est équipée par des machines automatiques qui coupent les fils selon les longueurs demandées, et les sertit par la suite avec le terminal adéquat.

- **L'assemblage**

C'est la zone où les fils sertis provenant de la zone de coupe et préparation sont assemblés avec des connecteurs. L'assemblage se fait d'abord au niveau des postes fixes appelés « cellules » pour préparer des kits (partie du câble) qui seront fournis par la suite aux postes mobiles de la chaîne appelés « tableaux », pour continuer l'assemblage du câble avant d'obtenir le produit fini qui va subir les 2 tests : électrique et contention.

- **Le contrôle électrique**

Il s'agit d'un test d'une importance primordiale. Une fois les câbles sont produits, ils subissent le contrôle électrique où on vérifie la continuité électrique entre les différentes extrémités du circuit et la présence de tous les composants électriques, tout en s'assurant de l'inexistence des courts circuits ou des inversions au niveau des terminaux.

- **Contrôle de Contention et Emballage**

Par la suite, un contrôle de contention est assuré par la vérification visuelle du faisceau électrique et la mesure de ses côtes. Une fois, le faisceau électrique est validé, il passe à la dernière étape du processus d'assemblage, qui est l'emballage avant d'être mis dans des palettes destinées vers le magasin des produits finis

- **Le magasin des produits finis**

Dans ce magasin les câbles sont plastifiés et chargés en remorque pour les expédier aux clients.

II.3. Les projets actuels de la DPT

Les chaînes d'assemblage sont subdivisées en plusieurs familles en fonction du câble produit. On distingue plusieurs types de câblages :

- Câblage tableau de bord (IP).
- Câblage moteur (Engin).
- Câblage porte (Door).
- Câblage sol (Floor) .

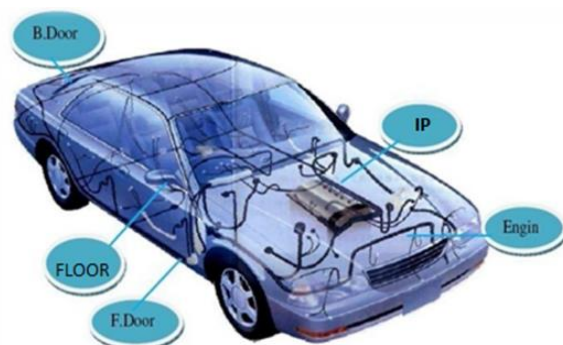


Figure 7 : Principaux câblages automobiles.

Chapitre II

Département de la Qualité & Cahier de
charges du Projet.

DELPHI

Innovation for the Real World

I. Département de la qualité

I.1. Introduction

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

Pour ce faire, DELPHI a mobilisé un personnel qualifié mené par un Manager qualité, Mr Abdelhamid ABOUDAR.

La figure 8 présente la structure du département qualité au sein de Delphi Packard Tanger, qui veille à répondre en permanence aux attentes clients.

I.2. Hiérarchie :

L'organisation du département qualité est présentée par la figure 8 :

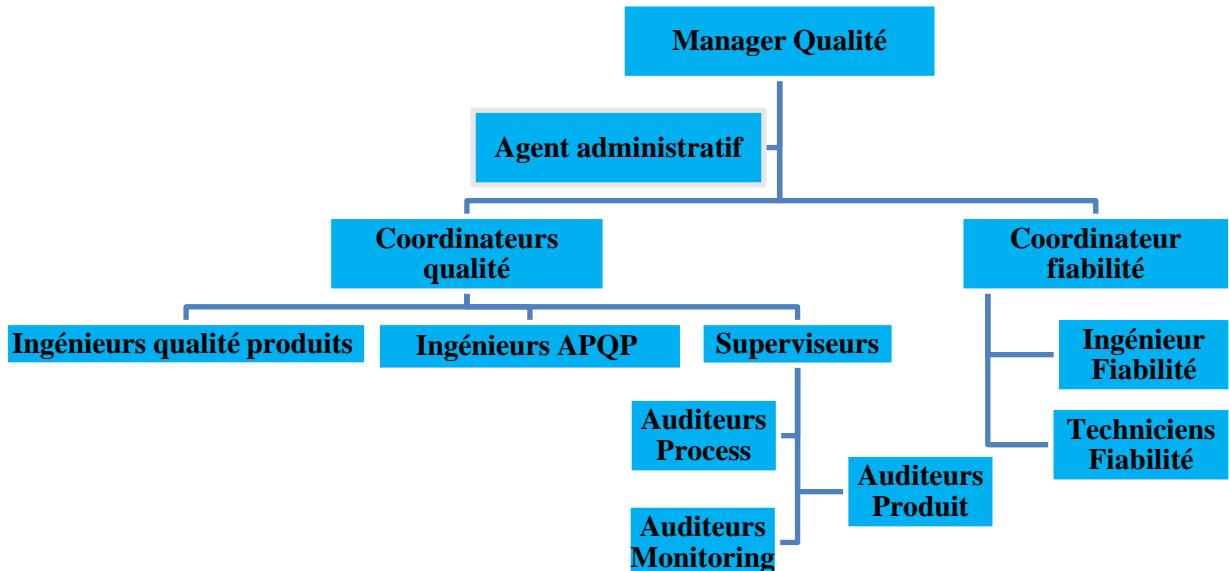


Figure 8: Organigramme du département qualité de la DPT.

I.3. Missions :

Le département qualité a pour mission principale le traitement des problèmes de qualité interne ou externe. Il veille à la validation de tous les processus de production depuis la réception de la matière première jusqu'à la livraison du produit fini.

II. Cahier de charges

II.1. Les acteurs du projet

➤ Maître d'ouvrage :

Le maître d'ouvrage est l'entreprise Delphi Packard Tanger (DPT), filiale du groupe multinational américain DELPHI.

Le projet a été proposé par le département Qualité.

➤ Maître d'œuvre :

Le maître d'œuvre est la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, représenté par Mr. Anas BOUGHABA, étudiant en Master Sciences et Techniques filière -Génie Industriel-.

II.2. Contexte du projet

Le projet s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'études pour l'obtention du diplôme Master en Sciences et Techniques filière-Génie Industriel-.

II.2.1. Encadrement et suivi minutieux du projet :

➤ Tuteur pédagogique :

Mr. Hassane KABBAJ : Professeur en département génie industriel de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Il valide et recommande les méthodes utilisées durant le projet, assure le pilotage et l'application du cahier de charges, ainsi que la qualité de la rédaction du rapport et de la présentation finale.

➤ Tuteurs techniques :

- Mr. Achraf ET-TAZROUTI : Coordinateur Qualiticien ;

- Mr. Brahim TAOUSSI : Ingénieur Qualité produit.

Ils assurent le bon déroulement du projet et l'accès aux informations requises. Ils interviennent également au niveau de la formalisation des idées et la proposition des pistes d'études, via des réunions hebdomadaires de mise au point et un suivi journalier.

II.2.2. Enoncé de la problématique :

Les défauts de non qualité présentent une obsession majeure pour la DPT, et en particulier pour le département qualité qui est le responsable de la satisfaction des exigences citées en cahier de charges et le garant de la qualité des produits délivrés au client. Pour répondre à cet objectif, Delphi possède un système de management de la qualité qui n'assure que la livraison des câbles répondant aux exigences des clients tout en mettant en place des procédures de contrôle pour la détection des anomalies au cours et en fin du processus de la

production, dont on cite: l'autocontrôle effectué par les opérateurs, le test électrique des câbles et le contrôle de contention.

Certes, les éléments cités dans le paragraphe précédent permettent d'assurer la conformité des produits, mais le fait d'obtenir la qualité dès le 1^{er} coup reste un grand défi pour Delphi qui vise à minimiser la réparation des câbles présentant des non-conformités et améliorer par la suite ses indicateurs de performance.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet intitulé : L'amélioration des indicateurs de performance de la qualité du projet IP.

Les défauts de non-qualité impactent de manière directe les indicateurs suivants : (figure 9)

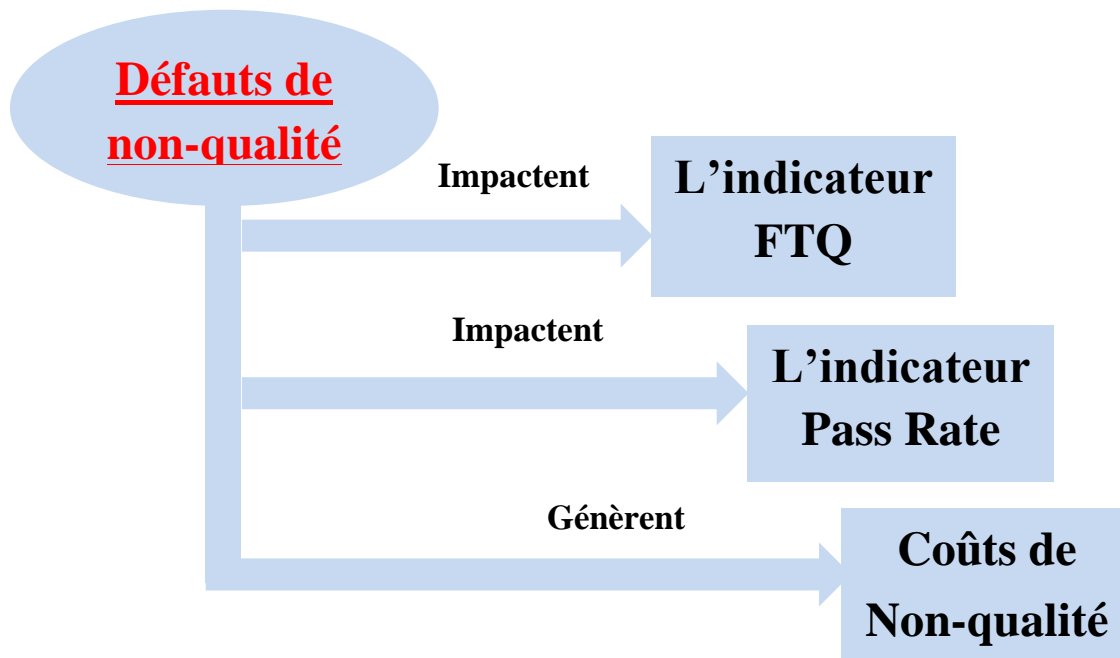


Figure 9: Impact des défauts de non-qualité sur les indicateurs de performance.

Alors, les objectifs souhaités par le projet sont :

- Minimiser les défauts de non-qualité pour éviter la réparation des câbles ;
- Améliorer l'FTQ (en minimisant les défauts nécessitant la réparation et ceux nécessitant la correction) ;
- Par conséquent, l'amélioration du Pass Rate et la réduction des coûts de non-qualité.

La figure 10 représente l'écart entre la situation actuelle et la situation cible :

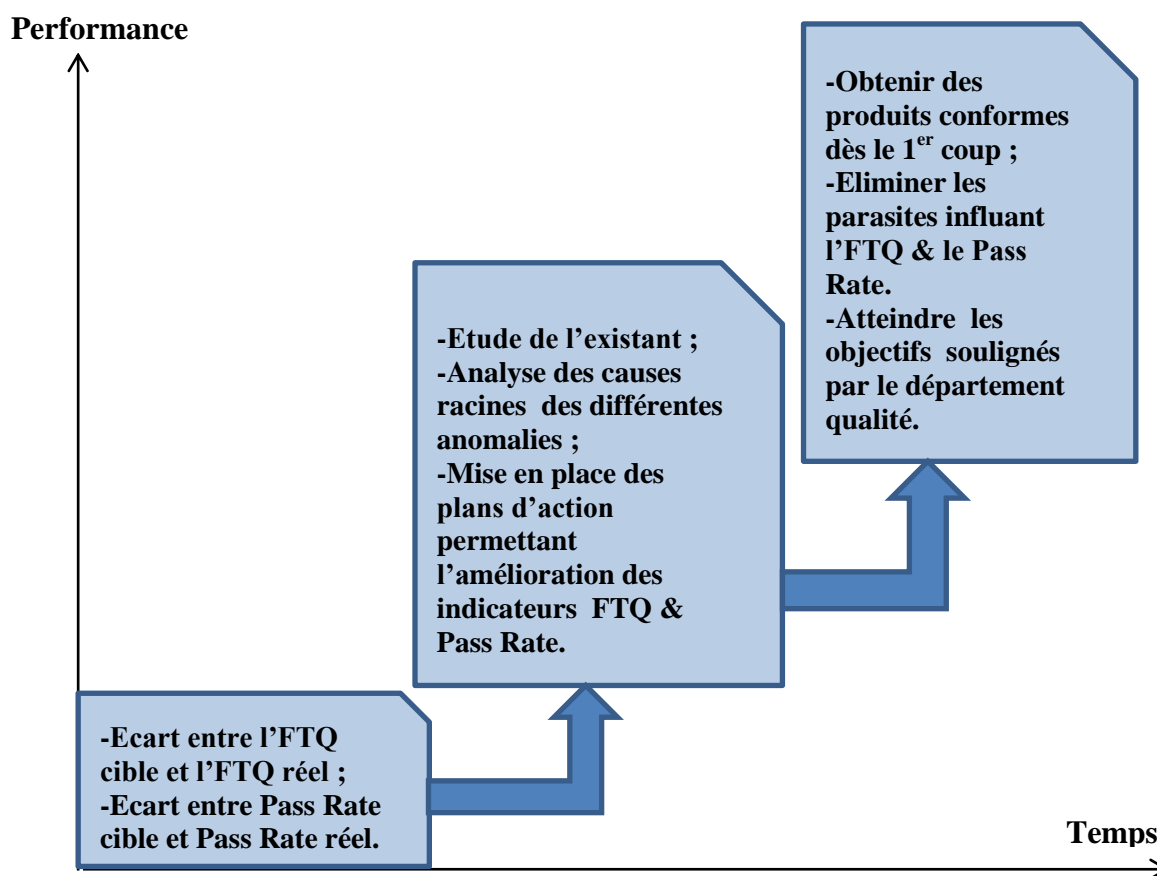


Figure 10: Ecart entre la situation actuelle et la situation cible.

II.3. Analyse du besoin :

➤ Besoin exprimé :

Le besoin est d'améliorer les indicateurs de performance de la qualité du projet IP par la minimisation voire l'élimination des défauts de non-qualité.

La mission est donc d'élaborer, en premier lieu, une étude de l'existant pour s'arrêter sur les anomalies majeures et prioritaires, ce qui nous permettra d'agir sur les défauts les plus pénalisants.

Ensuite, nous allons procéder à l'analyse des causes potentielles et puis nous proposerons des plans d'actions appropriés tout en contrôlant l'évolution des défauts et l'efficacité des solutions mises en place.

➤ Bête à corne :

Le besoin, exprimé par le coordinateur du projet IP, consiste à améliorer l'indicateur FTQ impacté par le nombre de défauts détectés au niveau des câbles tout en analysant leurs causes

racines de manière à les éliminer et de ne produire que des câbles conformes aux exigences client dès le 1^{er} coup sans avoir recours à la réparation.

Pour déterminer le besoin, nous avons utilisé le diagramme bête à corne illustré en figure 11 :

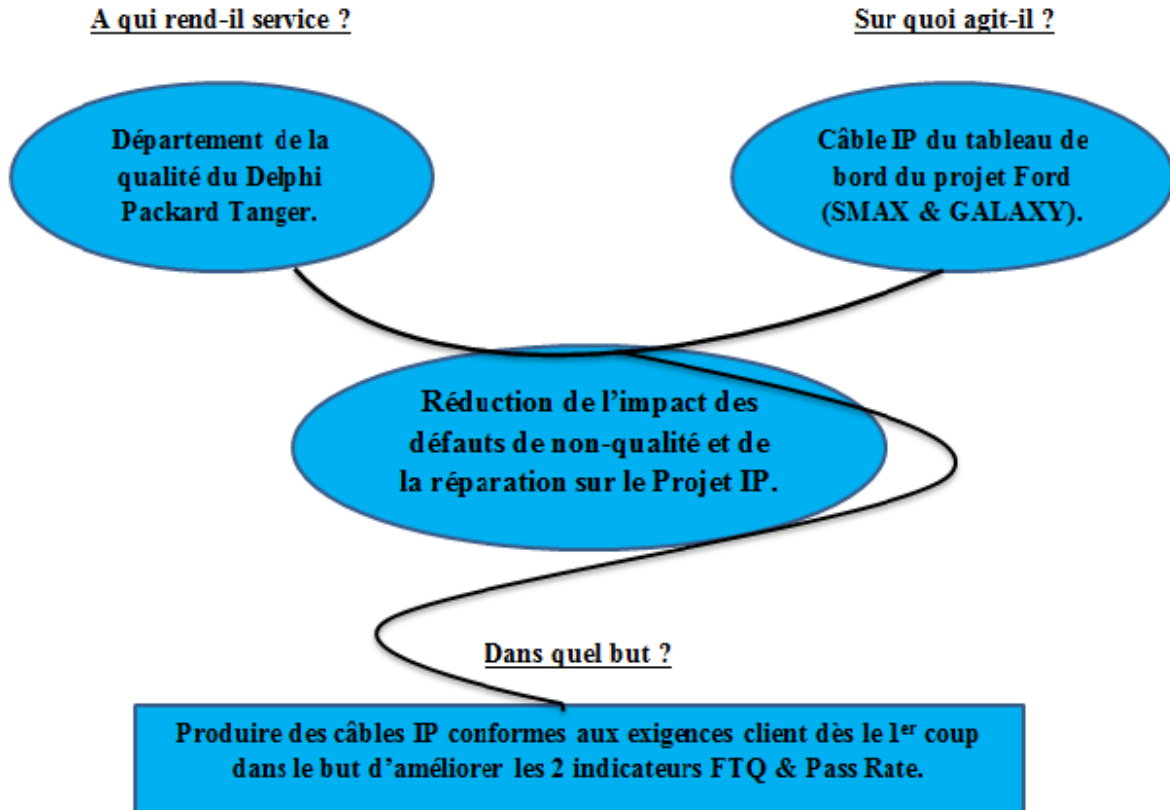


Figure 11: Diagramme Bête à corne du projet.

II.4. Planification du projet :

II.4.1. Démarche DMAIC :

Adopter une méthodologie pour le traitement du projet est une étape cruciale et d'une importance primordiale pour assurer la cohérence et l'enchaînement des différentes parties, or le vrai défi est le choix d'une démarche rigoureuse et adéquate.

Entre les multiples démarches existantes telles que : 8D, PDCA, DMAIC,... Nous avons opté pour la DMAIC qu'on juge très intéressante. Il s'agit d'une approche structurée de résolution des problèmes indissociablement liée à l'approche '6 sigmas'. Chacune des lettres composant le sigle DMAIC est l'initiale de la fonction significative de l'étape correspondante.

Les 5 étapes fondamentales de la méthode sont :

- **Définir** :

Cette étape permet de :

- Définir et de valider le périmètre du (ou des) processus au niveau duquel va porter l'étude et formaliser les attentes des clients de ce processus

- **Mesurer** :

Cette étape consiste à :

- Collecter les données qui permettent de mesurer objectivement la performance du processus.

- **Analyser** :

Cette étape permet de:

- Identifier les causes potentielles de dysfonctionnement du processus.
- Réaliser une analyse des performances du processus
- Etablir un diagnostic partagé des problèmes à l'origine de la non performance.

- **Innover** :

Cette étape consiste à :

- Définir le processus cible permettant d'améliorer durablement la performance du processus conformément aux objectifs formulés dans les premières étapes de la démarche DMAIC.

- **Contrôler** :

L'étape de contrôle consiste à :

- Définir les indicateurs permettant de mesurer la performance du processus cible.
- Valider et mettre en œuvre les recommandations formulées lors de l'étape "Améliorer",
- Définir les modalités de mesure de l'efficacité des recommandations

II.4.2. Planning du projet :

Dans le but d'avoir une bonne gestion du temps et respecter la durée limitée du stage, on a eu recours au logiciel 'GANTT Project' qui nous a permis de mieux visualiser les différentes tâches du projet ainsi que leurs durées.

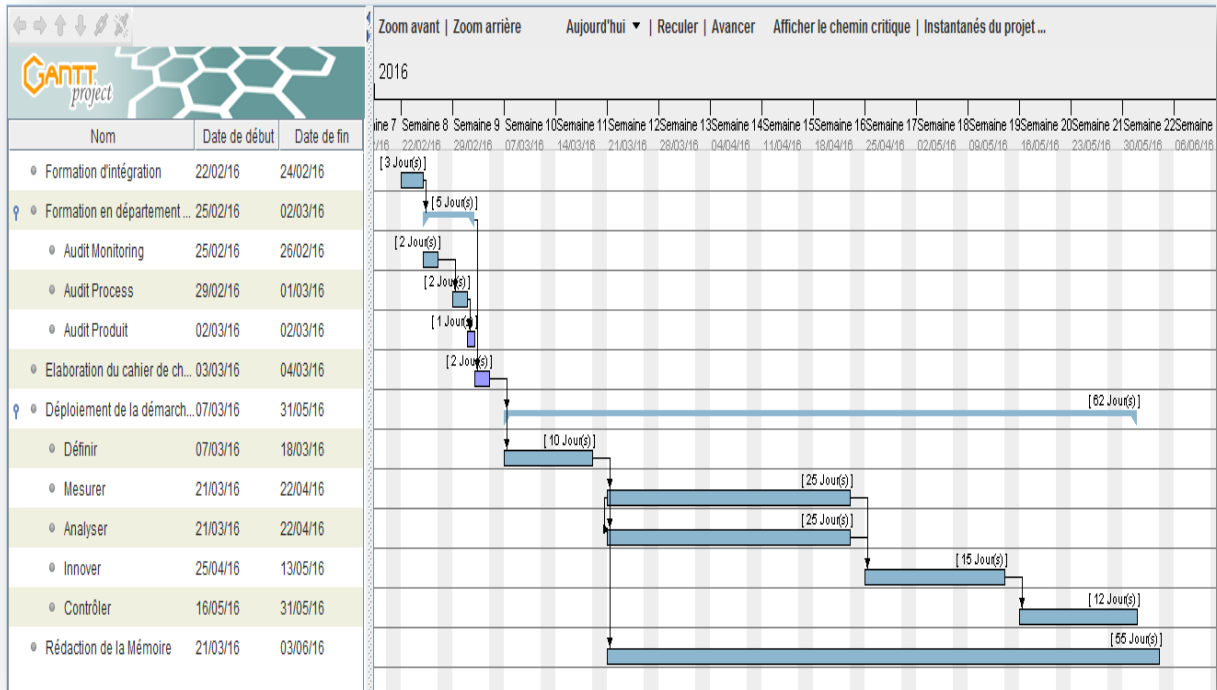


Figure 12: Planning du projet sous 'GANTT Project'.

II.5. Analyse des risques :

L'analyse des risques est une démarche très importante qui vise à identifier et analyser les risques encourus, à les évaluer et les hiérarchiser, à envisager les moyens de les maîtriser, à les suivre et les contrôler et enfin capitaliser le savoir-faire et l'expérience acquis. Les risques du projet seront analysés selon les critères suivants : la gravité du risque, sa fréquence d'apparition durant le projet, sa non-défectabilité et enfin sa criticité.

Gravité : décrit l'impact du risque sur le déroulement du projet.

Poids	Gravité
1	Faible impact sur le déroulement du projet.
2	Impact modéré sur le projet.
3	Impact important sur le projet.
4	Impact grave sur le projet

Tableau 2 : Notation de la gravité des risques du projet.

Fréquence : la possibilité qu'une cause particulière survient pendant le déroulement ou la durée de vie du projet.

Poids	Fréquence
1	Risque improbable
2	Risque peu probable
3	Risque probable
4	Risque très probable

Tableau 3 : Notation de la fréquence d'apparition des risques du projet.

Non-Détection : décrit la possibilité que le risque ne soit pas détecté.

Poids	Détection
1	Fortement détectable.
2	Détectable.
3	Peu détectable.
4	Non détectable.

Tableau 4 : Notation de la non-déteçtabilité des risques du projet.

Criticité : le produit des 3 critères : $C = G * F * D$

Intervalle	Criticité	Alerte	Actions
$C < 16$	Faible		Actions correctives
$16 \leq C < 32$	Modérée		Actions préventives
$32 \leq C < 48$	Elevée		Anticipation par des simulations.
$48 \leq C \leq 64$	Catastrophique		Remise en cause sur les intervenants du projet

Tableau 5 : Notation de la criticité des risques du projet.

Risques	Causes	Effets	G	F	D	C	Actions
Projet purement industriel sans aspect académique.	-Le département Génie Industriel exige la mise en œuvre des outils acquis (aspect théorique), or l'entreprise s'intéresse aux résultats concrets.	-Surcharge.	2	3	1	6	-Equilibrer entre les 2 aspects (théorique et pratique) en s'appuyant sur les outils industriels.
Besoin mal compris.	-Projet complexe.	-Ne pas cibler l'objectif.	4	3	2	24	-Se familiariser avec le processus.
Difficulté lors de la collecte des données.	-Manque d'assistance de la part de l'équipe du projet.	-Temps perdu.	3	3	1	9	-Se focaliser sur le côté relationnel. -Prouver son intérêt envers le projet.
Manque de communication entre les départements.	-Chaque département se focalise sur ses propres indicateurs.	-Blocage et incapacité d'atteindre les objectifs soulignés.	4	3	2	24	-Invitation de l'équipe du projet à des réunions bimensuelles.
Non-respect du délai prévu.	-Projet multidimensionnel.	- Incapacité de mettre en place les actions et suivre leurs efficacités.	4	2	2	16	-Respecter les délais prévisionnels de chaque tâche. -Dans le cas échéant, avoir recours au chevauchement des tâches.

Tableau 6 : Analyse des risques du projet.

Chapitre III

Déploiement de la démarche DMAIC.

DELPHI

Innovation for the Real World



I. Définir



DEFINE

Define the
problem.

“A problem well stated is a problem half solved.”

Charles Franklin Kettering

I.1. Introduction :

L'étape D de la démarche DMAIC est une phase d'une importance cruciale car elle permet de bien cerner et comprendre la problématique. Pour cela on a eu recours à de multiples outils industriels qui nous faciliteront la tâche. Il s'agit notamment de la charte du projet qui définit l'état actuel, la problématique et la planification du travail, le diagramme SIPOC qui nous permettra d'identifier les différentes parties prenantes du projet, le diagramme QOQQCP, et enfin le diagramme (CTQ).

I.2. Projet IP :

Il s'agit du câblage de tableau de bord du client FORD (SMAX & GALAXY). Ce câblage est responsable de la transmission des signaux électriques à l'ensemble des indicateurs et des témoins qui renseignent le conducteur à temps réel sur le fonctionnement du moteur et sur les paramètres de conduite : vitesse instantanée, température extérieure, niveau du carburant,...



Figure 13 : Tableau de bord de la voiture Ford.

Une multitude d'informations sont fournies par le tableau de bord d'une voiture, dont on cite :





Symbole	Désignation	Signification
	Défaillance des freins.	Ce témoin indique un niveau insuffisant du liquide de freinage.
	Air Bag.	Ce témoin indique un dysfonctionnement de l'un des coussins gonflables de la sécurité du véhicule.
	Niveau mini de carburant.	Ce témoin avertit le conducteur qu'il roule sur la réserve de carburant qui avoisine généralement 10% de la capacité du réservoir.
	Niveau d'huile moteur.	Ce témoin indique une baisse du niveau de lubrifiant moteur nécessitant de faire l'appoint sous peine de dégrader les organes mécaniques.

Tableau 7 : Indications fournies par le tableau de bord d'une voiture.

Vu la fonctionnalité critique du câble IP, l'exigence en qualité est très élevée alors que la DPT s'efforce à assurer les exigences clients par la mise en place de différents plans : plans de contrôle, plans de détection, plans de surveillance, ...

I.3. Equipe du projet

Ce présent projet fait appel à plusieurs intervenants d'autres départements autres que le département de la qualité, c'est pour cela que toute une équipe a été destinée pour la bonne étude du projet.

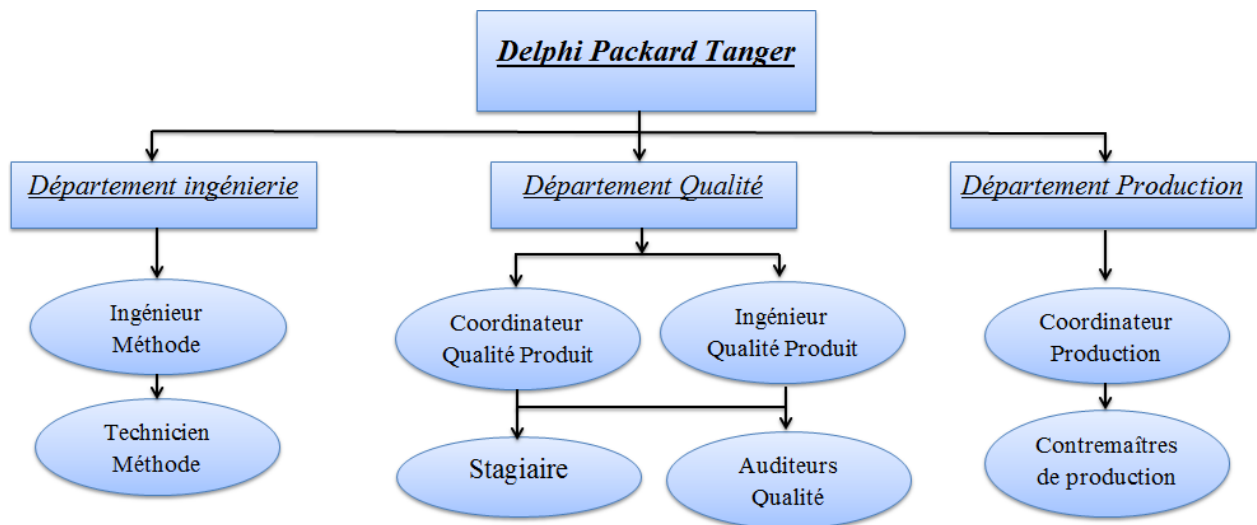


Figure 14: Equipe du projet.

I.4. Charte du projet :

L'objectif de cette Charte est de définir le projet, de constituer les bases de sa gestion et de fournir une référence pour l'évaluation ultérieure de son succès. Elle contient une multitude d'outils tels que : QQQQCP, CTQ,...

Charte du Projet

Titre du Projet		Amélioration des indicateurs de performance de la qualité du projet IP.			
Qui ?	Quoi?	Où?	Quand ?	Comment?	Pourquoi?
Projet IP du client FORD.	Taux de réparation très élevé impactant les 2 indicateurs FTQ & Pass Rate.	Chaîne d'assemblage du Projet IP.	Mars 2016 - Mai 2016	Démarche DMAIC	Réduire FTQ Améliorer Pass Rate Minimiser les CNQ

Diagramme CTQ

Besoin du Client	Exigences	Caractéristiques mesurables	Spécifications
Câbles avec 0 défaut.	Production des câbles conformes aux exigences dès le 1er coup.	Réclamations Clients.	Minimiser voire éliminer les réclamations clients.

Etat Actuel	Etat Cible
Ecart entre FTQ / Pass Rate cibles et FTQ / Pass Rate réels.	Réduire les écarts entre les indicateurs cibles et réels par la production des câbles conformes dès le 1 ^{er} coup.

Planification du Projet

Semaine	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
Formation DPT															
Formation département Qualité															
Définir															
Mesurer															
Analyser															
Innover															
Contrôler															

Tableau 8 : Charte du projet.

I.5. SIPOC :

Le diagramme SIPOC illustré dans la figure 15 est un outil qui permet d'identifier tous les éléments associés à un processus. L'acronyme SIPOC signifie Supplier (fournisseur), Input (Entrée), Process (Processus), Output (Sortie), Customer (Client). Pour la notion du client et du fournisseur il ne s'agit pas de ceux de l'entreprise, mais bien de ceux du processus.

Il est recommandé d'employer le SIPOC dans la phase initiale d'un projet d'amélioration. L'élaboration de ce diagramme nécessite 5 étapes:

1. Identifier les fournisseurs (S) des entrées.
2. Identifier les entrées (I) requises par le processus.
3. Identifier le processus (P) dans lequel le problème a été identifié.
4. Définir les Sorties du processus (O).
5. Identifier les clients (C) qui reçoivent les sorties.

SIPOC







 SUPPLIER	 INPUT	 PROCESS	 OUTPUT	 CUSTOMER
Ingénieur Qualité Produit	Historiques des défauts.	Analyse des données	Plans d'actions	Projet IP du client 
	Indications et directives		Amélioration des indicateurs de performance :	
Réparateurs	Description des réparations.	Suivi et analyse des réparations	-FTQ ; -Pass Rate ; -CNQ.	
Ingénieur & Technicien Méthode	Informations sur l'ergonomie des postes.	Améliorations des postes de travail.	Propositions d'amélioration.	

Figure 15 : Diagramme SIPOC du projet.

I.6. QOOQCP :

Le QOOQCP est un outil simple permettant d'obtenir rapidement une convergence de compréhension et de nécessité d'action collective, c'est une méthode pour s'assurer d'avoir fait le tour d'un problème avant de se lancer dans une solution. Il s'agit de poser les questions de façon systématique afin de n'oublier aucune information connue.

La figure 16 représente une clarification du problème par l'outil QOOQCP.

Qui ?	Quoi ?	Où ?	Quand ?	Comment ?	Pourquoi ?
<p>Qui est concerné par le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Département Qualité. -Département Production. -Département Ingénierie. 	<p>C'est quoi le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Taux de réparation élevé. <p>Quelles sont les conséquences ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ecart entre FTQ cible et FTQ réel. -Ecart entre Pass Rate cible et Pass réel. 	<p>Où apparaît le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Chaîne d'assemblage du projet IP. 	<p>Quand apparaît le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pendant l'assemblage du câble. -Au cours du test électrique. -Au cours du test de contention. 	<p>Comment mesurer le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Par suivi journalier des câbles subissant la réparation. -Calcul de FTQ et Pass Rate. 	<p>Pourquoi résoudre le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Atteindre la qualité dès le 1^{er} coup. -Améliorer FTQ. -Améliorer le Pass Rate. -Minimiser les coûts de Non qualité.

Figure 16 : Description du projet par QOOQCP.

I.7. Diagramme CTQ: Critical To Quality

La satisfaction totale du client est une obsession majeure pour n'importe quelle entreprise, et DPT vise toujours à améliorer la qualité de ses produits pour répondre aux exigences de ses clients.

Le diagramme CTQ (Tableau 9) est un outil incontournable pour identifier la valeur aux yeux du client et définir également les caractéristiques primordiales de leurs produits.

Clients	Besoins	Exigences	Spécifications
Département Qualité	Minimiser la réparation des câbles.	Produire des câbles conformes dès le 1 ^{er} coup.	Atteindre l'objectif défini qui est de 4 câbles par Shift.
	Minimiser les défauts de non qualité.	Respecter les modes opératoires en assurant l'autocontrôle.	Atteindre l'objectif hebdomadaire défini de l'indicateur FTQ l'indicateur Pass Rate.
	Câbles avec 0 défaut.	Répondre aux exigences implicites et explicites du client : -Assurer la continuité électriques entre tous les connecteurs ; -Les terminaux sont encliquetés dans leurs voies adéquates ; -La méthode d'enrubannage est conforme ; -Les dimensions des côtes sont respectées.	Respecter le cahier de charges.

Tableau 9 : Critical To Quality.

I.8. Conclusion :

Au cours de cette partie, on a effectué la 1^{ère} étape de la démarche DMAIC qui consiste à définir le projet, ses objectifs ainsi que ses intervenants, tout cela en ayant recours à des outils performants qui nous ont aidés à mieux comprendre et cerner la problématique dans le but d'assurer une bonne étude du projet.



II. Mesurer



MEASURE

Map out the
current process.

“You can’t manage what you can’t measure.”

Genichi Taguchi

II.1. Introduction :

Après avoir défini le cadre du projet, au cours de la phase précédente, nous allons entamer par la suite l'étape « Mesurer », cette dernière qui met au point l'état actuel de l'entreprise à base des historiques mises à notre disposition de la part du département Qualité.

II.2. Les indicateurs clés de performance :

Nous allons interpréter les 2 indicateurs clés décrivant l'état du projet IP depuis Octobre 2015 jusqu'en Février 2016 de point de vue défauts de non-qualité et taux de réparations. Il s'agit de l'indicateur FTQ (First Time Quality) et l'indicateur Pass Rate.

Delphi Packard Tanger vise à minimiser l'indicateur FTQ qui se calcule à base des défauts de non-qualité détectés au niveau de la chaîne de production du projet IP. C'est pour cela que le département qualité détermine la valeur cible de l'FTQ qui ne doit pas être dépassée pour avoir un niveau de qualité acceptable.

$$\rightarrow \text{FTQ (PPM)} = \frac{\text{Nombre de défauts}}{\text{Nombre de câbles produits}} * 1.000.000$$

Quant au Pass Rate, il s'agit d'un indicateur décrivant le taux de câbles n'ayant pas subi de réparation, que pour lui-même Delphi a déterminé une valeur objectif à atteindre ou même à dépasser et c'est toujours dans le cadre de la recherche perpétuelle de la performance qui consiste à produire des câbles conformes dès le 1^{er} coup et sans avoir recours à la réparation.

$$\rightarrow \text{Pass Rate (\%)} = \frac{\text{Nombre de câbles produits} - \text{Nombre de câbles réparés}}{\text{Nombre de câbles produits}} * 100$$

II.2.1. FTQ : First Time Quality

Dans un premier temps, nous allons commencer par la mesure de l'indicateur FTQ.

Au cours de la période Octobre –Décembre 2015, l'objectif mensuel de l'FTQ, souligné par le département Qualité, était de 98039 PPM, alors qu'à partir de Janvier 2016 la valeur cible de cet indicateur est devenu 83333 PPM, cette diminution de 15% par rapport à l'ancien objectif est dû à la politique adoptée par la DPT qui vise l'amélioration continue de ses indicateurs.



La figure 17 représente l'évolution de l'indicateur FTQ du Projet IP depuis Octobre 2015 jusqu'au Février 2016.

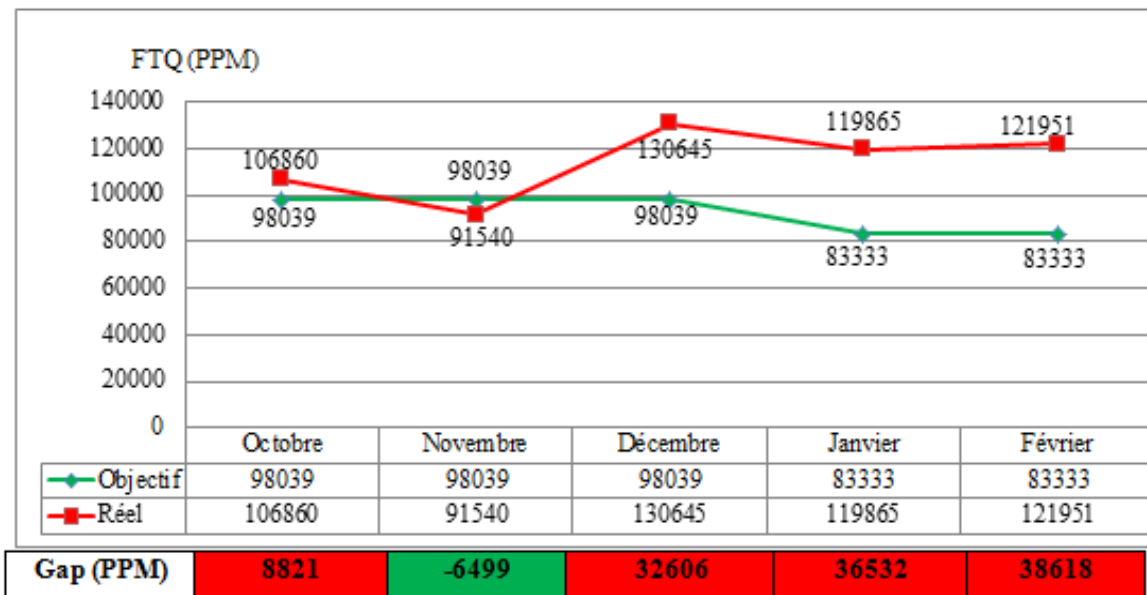


Figure 17 : Evolution de l'FTQ durant la période d'étude.

A partir de la représentation graphique de l'indicateur FTQ (figure 17), on remarque bien qu'à partir de Décembre 2015 l'écart entre la valeur cible de FTQ et la valeur réelle devient de plus en plus important ce qui prouve que les défauts de non-qualité ne sont pas encore maîtrisables.

Pour mieux visualiser la situation, on a effectué une représentation graphique (figure 18) de l'évolution de l'FTQ projet IP par équipe* pour identifier la variation de cet indicateur entre les 3 équipes.

*1 équipe travaille durant un Shift : 8h/jour.

De même, le département qualité a déterminé la valeur mensuelle de l'FTQ cible pour chaque équipe qui était de 32680 PPM depuis Octobre 2015 jusqu'en Décembre 2015, alors qu'à partir de Janvier 2016, l'FTQ cible est devenu 27777 PPM et c'est toujours dans le cadre de l'amélioration continue de la qualité visée par Delphi.

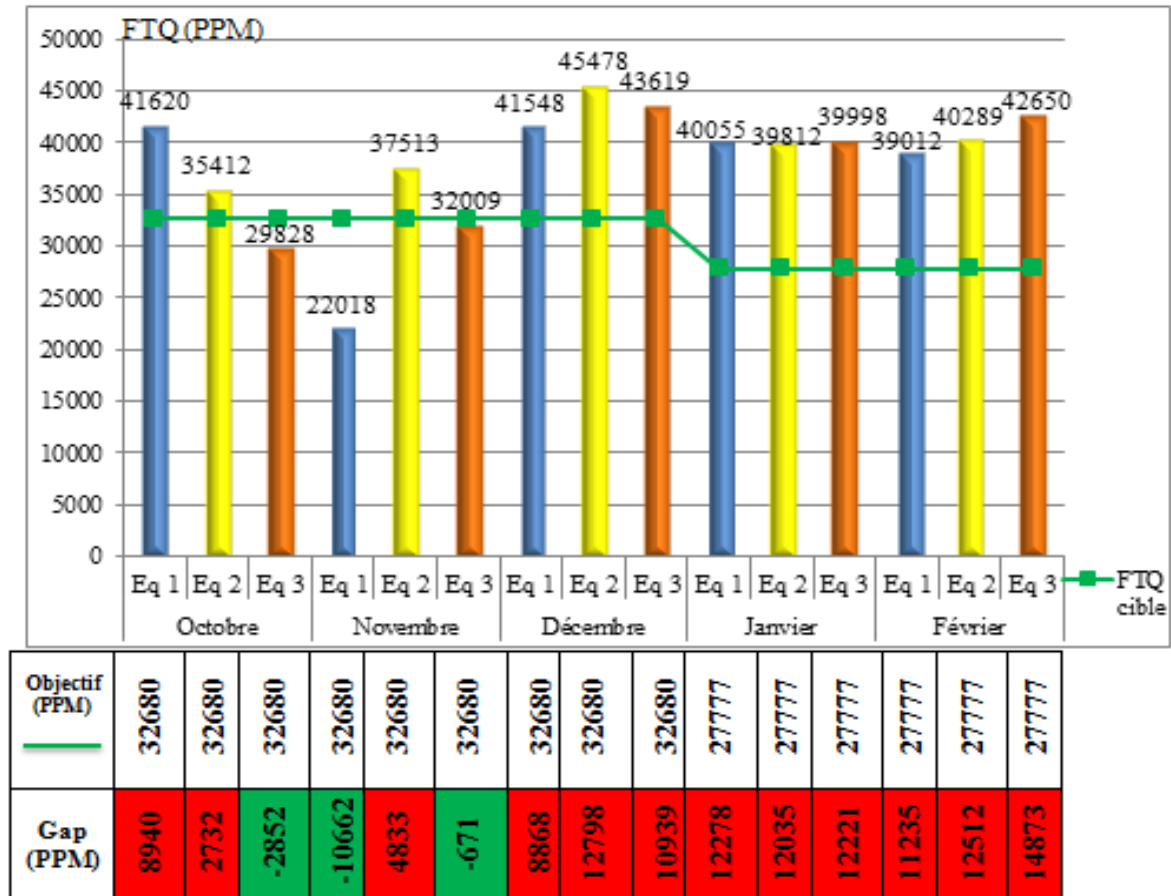


Figure 18 : Evolution de l'FTQ par équipe durant la période d'étude.

A partir de la représentation graphique de l'FTQ mensuel par équipe (figure 18), on remarque bien que pendant Octobre 2015, l'équipe "1" a vraiment dépassé l'objectif (41620 PPM) quant à Novembre, c'est l'équipe 2 qui dépassera cette fois-ci l'FTQ cible (37513 PPM). Or, à partir de Décembre 2015 jusqu'au Février 2016, la situation s'est aggravée puisque l'FTQ des 3 équipes a été loin de l'objectif.

II.2.2. Pass Rate

Après avoir mesuré l'indicateur FTQ du projet IP entre la période allant de Octobre 2015 jusqu'en Février 2016, nous allons passer maintenant à la mesure de l'indicateur Pass Rate décrivant la capacité de la chaîne à produire des câbles IP sans avoir recours à la réparation, et c'est toujours pendant la même période.

L'objectif déterminé par le département de la qualité pour le Pass Rate depuis Octobre 2015 jusqu'en Décembre 2015 était de 95%, alors qu'à partir de Janvier 2016, l'exigence s'est amélioré pour atteindre les 96%.

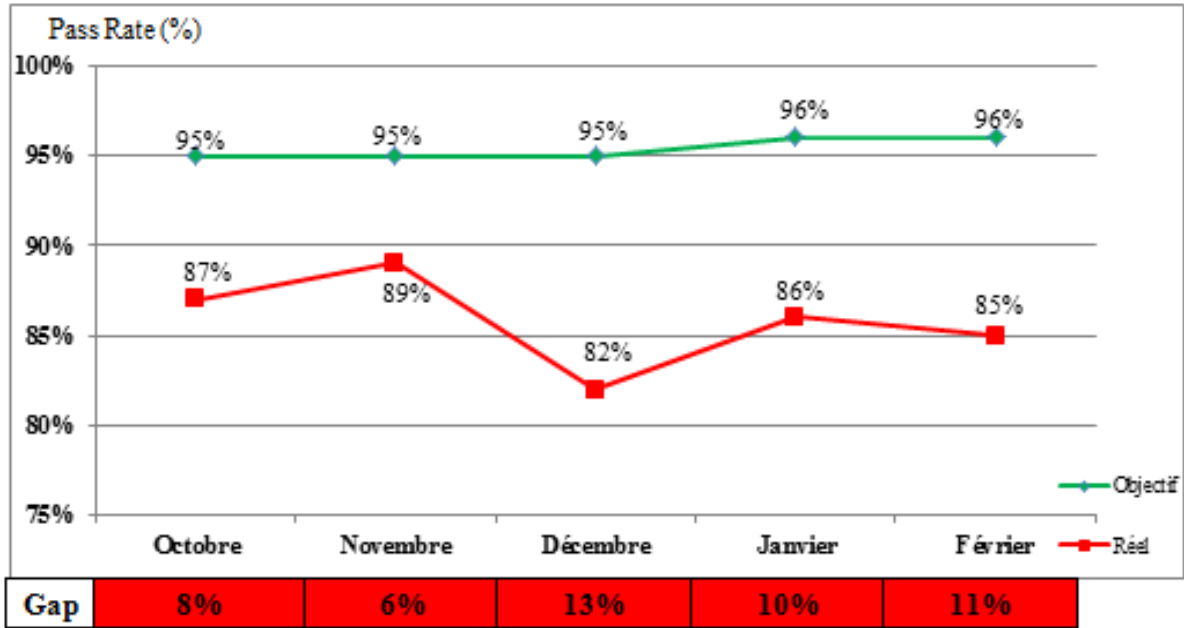


Figure 19 : Evolution du Pass Rate durant la période d'étude.

L'interprétation graphique du Pass Rate (figure 19) prouve l'existence d'un écart entre la valeur cible et la valeur réelle de cet indicateur qui valait 87% en Octobre 2015 avant de diminuer pour atteindre 82% en Décembre 2015, alors que l'objectif au cours de cette période était de 95%.

Une fois nous avons représenté l'évolution du Pass Rate du projet IP, on a voulu détailler encore la mesure de cet indicateur en effectuant l'interprétation par équipe dans le but de s'arrêter sur les écarts existants entre eux.

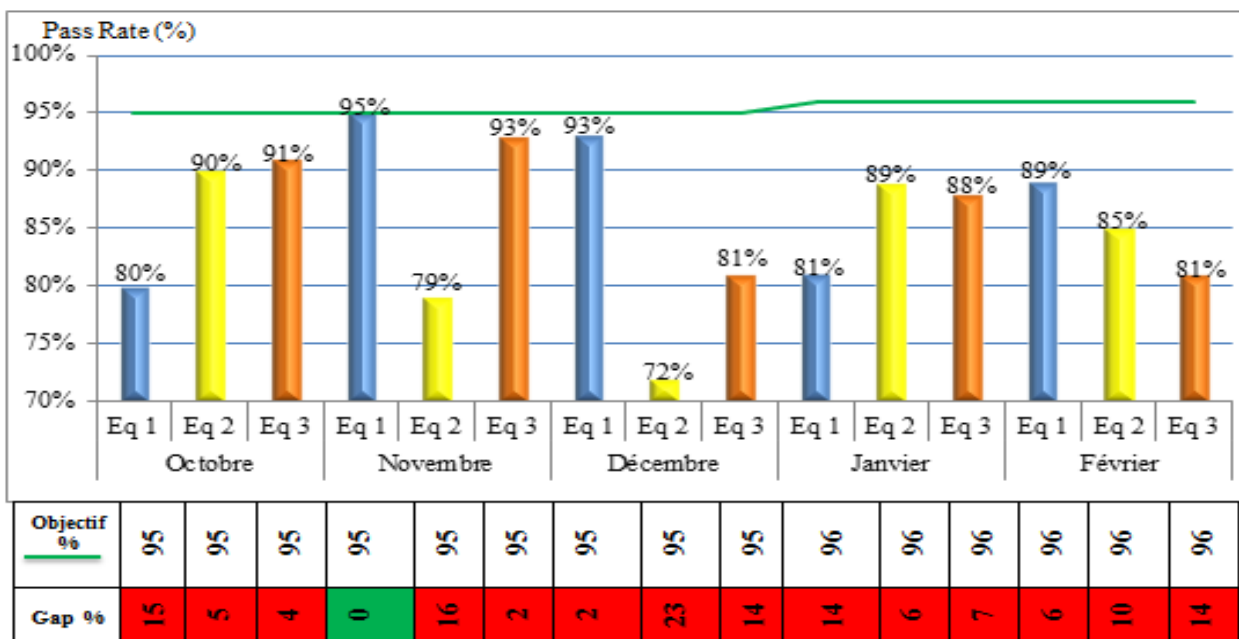


Figure 20 : Evolution du Pass Rate par équipe durant la période d'étude.

L'interprétation (figure 20) montre un écart entre le Pass Rate cible et le Pass Rate réel des 3 équipes ce qui confirme les données précédentes. On remarque aussi l'existence des fluctuations au niveau de cet indicateur, du coup l'équipe '1' a pu atteindre la cible en Novembre 2015 avec un taux de 95% avant de s'éloigner de l'objectif pour se fixer à 89% en Février 2016.

II.2.3. Coût de la réparation

L'aspect économique est omniprésent dans toute entreprise cherchant la performance, et l'objectif d'optimiser voire éliminer les coûts de non qualité reste une obsession majeure, alors que les défauts de non-qualité nécessitant la réparation génèrent des coûts de non qualité liés à la main d'œuvre de la réparation et au rebût.

$$\rightarrow \text{Coût de réparation (Dhs)} = \text{Coût main d'œuvre} + \text{Coût rebût}$$

Avec :

$$\text{Coût main d'œuvre (Dhs)} = \text{Taux horaire} * \text{Temps d'ouverture} * \text{Nombre de réparateur}$$

-Taux horaire = 15 Dhs /h ;

-Temps d'ouverture = 552 h /mois ;

-Nombre de réparateur = 6 réparateurs (2 réparateurs par Shift).

D'où le Coût mensuel de la main d'œuvre de réparation (Dhs) = 16560 Dhs

Sachant que 5% du coût de rebût (connecteurs, fils électriques, outils d'habillages,...) est remboursable puisqu'il sera vendu aux firmes spécialisées en recyclage des déchets alors la formule de calcul est :

$$\text{Coût rebût (Dhs)} = \text{Masse déchet (Kg)} * \text{Coût matière} * 0.95$$

-Coût moyen de la matière = 20,5 Dhs / Kg

D'où le Coût mensuel du rebût (Dhs) = 19,475 Dhs/Kg * Masse déchet (Kg)

- Ainsi, la formule finale du coût de la réparation devient :

$$\rightarrow \text{Coût Réparation Mensuel (Dhs)} = 16560 + 19,475 * \text{Masse déchet (Kg)}$$

Pour mieux visualiser l'impact du coût de la réparation, on a représenté graphiquement, depuis Octobre 2015 jusqu'en Février 2016, l'évolution du coût réel et le coût objectif (figure 21) souligné par la DPT qui cible la minimisation des défauts de non-qualité pour éviter la réparation des câbles et optimiser par la suite le nombre de réparateurs ce qui engendra certainement une amélioration positive en terme d'efficacité de la chaîne de production du câble IP.

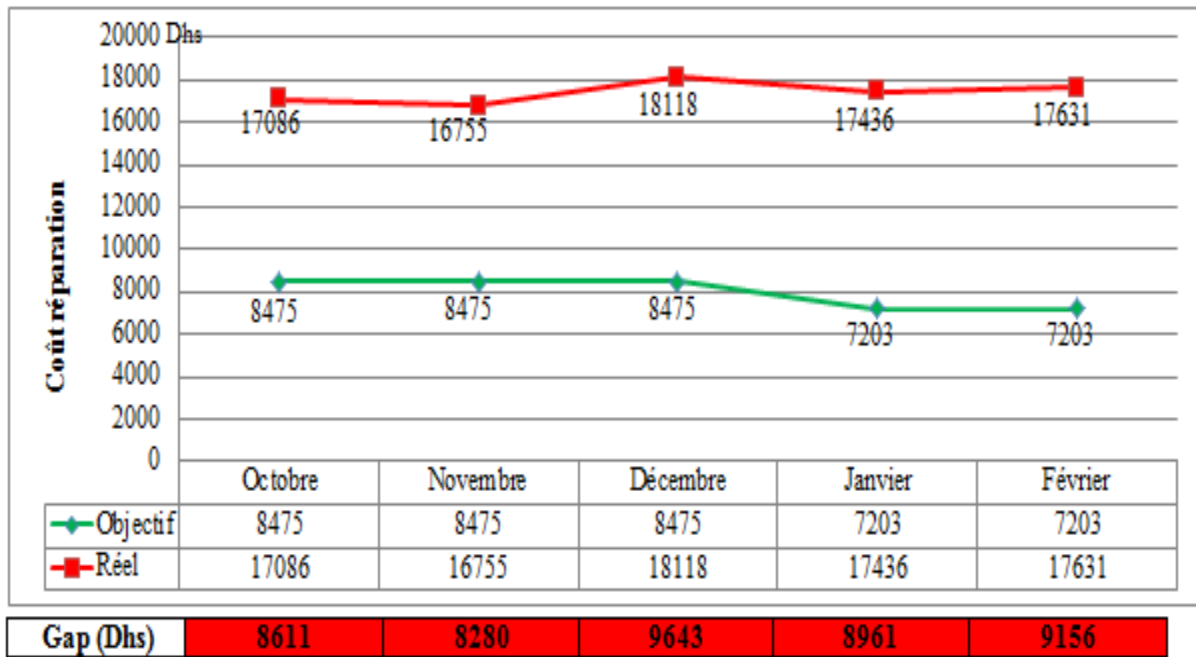


Figure 21 : Evolution du coût de la réparation durant la période d'étude.

La figure 21 indique un écart très important entre le coût de la réparation réel et la cible, puisqu'en Octobre 2015 il a atteint 17086 Dhs ce qui constitue plus de 200% du coût objectif : 8475 Dhs. Cet écart continue à être important durant toute la période d'étude, ce qui confirme que la réparation des câbles engendre énormément de coûts supplémentaires dues au coût de la main d'œuvre puisqu'on dispose de 2 réparateurs par shift au temps où l'objectif est de n'avoir qu'un seul opérateur de réparation par shift.

Ensuite, on a procédé à la mesure de l'évolution du coût de réparation par équipe dans le but d'identifier l'équipe problématique qui génère plus de coût de réparation.

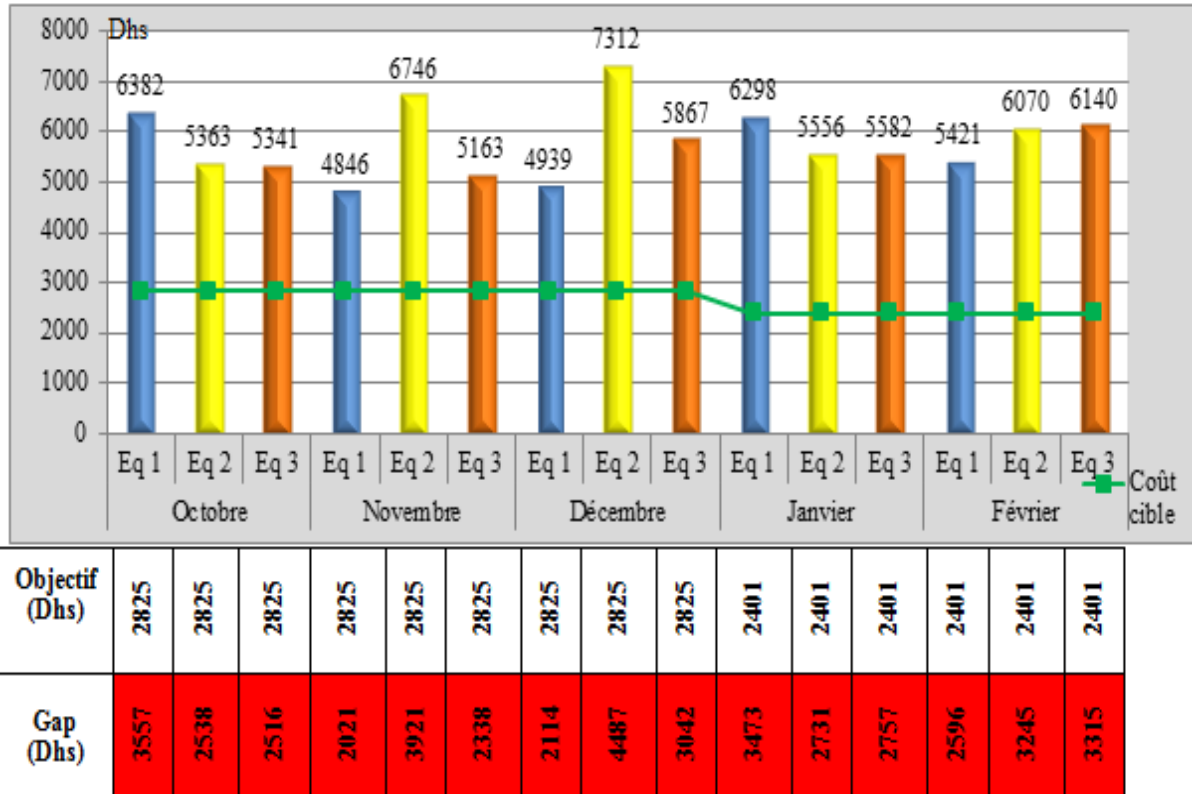


Figure 22 : Evolution du coût de la réparation par équipe durant la période d'étude.

A partir du graphe ci-dessus (figure 22) on remarque bien que les coûts de réparation générés par chaque équipe sont plus ou moins approximatifs et dépassent beaucoup la cible.

Jusqu'à présent, et à base des données traitées précédemment, on ne peut tirer aucune conclusion qui nous permettra d'identifier l'existence d'une équipe problématique influençant les 3 indicateurs clés de performance : FTQ Pass Rate et coûts de la réparation, c'est pour cela que nous sommes amenés à détailler encore l'étude.

II.3. Historique des défauts

Un historique des anomalies, détectées en Projet IP durant la période d'étude, a été mis à notre disposition de la part du département qualité pour s'arrêter sur les défaillances les plus répétables et celles ayant plus d'impact sur les indicateurs étudiés.

Le tableau 10 représente l'ensemble des défauts détectés en projet IP depuis Octobre 2015 jusqu'en Février 2016.

Défaut	Effectif	Pourcentage %	Cumul %
Inversions	1237	37,41%	37,41%
Kit NOK	763	23,07%	60,48%
Fil caché	428	12,94%	73,42%
Terminal déformé	289	8,74%	82,16%
Fil coupé	245	7,41%	89,57%
Terminal désencliqueté	137	4,14%	93,71%
Côte hors tolérance	83	2,51%	96,22%
Manque bride	51	1,54%	97,76%
Sécurité ouverte	33	1,00%	98,76%
Sertissage NOK	18	0,54%	99,30%
Fil endommagé	12	0,36%	99,67%
Terminal désaligné	8	0,24%	99,91%
Voie du connecteur déformé	3	0,09%	100,00%
Total	3307	100,00%	

Tableau 10 : Historique des défauts détectés en projet IP durant la période d'étude.

D'après l'inventaire des anomalies du Projet IP, on constate qu'il y a eu 3307 défauts pendant 5 mois –la période de notre étude-.

Par la suite, nous avons interprété les données ci-dessus sous forme de diagramme Pareto.

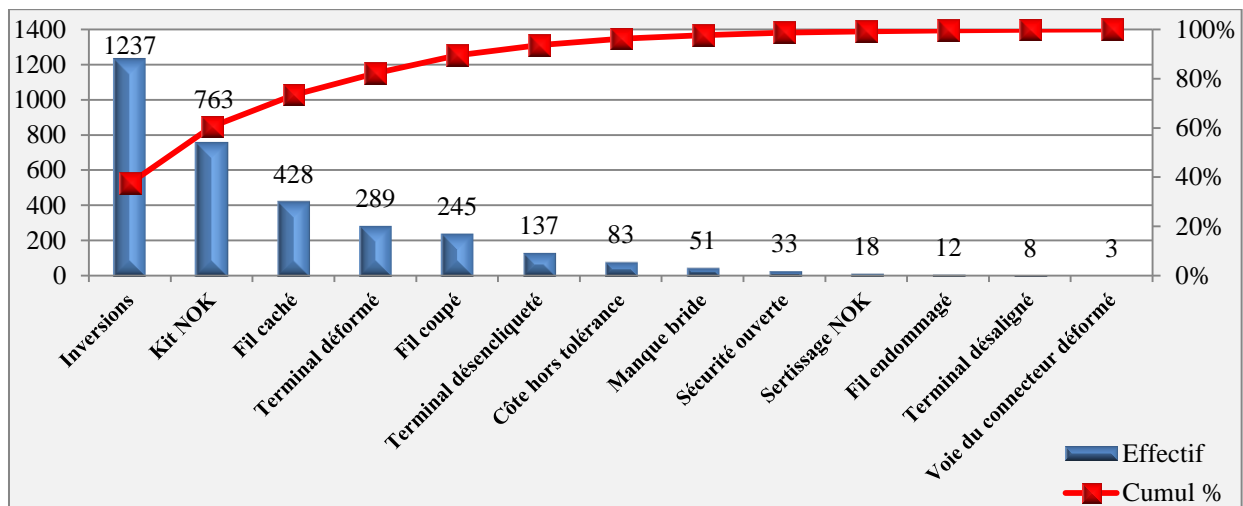


Figure 23 : Diagramme Pareto des défauts apparus durant la période d'étude.

A partir de l'étude Pareto qu'on vient d'effectuer (figure 23), on remarque bien que 4 anomalies sont responsables de plus de 82% des non-conformités.

Il s'agit des :

- Inversions ;
- Kit Nok ;
- Fil caché ;
- Terminal déformé.

Ensuite, nous allons détailler ces anomalies dans le but d'identifier les éléments du câble IP les plus impactés.

II.3.1. Inversions :

Le test électrique est un contrôle d'une importance cruciale effectué pour chaque câble produit. Il s'agit de monter tous les connecteurs du câble dans leurs contre pièces au niveau du banc électrique. Ce test permet de vérifier la continuité électrique entre tous les terminaux des différents connecteurs du câble. Les défauts détectés par ce test sont affichés avec tous leurs détails (Type de défaut, nom du connecteur, numéro de la voie concerné,...) au niveau de l'écran connecté au banc électrique, alors que les inversions viennent en 1^{ère} position parmi l'ensemble des anomalies détectées par ce contrôle (Manque contact, fil caché,...).

Le défaut d'inversion est une vraie obsession pour toutes les entreprises de câblage, il s'agit d'un encliquetage* erroné du terminal (le terminal n'est pas encliqueté dans sa voie approprié) ce qui engendra un mal fonctionnement de la voiture contenant ce câblage défectueux.

***Encliquetage** : montage du terminal dans la voie du connecteur.

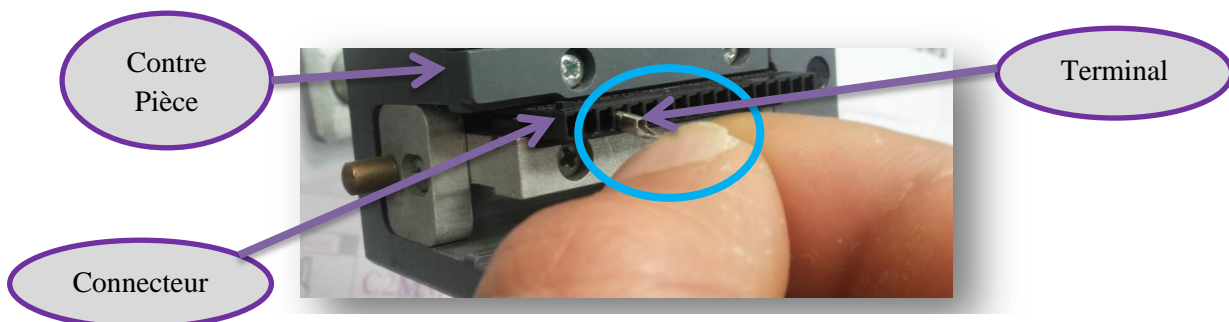


Figure 24 : Encliquetage du terminal dans la voie du connecteur.

Pour mieux cerner l'étude, on a détaillé ce problème en classant les différents connecteurs ayant subi le défaut d'inversion durant notre période d'étude et c'est toujours dans le but d'identifier les connecteurs problématiques ou même les postes générant plus d'inversions.

Connecteur	Nombre d'inversions	Pourcentage %	Cumul %
C2LF45-R	302	24,41%	24,41%
C3R114-C	233	18,84%	43,25%
C3ET28-A	183	14,79%	58,04%
C23-DF	126	10,19%	68,23%
C33-CF	96	7,76%	75,99%
C2ME05-B	77	6,22%	82,22%
C2HS72	52	4,20%	86,42%
C23-CF	43	3,48%	89,89%
C21-BM	32	2,59%	92,48%
C2PR77	25	2,02%	94,50%
C2H404-R	15	1,21%	95,72%
C3ET28-A	14	1,13%	96,85%
C2H101-B	11	0,89%	97,74%
C3LN86	9	0,73%	98,46%
C3DC07-A	5	0,40%	98,87%
C2A-RF	4	0,32%	99,19%
C23-EF	4	0,32%	99,51%
C2H206-A	3	0,24%	99,76%
C2MM01-B	2	0,16%	99,92%
C23-BF	1	0,08%	100,00%
Total	1237	100,00%	

Tableau 11 : Historique des inversions par type connecteur durant la période d'étude.

Les données du tableau 11 ont été représentées sous forme de diagramme Pareto (figure 25).

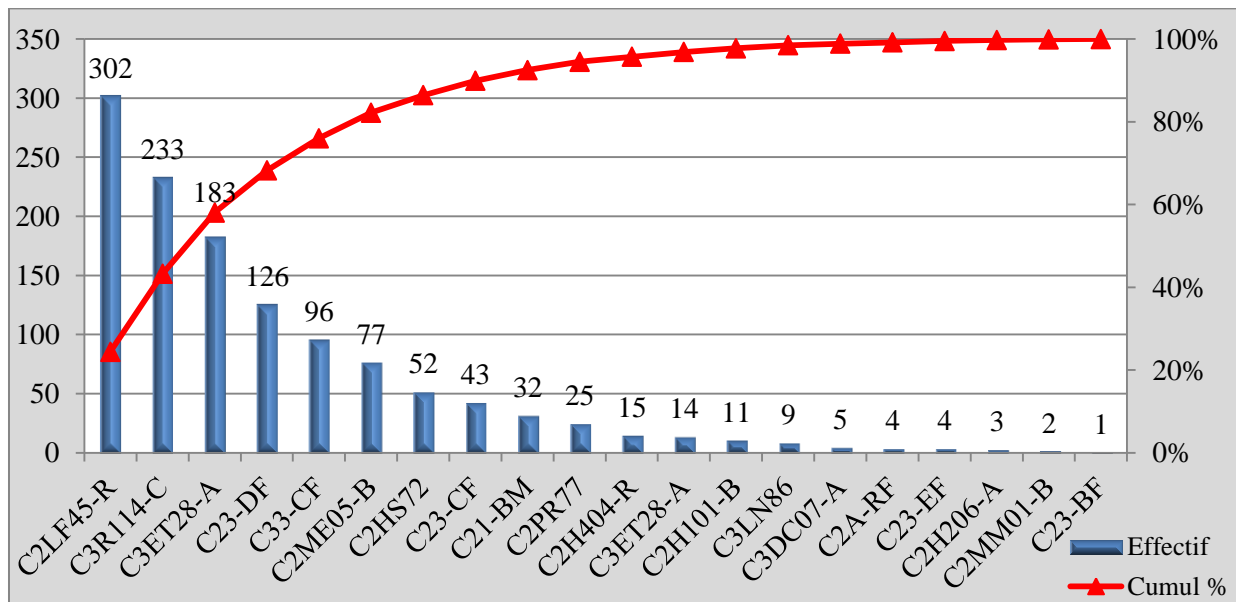


Figure 25 : Diagramme Pareto des connecteurs présentant des inversions durant la période d'étude.

A l'instar de cette étude Pareto, on déduit que 5 connecteurs (représentant 25% de l'ensemble des connecteurs) sont responsables de 76% de l'ensemble du défaut d'inversion.

Il s'agit de :

- C2LF45-R ;
- C3R114-C ;
- C3ET28-A ;
- C23-DF ;
- C33-CF.

II.3.2. Kit NOK

La production des câbles chez Delphi Packard Tanger se fait au niveau des chaînes. Chaque chaîne est dédiée à un type spécifique de câble automobile, elle est constituée de postes fixes appelés «Cellule» et des postes mobiles montés en forme «U» appelés «Tableau».

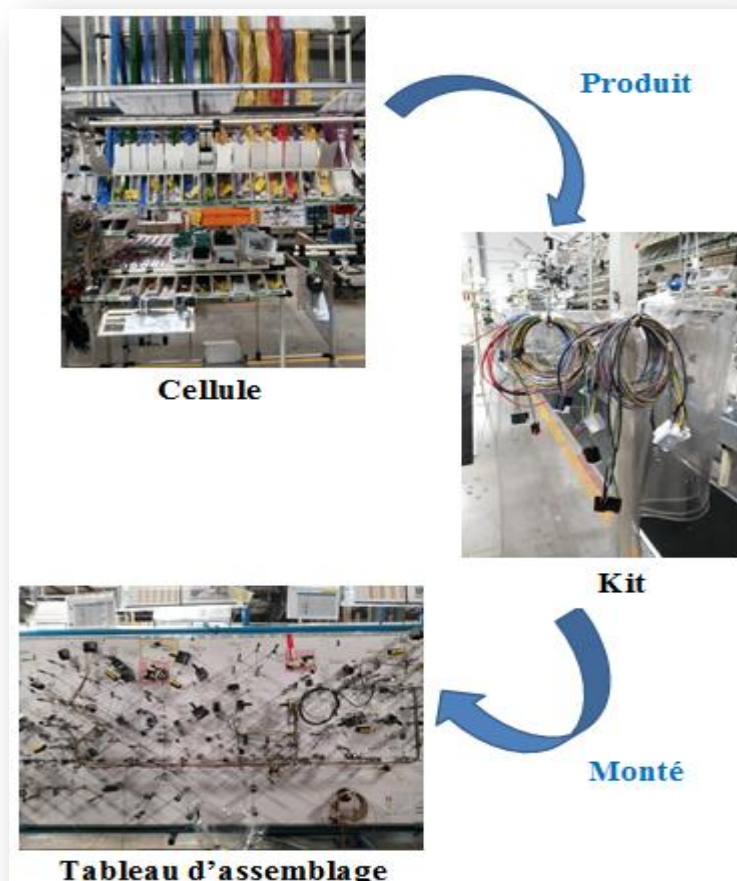


Figure 26 : Processus de l'assemblage du câble IP.

La chaîne dédiée à la production du projet IP se compose de :

-4 cellules : dont trois produisent les épissures et une pour produire les Kits de Ring (Zone centralisée) ;

-9 cellules : produisent les Kits ;

-18 tableaux d'assemblage : dont 10 tableaux pour la séparation et l'encliquetage des fils, et 8 tableaux dédiés à l'enrubannage et le montage des moyens d'attachement : brides, clips, ...



Figure 27 : La chaîne 18-A de la production du projet IP.

Selon l'instruction de travail, les cellules sont les fournisseurs des tableaux. Chaque cellule produit une partie de câble appelé Kit, portant le numéro de la cellule, et l'accroche au moyen de connexion correspondant (mené du Kitting Order) pour alimenter les tableaux de la chaîne.

Les cellules sont également alimentées par d'autres Kits, provenant de la zone centralisée, et contenant des épissures* et des Kits de Ring**.



Figure 28 : La zone centralisée du projet IP.

*Epissures : Kit contenant un certain nombre de fil ayant subi le soudage en leurs extrémités.



Figure 29 : Kit d'une épissure.

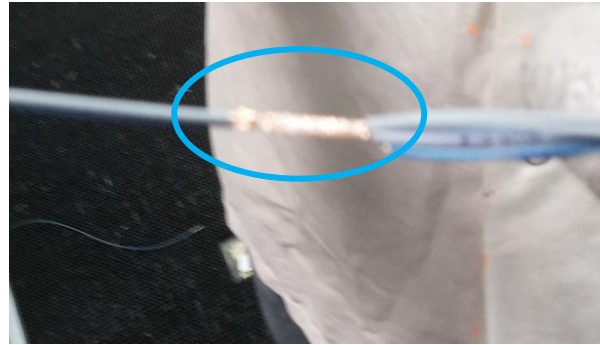


Figure 30 : Partie soudée d'une épissure.

**Ring : Terminal d'une forme spéciale qui permet d'assurer la continuité électrique à partir de la batterie de la voiture.



Figure 31 : Kit de la Ring.



Figure 32 : Terminal de type Ring.

II.3.3. Fil caché :

Cette anomalie est parmi les défauts les plus pénalisants du projet IP. Ce problème est détecté au cours du test électrique (figure 33) où s'affiche un message indiquant l'existence d'un fil (voire plus) qui n'est encliqueté que d'une seule extrémité, ainsi il n'assure pas la conductivité électrique d'où la fonction requise par ce fil ne sera pas effectuée.



Figure 33 : Banc du test électrique.

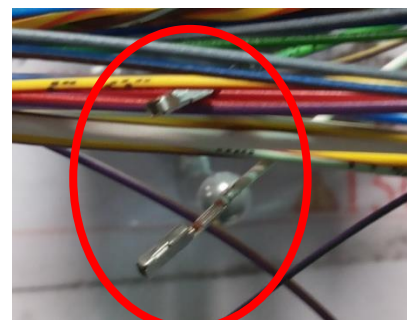


Figure 34 : 2 fils cachés.

A partir des données disponibles, nous avons classé (par ordre décroissant) les connecteurs au niveau desquels ce problème est apparu.

Le tableau 12 contient tous les connecteurs concernés par le problème de fil caché.

Connecteur	Effectif défaut	Pourcentage %	Cumul %
C2H101-B	78	18,22%	18,22%
C22-BF	72	16,82%	35,05%
C2ME05-A	67	15,65%	50,70%
C3R114-C	61	14,25%	64,95%
C2H101-C	58	13,55%	78,50%
C33-DF	49	11,45%	89,95%
C23-BF	43	10,05%	100,00%
TOTAL	428	100,00%	

Tableau 12 : Historique du défaut fil caché par type connecteur durant la période d'étude.

Ainsi, ces données ont été interprétées sous forme de diagramme Pareto (figure 35) dans le but d'identifier les connecteurs problématiques en termes de défaut : Fil caché.

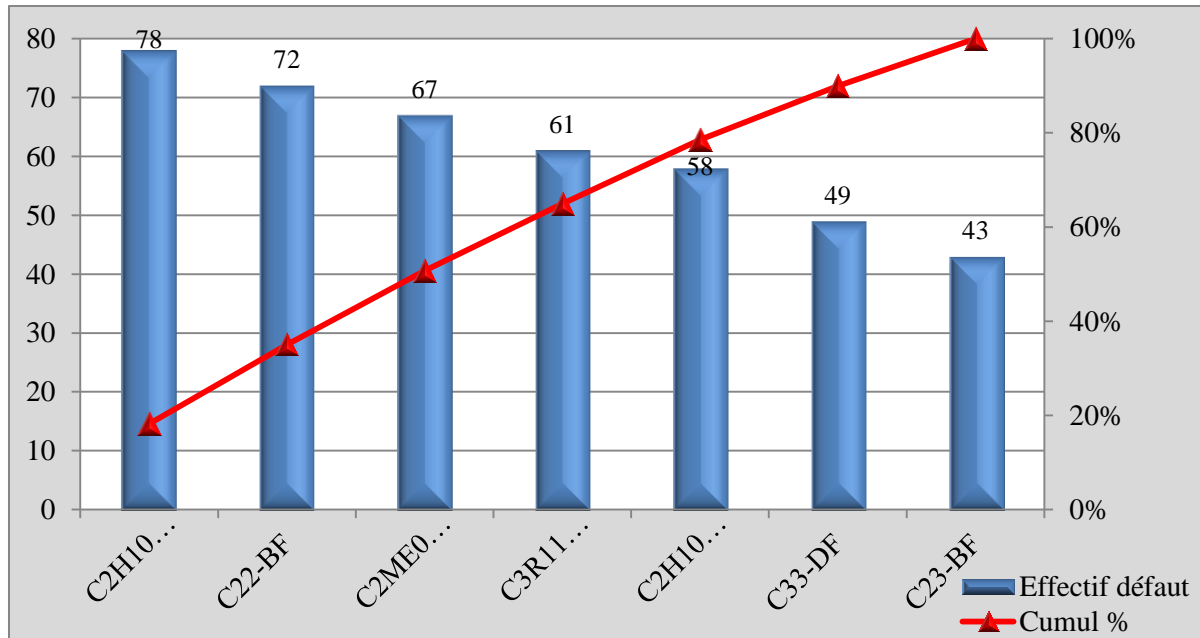


Figure 35 : Diagramme Pareto de la répartition du défaut fil caché par type connecteur.

A partir de ce diagramme Pareto (figure 35), on remarque bien qu'il existe un faible écart entre le nombre du défaut détecté par chaque type de connecteur ce qui implique que la loi Pareto n'est pas vraiment vérifiée et que tous ces 7 connecteurs sont problématiques.

II.3.4. Terminal déformé :

Ce défaut occupe la 4^{ème} position avec un effectif de 289 pendant la période d'étude. Il est repéré quand l'opérateur procède à l'encliquetage du terminal dans la voie du connecteur alors qu'il découvre que le terminal est déformé et par conséquent, ce dernier ne sera pas logé dans sa voie d'où il n'assurera pas la continuité électrique.

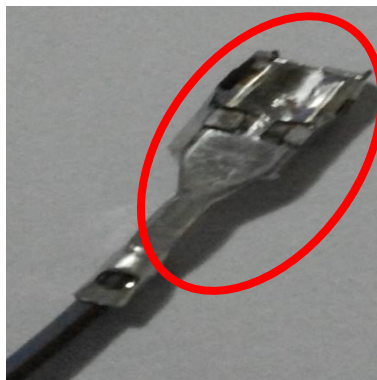


Figure 36 : Terminal déformé.

On a collecté les données relatives à ce problème dans le tableau 13 :

Connecteur	Effectif défaut	Pourcentage %	Cumul %
C33-CF	81	28,03%	28,03%
C23-CF	73	25,26%	53,29%
C22-T	69	23,88%	77,16%
C2DB04-C	35	12,11%	89,27%
C2ME05-A	15	5,19%	94,46%
C21-BM	8	2,77%	97,23%
C2H408-D	6	2,08%	99,31%
C2H101-B	2	0,69%	100,00%
Total	289	100,00%	

Tableau 13 : Historique de la déformation du terminal par type connecteur durant la période d'étude.

Ensuite, on a représenté ces données sous forme de diagramme Pareto

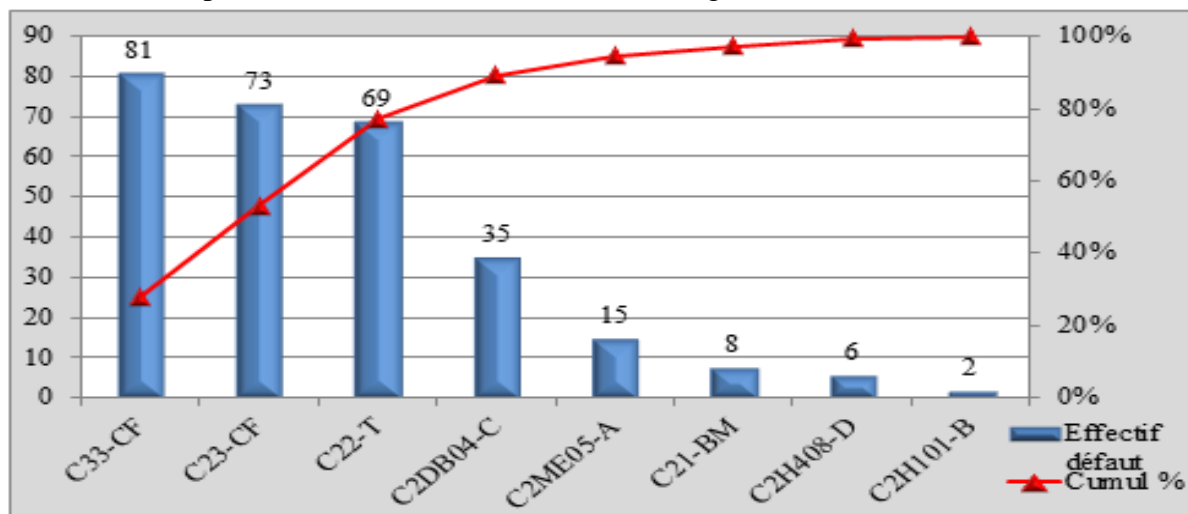


Figure 37 : Diagramme Pareto de la répartition de la déformation du terminal par type connecteur.

A partir de l'étude Pareto (figure 37), on déduit que 3 connecteurs ont généré environ 77% de l'ensemble du défaut « terminal endommagé », d'où l'analyse détaillée ne concernera que les connecteurs suivants :

-C33-CF ;

-C23-CF ;

-C22-T.

II.4. Conclusion :

Pour avoir une visualisation concrète de la problématique, nous avons mesuré au cours de la phase «mesurer» les 3 indicateurs clés du projet IP : FTQ, Pass Rate et coût de non-qualité, depuis Octobre 2015 jusqu'en février 2016. Cette mesure s'est étalée également pour inclure la répartition des indicateurs par équipe. Ensuite, on est passé à la mesure des anomalies détectées durant la même période dans le but d'identifier les problèmes prioritaires et qui nécessitent une réactivité urgente.

L'étape suivante consistera à analyser toutes les anomalies pénalisantes histoire de déterminer leurs causes racines et essayer de les éliminer par des plans d'actions pour qu'elles ne réapparaissent plus.



III. Analyser



ANALYZE

Identify the cause
of the problem.

‘If a man will begin with certainties, he shall end in doubts, but if he will be content to begin with doubts, he shall end in certainties.’

Bacon Francis

III.1. Introduction :

Après avoir mesuré l'état actuel du projet IP, pendant la phase précédente, nous allons procéder à l'analyse des différentes anomalies jugées pénalisantes.

III.2. Analyse du défaut : Inversions

Comme c'est déjà mentionné auparavant, le défaut d'inversion consiste à un encliquetage erroné du terminal au niveau de la voie du connecteur, il est détecté lors du test électrique.

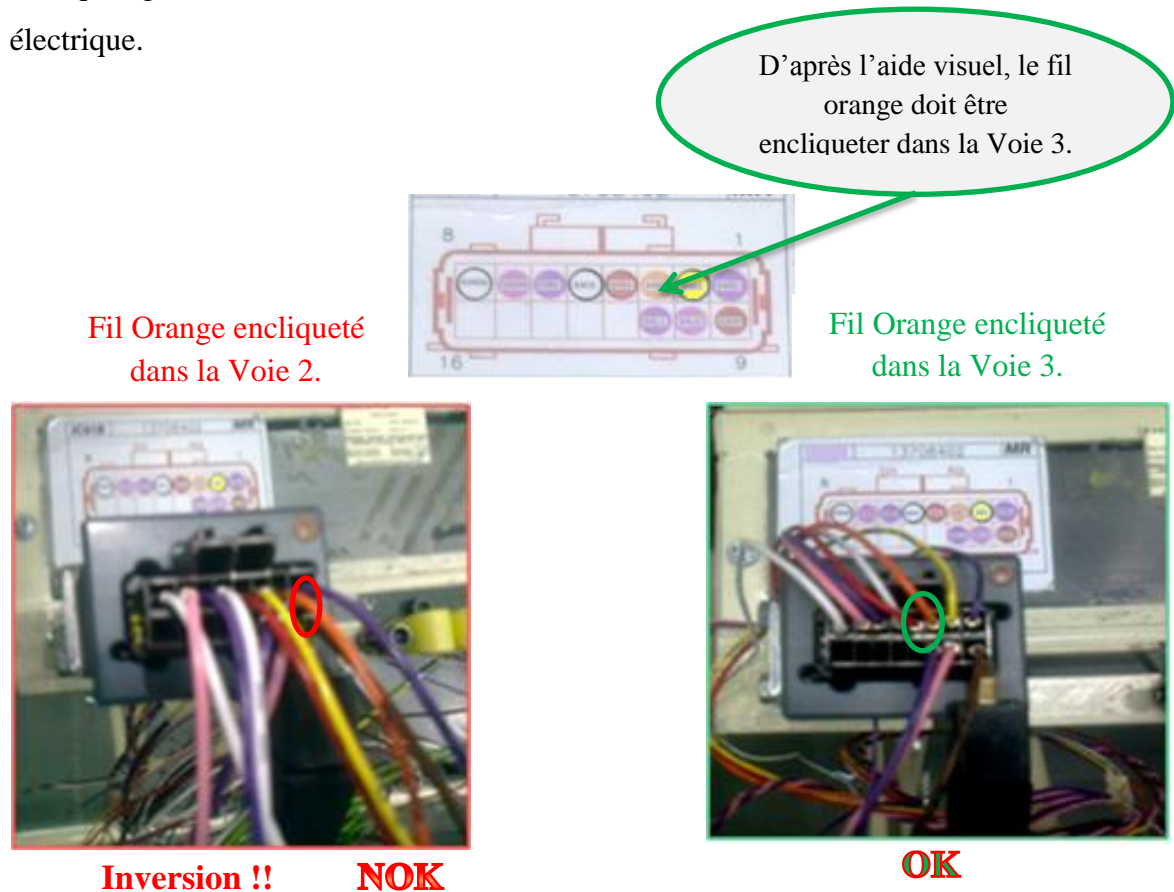


Figure 38 : Encliquetage inversé du terminal.

Figure 39 : Encliquetage conforme du terminal.

Nous avons déjà identifié pendant la phase « mesurer », les connecteurs qui ont généré plus de défaut d'inversions, il s'agit de :

- C2LF45-R ;
- C3R114-C ;
- C3ET28-A ;
- C23-DF ;
- C33-CF.

A présent, nous allons élaborer une analyse Ishikawa en classant les causes potentielles selon les 5M : Matière, milieu, méthode, moyen et main d'œuvre.

➤ Analyse Ishikawa :

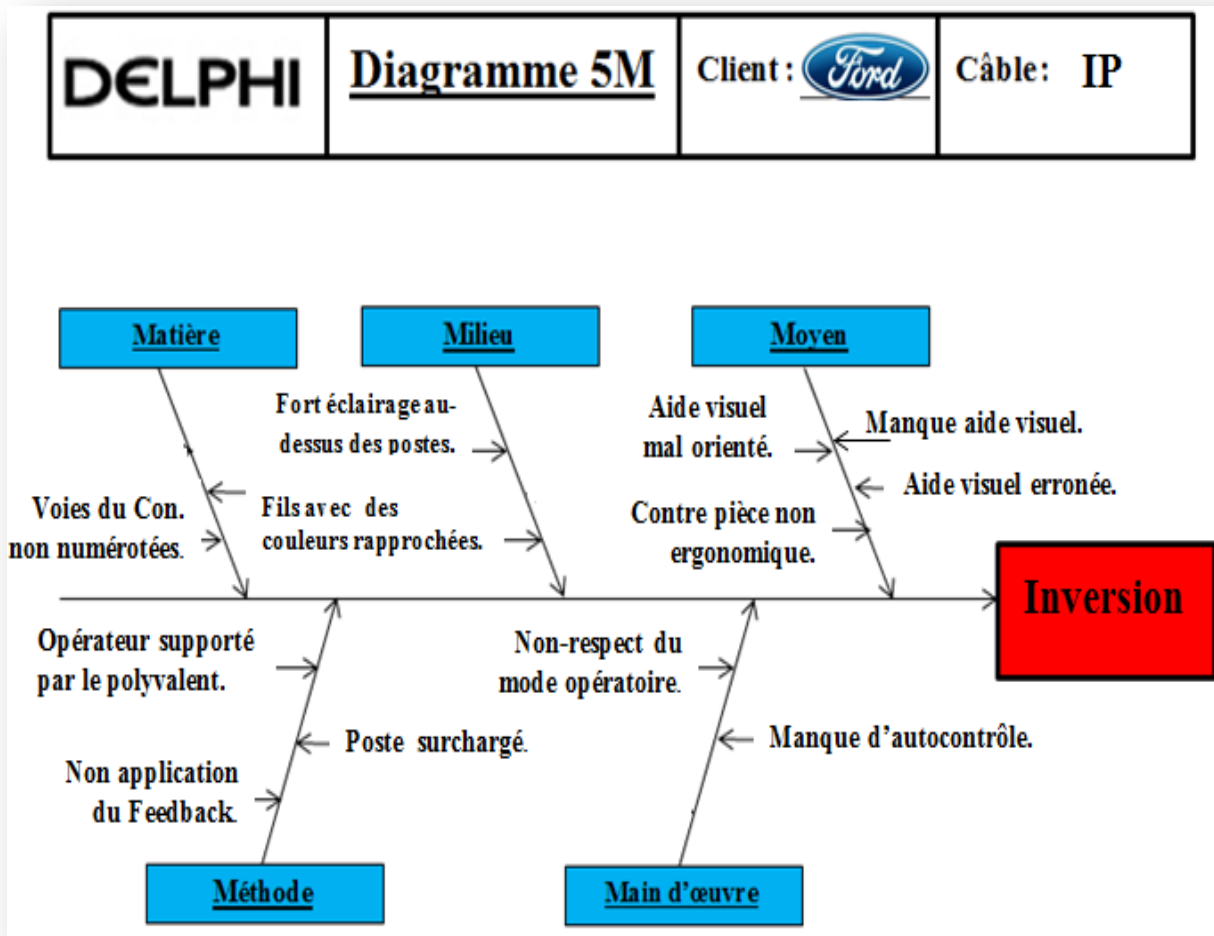
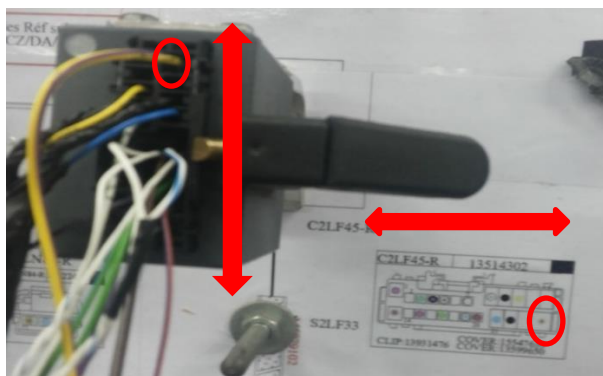


Figure 40 : Diagramme Ishikawa du défaut d'inversion.

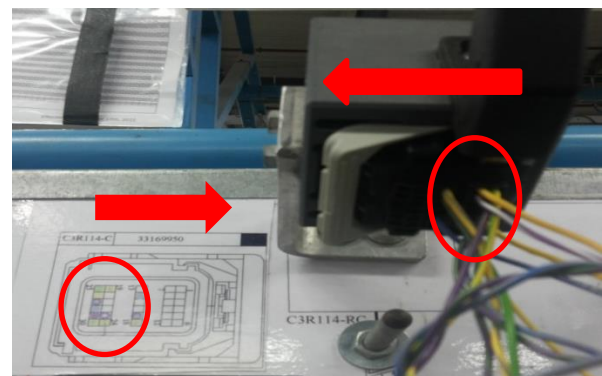
Une fois les causes probables de cette anomalie ont été classées selon le diagramme Ishikawa, une investigation directe sur le terrain a été effectuée dans le but d'identifier les causes potentielles du défaut d'inversion.

→ Aide visuel mal orienté :



C2LF45-R

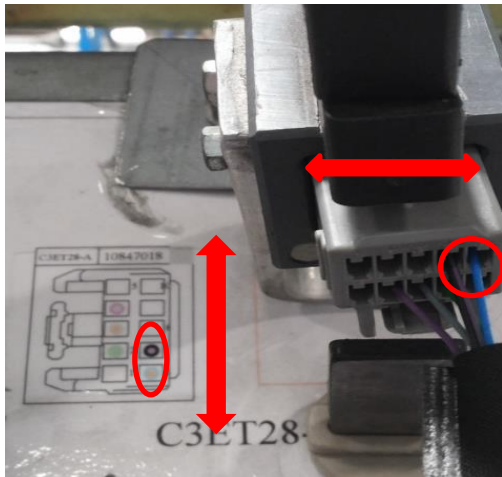
La contre pièce est orientée verticalement or, l'aide visuel est orienté horizontalement.



C3R114-C

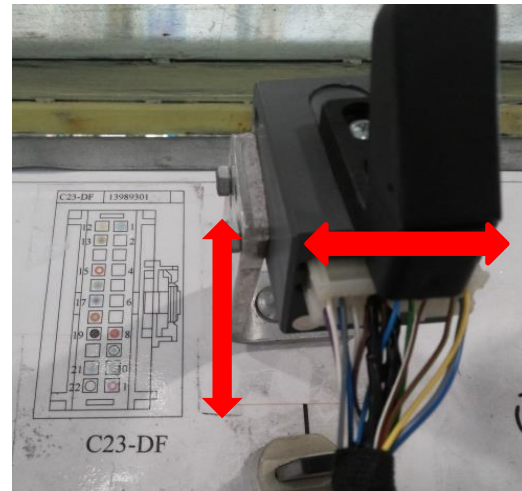
La contre pièce est orientée vers la gauche or, l'aide visuel est orienté vers la droite.

Figure 41 : Aide visuel du C2LF45-R est mal orienté. Figure 42 : Aide visuel du C3R114-C est mal orienté.



C3ET28-A

La contre pièce est orientée horizontalement or, l'aide visuel est orienté verticalement



C23-DF

La contre pièce est orientée horizontalement or, l'aide visuel est orienté verticalement

Figure 43 : Aide visuel du C3ET28-A est mal orienté Figure 44 : Aide visuel du C23-DF est mal orienté.

→ Contre pièce non ergonomique :

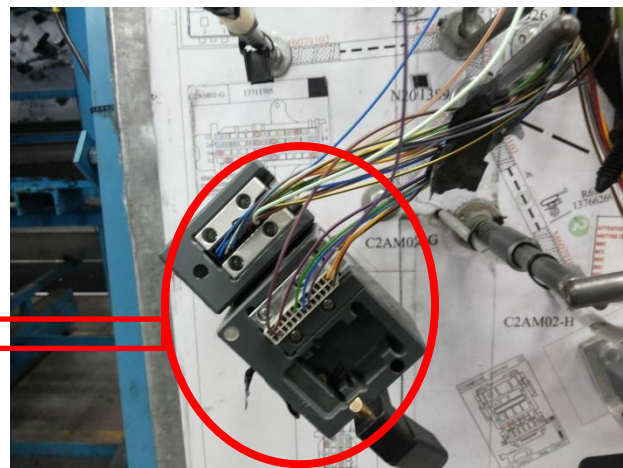
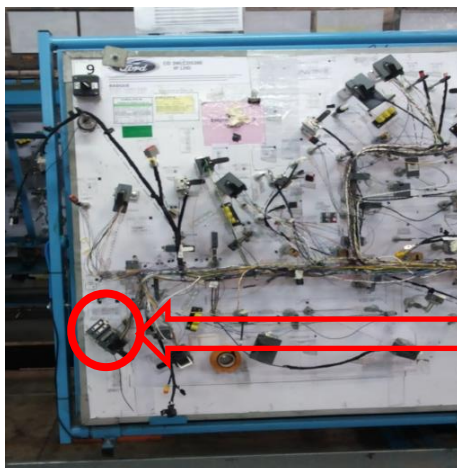


Figure 45 : Non ergonomie de la Contre pièce du C33-CF.

C33-CF

La contre pièce de ce connecteur est non ergonomique, car elle se trouve dans l'extrême bas gauche du tableau d'assemblage.

Après avoir analysé le défaut d'inversion, et suite à l'investigation effectuée au niveau des connecteurs problématiques, on a pu détecter 2 causes racines responsables de cette anomalie.

Il s'agit de :

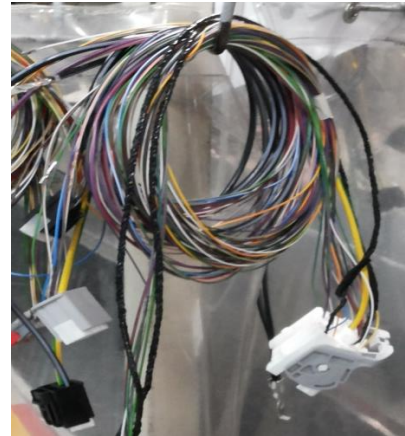
- Les aides visuels des connecteurs suivants : C2LF45-R, C3R114-C, C3ET28-A et C23-DF sont mal orientés ce qui augmente le risque de commettre des inversions par les opérateurs.
- La contre pièce du connecteur: C33-CF est non ergonomique, et par conséquent les inversions ne cessent pas d'augmenter.

Un plan d'action a été élaboré pour minimiser voire éliminer cette anomalie, il sera détaillé au cours de la phase «Innover», et puis on va suivre l'évolution du défaut d'inversion dans le but de vérifier l'efficacité des actions qui seront mises en place.

III.3. Analyse du défaut : Kit NOK

Un kit est une partie de câble produite au niveau des postes fixes (les cellules) et qui sera montée contre le tableau d'assemblage pour être séparée et assemblée avec d'autres kits provenant des autres cellules.

Cette présente anomalie vient en 2^{ème} position, après les inversions, avec un effectif de 763 Kits NOK durant la période d'étude.



Un kit est dit NOK quand il présente une ou plusieurs anomalies qui ne sont détectées que pendant leurs assemblages contre les tableaux, ce qui engendre la non-conformité du câble et par conséquent sa réparation.

Nous avons interprété sous forme de diagramme Pareto (figure 46) les différentes non-conformités détectées au niveau des Kit Nok.:

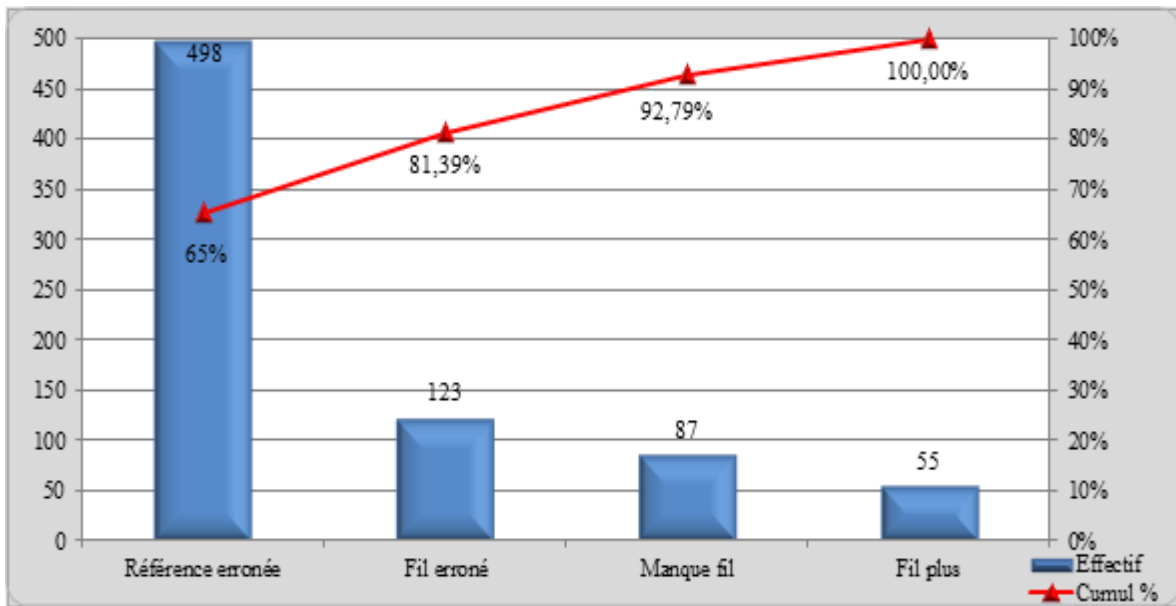


Figure 46 : Diagramme Pareto de la répartition de la non-conformité du kit par type défaut.

On remarque bien que le défaut : référence erronée est responsable de 65% des anomalies enregistrées au niveau des Kits défectueux, alors l'analyse portera sur ce défaut pénalisant.

Il s'agit de la non correspondance entre la référence du Kit provenant de la zone centralisée (où on prépare les kits de Ring et les épissures) et celle du câble en cours de production. Compte tenu de l'importante diversité existante en projet IP, quelques composants de ce kit ne pourront pas être assemblés au niveau des cellules ou même au niveau des tableaux d'assemblages où on serait amené à réparer le câble dans la table de la réparation.

Un Kit est dit défectueux pour plusieurs raisons, dont on cite :

- la longueur des fils est non conforme avec la référence du câble : Les fils sont courts et n'arrivent pas à atteindre les voies des connecteurs;
- Les terminaux des fils sont différents et ne peuvent pas être encliquetés dans les voies des connecteurs ;
- Le kit présente un excès ou un manque en nombre de fil,...

Ensuite, une investigation au niveau du terrain a été effectuée dans le but d'identifier les causes potentielles qui seront classées suivant les 5M.

➤ Analyse Ishikawa :

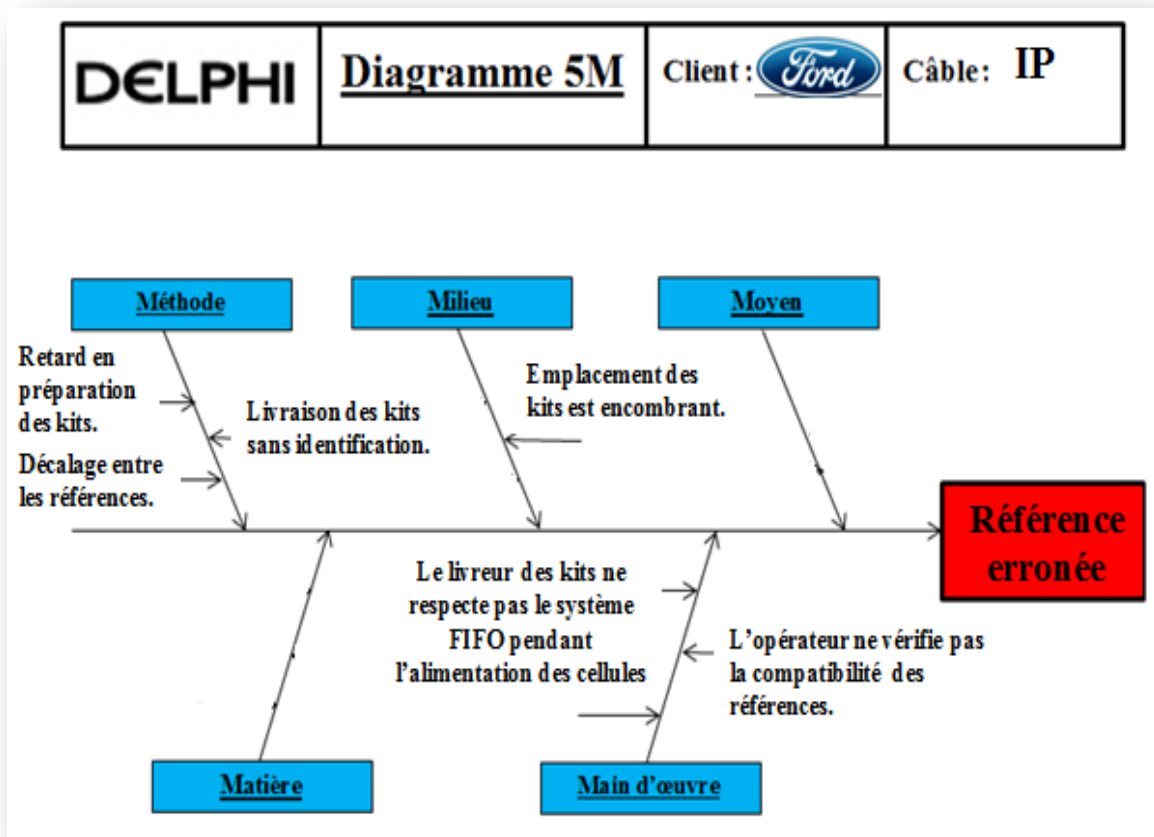


Figure 47 : Analyse Ishikawa du défaut référence erronée.

➤ Analyse AMDEC :

Suite à l'investigation effectuée au terrain pour identifier les causes racines qui génèrent cette anomalie, on a mené une étude AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leurs Criticité) pour déterminer les causes les plus critiques et les plus répétables pour en agir en priorité. Les détails des différentes notations sont annexés en Annexe II (page 83).

AMDEC : Référence erronée.


Client	Câble	Mode de défaillances	Causes	Effets	O	G	N	C
	IP	Le livreur des Kits, provenant de la zone centralisée, ne respecte pas le système FIFO pendant l'alimentation des cellules.	<ul style="list-style-type: none"> -Livraison aléatoire. -Communication verbale entre le livreur des kits et les opérateurs. 	<ul style="list-style-type: none"> -Décalage entre les références. -Mélange des références. -Kit Nok. -Câble non-conforme nécessitera la réparation. 	10	9	9	810
		Les opérateurs des tableaux ne vérifient pas la compatibilité des références de Kitting Order et Production Order.	<ul style="list-style-type: none"> -Manque d'autocontrôle; -Opérateur sous charge. 		7	9	8	504
		Livraison des kits sans identification.	<ul style="list-style-type: none"> -Opérateur de la zone centralisée n'a pas accroché le Kitting Order contre le Kit. -Le livreur a livré les kits sans identification. 		7	8	4	224
		Emplacement des Kits est encombrant.	<ul style="list-style-type: none"> -Livraison aléatoire. -Non-respect du système. -Adoption du flux poussé au lieu du flux tiré. -Surstock. 		6	7	2	84

Tableau 14 : Analyse AMDEC de la référence erronée du Kit.

Suite au calcul de la criticité des défaillances (Tableau 14), on remarque bien que 2 causes ont eu une forte criticité. Il s'agit des anomalies suivantes :

- La livraison des Kits sans respecter le système FIFO ;
- L'incompatibilité des références du kitting et production Order.

Une fois les causes racines ont été déterminées, un plan d'action a été élaboré pour y remédier et assurer les pré-conditions qui vont réduire voire éliminer les non-conformités des Kits, et par conséquent améliorer les indicateurs de performance du projet en terme de qualité : FTQ et Pass Rate. Ce plan d'action sera détaillé au cours de l'étape «Innover».

III.4. Analyse du défaut : Fil caché

Comme c'est déjà mentionné auparavant, chaque câble produit doit impérativement passer par un test électrique vérifiant les points suivants : la continuité électrique entre tous les connecteurs du câble, l'inexistence de court-circuit, les inversions, fil manquant, fil de plus, fil caché,... Ce test s'effectue à l'aide du banc électrique.

Le fil caché est un fil qui n'est encliqueté que d'une seule extrémité, une fois détecté (figure 48), un message s'affiche au niveau de l'écran du banc électrique indiquant la discontinuité électrique entre 2 voies de connecteurs différents, et par conséquent la fonction requise par ce fil ne s'effectuera pas, c'est pour cela que cette défaillance est considérée comme étant critique de point de vue exigence qualité client, outre cela, sa réparation est vraiment pénalisante puisque toutes les brides doivent être enlevés et l'habillage du câble doit être arraché pour chercher le terminal caché, l'encliqueter dans sa voie appropriée, rebander le câble et lui effectuer une autre fois le test électrique, ce qui engendre du stock et l'encombrement de l'espace.

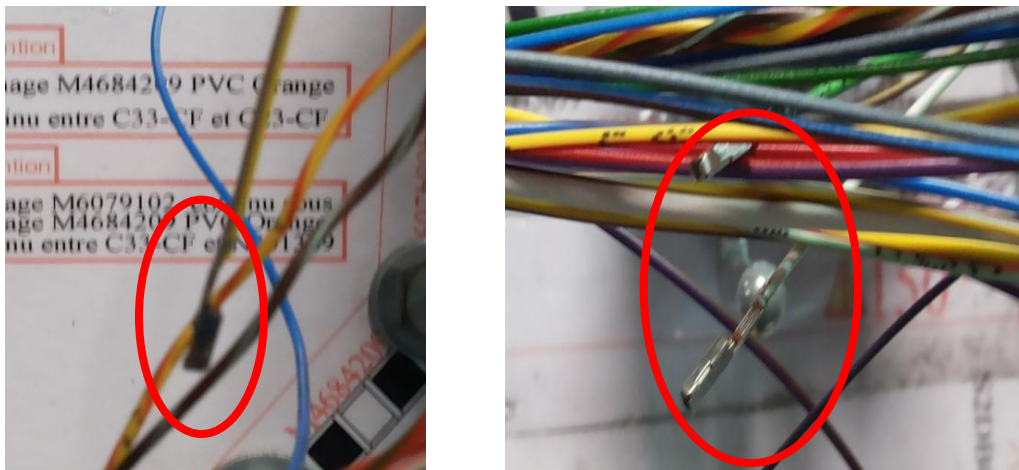


Figure 48 : Fils cachés.

Nous avons déjà interprété, au cours de la phase «Mesurer», la répartition du défaut ‘fil caché’ par type connecteur (figure 35), alors qu’on a réalisé que tous les connecteurs ayant présenté cette non-conformité sont considérés comme étant pénalisants. Il s’agit de : C2H101-B, C22-BF, C2ME05-A, C3R114-C, C33-DF et C23-BF.

➤ Analyse Ishikawa :

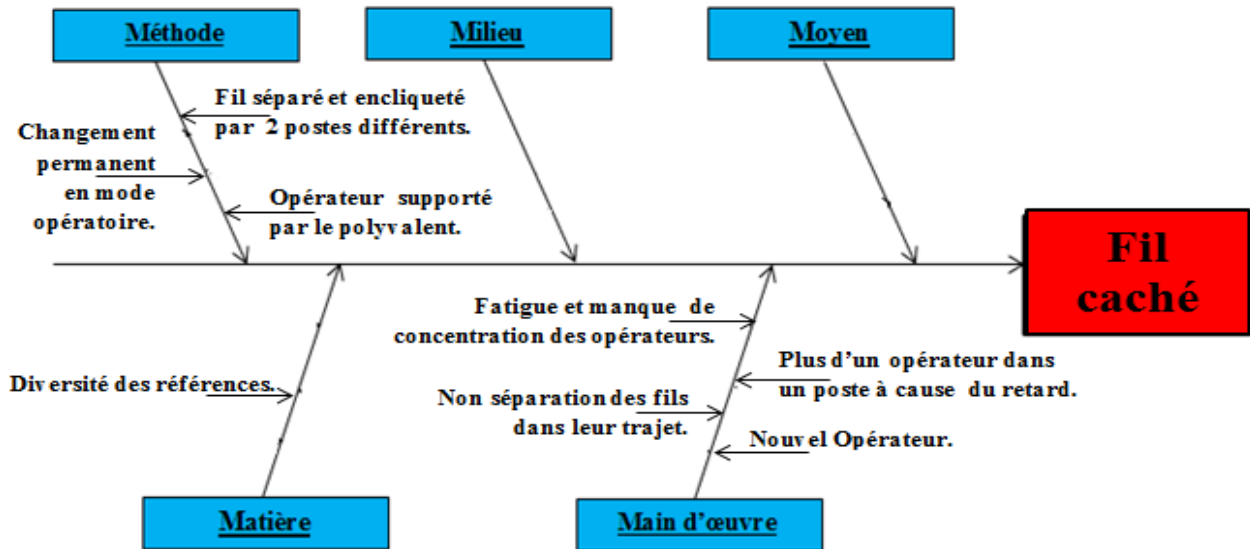
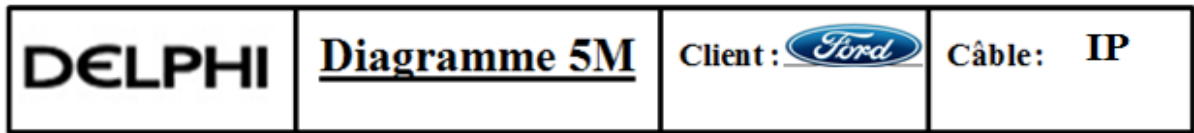


Figure 49 : Analyse Ishikawa du défaut fil caché.

Suite à la collecte des causes du défaut : fil caché, on a préparé un formulaire contenant tous ces motifs qui seront attribués d’une note de la part de tous les opérateurs selon la cause qui leur semble la responsable majeure d’oublier l’encliquetage des fils.

Le tableau suivant contient la notation de la gravité des causes identifiées par les 5M :

Notation	Gravité
5	Très élevée
4	Elevée
3	Modérée
2	Faible
1	Très faible

Tableau 15 : Notation de la gravité des causes du fil caché

Les différentes notations des opérateurs ont été récapitulées dans le tableau suivant :

Causes		Poste 1			Poste 2			Poste 3			Poste 4			Poste 5			Poste 6			Poste 7			Poste 8			Poste 9			Poste 10			Total
		Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3	Op Eq 1	Op Eq 2	Op Eq 3				
C1.	Le fil est séparé et encliqueté par 2 postes différents.	5	3	5	4	4	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4	5	132
C2.	Changement permanent en mode opératoire.	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
C3.	Opérateur supporté par le polyvalent.	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31
C4.	Diversité des références.	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	34
C5.	Fatigue et manque de concentration des opérateurs.	4	4	5	4	4	3	4	5	2	3	4	5	4	5	4	3	4	5	5	4	4	4	3	4	2	5	5	4	4	3	119
C6.	Non séparation des fils dans leur trajet.	5	5	3	5	4	3	5	5	5	3	4	5	4	4	3	2	2	5	4	5	3	5	1	4	2	5	3	4	3	5	116
C7.	Plus d'un opérateur travaillant dans un seul poste.	2	2	1	4	1	2	3	4	4	3	4	2	2	1	4	4	1	2	3	5	4	4	1	1	3	3	1	2	3	1	77
C8.	Nouvel opérateur affecté au poste.	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	42

Tableau 16 : Notations affectées par les opérateurs aux différentes causes des fils cachés.

Dans le but d'identifier les causes prioritaires, on les a représentés sous forme de diagramme Pareto (figure 50).

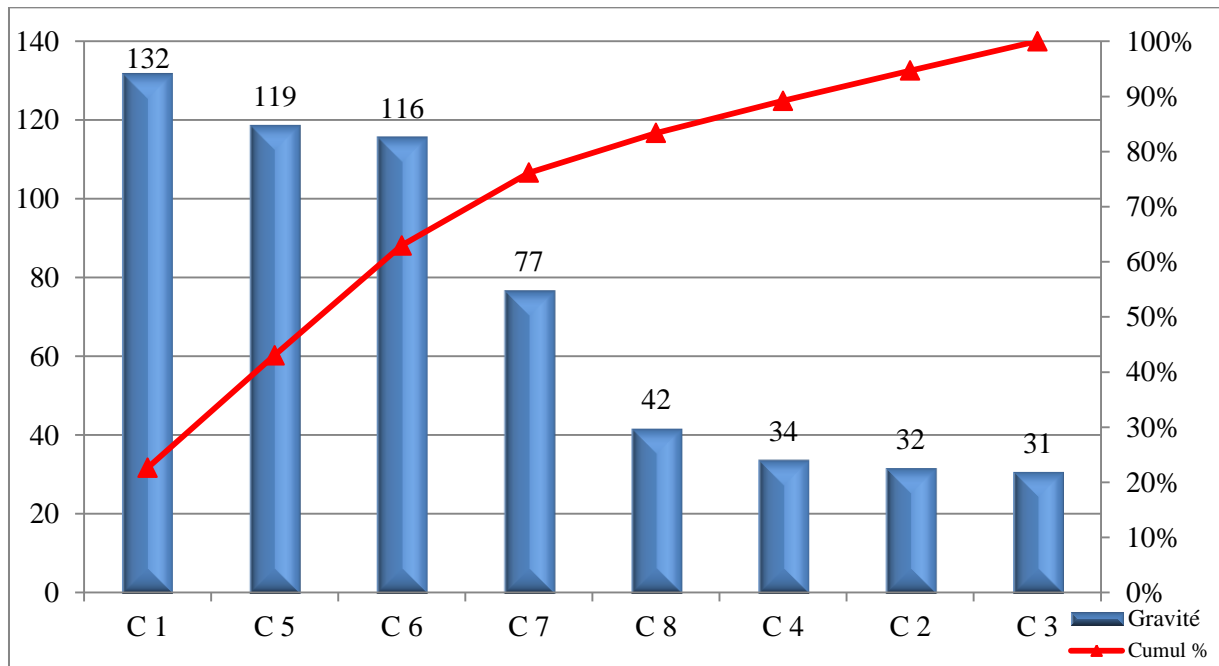


Figure 50 : Diagramme Pareto de la répartition des causes du défaut fil caché.

D'après cette représentation Pareto, on remarque bien que 3 causes ont eu plus de 60% de l'ensemble des notations attribuées par les opérateurs. Il s'agit de :

- Séparation et encliquetage des fils se font par 2 postes différents ;
- La fatigue et le manque de concentration des opérateurs ;
- La non séparation des fils dans leur trajet.

Suite à l'analyse des causes potentielles, nous allons élaborer un plan d'action pour les éliminer. Il sera détaillé au cours de la phase suivante «Innover».

III.5. Analyse du défaut : Terminal déformé

La déformation du terminal est un problème pénalisant détecté dans la chaîne pendant l'encliquetage des fils. L'historique montre que cette anomalie est apparue-depuis Octobre 2015 jusqu'en Février 2016- 289 fois.



Figure 36 : Terminal déformé.

On a déjà identifié au cours de la phase «mesurer» les connecteurs problématiques en termes de ce défaut. Il s'agit de :

- C33-CF ;
- C23-CF ;
- C22-T.

Une fois ces connecteurs ont été identifiés, nous sommes passés à l'étape suivante qui consiste à déterminer les voies aux niveaux desquelles le problème est apparu.

Le tableau 17 contient la répartition du défaut par voie de chaque connecteur :

Connecteur	Voies	Effectif défaut	Pourcentage %
C33-CF	V6	26	11,66%
	V8	22	9,87%
	V11	18	8,07%
	V12	15	6,73%
C23-CF	V1	31	13,90%
	V4	25	11,21%
	V6	17	7,62%
C22-T	V1	26	11,66%
	V2	22	9,87%
	V5	21	9,42%
Total		223	100%

Tableau 17 : Répartition de la déformation du terminal par connecteur et par numéro de la voie.

Et pour mieux visualiser les données, on les a représentés sous forme de diagramme.

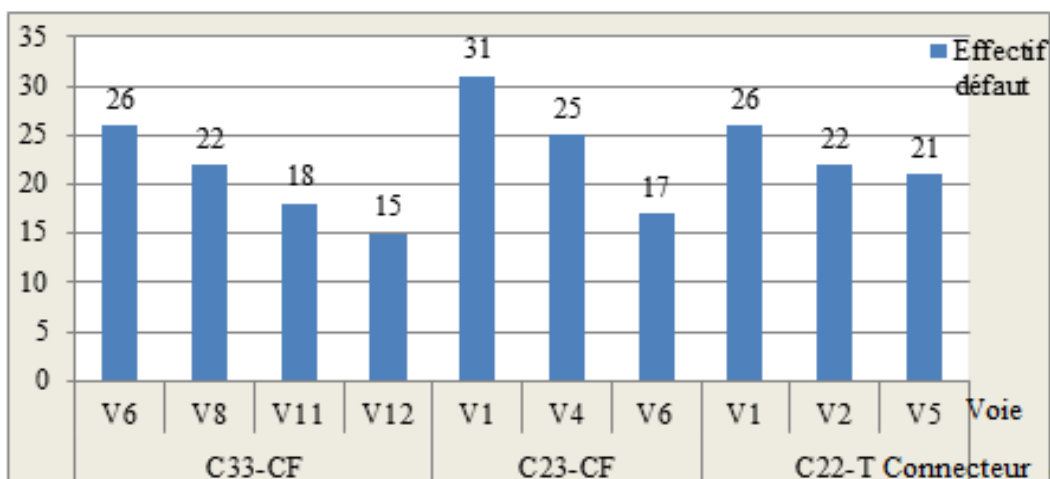


Figure 51 : Répartition de la déformation du terminal par type connecteur et par numéro de la voie.

Ensuite, nous sommes allés au terrain pour investiguer et identifier les causes racines, alors qu'on a pu détecter que toutes les voies de ces connecteurs sont encliquetés par des fils appartenant au même Kit 4 emballé.

➤ Analyse Ishikawa :

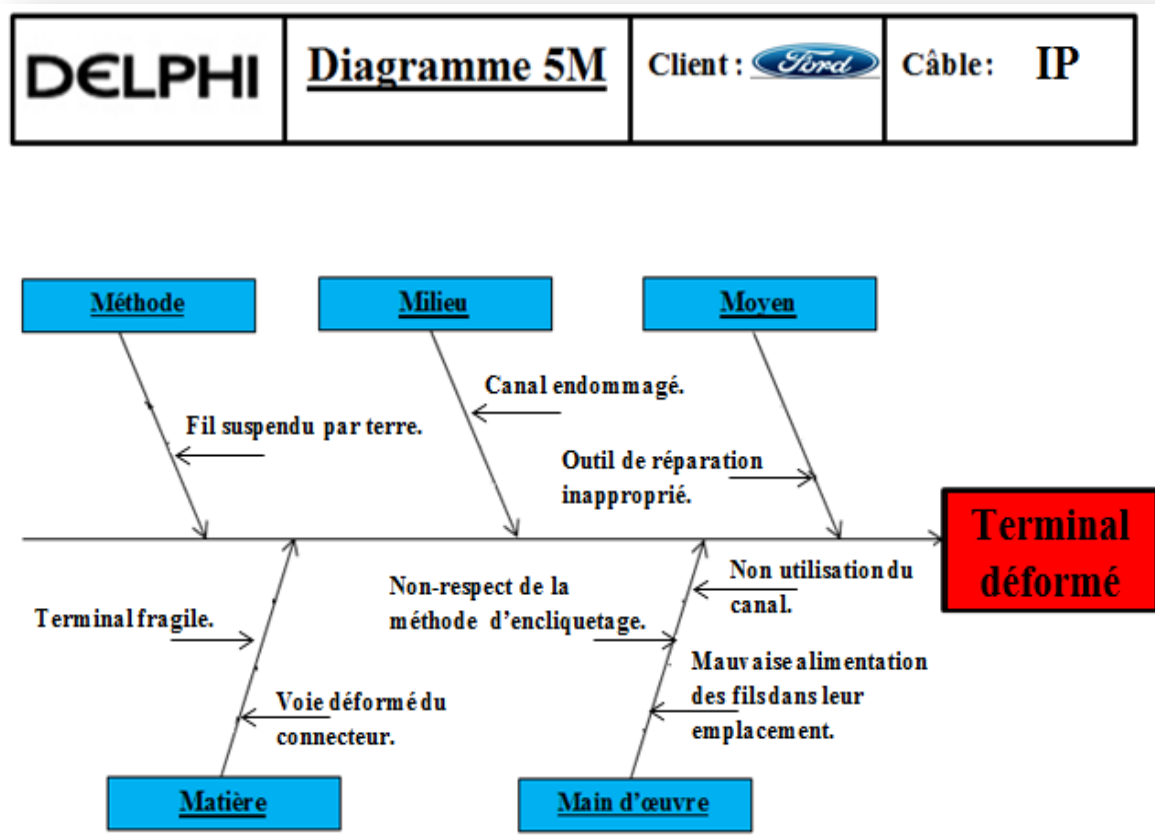


Figure 52 : Analyse Ishikawa de la déformation du terminal.

Toutes ces causes provenant des 5M, peuvent générer la déformation du terminal, or la suspension du kit par terre reste une cause potentielle et la plus fréquente puisque ce kit est monté contre le tableau d'assemblage par le Poste 4 mais il n'est encliqueté qu'en Poste 10, d'où il reste suspendu et ses terminaux s'endommagent facilement.

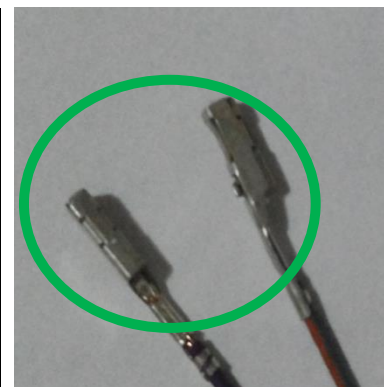
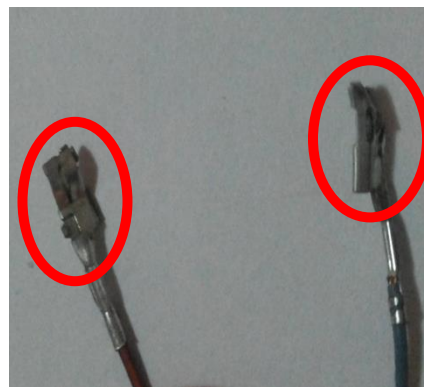


Figure 53 : Kit 4 suspendu par terre Figure 54 : Terminaux déformés. Figure 55 : Terminaux conformes.

On a eu recours également à l'analyse '5Pourquoi' pour avoir des conclusions plus pertinentes de telle sorte que les actions qui seront mises en places englobent le problème de tous ses angles.

➤ **Analyse 5 Pourquoi :**

	Pourquoi 1?	Pourquoi 2?	Pourquoi 3?	Pourquoi 4?	Pourquoi 5?
Défaut					
Terminal déformé	Terminal déformé par le déplacement des opérateurs dans leurs postes.	Fils suspendus par terre.	Kit monté en Poste 4 et n'encliqueté que par le Poste 10.	-Définition du département méthode. -Pas d'emplacement défini pour ce Kit.	Equilibrage des postes.

Figure 56 : Analyse 5 Pourquoi de la déformation du terminal.

Suite à l'analyse 5 Pourquoi, on a réalisé que la combinaison de plusieurs causes provoquent la déformation du terminal, d'une part le kit est préparé par la cellule 4 et monté contre le tableau par le poste 4 alors qu'il n'est encliqueté que par le poste 10 d'où les fils restent suspendus par terre et par conséquent s'écrasent par le déplacement des opérateurs , d'autre part aucun emplacement n'est défini pour ce kit au niveau des tableaux d'assemblage.

Sur la base des conclusions tirées des analyses 5M et 5P, un plan d'action sera élaboré au cours de la phase «Innover», comme nous allons vérifier également, au cours la dernière phase de la démarche DMAIC «Contrôler», l'efficacité des solutions mises en œuvres et l'évolution du défaut : terminal déformé.

III.6. Conclusion :

Tout au long de l'étape «Analyser», nous avons pu identifier les différentes sources responsables de la dégradation des indicateurs de performances du projet IP. On a eu recours à de multiple outils de l'analyse industrielle comme : L'analyse Pareto, L'analyse Ishikawa (5M), l'analyse des modes de défaillances de leur effets et de leurs criticité (AMDEC), l'analyse 5 Pourquoi (5P),... Outre cela, les investigations menées sur le terrain nous ont été bénéfiques.



IV. Innover



IMPROVE

Implement and
verify the solution.

'Continual improvement is an unending journey.'

Lloyd Dobyys and Clare Crawford-Mason

IV.1. Introduction :

Trois étapes ont précédées la phase d'innovation, il s'agit de «définir» où nous avons décrit la problématique traitée ainsi que son contexte en ayant recours à des outils performants comme : QOOQCP, la charte du projet, SIPOC,... et puis c'était le tour de «mesurer» l'état actuel des différents indicateurs du projet : FTQ, Pass Rate et le coût de la réparation, ensuite nous avons procédé à «l'analyse» des problèmes jugés prioritaires et pénalisants.

Au cours de la présente phase on élaborera des plans d'actions qui seront mises en œuvre dans le but de remédier aux différentes causes racines provoquant les non-conformités.

IV.2. Inversion :

Sur la base des mesures effectuées en 1^{ère} étape, nous avons réalisé que l'encliquetage inversé des terminaux dans les voies des connecteurs est un défaut prioritaire, au niveau du projet IP, occupant la 1^{ère} place de l'ensemble des défaillances détectées durant la période de l'étude avec un effectif de 1237 (plus de 37% du total), ensuite nous nous sommes lancés dans l'analyse pour déterminer les causes racines, et par conséquent une multitude d'actions ont été proposées pour minimiser voire éliminer le défaut d'inversion.

IV.2.1. Outils d'aide à la décision : Matrice de compatibilité & Vote pondéré

L'équipe du projet a invité les intervenants à une réunion le : 15 Avril 2016 pour déterminer ensemble les actions qui seront mises en œuvre, mais par contrainte de temps et de charge ils n'ont pu répondre présents à la réunion alors qu'on leur a envoyé par courrier électronique un fichier contenant les différentes actions qui seront attribuées d'une note selon des critères définis. Nous avons eu recours à 2 outils d'aide à la décision, il s'agit de la «La Matrice de compatibilité» fusionné avec «le vote pondéré».

La notation s'est fait selon le barème suivant :

- +5 : Action très favorable par rapport au critère ;
- +3 : Action favorable par rapport au critère ;
- +1 : Action est légèrement favorable par rapport au critère ;
- 0 : Action n'a pas d'incidence sur le critère ;
- -1 : Action légèrement défavorable par rapport au critère ;
- -3 : Action défavorable par rapport au critère ;
- -5 : Action très défavorable par rapport au critère.

L'ensemble des notations attribuées aux actions par les intervenants du projet sont détaillées en Annexe III (page 86).

Compte tenu des résultats obtenus à l'aide des 2 outils d'aide à la décision : 'Matrice de compatibilité' et 'Vote pondéré', le classement des actions selon la notation affectée par les coordinateurs des départements est comme suit :

Actions	Poids
1. Rectifier les orientations des aides visuels	90
2. Amélioration de l'ergonomie des contres pièces	27
3. Electrification des contres pièces des tableaux d'assemblage.	16
4. Vérification de l'encliquetage des terminaux de chaque poste par le poste suivant.	-46
5. Implémentation du Poka-Yoke entre les terminaux et les voies des connecteurs.	-52

Tableau 18 : Poids affectés aux différentes actions.

La correction des orientations des aides visuels est l'action qui a eu le plus fort poids '90', d'où nous avons mis à la disposition du département d'ingénierie (Section Changement) un inventaire de tous les aides visuels mal orientés. Les autres actions ont eu de faible poids et elles n'ont pas été retenues pour les raisons suivantes :

→ Amélioration de l'ergonomie des contres pièces :

La moindre modification au niveau de l'emplacement des contres pièces engendra certainement une modification au niveau des dimensions du câble IP, d'où le département Ingénierie (Section Product Engineering) a refusé catégoriquement la présente action.

→ Electrification des contres pièces :

Cette action a été proposée pour que toutes les contres pièces des tableaux soient électrifiées et munies d'un système électrique contrôlant l'encliquetage des terminaux, s'il s'agit d'une inversion, ce système avertit l'opérateur par une LED qui s'allume en rouge, sinon, la LED s'allume en vert informant que l'encliquetage est conforme. Vu qu'il existe 35 contres pièces dans chaque tableau, de plus la chaîne de la production du câble IP dispose de 18 tableaux alors il nous fera d'électrifier 630 contres pièces, en plus du système électrique de contrôle ce qui génèrera un coût d'investissement très élevé, d'où le département Finance a refusé cette solution.

→ Vérification de l'encliquetage des terminaux de chaque poste par le poste suivant :

Toujours dans le but de minimiser les inversions d'encliquetage des terminaux, nous avons proposé que chaque poste vérifie l'encliquetage du poste précédent avant de commencer ses tâches, or cette solution n'a pas été acceptée par le département Production sous prétexte qu'il sera impacté négativement par rapport au Takt-Time puisque les postes deviendront surchargés et la quantité exigée ne pourrait pas être livrée selon le délai demandé.

→ Implémentation du Poka-Yoke entre les terminaux et les voies des connecteurs :

Le Poka Yoke (appelé également détrompeur) est un dispositif anti-erreur qui consiste à éliminer les risques de production des non-conformités.

Convaincus pas l'efficacité de ce système, nous avons proposé que toutes les voies des connecteurs ainsi que leurs terminaux appropriés soient différents l'un de l'autre, alors que dans ce cas aucun terminal ne pourra être encliqueter dans une voie erroné et par conséquent nous allons éliminer définitivement les inversions, mais au temps où cette solution a été salué par le département de Production, elle n'a pas été retenue ni par le département d'Ingénierie, ni par le département Finance, vu que le fournisseur des connecteurs et des terminaux doit concevoir une forme spéciale pour chacun d'eux et par conséquent le coût d'achat de la matière première certainement augmentera au temps où DPT cherche à optimiser les coûts de revient de ses produits.

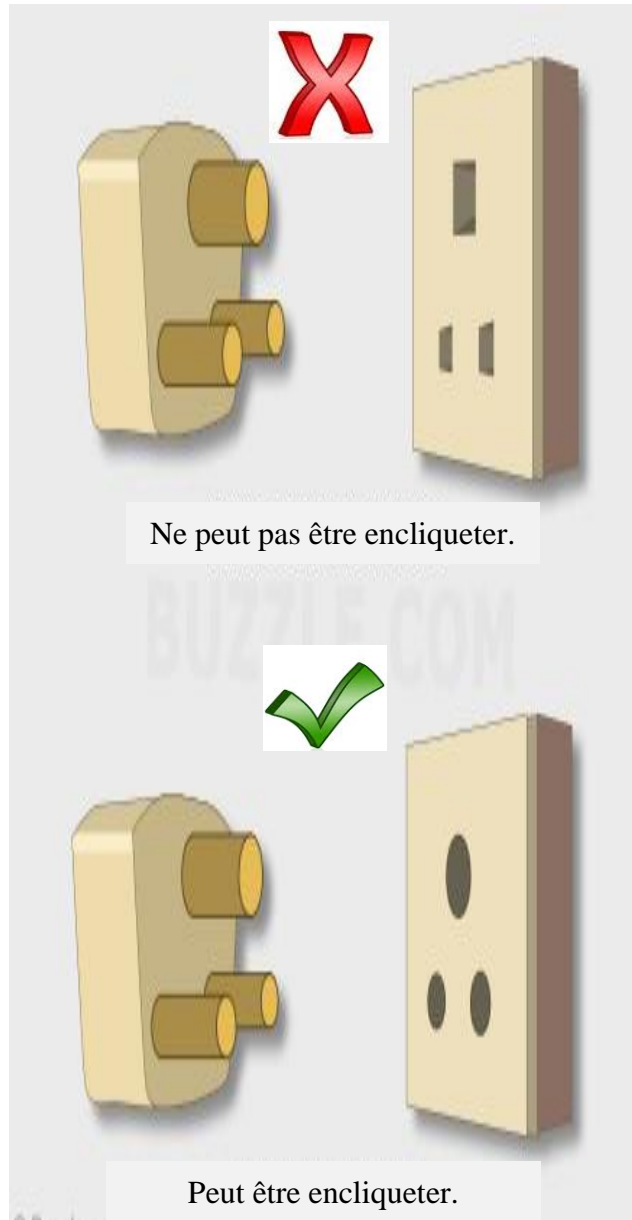


Figure 57 : Système Poka-Yoke.

IV.2.2. Plan d'action :

A l'aide des outils d'aide à la décision, on a déterminé la solution qui sera mise en œuvre pour remédier au défaut d'inversion selon le plan d'action suivant :



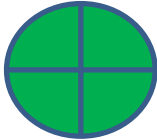
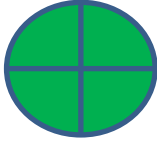
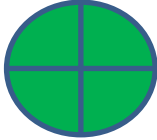
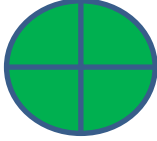
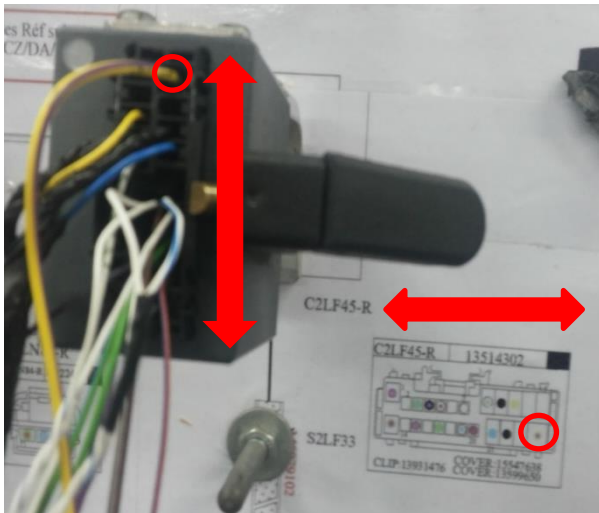
	<h1>Plan d'Action</h1>					Emetteur : Anas BOUGHABA Date d'émission : 25/04/2016
						
Défaut	Description	Cause Racine	Action	Responsables	Date	Statut
Inversion	Connecteur : C2LF45-R	La contre pièce de ce connecteur est orientée verticalement or, l'aide visuel est orienté vers horizontalement.	Rectifier l'orientation des aides visuels selon leurs contres pièces.	Département Ingénierie (Section Changement)	27/04/2016	
	Connecteur : C3R114-C	La contre pièce de ce connecteur est orientée vers la gauche or, l'aide visuel est orienté vers la droite.			27/04/2016	
	Connecteur : C3ET28-A	La contre pièce de ce connecteur est orientée verticalement or, l'aide visuel est orienté horizontalement.			27/04/2016	
	Connecteur : C23-DF	La contre pièce du connecteur est orientée horizontalement or, l'aide visuel est orienté verticalement.			27/04/2016	

Tableau 19 : Plan d'action du défaut Inversion.

IV.2.3. Mise en œuvre du plan d'action :

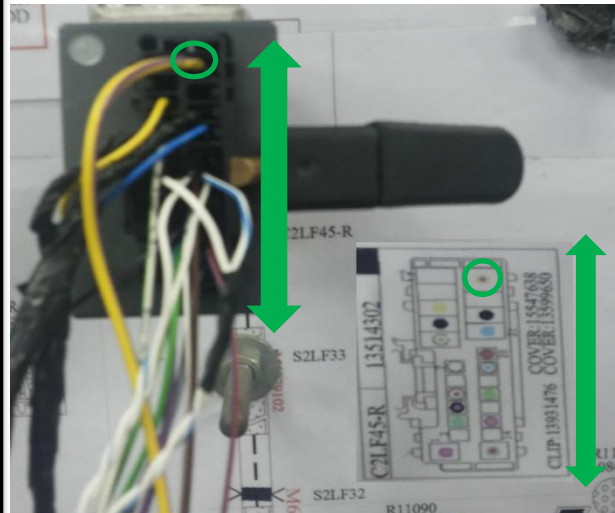
La mise en œuvre du plan d'action a eu lieu le 27/04/2016 :

➤ C2LF45-R :



NOK

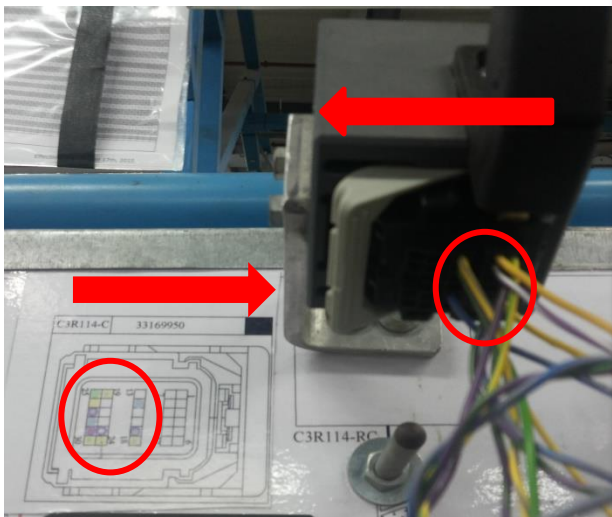
Figure 58 : Aide visuel du C2LF45-R avant l'implémentation du plan d'action.



OK

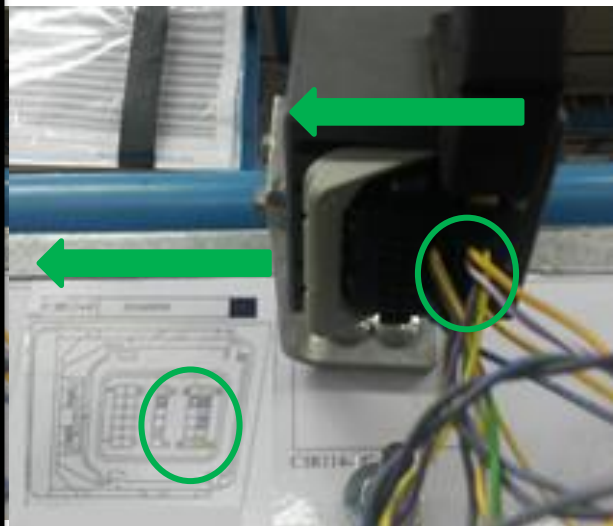
Figure 59 : Aide visuel du C2LF45-R après l'implémentation du plan d'action.

➤ C3R114-C :



NOK

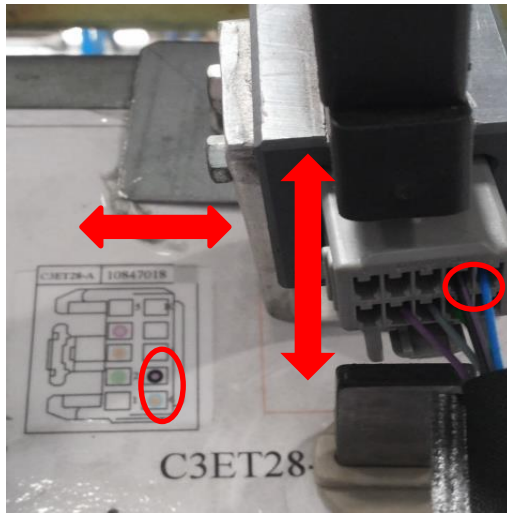
Figure 60 : Aide visuel du C3R114-C avant l'implémentation du plan d'action.



OK

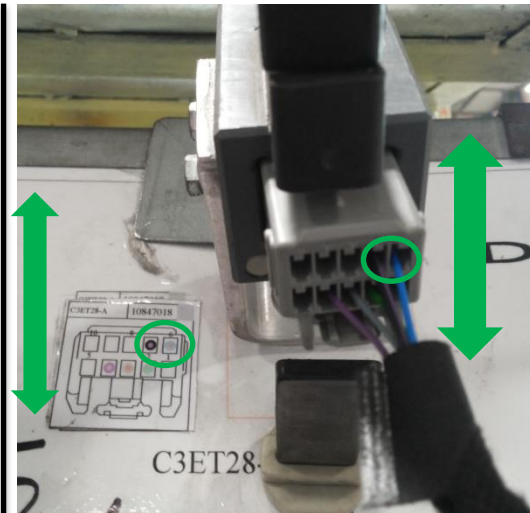
Figure 61 : Aide visuel du C3R114-C après l'implémentation du plan d'action.

➤ C3ET28-A :



NOK

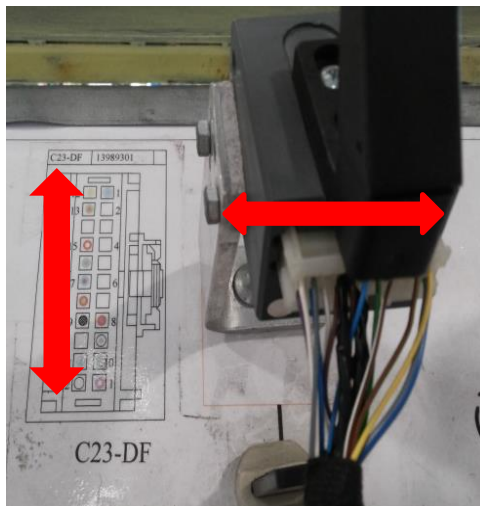
Figure 62 : Aide visuel du C3ET28-A avant l'implémentation du plan d'action.



OK

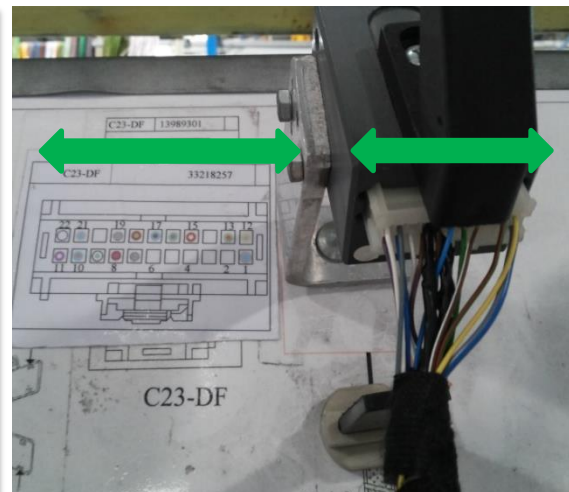
Figure 63 : Aide visuel du C3ET28-A après l'implémentation du plan d'action.

➤ C23-DF :



NOK

Figure 64 : Aide visuel du C23-DF avant l'implémentation du plan d'action.



OK

Figure 65 : Aide visuel du C23-DF après l'implémentation du plan d'action.

Une fois le plan d'action a été mise en place, nous avons procédé au contrôle de son efficacité par un suivi minutieux de l'effectif des inversions au niveau des connecteurs

problématiques. Nous allons vérifier l'évolution de ce défaut au cours de la dernière étape «Contrôler».

IV.3. Kit non-conforme :

IV.3.1. Outil d'aide à la décision : Brainstorming

Ce présent défaut vient juste après le défaut d'inversion avec un effectif de 763 alors que sa cause potentielle a été déjà déterminée pendant les investigations sur le terrain. Il s'agit de l'incompatibilité entre la référence du Kit provenant de la zone centralisée et celle du câble en cours de production.

Suite aux 2 outils d'analyse : Ishikawa et AMDEC déjà effectuées dans la phase «Analyser», nous avons réalisé que 2 causes potentielles provoquent des références erronées, il s'agit de :

- La livraison des Kits et l'alimentation des cellules sans respecter le système FIFO ;
- Les opérateurs des tableaux ne vérifient pas la compatibilité des références de Kitting Order et Production Order.

. Une autre réunion a été tenue le 26/04/2016, dont les intervenants étaient :

Participants	Fonction
Mr. Hamza HADIFI	Ingénieur méthode du projet IP
Mr. Brahim TAOUSSI	Ingénieur Qualité du projet IP
Mr. Anas BOUGHABA	Stagiaire

Tableau 20 : Les participants de la réunion tenue le 26/04/2016

La réunion s'est déroulée autour de la non-conformité : Kit NOK, dans le but de proposer ensemble des actions faisables, économiques et efficaces, alors qu'on a effectué un 'Brainstorming' suite au quel plusieurs actions ont été proposées, mais celle qui a eu l'accord de tous les participants était : La mise à disposition du livreur d'un moyen de transport des kits depuis la zone centralisée jusqu'aux cellules, et qu'elles soient alimentées de l'arrière pour vérifier le système FIFO (First In First Out).

Concernant la livraison des Kits sans identification, on a proposé de sensibiliser les opérateurs à la grande importance de l'identification des Kits et qu'ils n'acceptent, en aucun cas, des kits sans identification qui risquent de ne peut avoir la même référence du câble en cours de production.

IV.3.2. Plan d'action :

On a déterminé les solutions qui seront mises en œuvre pour remédier au défaut Kit NOK selon le plan d'action suivant (Tableau 21):





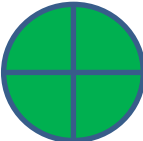

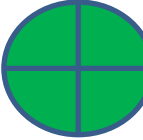
	<h1 style="color: blue;">Plan d'Action.</h1>					Emetteur : Anas BOUGHABA Date d'émission : 26/04/2016	
							
Défaut	Description	Cause Racine	Action		Responsables	Date	Statut
Kit NOK	Non-conformité de la référence du kit et celle du câble en cours de production.	Livraison des Kits et alimentation des cellules sans respecter le système FIFO.	-Mise à disposition du livreur d'un chariot de transport des kits depuis la zone centralisée.	-Etude de faisabilité de l'action.	-Ingénieur méthode	27/04/2016	
				-Dimensionnement et conception du chariot sous 'Catia'.		-Technicien méthode -Stagiaire.	29/04/2016
				-Fabrication du chariot.	-Technicien Maintenance.	01/05/2016	
				-Mise en place du chariot	-Technicien méthode. -Stagiaire.	02/05/2016	
		Livraison et production avec des kits sans identification.	-Sensibiliser les opérateurs à l'importance de l'identification des Kits.	-Formateur (RH).	28/04/2016		
		Livraison et production avec des kits sans identification.	-Assurer la correspondance de la référence du Kitting et Production Order par le marquage.	-Contremaître de la chaîne.	28/04/2016		

Tableau 21 : Plan d'action du défaut Kit non-conforme.

IV.3.3. Mise en œuvre du plan d'action :

→ Etude de faisabilité :

Actuellement, le livreur livre les kits manuellement et alimente les cellules sans respecter le système FIFO, c'est pour cela que nous avons décidé de mettre en place un moyen de transport des kits (Chariot), qui nous permettra de vérifier l'alimentation par le FIFO et à partir de l'arrière des cellules. Devant ces 2 défis, nous avons étudié ce scénario pour évaluer la faisabilité du chariot.

Le chariot sera dimensionné de telle sorte qu'il ne pourrait pas pénétrer par le passage se trouvant entre les tableaux et les cellules de la chaîne, pourtant il sera obligé de passer par le trajet défini (Figure 66), et comme cela les 2 conditions : Alimentation par le FIFO et à partir de l'arrière des cellules seront bien vérifiées.

Le lay-out de la figure 66 représente le déplacement du livreur, transportant les kits par le chariot, à partir de la zone centralisée jusqu'aux arrières des cellules.

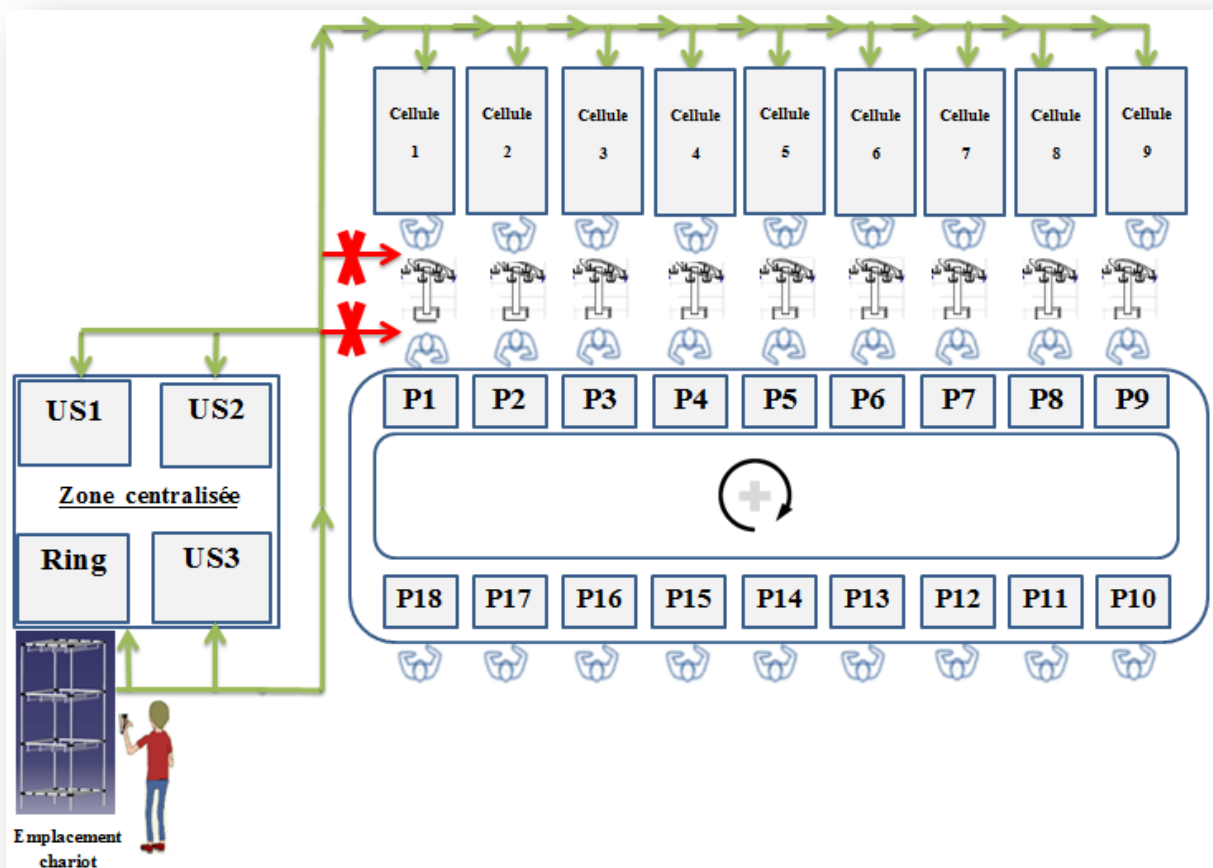


Figure 66 : Flux du déplacement du chariot depuis la zone centralisée jusqu'à l'arrière des cellules.

Concernant le matériel nécessaire pour la fabrication de ce moyen de transport des kits, nous avons contacté le département de la maintenance qu'il nous a confirmé la disponibilité du matériel : Tubes en acier enduit par le plastique, barres métalliques, des roulettes, moyens de connexion,...

→ **Dimensionnement du chariot:**

Devant la diversité existante au niveau des Kits, on a essayé de dimensionner le chariot en tenant compte tous les kits qui doivent être livrés aux cellules, et en vérifiant également que le moyen de transport ne pourrait pas accéder entre les cellules et les tableaux.

Le tableau 22 récapitule le chiffrage du matériel nécessaire :

Matériel	Quantité	Dimensions
Tube en acier enduit par le plastique	4 unités	Longueur : 200 cm. Diamètre : 5cm.
Tube en acier enduit par le plastique	22 unités	Longueur : 80 cm. Diamètre : 5cm.
Barre métallique	12 unités	Longueur : 80 cm.
Roulette	4 unités	Diamètre : 100 mm
Moyen de connexion (Joints en angle)	16 unités	Diamètre Intérieur : 5 cm.
Moyen de connexion (Joints basiques)	12 unités	Diamètre Intérieur : 5cm.

Tableau 22 : Chiffrage du matériel nécessaire pour la fabrication du chariot.

→ Conception du chariot sous 'Catia':

Nous sommes passés à la conception du chariot sous 'Catia' en prenant en considération les dimensions ci-dessus.



Figure 67 : Conception du chariot sous 'Catia'.

→ Fabrication du chariot :

Une fois le modèle a été conçu sous 'Catia', on l'a mis à la disposition d'un technicien de la maintenance pour procéder à la fabrication du chariot dont le résultat est illustré sur la figure 68 :



Figure 68 : Chariot fabriqué.

→ Mise en place du chariot :

Après la fabrication du chariot, le livreur a commencé la livraison des kits en utilisant ce moyen de transport, tout en respectant le trajet qui lui était déjà défini et l'alimentation à partir de l'arrière des cellules par le système FIFO.

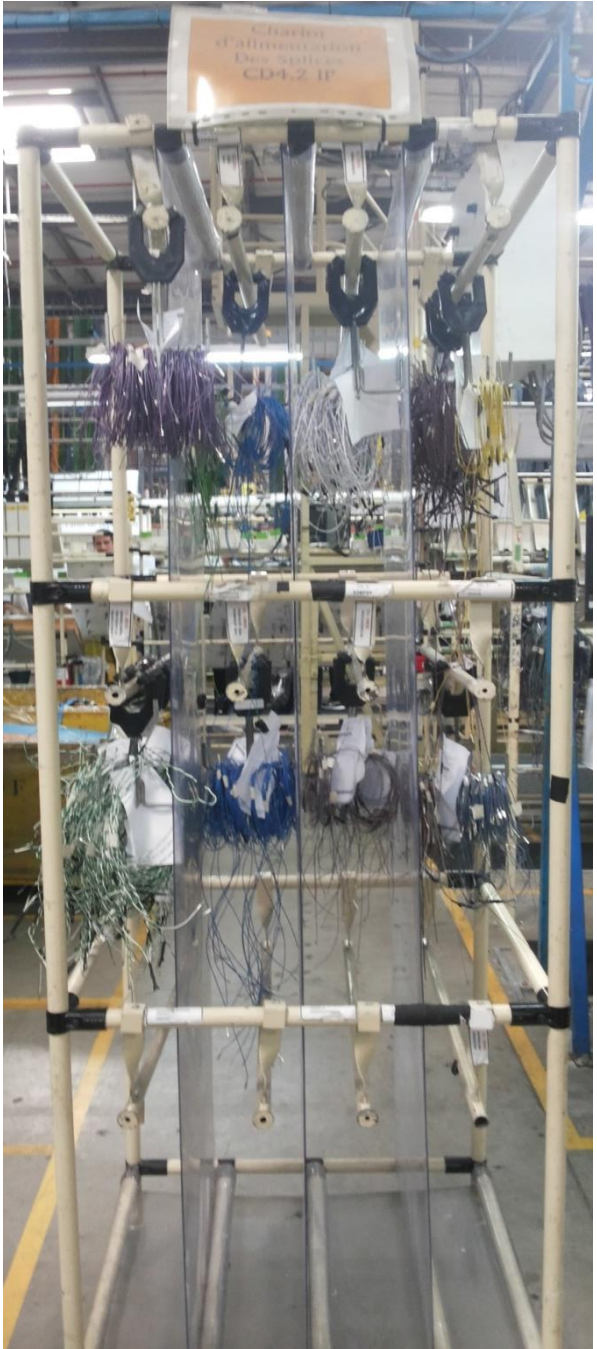


Figure 69 : Chariot alimenté par des Kits.

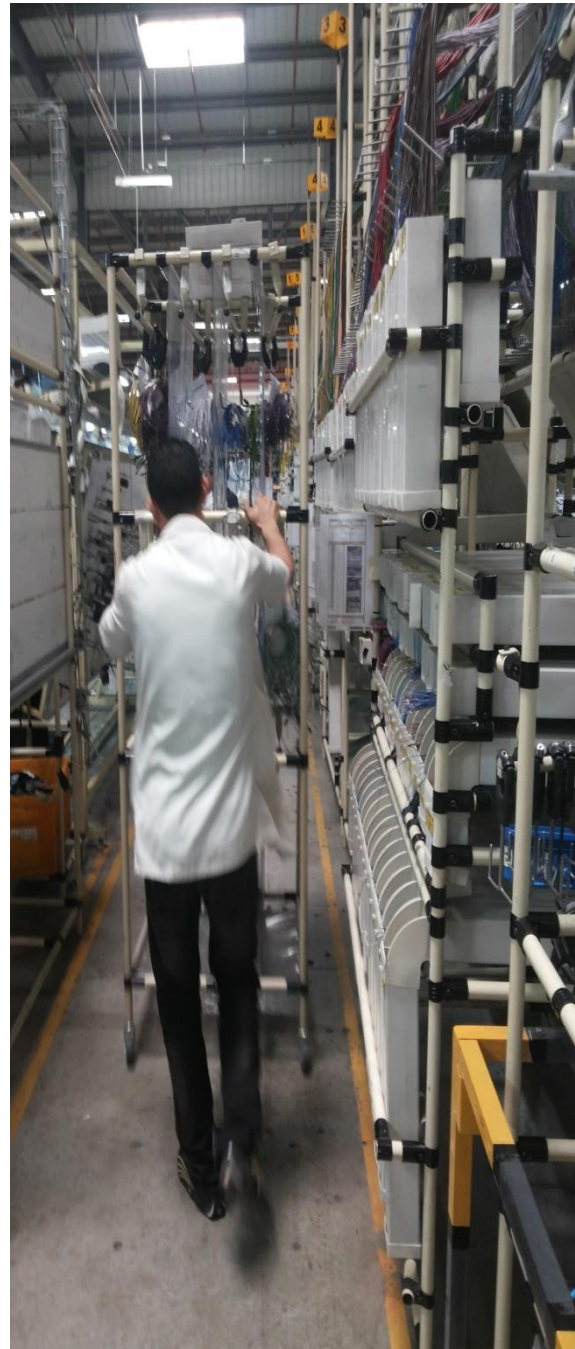


Figure 70 : Alimentateur transporte le chariot.



Figure 71 : Alimentation des cellules par le système FIFO.

→ Assurer la correspondance de la référence du Kitting Order et du Production Order par le marquage :

Cette action a été mise en place pour éliminer tout mélange ou décalage au niveau des références du kitting Order et du Production Order d'où tous les opérateurs des tableaux seront amenés à marquer la référence figurant sur le Kitting Order et sur le Production Order, avant de commencer à assembler le kit contre le tableau, et c'est dans le but de s'assurer de la correspondance des 2 références.

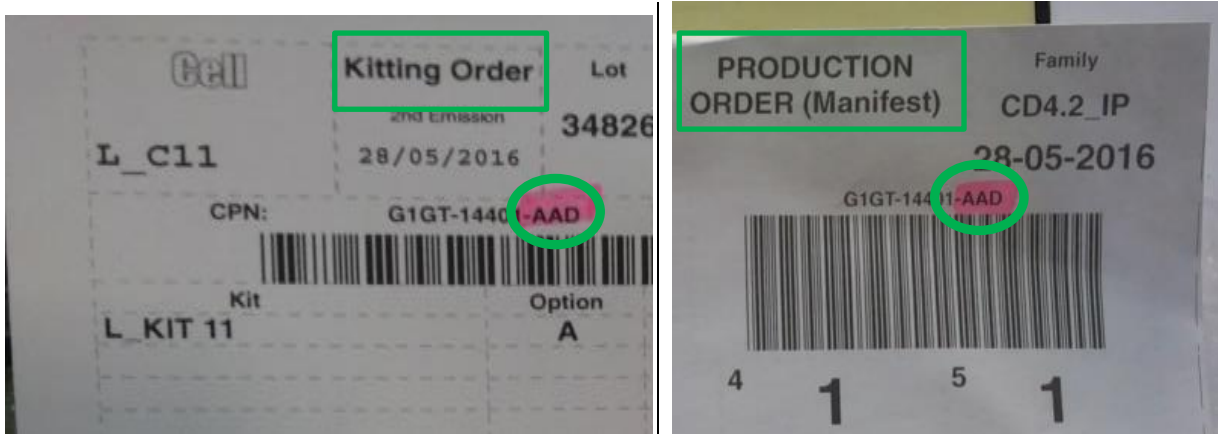


Figure 72 : Marquage de la référence du Kitting et Production Order.

Après avoir mis en œuvre le plan d'action, il nous faudrait vérifier l'efficacité des différentes solutions appliquées en suivant l'évolution de l'effectif des références erronées. Cette étape sera détaillée au cours de la dernière phase «contrôler».

IV.4. Fil caché :

A travers l'analyse de cette défaillance, et le formulaire (page : 48) de notation rempli par les opérateurs des postes de l'encliquetage, nous avons identifié les causes racines engendrant ce défaut, il s'agit de :

- Séparation et encliquetage des fils se font par 2 postes différents ;
- La fatigue et le manque de concentration des opérateurs ;
- La non séparation des fils dans leur trajet.

Par contrainte d'équilibrage des postes, les fils ne peuvent pas être séparés et encliquetés à la fois par les mêmes opérateurs, d'où l'enjeu est de trouver un moyen d'attachement des fils pour qu'ils soient séparés et attachés par les opérateurs amonts et visibles pour les opérateurs aval.

IV.4.1.. Plan d'action :

Le plan d'action suivant (tableau 23) a été élaboré pour aider les opérateurs à ne pas oublier l'encliquetage des fils.

Il nous a fallu l'intervention de l'Ingénieur Méthode et du technicien Méthode pour définir l'emplacement de ces moyens d'attachements, le technicien fiabilité qui veille à la conformité des Lay-Out des tableaux d'assemblage, en plus d'un technicien de la maintenance pour le montage de ces nouveaux dispositifs.



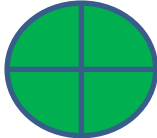
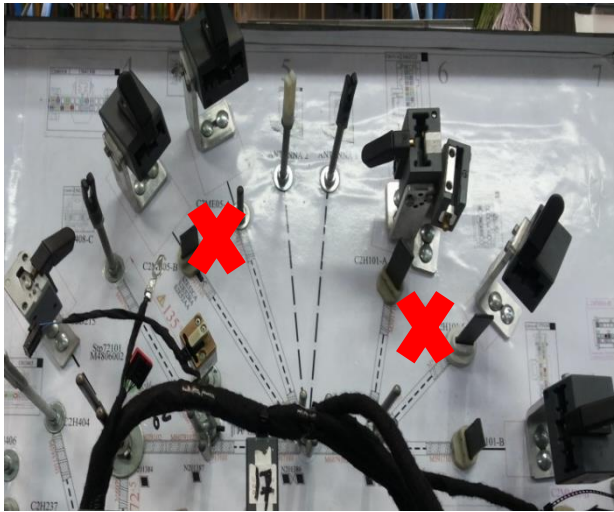
	<h1>Plan d'Action</h1>					Emetteur : Anas BOUGHABA Date d'émission : 03/05/2016
						
Défaut	Description	Cause Racine	Action	Responsables	Date	Statut
Fil caché.	<p><u>Connecteurs :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> *C2H101-B *C22-BF *C2ME05-A *C3R114-C *C2H101-C *C33-DF *C23-BF 	Fils séparés et encliquetés par 2 postes différents.	Mettre en œuvre un moyen d'attachement (McDo) où les fils seront attachés par l'opérateur de séparation en vue d'être visibles pour l'opérateur de l'encliquetage.	<ul style="list-style-type: none"> -Ingénieur Méthode. -Technicien Méthode. -Technicien Fiabilité. -Technicien Maintenance. 	09/05/2016	

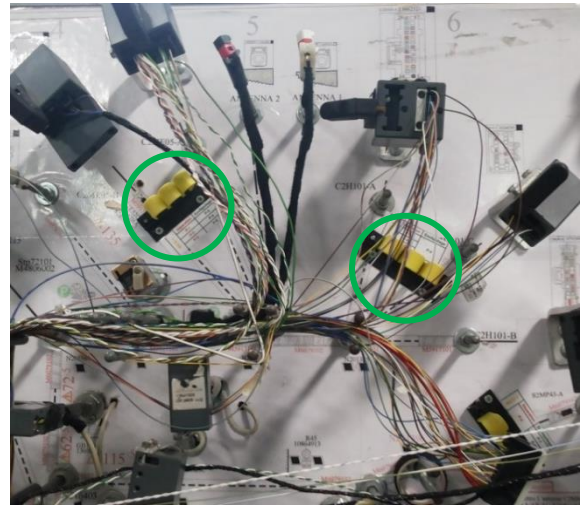
Tableau 23 : Plan d'action du défaut fil caché.

IV.4.2. Mise en œuvre du Plan d'action :

Après avoir élaboré le plan d'action, nous avons veillé à sa mise en place.

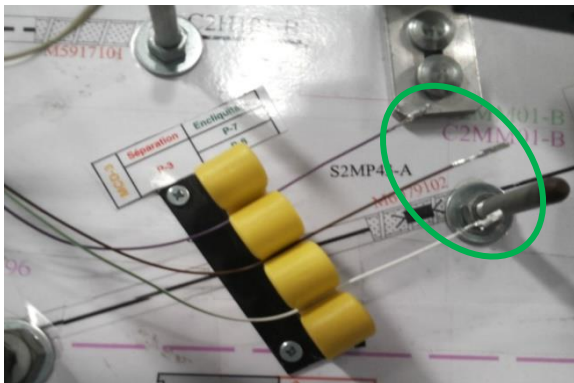


Avant



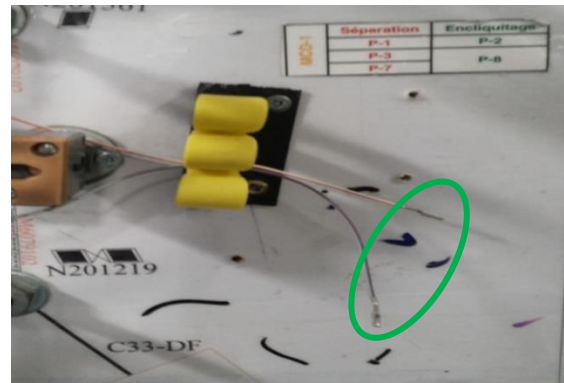
Après

Figure 73 : Mise en place des McDos contre le tableau d'assemblage.



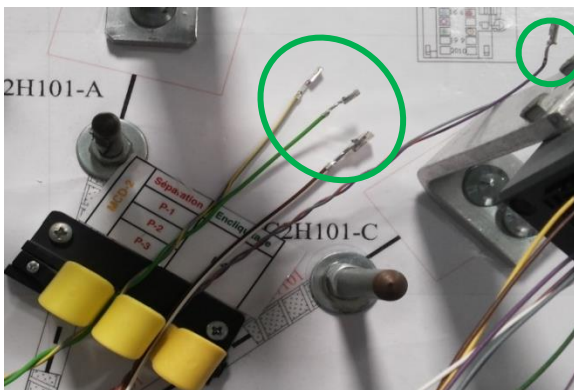
C2H101-B

Figure 74 : McDo pour le C2H101-B.



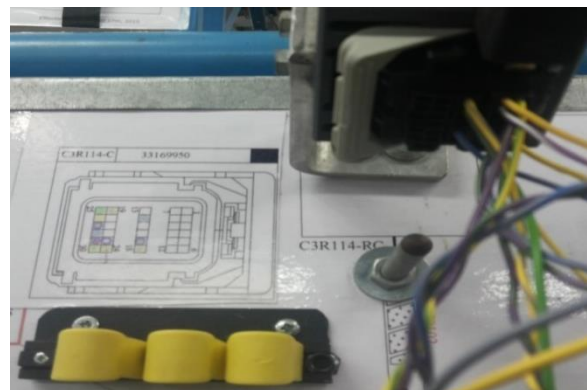
C33-DF

Figure 75 : McDo pour le C33-DF.



C2H101-C

Figure 76 : McDo pour le C2H101-C.



C3R114-C

Figure 77 : McDo pour le C3R114-C.

Une fois les actions définies ont été réalisées, le suivi de leur efficacité sera détaillé pendant la dernière phase de la démarche «DMAIC».

IV.5. Terminal endommagé :

Comme c'est déjà cité auparavant, ce présent défaut est apparu 289 fois au niveau du Kit 4. A l'aide des 2 outils d'analyse 5M et 5P, nous avons réalisé que ce Kit provient de la cellule 4 et monté contre le tableau par le poste 4, or il n'est encliqueté que par le poste 10 d'où les fils restent suspendus par terre et s'endommagent facilement par le déplacement des opérateurs.

Face à ce problème, nous avons suggéré l'action suivante :

Défaut	Cause Racine	Propositions	Responsable	Décision	Motif
Terminal endommagé.	Kit 4 monté par le poste 4 et n'est encliqueté que par le poste 10.	Soit : 1. Poste 4 encliquète le kit au lieu du Poste 10. 2. Cellule 10 prépare le Kit au lieu de la cellule 4.	-Ingénieur Méthode -Technicien Méthode	Non retenue	Ces 2 propositions déséquilibreront les postes, et elles auront également un impact négatif sur le Takt-Time.

Tableau 24 : Suggestion d'une action d'amélioration.

Suite à cette décision, nous étions amenés à trouver une autre solution pour remédier au problème de l'endommagement des terminaux du Kit 4, alors qu'on a proposé de mettre un support contre les tableaux de montage et éviter sa suspension par terre, une fois le kit accède à la chaîne en Poste 4, il sera accroché à ce support jusqu'à ce qu'il arrive au poste 10 pour qu'il soit encliqueté.

IV.5.1. Plan d'action :

Le plan d'action (Tableau 25) a été élaboré dans le but d'éliminer le risque de l'endommagement des terminaux du kit 4.



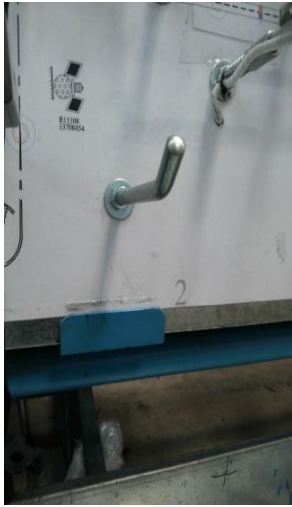

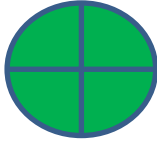
						Emetteur : Anas BOUGHABA
						Date d'émission : 03/05/2016
<h1>Plan d'Action</h1>						
Défaut	Description	Cause Racine	Action	Responsables	Date	Statut
Terminal déformé.	<p>Terminaux du Kit 4 sont suspendus par terre et s'endommagent facilement.</p>	<p>Kit monté contre le tableau par le poste 4, et n'est encliqueté que par le poste 10.</p>	<p>Mise en œuvre d'un support contre les tableaux de montage où le kit 4 sera raccroché dès son accès à la chaîne.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	<p>-Ingénieur Méthode.</p> <p>-Technicien Méthode.</p> <p>-Technicien Fiabilité.</p> <p>-Technicien Maintenance.</p>	<p>10/05/2016</p>	

Tableau 25 : Plan d'action de la déformation du terminal.

IV.5.2. Mise en œuvre du plan d'action :

La mise en œuvre du plan d'action a été réalisée le 09/05/2016, par l'intervention de l'ingénieur méthode et le technicien méthode qui ont défini l'emplacement du crochet, le technicien fiabilité qui a veillé à la conformité du Lay-Out du tableau, ainsi que le technicien maintenance pour la mise en place du moyen contre les tableaux d'assemblage.

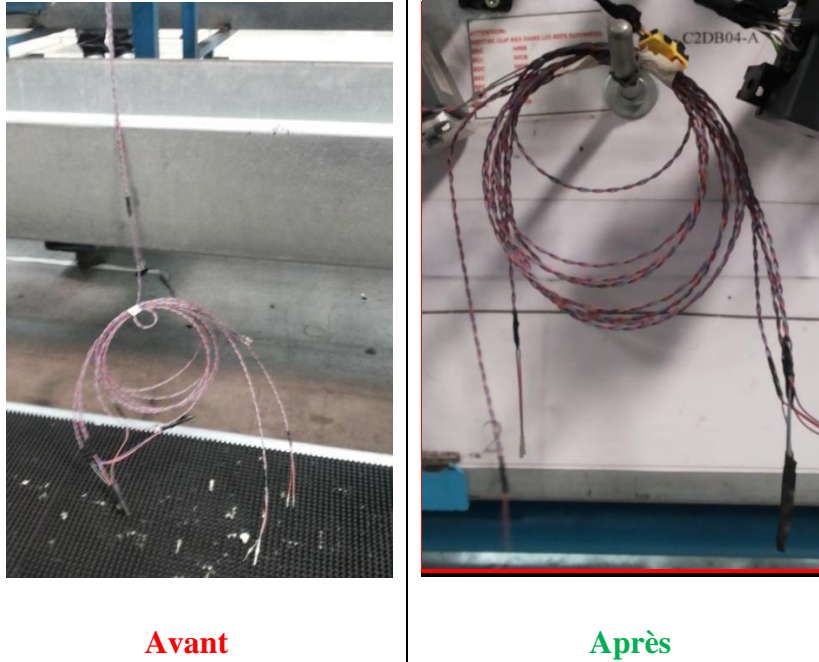


Figure 78 : L'état du Kit 4 avant et après la mise en œuvre du crochet.

Le suivi de l'évolution de l'endommagement des terminaux sera détaillé au cours de la phase suivante « Contrôler ».

IV.6. Conclusion :

Tout au long de l'étape «Innover», nous avons proposé des solutions jugées innovantes. On a eu recours à des outils d'aide à la décision telle que : le vote pondéré, la matrice de compatibilité, Brainstorming,... histoire d'implémenter des actions efficaces et qui auront l'accord de la majorité des intervenants du projet IP.

Une fois la décision est prise, nous avons élaboré des plans d'action, dont on a veillé également à les mettre en place.

L'étape suivante consistera au suivi de l'efficacité des plans d'actions mis en œuvre par la mesure de l'évolution des problèmes déjà résolus et les indicateurs de performance.



V. Contrôler



“Measurement is the first step that leads to control and eventually to improvement. If you can’t measure something, you can’t understand it. If you can’t understand it, you can’t control it. If you can’t control it, you can’t improve it.”

H. James Harrington

V.1. Introduction :

L'étude du présent projet par la démarche DMAIC, nous a amené à définir le contexte du projet en mettant le point sur la problématique et en soulignant les objectifs ciblés, puis, on a procédé à la mesure des différents indicateurs de performance du projet, ensuite c'était le tour de l'analyse et l'identification des causes potentielles des différents problèmes détectés et jugés responsables de la dégradation des indicateurs, enfin, nous avons élaboré des plans d'action pour remédier aux différentes non-conformités.

La présente phase vient en dernier pour évaluer l'efficacité des actions mises en œuvre tout en suivant l'évolution des indicateurs de performance : FTQ, Pass Rate et également le coût de la réparation. Une fois c'est réalisé, il nous faudra veiller à maintenir l'état de performance atteint.

V.2. Evolution FTQ :

Un suivi de l'évolution de l'indicateur FTQ a été effectué avant et après l'implémentation des plans d'actions (Figure 79).

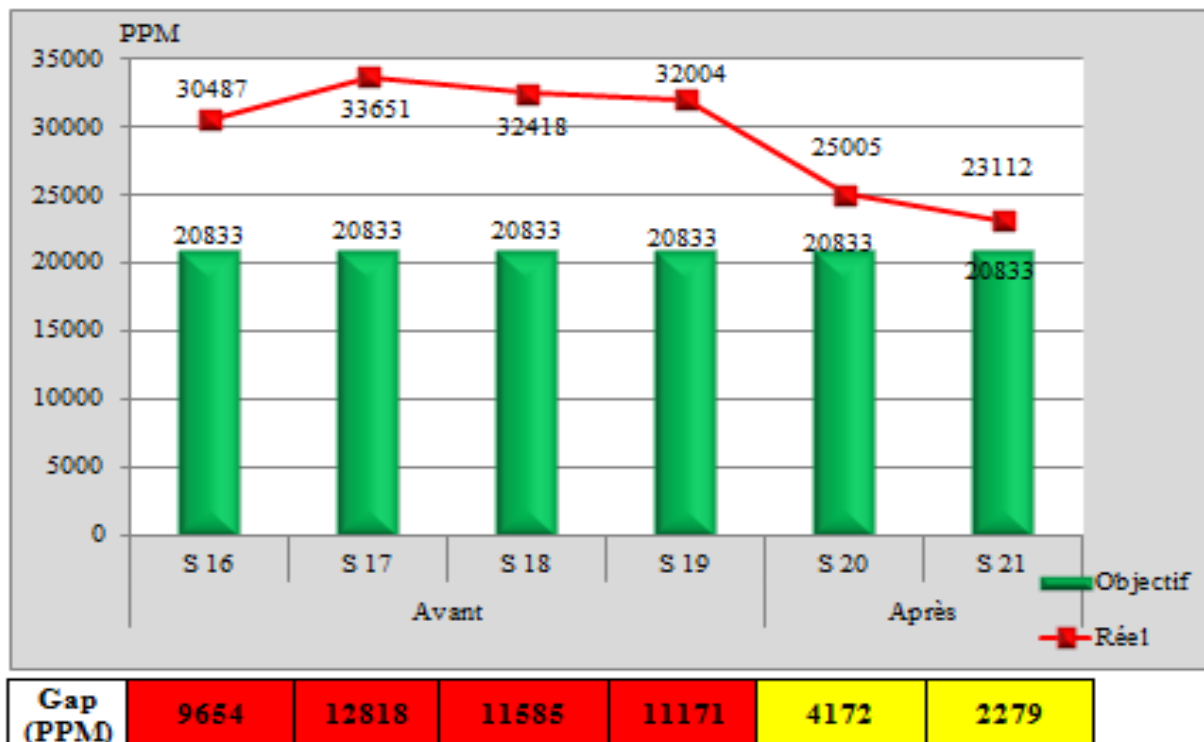


Figure 79 : Evolution de l'FTQ avant et après l'implémentation des plans d'actions.

Suite à la visualisation graphique de l'évolution de l'FTQ, on remarque bien qu'il y a une évolution décroissante -juste après l'implémentation des actions- en S20 et S21 pour atteindre en S21 un Gap qui vaut 2279 PPM. Cela prouve que les actions mises en places ont impacté positivement l'indicateur FTQ, autrement dit, les défauts de non-conformités ont bien diminué, quoique l'objectif souligné par le département qualité n'est pas encore atteint.

V.3. Evolution Pass Rate :

Un suivi de l'évolution de l'indicateur Pass Rate a été également effectué (Figure 80).

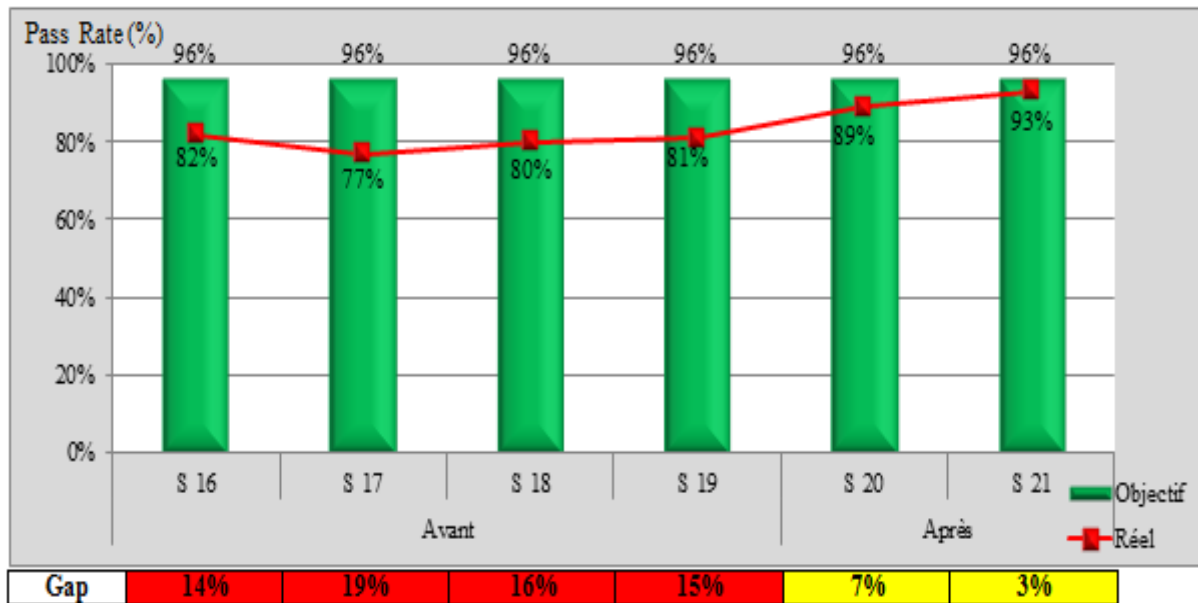


Figure 80 : Evolution du Pass Rate avant et après l'implémentation des plans d'actions.

Le graphe de la figure 80 présente une amélioration croissante et remarquable de l'indicateur Pass Rate, juste après la mise en œuvre des actions d'amélioration, où nous sommes passés de 81% en S19 pour atteindre 93% en S21 avec un Gap de 3% par rapport à l'objectif (96%).

V.4. Evolution coût de réparation :

Pour mettre le point sur l'impact des différentes solutions implémentées, nous allons représenter également l'évolution des coûts de la réparation (figure 81).

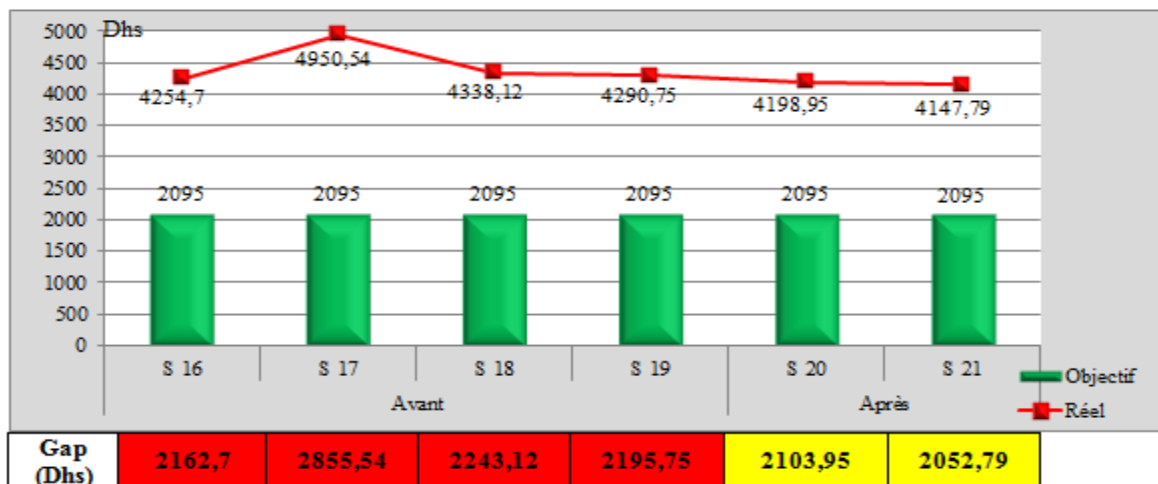


Figure 81 : Evolution du coût de la réparation avant et après l'implémentation des plans d'action.

A partir de la semaine 20, on remarque bien qu'il y a une légère diminution du coût de la réparation quoique l'écart entre l'objectif et la cible reste important vu qu'il existe toujours 2 réparateurs au niveau de la chaîne de production au temps où l'objectif est d'avoir un seul réparateur affecté à cette chaîne.

V.5. Evolution des non-conformités :

Grâce aux plans d’actions mises en œuvre, et compte tenu de l’évolution des indicateurs de performance du projet IP, on découvre clairement qu’on a pu aboutir à des résultats optimistes par la réduction des écarts existants entre les valeurs cibles et réelles des indicateurs.

Certes, l’évolution des indicateurs suit une tendance vers l’objectif, néanmoins, les résultats interprétés ne représentent que 2 semaines de contrôle, et l’existence des écarts entre la cible et l’objectif –quoiqu’ils soient réduits - sont omniprésents, d’où nous avons décidé de ne pas se contenter que des indicateurs de performance, mais vérifier également l’évolution des non-conformités aux niveaux desquelles les plans d’actions ont été mises en place.

Le tableau 26 récapitule l’inventaire des défauts détectés avant et après l’implémentation des différentes actions (depuis S 16 jusqu’à S 21).

Défaut	Semaines					
	Avant				Après	
	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21
Inversions	52	55	50	48	11	6
Kit Nok	33	28	37	32	36	32
Fil caché	21	19	25	22	7	5
Terminal déformé	14	12	17	16	4	7
Fil endommagé	8	5	9	7	5	5
Sertissage NOK	6	7	4	3	4	2
Fil coupé	2	4	4	5	2	2

Tableau 26 : Inventaire des défauts détectés avant et après l’implémentation des plans d’actions.

A base des données du tableau 26, on remarque clairement une baisse considérable des effectifs des défauts traités tout au long du projet, sauf pour le défaut «Kit Nok» qui continue toujours à être pénalisant pendant les 2 semaines : 20 et 21.

Et pour mieux visualiser les données, on les a représentés sous forme de diagramme Pareto :

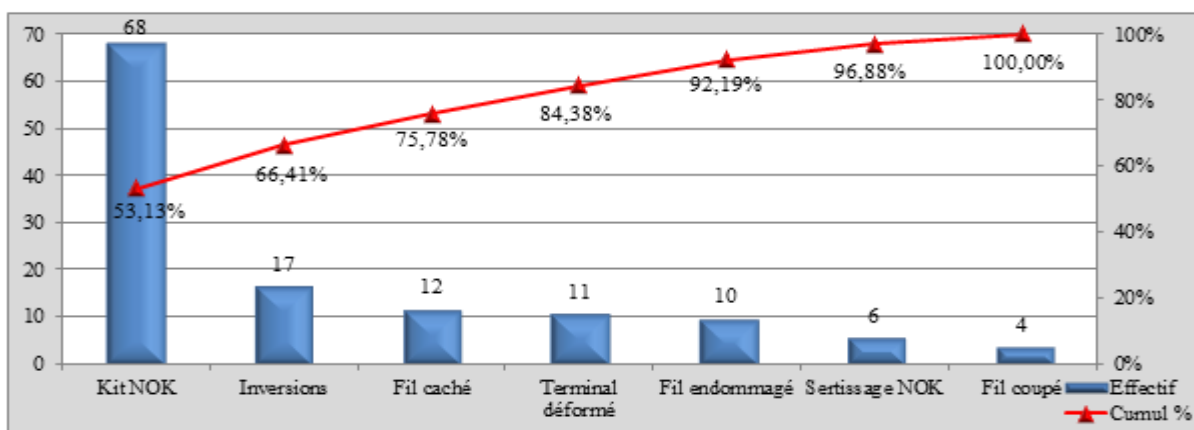


Figure 82 : Diagramme Pareto de la répartition des défauts après l’implémentation des plans d’actions.

A partir de cette étude Pareto, on remarque bien que les kits NOK viennent en tête avec un effectif de 68, représentant ainsi plus de 53% de l'ensemble des non-conformités détectées, succédé par les inversions qui sont apparus 17 fois au cours des semaines 20 et 21.

Notons bien que ce problème a été déjà traité et analysé au cours des phases précédentes, outre cela, nous avons élaboré un plan d'action pour y remédier tout en implémentant un chariot de livraison des kits à partir de la zone centralisée.

V.5.1. Kit NOK

Apparemment, le problème de la non-conformité des Kits est soumis encore à d'autres causes qui n'ont pas été identifiées, sur ce on a mené une analyse détaillée de ce problème pour déterminer la nature des non-conformités présentes dans ces Kits.

→ Analyse du défaut : Kit NOK

Le tableau 27 présente la nature des non-conformités détectées au niveau des Kits NOK.

Défauts	Effectif	Pourcentage %	Cumul %
Fil erroné	51	75%	75%
Manque fil	11	16,18%	91,18%
Fil plus	4	5,88%	97,06%
Référence erronée	2	2,94%	100,00%
Total	68	100%	

Tableau 27 : Non-conformités détectées en Kit après l'implémentation du plan d'action.

Ensuite, on a interprété ces données sous forme de diagramme Pareto :

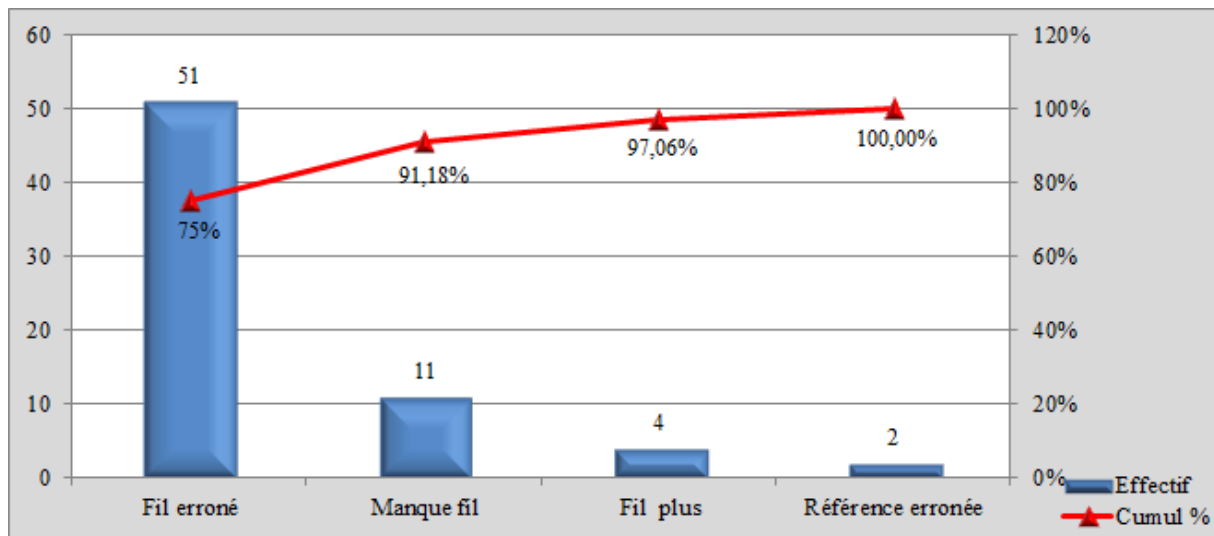


Figure 83 : Diagramme Pareto de la répartition des défauts du Kit après l'implémentation des plans d'actions.

Le fil erroné représente 75% de l'ensemble des défauts détectés au niveau des kits, or la référence erronée n'est réapparue qu'une seule fois.

Cette donnée nous a amené à aller sur terrain, notamment, la zone centralisée où on prépare les kits pour identifier la cause potentielle qui engendre ces fils erronés.

Il existe une multitude d'épissures qui se préparent dans la zone centralisée. Rappelons bien qu'on obtient une épissure par le soudage des fils électriques -au niveau de leurs extrémités dénudés- à l'aide d'une machine appelé 'Ultra Sonic'.



Figure 84 : Soudage des extrémités des fils par l'US.

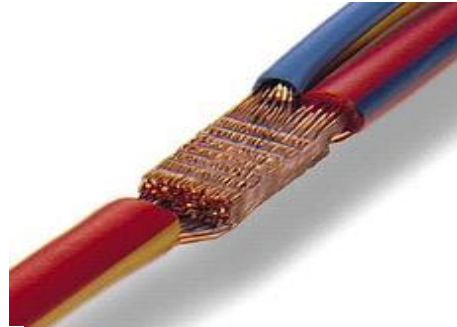


Figure 85 : Epissure.

Une observation préliminaire nous a montré que l'emplacement des fils au niveau de la zone centralisée est pratiquement aléatoire et mal ordonné, autrement dit, quand l'opérateur veut prendre les fils d'un certain type d'épissure, sa main bascule entre plusieurs emplacement des fils, de là vient le risque de prendre un fil voire plus erroné. Outre cela, chaque épissure a un nombre bien précis de fils qui doivent être soudés du même côté, alors qu'on distingue des fils du côté gauche, et d'autres du côté droit. Tous ces constats ont été bien confirmés par les opérateurs de la zone centralisée.

Nous avons effectué une étude de l'existant pour mettre le point sur la problématique de ces postes non ergonomiques favorisant le risque de l'erreur.

Prenons l'exemple de l'épissure 'S2DB25A', qui fait intervenir 8 fils de même couleur mais qui sont différents en longueurs et en terminaux, alors que les fils dont les codes sont : 6102, 6106 et 6107 doivent être soudés du même côté gauche, cependant, les fils de codes : 6103, 6104, 6108, 6109 et 6110 doivent être soudés du même côté droit comme c'est montré dans la figure 86.

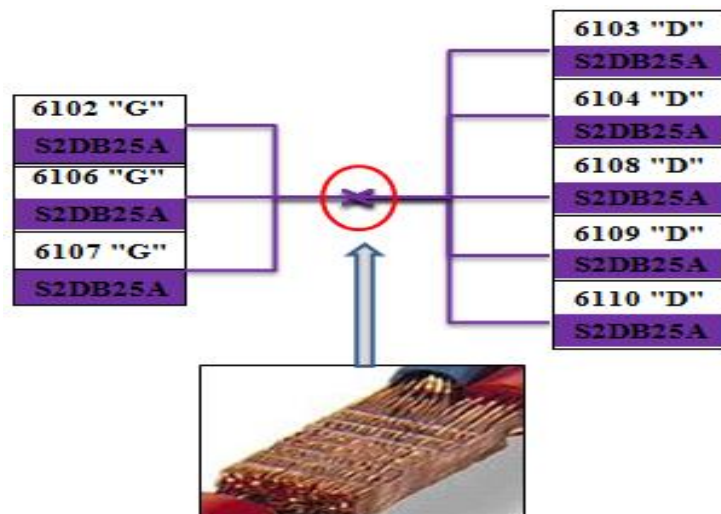


Figure 86 : Modélisation de l'épissure S2DB25A.

6106 "G"	-6106	: Code du fil de couleur Blanche/Move.
S2DB25A	-G	: signifie que ce fil doit être soudé du côté gauche de l'épissure
	- S2DB25A	: Code de l'épissure.

Nous avons demandé à l'opérateur de nous préparer cette épissure (S2DB25A), au temps où nous avons observé le flux de déplacement de sa main lors de la séparation des fils électriques qui seront soudés entre eux, pour avoir la modélisation de la figure 87.

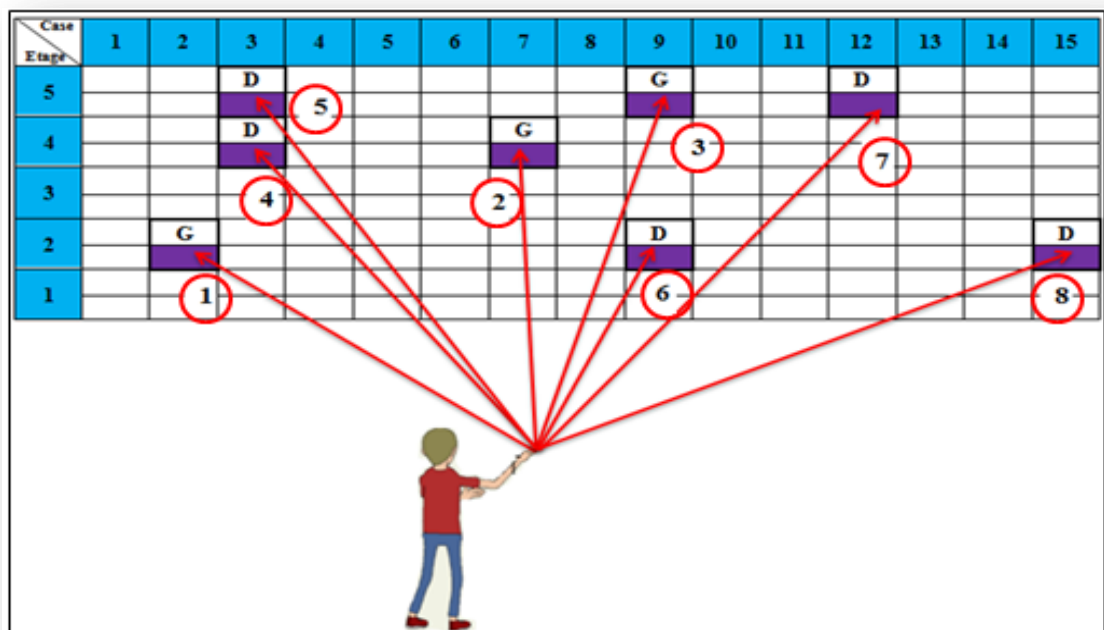


Figure 87 : Flux de déplacement de la main de l'opérateur pour préparer l'épissure S2DB25A.

Selon l'instruction du travail, l'opérateur commence par séparer les fils du côté gauche, puis il passe à la séparation des fils du côté droit. On a modélisé l'ordre de séparation des fils pour se trouver avec un flux non ergonomique dû à l'emplacement mal ordonné des fils au niveau de la cellule, ce qui favorise le risque de l'erreur, d'où l'opérateur pourrait bien inverser les fils et les souder du mauvais côté, et par conséquent, il produira des Kits NOK.

Compte tenu des observations et investigations effectuées sur le terrain, on a réalisé que la non-conformité des kits provient du mauvais emplacement des fils dans les cellules de la zone centralisée, d'où nous avons ciblé la cellule contenant plus de complexité et de diversité en termes de type des épissures, pour proposer une amélioration de répartition des fils.

→ Etat Actuel Vs Etat Amélioré :

En se basant sur le mode opératoire, nous avons modélisé l'état existant en Annexe IV (page : 87).

Suite à cette modélisation de l'emplacement des fils électriques dans la cellule 1 « Annexe IV », on remarque clairement la diversité des fils et leurs emplacements mal ordonnés, de plus, on distingue des fils de couleurs similaires et juxtaposés.

En prenant en considération tous ces facteurs, nous avons élaboré une proposition (Voir Annexe V page : 88) qu'on a mis à la disposition du département Méthode.

Nous avons modélisé également le travail en séquence effectué par l'opérateur.

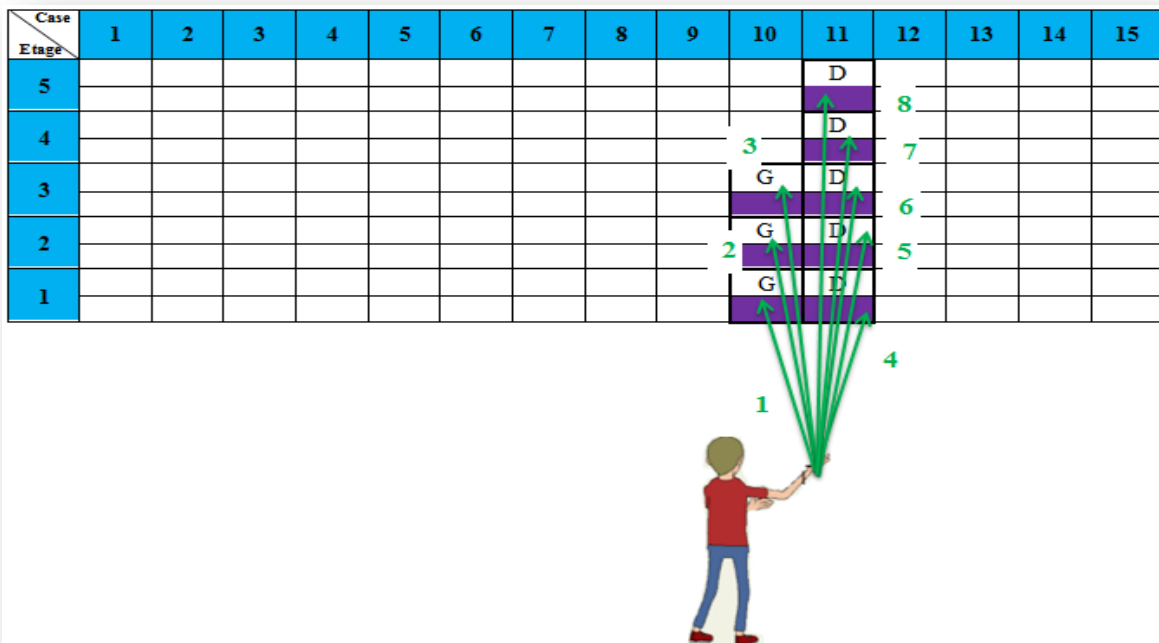


Figure 88 : Flux prévisionnel de déplacement de la main de l'opérateur pour préparer l'épissure S2DB25A

On constate que la main de l'opérateur bascule dans un espace réduit, de plus, les fils qui seront soudés du même côté sont placés également du même côté au niveau de la cellule, et c'est toujours dans le but de minimiser le risque de l'erreur et assurer la conformité des kits des épissures.

Quoique cette proposition a été bien saluée par le département Méthode, nous n'avons pas pu la mettre en place vu qu'elle a été élaborée au cours de la dernière semaine du stage, outre cela, un tel changement doit s'effectuer le Dimanche histoire de ne pas impacter la

production. Une fois cette amélioration prouvera son efficacité, l'équipe du projet s'engage à la dupliquer au niveau de toutes les autres cellules de la zone centralisée.

V.6. Pérennisation du niveau de performance :

Grâce au bon sens, le travail d'équipe, l'analyse détaillée, les investigations menées sur le terrain,... nous avons fini par atteindre un niveau de performance très optimiste, néanmoins, le grand défi est de maintenir cet état actuel, tout en adoptant l'amélioration continue des objectifs.

. Inspiré de l'outil QRQC (Quick Response Quality Control) on a proposé au département qualité une démarche intitulé : FPDAS (Fast Problem, Description, Analysis and Solver) permettant aux chefs de ligne de réagir en temps réel avec tout câble présentant une ou plusieurs non-conformités. Cette présente démarche (Annexe VI page 89) apparaît comme étant incontournable pour traiter les câbles présentant des défauts au temps réel, tout en les considérant des réclamations internes, outre cela, la FPDAS nous permettra de prévenir la réapparition des non-conformités dans d'autres câbles.

Cette démarche consiste à remplir un document (Annexe VI page 89) de 5 phases :

- Description du problème à l'aide de l'outil QQQQCP;
- Analyse du problème et identification des causes racines par les 5M et les 5P ;
- Mise en place des actions correctives et préventives en court et en moyen terme ;
- Suivre l'évolution du défaut tout au long su shift ;
- Clôture du document et sa validation par l'équipe de la démarche : le chef de ligne, l'auditeur et les réparateurs.

Conclusion générale

Comme toute entreprise cherchant la perfection, Delphi Packard Tanger cible non seulement la minimisation des réclamations externes mais également les réclamations internes issues du processus de la production qui génèrent des câbles non-conformes. Avant de livrer ces câbles aux clients, ils doivent impérativement subir la réparation.

Les défauts de non-qualité nécessitant la réparation sont les responsables majeurs de la dégradation des indicateurs de performance de la qualité, alors que l'étude du présent projet a visé l'amélioration des indicateurs de performance du câblage de tableau de bord (Client Ford). Il s'agit des indicateurs : 'FTQ' (First Time Quality) décrivant la capacité du processus à produire des câbles conformes dès le 1^{er} coup, 'Pass Rate' qui fournit le taux de câbles produits sans avoir recours à la réparation, et enfin 'le coût de la réparation'.

En ayant recours à la démarche DMAIC de l'approche Six Sigmas, nous avons défini le projet ainsi que ses objectifs, ensuite on a mesuré les écarts existants entre les indicateurs cibles et réels pour s'arrêter sur des écarts très importants engendrés par les défauts de non-qualité. L'étude Pareto nous a permis d'identifier les défauts les plus pénalisants. Il s'agit des : inversions, Kit non-conforme, fils cachés et terminaux déformés. A l'aide des outils d'analyse performants (5M, 5P, AMDEC,...) nous avons pu déterminer les causes racines responsables des différentes anomalies au niveau desquels des plans d'actions ont été élaborés pour en remédier. Le suivi de l'évolution des indicateurs de performance ainsi que les défauts prioritaires nous ont vérifiés l'efficacité des actions mises en place.

A partir d'une situation dégradée, prouvée par le taux de la réparation qui valait 17% par shift, nous avons pu atteindre les 4% par Shift et même une tendance positive vers l'objectif. Certes, la situation semble optimiste mais le maintien de ce niveau est d'une grande importance, c'est pour cela qu'une démarche (Fast, Problem Description Analysis and Solver) à réactivité en temps réel avec les non-conformités de la qualité, a été implémentée.

Le but recherché a été, en quelque sorte, atteint. Cependant, le zéro défaut reste un objectif tangible et qui aura une influence non seulement sur les indicateurs de performance de la qualité, mais également sur d'autres indicateurs tels que l'efficacité de la chaîne qui s'impacte par le nombre des opérateurs, si on arrive bien sûr à éliminer les réparateurs.

Annexe I :

I.1. Les indicateurs qualité

→ **Indicateurs audits internes : Monitoring et Process**

Les indicateurs d'audit interne expriment le niveau de conformité de l'audit Process et monitoring, à travers le calcul d'un coefficient de conformité. Il représente le quotient du nombre des points conformes au nombre des points audités. Ce coefficient, exprimé en pourcentage, est obtenu par la formule suivante :

$$\frac{\text{Nombre de Points Conformes Après Audit}}{\text{Nombre de Points Audités}} * 100 = \text{Pourcentage de Conformité}(\%)$$

→ **Indicateur classe Qualité**

Il s'agit d'un coefficient calculé pour chaque équipe et chaque famille de produit, à partir d'un barème de notation établi par le département qualité. Chaque défaut enregistré est accompagné d'un coefficient de gravité. Ce dernier est multiplié par un facteur d'évaluation, qui varie d'un projet à un autre. A partir du produit final trouvé, on peut calculer une classe qualité selon le barème Classe Qualité.

→ **Indicateur d'absentéisme**

L'absentéisme est un facteur qui peut impacter le flux de la chaîne de production. C'est dans le but de quantifier cet impact que le département qualité a décidé de mettre en place une fiche de suivi quotidien de l'absentéisme des opérateurs pour chaque équipe et chaque famille.

→ **Indicateur de performance des opérateurs**

Les ingénieurs de qualités ont mis en place une fiche de suivi des défauts par opérateur qui leur permettront de détecter l'opérateur qui est à la source du plus grand nombre de défauts, autrement dit, localiser les opérateurs critiques pour chaque famille et proposer des solutions pour améliorer leurs performances.

I.2. Audit Interne :

Les audits qualité internes sont réalisés par l'entreprise elle-même. Il s'agit d'un examen méthodique, journalier, indépendant et documenté du système Qualité. Il permet d'évaluer le fonctionnement du système Qualité et d'identifier les actions d'améliorations nécessaires. L'audit qualité concerne aussi bien : Le personnel, l'organisation et les standards de travail.

Les audits internes permettent de déterminer si le système de management de la qualité est conforme aux dispositions planifiées, aux exigences établies par l'organisme et s'il est mis en œuvre et entretenu de manière efficace.

→ **Limites de contrôle des audits internes : Monitoring et Process**

Les performances des audits internes se présentent en fonction du niveau de conformité des outils, opérateurs et produits de chaque famille des Projets : Floor, IP, Engin Bay. Ainsi un audit parfait est représenté par un coefficient de conformité égale à 100%.

Le nombre des points conformes et le nombre des points contrôlés sont prélevés depuis les résumés des audits. Le tableau suivant présente les limites soulignées par le département qualité pour classer les résultats de l'audit interne.

Etat d'audit interne	Valeur correspondante
Excellent	Valeur > 98%
Acceptable	Valeur entre 96% et 98%
Limite de risque	Valeur < 96 %

Tableau 28 : Limites des audits internes.

→ **Limites classes qualité**

La classe qualité est parmi les paramètres qui se calculent pendant l'audit produit, pour cela, le département qualité a établi un barème selon lequel la classe qualité peut être calculée. Les états de la classe qualité sont présentés au tableau 29 :

Etat de la classe qualité	Valeur correspondante
Parfait	0
Objectif	0.5
Limite acceptable	1

Tableau 29 : Limites de la classe Qualité.

→ **Limites de contrôle de l'FTQ**

FTQ (First Time Quality) : indicateur représentant le nombre de défauts détectés par chaque équipe et dans chaque famille. Cet indicateur est calculé suivant la formule suivante:

$$\frac{\text{Nombre de Défauts détectés}}{\text{Nombre Total de Câbles Produits}} * 1\,000\,000 = \text{FTQ (PPM)}$$

Cette limite de contrôle, contrairement aux deux premières, est en perpétuelle évolution car elle s'inscrit dans le cadre de l'amélioration continue.

Annexe II :**Notations AMDEC.**→Gravité

Poids	Mots-clés gravité	Description
10	Risqué, pas d'avertissement	Note de gravité très élevée lorsqu'un mode de défaillance potentiel affecte le fonctionnement du véhicule et/ou implique la non-conformité aux réglementations gouvernementales sans avertissement.
9	Risqué, avertissement	Note de gravité très élevée lorsqu'un mode de défaillance potentiel affecte la sécurité de l'utilisation du véhicule et/ou entraîne la non-conformité aux réglementations gouvernementales avec avertissement.
8	Très élevée	Véhicule/élément inutilisable, avec perte de fonction principale.
7	Elevée	Véhicule/élément inutilisable, mais niveau de performances réduit client mécontent
6	Modérée	Véhicule/élément inutilisable, mais élément de confort ou pratique inutilisable. Inconfortable pour client.
5	Faible	Véhicule/élément inutilisable, mais élément de contrôle ou pratique avec niveau de performance réduit. Client légèrement mécontent.
4	Très faible	Frome et finition/grincement, bruit. Elément non conforme. Défaut remarqué par la plupart des clients.
3	Minime	Frome et finition/grincement, bruit. Elément non conforme. Défaut remarqué par la plupart des clients.
2	Très minime	Frome et finition/grincement, bruit. Elément non conforme. Défaut remarqué par la plupart des clients pointilleux.
1	Aucune	Aucun effet

Tableau 30 : Grille de notation de la gravité des modes de défaillance.

→**Détection :**

Poids	Mots-clés détection	Probabilité que l'existence d'un défaut soit détectée par des contrôles	Directive Delphi pour AMDEC
10	Presque impossible	Aucun contrôle connu pour détecter le mode de défaillance	Ne peut pas détecter, ou ne contrôle pas.
9	Très éloigné	Probabilité très éloigné que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Audits périodique non planifiés
8	Eloigné	Probabilité éloigné que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Observation des paramètres. Inspection visuelle
7	Très faible	Probabilité très faible que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Vérification des paramètres. Double inspection visuelle.
6	Faible	Probabilité faible que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Inspection visuelle à 100% en touchant et marquant les pièces ou en utilisant les échantillons de limite. Evaluation/test manuels périodiques
5	Modéré	Probabilité modéré que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Evaluation périodique avec carte de contrôle.
4	Modéré élevé	Probabilité modérément élevée que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Contrôle erreurs: inacceptable pour l'opération suivante. Evaluation d'installation/contrôle de la première pièce
3	Elevé	Probabilité élevée que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Détection <<Poka-Yoke>> en station avant que la pièce ne quitte l'opération. .Evaluation automatique avec arrêt.
2	Très élevé	Probabilité très élevée que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance	Prévention des erreurs avec appareil <<Poka-Yoke>> sur l'équipement. Plusieurs niveaux de contrôle des erreurs
1	Presque certain	Presque certain que les contrôles actuels détectent le mode de défaillance. Contrôles fiables connus avec processus similaires	Prévention des erreurs par la conception physique; pièce irréalisable.

Tableau 31 : Grille de notation de la non-détection des modes de défaillance.

→ **Occurrence :**

Poids	Mot-clé	Probabilité de défaillance	Taux de défaillance possible
10	Très élevé	Extrême: presque inévitable	1 sur 10
9			1 sur 20
8	élevé	Elevé: situation fréquenté	1 sur 50
7			1 sur 100
6	Modéré	Modéré: situation occasionnelle	1 sur 1000
5			1 sur 2000
4			1 sur 10000
3	Faible	Faible: situation relativement rare	1 sur 100000
2			1 sur 1000000
1	Eloigné	Eloigné: situation improbable	La défaillance est éliminée par le contrôle préventif

Tableau 32 : Grille de notation de l'occurrence des modes de défaillance.

→ **Criticité :**

Intervalle	Criticité
$1 \leq C < 200$	Très Faible
$200 \leq C < 400$	Faible
$400 \leq C < 600$	Modérée
$600 \leq C < 800$	Elevée
$800 \leq C \leq 1000$	Très élevée

Tableau 33 : Intervalles des niveaux de la criticité.

Annexe III : Matrice de compatibilité et Vote pondéré.

Actions	Electrification des C.P. des tableaux d'assemblage.				Implémentation du Poka-Yoke entre les terminaux et les voies des connecteurs.				Vérification de l'encliquetage des terminaux de chaque poste par le poste suivant.				Correction des orientations des aides visuels.				Amélioration de l'ergonomie des contres pièces.			
	Intervenants	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie
Critères (C.D.P.)	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance	Qualité	Production	Ingénierie	Finance
Coût (*5)	15	25	-5	-25	-5	-15	-25	-25	15	-25	-25	5	0	0	-15	-15	0	0	-5	-15
Sécurité (*4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faisabilité (*3)	9	9	9	-15	9	3	-9	-15	9	-15	-15	3	15	15	15	15	15	15	-9	3
Efficacité (*2)	10	6	6	-10	10	10	10	0	10	-10	-10	2	10	10	10	10	10	10	0	2
Délai de mise en place (*1)	-5	-3	-5	-5	-5	-5	-5	-5	5	-5	-5	-5	5	5	5	5	3	1	-3	0
TOTAL	29	37	5	-55	9	-7	-29	-25	39	-35	-55	5	30	30	15	15	28	26	-17	-10
	16				-52				-46				90				27			

Tableau 34 : Notations affectées de la part des intervenants du projet par action et par critère.

Annexe IV : Emplacement actuel des fils dans la cellule des épissures.

Etat Actuel

Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Etage															
5	5196 "G"	5007 "D"	6103 "D"	5260 "D"	6361 "D"	6292 "G"	6201 "D"	6356 "G"	6106 "G"	5259 "G"	5001 "D"	6108 "D"	5209 "G"	6014 "G"	5006 "G"
	S2BP21	S2DB04B	S2DB25A	S2P05C	S2BP13A	S2LN05	S2LN05	S2BP13A	S2DB25A	S2P05C	S2DB04B	S2DB25A	S2LN05	S2P32BA	S2DB04B
4	6018 "D"	5003 "G"	6104 "D"	5208 "D"	6019 "D"	6020 "D"	6102 "G"	5005 "G"	6011 "D"	5262 "D"	6358 "G"	6363 "D"	6357 "G"	5002 "D"	5008 "D"
	S2P32BA	S2DB04B	S2DB25A	S2LN05	S2P32BA	S2P32BA	S2DB25A	S2DB04B	S2P32BA	S2P05C	S2BP13A	S2BP13A	S2BP13A	S2DB04B	S2DB04B
3	5218 "D"	6360 "G"	5004 "G"	5009 "G"	6251 "D"	5296 "G"	6247 "G"	5211 "D"	6193 "D"	5193 "G"	5191 "D"	5198 "D"	6021 "D"	6252 "D"	6359 "G"
	S2LN05	S2BP13A	S2DB04B	S2DB04B	S2BX07A	S2P05C	S2BX07A	S2LN05	S2LN05	S2BP21	S2BP21	S2BP21	S2P32BA	S2BX07A	S2BP13A
2	6012 "D"	6107 "G"	6017 "D"	5192 "G"	5294 "G"	5253 "D"	6257 "D"	6015 "G"	6109 "D"	6013 "G"	6248 "G"	6249 "D"	5261 "D"	5295 "G"	6110 "D"
	S2P32BA	S2DB25A	S2P32BA	S2BP21	S2P05C	S2P05C	S2BX07A	S2P32BA	S2DB25A	S2P32BA	S2BX07A	S2BX07A	S2P05C	S2P05C	S2DB25A
1	5258 "D"	5216 "G"	6253 "G"	6298 "G"	7045 "G"	5195 "D"	5197 "D"	5210 "G"	6250 "G"	5298 "G"	6191 "D"	7046 "G"	5194 "D"	5212 "D"	6253 "D"
	S2P05C	S2LN05	S2BX07A	S2LN05	S2BX07A	S2BP21	S2BP21	S2LN05	S2BX07A	S2P05C	S2LN05	S2BX07A	S2BP21	S2LN05	S2BX07A

Tableau 35: Emplacement actuel des fils dans la cellule '1' des épissures.

Suite à cette modélisation de l'emplacement des fils électriques dans la cellule 1 (cellule des épissures), on remarque clairement la diversité des fils et leurs emplacements mal ordonnés, de plus, on distingue des fils de couleurs similaires et juxtaposés.

En prenant en considération tous ces facteurs, nous avons élaboré une proposition qu'on a mise à la disposition du département Méthode.

Annexe V : Emplacement amélioré des fils dans la cellule des épissures.

Etat Amélioré

Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Étage															
5	6292 "G"	6201 "D"	5196 "G"	5197 "D"	5259 "G"	5262 "D"	6358 "G"	6363 "D"	6018 "D"	6021 "D"	6103 "D"	5003 "G"	6247 "G"	6248 "G"	6249 "D"
	S2LN05	S2LN05	S2BP21	S2BP21	S2P05C	S2P05C	S2BP13A	S2BP13A	S2P32BA	S2P32BA	S2DB25A	S2DB04B	S2BX07A	S2BX07A	S2BX07A
4	6298 "G"	6191 "D"	5192 "G"	5194 "D"	5298 "G"	5260 "D"	6356 "G"	6361 "D"	6019 "D"	6020 "D"	6104 "D"	5004 "G"	5008 "D"	6253 "G"	6252 "D"
	S2LN05	S2LN05	S2BP21	S2BP21	S2P05C	S2P05C	S2BP13A	S2BP13A	S2P32BA	S2P32BA	S2DB25A	S2DB04B	S2DB04B	S2BX07A	S2BX07A
3	5209 "G"	5212 "D"	5193 "G"	5191 "D"	5294 "G"	5258 "D"	6357 "G"	6014 "G"	6017 "D"	6102 "G"	6108 "D"	5005 "G"	5001 "D"	7045 "G"	6251 "D"
	S2LN05	S2LN05	S2BP21	S2BP21	S2P05C	S2P05C	S2BP13A	S2P32BA	S2P32BA	S2DB25A	S2DB25A	S2DB04B	S2DB04B	S2BX07A	S2BX07A
2	5210 "G"	5211 "D"	6193 "D"	5198 "D"	5296 "G"	5253 "D"	6359 "G"	6013 "G"	6011 "D"	6107 "G"	6110 "D"	5006 "G"	5007 "D"	7046 "G"	6253 "D"
	S2LN05	S2LN05	S2LN05	S2BP21	S2P05C	S2P05C	S2BP13A	S2P32BA	S2P32BA	S2DB25A	S2DB25A	S2DB04B	S2DB04B	S2BX07A	S2BX07A
1	5216 "G"	5208 "D"	5218 "D"	5195 "D"	5295 "G"	5261 "D"	6360 "G"	6015 "G"	6012 "D"	6106 "G"	6109 "D"	5009 "G"	5002 "D"	6250 "G"	6257 "D"
	S2LN05	S2LN05	S2LN05	S2BP21	S2P05C	S2P05C	S2BP13A	S2P32BA	S2P32BA	S2DB25A	S2DB25A	S2DB04B	S2DB04B	S2BX07A	S2BX07A

Tableau 36: Emplacement amélioré des fils dans la cellule '1' des épissures.

Annexe VI : Pérennisation du niveau de performance par FPDAS.

DELPHI

Fast Problem Description, Analysis & Solver

Client : **Ford.**

Contremaître :

Shift :

Projet : **IP.**

Auditeur :

Equipe :

Famille : **SMAX & GALAXY.**

Réparateur :

Date & heure :

-Description du Problème : QOOQCP


Qui ?	Quoi ?	Où ?	Quand ?	Comment ?	Pourquoi ?

Référence du Câble	Défaut	Poste Détecteur	Matricule Op	Poste Emetteur	Matricule Op

Figure 89 : Phase de description du problème par FPDAS.

-Analyse du Problème : 5M & 5P



DELPHI	<u>Diagramme 5M</u>	Client : 	Câble: IP
---------------	----------------------------	--	------------------

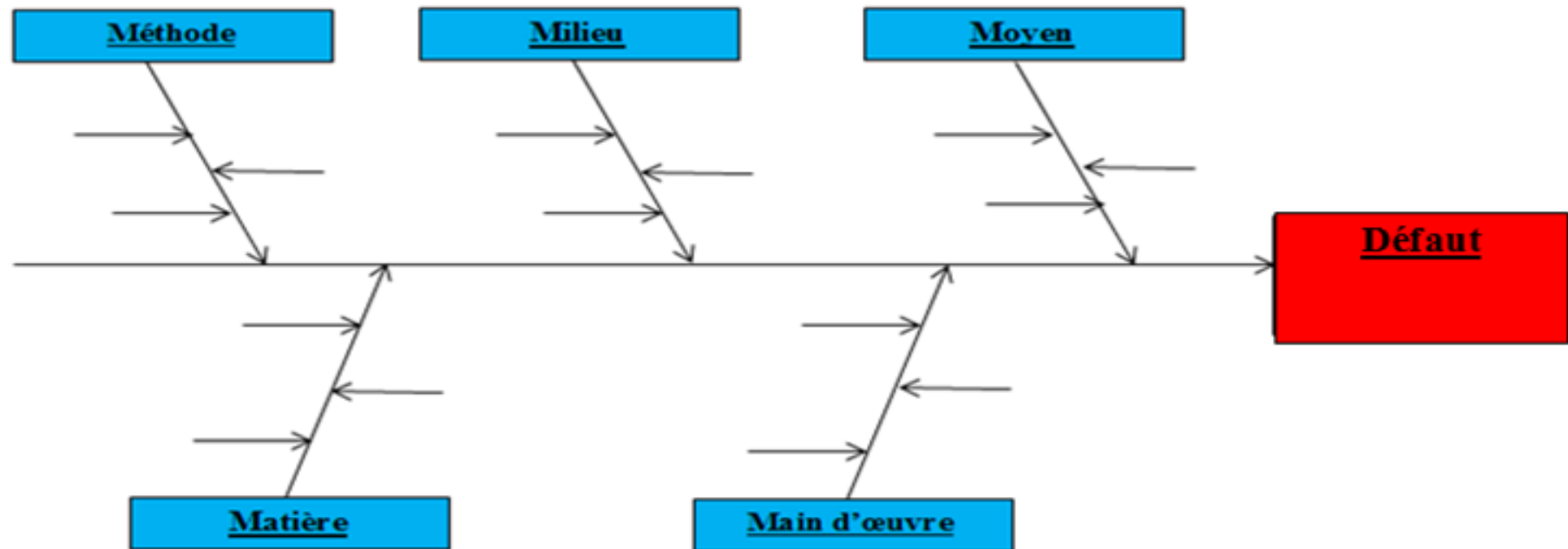


Figure 90 : Phase d'analyse Ishikawa par FPDAS.

DELPHI



<u>5 Pourquoi</u>		<u>Pourquoi 1?</u>	<u>Pourquoi 2?</u>	<u>Pourquoi 3?</u>	<u>Pourquoi 4?</u>	<u>Pourquoi 5?</u>
<u>Défaut</u>	<u>Occurrence</u>					
	<u>Détection</u>					

Figure 91 : Phase d'analyse 5P par FPDAS.

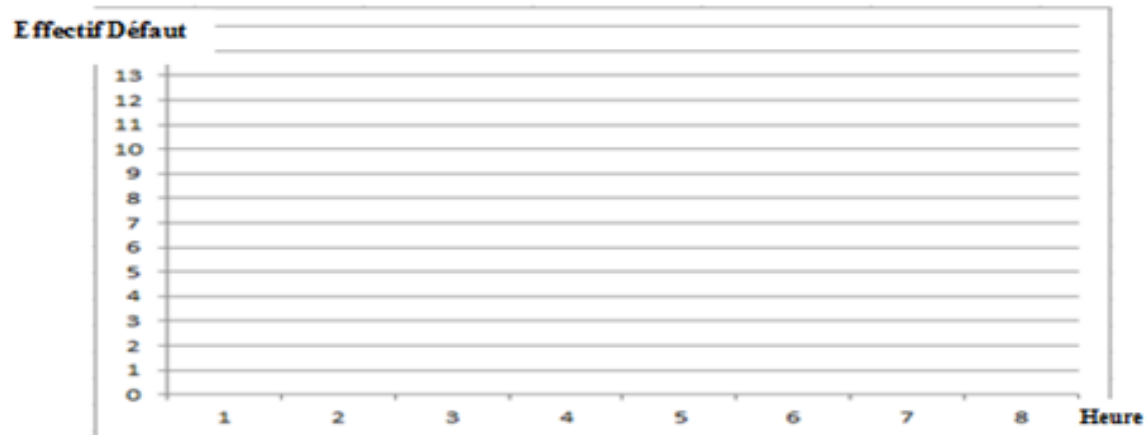
DELPHI



-Résolution du Problème :

N°	Actions Correctives court terme	Responsable	Statut	Actions préventives moyen & long terme
1			⊕	
2			⊕	

-Evolution du Problème :



Emetteur	Contremaître	Auditeur	Réparateur	Date d'émission	Réf. Document	Révision
Anas BOUGHABA						

Figure 92 : Phase de résolution et suivi du problème par FPDAS.

Bibliographie & Webographie.

→ Ouvrages:

- [1] Manuel de Formation Delphi : Centre de formation de Delphi Packard Tanger.
- [2] Les outils de la performance industrielle : Jean-Marc Gaillaire / Editions d'Organisation / Groupe Eyrolles, 2008 / ISBN : 978-2-212-54056-7.
- [3] Principes de Management de la Qualité : Organisation Internationale de Standardisation / ISO 2012-05 / ISBN : 978-92-67-20573-1.
- [4] Amélioration continue de la qualité du projet BVH2 : Rapport du projet de fin d'études / Hamza Khairoun & Adam Rhoulam / Licence en génie Industriel 2012-2013/ Faculté des Sciences et Techniques de Tanger / Delphi Automotive System Morocco.

→ Web:

- [1] http://www.bulletin-excell-pro.com/135-La_Qualite_du_Premier_Coup.html
- [2] <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/six-sigma/les-outils-de-la-qualite/283-qrqc>

Stage effectué à : DELPHI PACKARD TANGER



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

Nom et prénom: BOUGHABA Anas

Année Universitaire : 2015/2016

Titre: Amélioration des indicateurs de Performance de la qualité du projet IP.

Résumé

De nos jours, satisfaire les exigences des clients et assurer la qualité des produits qui leurs sont livrés n'est plus un objectif majeure ciblé par les multinationales, notamment Delphi Packard Tanger qui vise à être le leader mondial de la production des câbles automobiles par une politique qualité consistant à dépasser les attentes de ses clients et améliorer-en perpétuelle-sa performance. Un projet jugé critique et supervisé par le top management, il s'agit de l'amélioration des indicateurs de Performance de la qualité du câblage de tableau de bord livré au géant du marché automobile « FORD ».

First Time Quality, Pass Rate et les coûts de la réparation sont les 3 indicateurs clés au niveau desquels on s'est focalisé tout au long de notre stage de fin d'études dans le but de les améliorer. Cependant, tout cela ne pourrait être effectué sans la maîtrise du processus de la production du câble et la minimisation voire l'éradication de la réparation, cette dernière ayant un impact négatif sur ces indicateurs de performance. Alors il nous a fallu de chercher les causes potentielles engendrant la réparation des câbles qui ne sont rien d'autres que les défauts de non-qualité. Au sein d'une équipe multidisciplinaire et menée d'un esprit d'analyse, nous avons pu au cours de ce projet, de tendre vers les objectifs par la mise en œuvre des plans d'actions innovants tout en s'appuyant sur la démarche DMAIC de l'approche 6 Sigma.

Abstract

Nowadays, to satisfy customer requirements and ensure the quality of their products is no longer as a major objective to multinational companies as it was before including Delphi Packard Tangier which aims to be the world leader in production of automotive cables. It even, exceeds the expectations of its own customers by improving the performance's indicators. This is especially for the dashboard wiring of the largest automotive market "FORD".

The 3 keys indicators that we have put on our attention during our graduation project are as such: First Time Quality, Pass Rate and the costs of the rework. Our job was to look for the potential causes responsible for this type rework in order to minimize or eradicate them as much as possible.

This critical project was relying on a multidisciplinary team and also the DMAIC approach of the 6 Sigma to implement innovative action plans that allowed us to reach the improvement of the keys indicators.

Mots-clés : Indicateurs de performance, FTQ, Pass Rate, coûts de la réparation.