



## MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

**Diplôme de Master Sciences et Techniques  
Spécialité : Génie mécanique et productique**

***Amélioration de la productivité et l'efficience***

*Présenté par :*

***El Mrabti Iliass***

*Encadré par :*

- Mr. TOUACHE Abdelhamid, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès
- Mr. LAASRI Mohammed, Encadrant de la société

*Effectué à : SEWS AIN-AOUDA*

*Soutenu le : 16 – 06 – 2016*

**Le jury :**

- Mr. A. El Hakimi, FST FES
- Mr. A. El Barkany, FST FES
- Mr. A .TOUACHE, FST FES

**Année Universitaire : 2015-2016**

# Dédicaces

*Je dédie ce projet*

*À mes chers parents Mohamed EL MRABTI et Malika AZIRAR, En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont consentis pour réussir mon parcours d'étude. Votre présence à mes côtés m'a toujours apporté confiance et réconfort. Que Dieu vous procure longue vie, avec bonheur et santé.*

*À mon cher frère Soufiane et mes chères sœurs Kholoud et Ilham. Je vous souhaite des rêves à n'en plus finir et l'envie furieuse d'en réaliser. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux, plein de bonheur et de succès.*

*À tout le personnel de SEWS-AA, LAASRI, Hamid, Tarik, Mimoun, Kawtar, Farah, Amine, Badiaa. Aux stagiaires Ayoub, Maroua, Brahim, Yousra et Anas.*

*À toute ma famille.*

*À tous mes amis.*

*À tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Que tout le monde retrouve à travers ces quelques lignes, mes sincères sentiments et mes profondes reconnaissances.*

# Remerciements

Avant d'entamer mon rapport, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport ainsi qu'à la réussite de cette formidable formation universitaire.

Je tiens à remercier sincèrement Mr. Abdelhamid TOUACHE, qui, en tant que professeur encadrant, s'est toujours montré à l'écoute et était très disponible tout au long de la réalisation de ce projet, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Mon remerciement s'adresse également à M. Mustapha HOUSNI, Manager du département ingénierie au sein de SEWS-AA, pour sa confiance, sa générosité et pour m'avoir donné l'occasion de réaliser ce stage dans son département. A M. Mohamed LAASRI mon encadrant professionnel pour la grande patience dont il a su faire preuve malgré ses charges professionnelles. Je remercie également M. Mimoun ADDOU et M. Hamid NIMAKLAL pour leur gentillesse leur esprit de coopération et leurs précieuses directives.

Sans oublier tout le personnel des différents départements qualité, production, ingénierie et logistique, qui m'ont donné les informations nécessaires pour réaliser ce travail. Je remercie également

Je saisis l'occasion pour exprimer mes remerciements à tout le corps professoral de FST FES. A tous mes enseignants pour l'accomplissement et la contribution à ma formation. Aux membres du jury qui ont bien voulu assister à la présentation et l'évaluation de mon travail.

Enfin à mes amis et à mes collègues de la faculté des sciences et techniques de FES et tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à la réalisation de ce projet industriel.

# Résumé

SEWS s'est fixée une stratégie orientée vers l'amélioration de ses processus et l'optimisation de ses flux tout au long de la chaîne logistique, pour fournir aux clients des produits de haute qualité, avec une maîtrise totale des coûts.

Dans ce contexte industriel, le présent projet vise l'amélioration de l'efficacité de la zone de préparation des câbles « LEAD PREP » au sein de l'entreprise, en adoptant l'approche LEAN MANUFACTURING. Pour ce faire nous avons divisé le projet en deux missions ;

L'amélioration de l'efficacité de la zone de pré-assemblage manuelle Sub & Splice dont nous avons déterminé les processus critiques. Nous avons cartographié ces derniers à l'aide de l'outil VSM et détecté et analysé les sources de gaspillages à l'aide des 7 Mudas. Après avoir dégagé les pistes d'amélioration, nous avons reconçu les étapes du processus Screen, augmenté la capacité du goulot du processus Big Leads et réimplanté la zone Sub & Splice. Nous avons aussi proposé des solutions pour l'élimination des défauts de qualité des deux processus et l'optimisation des déplacements. Enfin nous avons élaboré les VSM futures des deux processus.

L'amélioration de l'efficacité de la zone de coupe automatique CST, là où nous avons appliqué la TPM et agi sur la disponibilité des machines de coupe. Après avoir détecté la source de la baisse de la disponibilité, nous avons élaboré une démarche pour dédier à chaque machine ses propres outils de travail nommés : applicateurs.

# Abstract

SEWS has set a strategy to improve its processes and optimizing flows throughout the supply chain, to provide customers with high quality products, with a total cost control.

In this industrial context, this project aims to improve the efficiency of the cable preparation area "LEAD PREP" within the company, adopting the LEAN MANUFACTURING approach. To do this we divide the project into two missions:

Improving the efficiency of the manual pre-assembly area Sub & Splice we determined the critical processes. We mapped them using the VSM tool detected and analyzed the sources of waste using 7 Mudass. Having identified areas for improvement, we have redesigned the steps of the process Screen, Big Leads increased process capacity and the neck of the reimplanted Sub & Splice area. We have also proposed solutions for eliminating defects in quality of both processes and optimization of travel. Finally, we developed VSM future of both processes.

Improving the efficiency of the automatic cutting CST area where we applied the TPM and acted on the availability of cutting machines. After detecting the source of the decline in availability, we developed an approach to dedicate to each machine its own work tools named: applicators.

# Table des matières

Dédicaces .....	2
Remerciements .....	3
Résumé .....	4
Abstract .....	5
Table des matières .....	6
Table des tableaux .....	8
Table des figures .....	10
Introduction .....	12
Partie 1 : Préliminaire.....	14
Chapitre 1 : Organisme d'accueil.....	15
1. Présentation du groupe SUMITOMO .....	15
1.1. Aperçu sur le groupe SUMITOMO.....	15
1.2. Historique .....	16
1.3. SEWS au Maroc .....	16
2. Présentation de SEWS Maroc « Aïn Aouda » (SEWS-AA) .....	17
2.1. Fiche technique de l'entreprise.....	17
2.2. Organigramme SEWS-AA .....	17
2.3. Description des différents services de SEWS.....	18
2.4. Les clients de SEWS-AA .....	20
2.5. Processus de fabrication des faisceaux électriques.....	21
Chapitre 2 : Cadrage du projet et approche LEAN Manufacturing.....	25
1. Cadrage du projet .....	25

1.1. Cahier des charges.....	25
1.2. Démarche et méthodologie de travail.....	28
2. Approche LEAN Manufacturing.....	31
2.1. Présentation du Lean.....	31
2.2. Présentation de la TPM.....	34
2.3. Présentation de la Théorie des Contraintes-Lean (ToC-Lean).....	35
Partie 2 : Amélioration de l'efficacité de la zone manuelle Sub & Splice.....	40
Chapitre 1 : Présentation du périmètre de travail SUB & SPLICE (S&S).....	41
1. Description de la zone S&S.....	41
1.1. Organisation de la zone S&S.....	41
1.2. Les familles de produits de la zone S&S.....	43
2. Choix des processus critiques.....	43
Chapitre 2 : Amélioration du processus de fabrication des câbles « SCREEN ».....	44
1. Définition et analyse de l'état actuel.....	45
1.1. Cartographie du processus « SCREEN ».....	45
1.2. Analyse des gaspillages.....	51
2. Plan d'actions.....	56
2.1. Réingénierie et Reconception du processus Screen.....	57
2.2. Réimplantation de la zone S&S.....	62
2.2. Conception de système de déroulement de bobine :.....	72
3. VSM future et gains :.....	79
3.1. Gains.....	79
3.2. VSM Future.....	81
Chapitre 3 : Amélioration du processus de fabrication des câbles « Big Leads ».....	86
1. Définition et analyse de l'état actuel.....	86
1.1. Cartographie du processus « Big Leads ».....	86
1.2. Analyse des gaspillages.....	90
2. Plan d'actions.....	99
2.1. La conception du crochet.....	99
2.2. L'optimisation des jigs.....	100
2.3. Ajout d'emplacement dans les jigs de chauffage.....	102
3. VSM future et gain :.....	103
3.1. Gains.....	103
Partie 2 : Amélioration de l'efficacité de la zone CST par application de la TPM.....	106
Chapitre I : Description du périmètre de travail.....	107

1. Description et organisation de la zone.....	107
1.1. Organisation de la zone .....	107
1.2. Types de machines .....	108
1.3. Le processus de fabrication .....	109
1.4. Les produits de la zone CST.....	110
Chapitre 2 : Description et analyse de l'existant .....	111
1. L'efficacité actuelle .....	111
1.1. Les formules de calcul du TRS .....	111
1.2. Le calcul du TRS .....	112
2. Analyse de la disponibilité .....	115
2.1. Identification des types d'arrêt .....	115
Chapitre 3 : Plan d'actions ; concrétisation de la dédicace .....	119
1. Préliminaire .....	119
1.1. Description du processus de la planification actuelle.....	119
1.2. Principe de la dédicace : .....	119
2. Démarche de réalisation .....	119
3. Gains.....	128
3.1. Gains directs .....	128
3.2. Gains indirects.....	129
Conclusion générale .....	130
Annexes.....	132
Annexe 1 : Donnés de la cartographie.....	132
Annexe 2 : Chronométrage des postes .....	132
Annexe 3 : Les icones utilisés .....	137
Annexe 4 : Sondage des sources de gaspillage du SCREEN .....	138
Annexe 5 : Sondage des sources de gaspillage.....	139
Annexe 6 : Tableaux de l'implantation .....	140
Bibliographie .....	144
Webographie .....	144

# Table des tableaux

Tableau 1: Fiche signalétique de SEWS-AA .....	17
Tableau 2: QQQQCP du projet .....	26
Tableau 3: Logiciels utilisés.....	28

Tableau 4: Notation AMDEC Projet .....	29
Tableau 5: AMDEC Projet .....	31
Tableau 6: Description des postes de la zone S&S .....	43
Tableau 7: LPCH des produits de la zone S&S.....	44
Tableau 8: Moyennes des temps de cycle pour chaque opération de fabrication du Screen .....	48
Tableau 9: Illustration des 7 MUDAs pour le processus Screen .....	53
Tableau 10: Matrice de compatibilité des causes de gaspillage du processus Screen .....	54
Tableau 11: Causes racines des gaspillages critiques du processus Screen .....	56
Tableau 12: Actions à entreprendre pour l'amélioration du processus Screen .....	57
Tableau 13: Dysfonctionnements détectés .....	58
Tableau 14: Facteurs de risques liés au processus Screen.....	60
Tableau 15: Gammes de fabrication des câbles dans la zone S&S .....	64
Tableau 16: Nomination des postes.....	64
Tableau 17: Regroupement des processus par îlots.....	66
Tableau 18: Détermination des nombres de postes critiques pour chaque îlot via étude charge/capacité .....	67
Tableau 19: Affectation des postes aux îlots indépendants.....	68
Tableau 20: Tableau d'antériorité pour la gamme de fabrication de l'îlot 1 -Etape 1- .....	68
Tableau 21: Tableau d'antériorité pour la gamme de fabrication de l'îlot 1 -Etape 2- .....	69
Tableau 22: Tableau d'antériorité pour la gamme de fabrication de l'îlot 1 -Etape 3- .....	69
Tableau 23: Tableau de calcul des rangs moyens pour chaque machine .....	70
Tableau 24: Classement des machines de l'îlot 3 selon l'ordre croissant de leurs rangs moyens .....	70
Tableau 25: Méthode QQQQCP .....	73
Tableau 26: Libellés des fonctions .....	76
Tableau 27 caractérisation des fonctions principales et contraintes du système .....	77
Tableau 28 : facteur k, poids relatif des fonctions entre elles .....	77
Tableau 29: Classes de flexibilité et niveaux de négociation possibles .....	77
Tableau 30: Cahier des charges fonctionnel.....	78
Tableau 31: Réduction des nombres des postes .....	80
Tableau 32: Différence des défauts qualité entre l'état actuel et futur pendant un mois .....	81
Tableau 33: Gains processus Screen .....	84
Tableau 34: Moyennes des temps de cycle pour chaque opération de fabrication du Big Leads .....	87
Tableau 35: Illustration des 7 MUDAs pour le Big Leads .....	91
Tableau 36: Matrice de compatibilité des causes de gaspillage de Big Leads .....	91
Tableau 37: Quantité des non-conformités Big Leads .....	93
Tableau 38: Causes racines du défaut Heat Shrink déchirée par la méthode des 5 pourquoi .....	94
Tableau 39: Moyennes des temps de cycle pour chaque opération de fabrication du Big Leads .....	95
Tableau 40: Pourcentage du temps relatif perdu pour chaque interférence.....	97
Tableau 41: Différentes références de câbles destinés au chauffage avec leurs supports .....	98
Tableau 42: Optimisation et affectation des jigs à chaque groupe .....	99
Tableau 43: Actions à entreprendre.....	99
Tableau 44: Optimisation des jigs .....	102
Tableau 45: Type des machines automatiques .....	109
Tableau 46: Moyennes des taux de disponibilité par type de machines des trois derniers mois.....	113
Tableau 47: Moyennes des taux de performance par type de machines des trois derniers mois.....	113

Tableau 48: Moyennes des taux de qualité par type de machines des trois derniers mois .....	114
Tableau 49: Moyennes des temps d'arrêt par type de trois mois .....	115
Tableau 50: Pourcentage des types de downtime .....	116
Tableau 51: Causes du downtime liées à l'applicateur .....	117
Tableau 52: Avantages et inconvénients de la démarche adoptée.....	118
Tableau 53: Exemple d'un tableau d'identification d'un applicateur de terminal .....	120
Tableau 54: Exemple concis d'un CPS .....	121
Tableau 55: Prévision hebdomadaire de production par type d'applicateur de seal .....	122
Tableau 56: Prévision hebdomadaire de production par type d'applicateur de terminal .....	122
Tableau 57: Informations sur les applicateurs de terminal décrivant chaque cas à part.....	123
Tableau 58: Temps des changements de série.....	124
Tableau 59: Extrait du tableau final de la dédicace .....	124
Tableau 60: Type de machines .....	125
Tableau 61: Section des câbles par machine .....	126
Tableau 62: Variantes de l'applicateur du seal .....	127

# Table des figures

Figure 1: Les parts du marché dans le domaine du câblage automobile .....	15
Figure 2: Historique du groupe SUMITOMO dans le secteur du câblage automobile .....	16
Figure 3: SEWS Maroc .....	16
Figure 4: Organigramme de SEWS-AA.....	18
Figure 5: Les clients de SEWS.....	21
Figure 6: Les différents types de câblage .....	22
Figure 7: Faisceau électrique fini .....	23
Figure 8: Synoptique de flux de production des faisceaux.....	23
Figure 9: Coupage, dénudage et sertissage de la matière première .....	24
Figure 10: Carrousel .....	24
Figure 11: Illustration de la roue du progrès par l'élimination des "Mudas" .....	32
Figure 12: Roue de Deming ou approche PDCA .....	33
Figure 13: Evolution des approches qualité vers le management de la qualité totale .....	33
Figure 14: Outils du Lean Manufacturing .....	34
Figure 15: Concept DBR.....	37
Figure 16: Organisation de la zone S&S .....	42
Figure 17: Produits de la zone S&S .....	43
Figure 18: Graphe des LPCH des produits de la zone S&S .....	44
Figure 19: SIPOC du processus Screen.....	45
Figure 20: Cartographie VSM du processus Screen.....	50
Figure 21: Analyse Pareto des gaspillages critiques .....	55
Figure 22: Tube coupé.....	60
Figure 23: Insertion du tube .....	60
Figure 24: Insertion et chauffage RBK .....	60
Figure 25: Lovage .....	60

Figure 26: Etapes du nouveau processus Screen .....	61
Figure 27: Tests d'étanchéité et de conductivité .....	62
Figure 28: Diagramme Spaghetti.....	62
Figure 29: Layout - Inventaire des postes de la zone S&S.....	63
Figure 30: Configuration finale de la mise en ligne de l'îlot 1 .....	69
Figure 31: Mise en ligne des machines de l'îlot 3 .....	71
Figure 32: Mise en ligne des machines de l'îlot 2 et l'îlot 4.....	71
Figure 33: Nouveau Layout de la zone S&S .....	72
Figure 34: Etat actuel de la bobine .....	73
Figure 35: Machine Kappa 330 .....	74
Figure 36: Bobines des câbles .....	74
Figure 37: Diagramme bête à cornes.....	75
Figure 38: Diagramme de Pieuvre.....	76
Figure 39: Conception du dérouleur de câble via le logiciel CATIA.....	78
Figure 40: Arbre du dérouleur .....	78
Figure 41: Etude RDM.....	79
Figure 42: Diagramme Spaghetti futur.....	80
Figure 43: Cartographie VSM future du processus Screen .....	83
Figure 44: SIPOC du processus Big Leads .....	86
Figure 45: Cartographie VSM du processus Big Leads .....	89
Figure 46: Analyse Pareto du processus Big Leads .....	92
Figure 47: Pareto des non-conformités dans la zone Big Leads.....	93
Figure 48: Diagramme cause-effet (Ishikawa) du défaut Heat Shrink déchirée .....	94
Figure 49: Diagramme d'interférence.....	96
Figure 50: Dessin 3D du crochet de stockage .....	100
Figure 51: Dessin 3D de la jig n°10 .....	103
Figure 52: Dessin de la jig n°11 .....	103
Figure 53: Dessin 3D de la jig n°5 .....	103
Figure 54: Cartographie VSM future du processus BIG LEADS .....	105
Figure 55: Organisation des postes - Layout de la zone de coupe automatique CST .....	108
Figure 56: Machine Komax.....	109
Figure 57: Machine Schleuniger .....	109
Figure 58: Diagramme SIPOC du processus de la zone CST .....	110
Figure 59: Etapes du sertissage .....	110
Figure 60: Produits de la zone CST.....	110
Figure 61: Avantages et inconvénients des trois types de saisie de données .....	111
Figure 62: Décomposition du Taux de Rendement Synthétique (TRS).....	114
Figure 63: Types d'arrêt par type de trois mois .....	115
Figure 64: Démarche de changement d'applicateur.....	118
Figure 65: Applicateur du terminal de type MECAL.....	120
Figure 66: Applicateur du seal de type KOMAX.....	120

# Introduction

Dans un contexte économique de plus en plus difficile surtout dans le secteur automobile, les clients exigeant des réductions de prix et la concurrence imposant une compétition accrue, l'entreprise essaie de maintenir ses marges. Parmi les paramètres qui augmentent le prix de revient, on distingue la valeur ajoutée au produit qu'il faut absolument maîtriser.

Quelles que soient les améliorations menées en interne dans l'usine, il est important de voir la chaîne logistique comme un système, afin d'optimiser la performance de l'ensemble. Le Lean Manufacturing est aujourd'hui le seul moyen qui répond à ce besoin d'amélioration durable et pérenne de la performance globale (coût, qualité, délai). Cette démarche permet d'une part de répondre parfaitement aux objectifs assignés dans le

cahier de charges et d'autre part de supprimer toutes les tâches inutiles à non-valeur ajoutée et de minimiser les ressources nécessaires pour les processus de soutien.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon projet de fin d'études, au sein de la société SEWS-Ain Aouda dont l'activité principale est la confection de faisceaux de câbles électriques pour les voitures Renault et Nissan, qui a pour but d'augmenter l'efficacité de la zone de préparation des câbles LEAD PREP. Le projet sera établi selon deux missions :

- L'amélioration de l'efficacité de la zone de coupe automatique CST
- L'amélioration de la zone de pré-assemblage manuel Sub & Splice.

Nous allons commencer par la partie préliminaire qui portera sur la présentation de l'entreprise d'accueil, son processus de production, la description du projet et de l'approche LEAN MANUFACTURING.

Ensuite nous entamerons la deuxième partie du rapport évoquant la première mission ; amélioration de l'efficacité de la zone de pré-assemblage manuel Sub & Splice. En effet, le premier chapitre de cette partie portera sur la description de la zone de coupe CST. Le deuxième chapitre abordera l'amélioration du processus Screen et le troisième chapitre traitera l'amélioration du processus Big Leads.

Enfin nous aborderons la troisième partie qui traitera la deuxième mission ; l'amélioration de la zone de coupe automatique CST. Dans cette partie, le premier chapitre sera consacré à la présentation de la zone et le processus de production. Ensuite, le deuxième chapitre portera sur l'analyse de l'existant il aura pour but de détecter les causes de la baisse de l'efficacité. Finalement, dans le troisième chapitre nous élaborons le plan d'action qui a pour but de dédier les applicateurs aux machines.

# Partie 1 : Préliminaire

# Chapitre 1 : Organisme d'accueil

Le présent chapitre porte sur l'organisme d'accueil. En premier lieu, nous allons présenter le groupe SUMITOMO, ensuite nous exposerons en détails la filiale SEWS Maroc « Aïn Aouda » dans laquelle s'est déroulé notre projet de fin d'études.

## 1. Présentation du groupe SUMITOMO

Cette première partie sera consacrée à la présentation du groupe multinational SUMITOMO.

### 1.1. Aperçu sur le groupe SUMITOMO

SUMITOMO est l'un des principaux regroupements d'entreprises de l'histoire économique japonaise, le groupe SUMITOMO a été fondé depuis quatre siècles, il a commencé ses activités par l'exploitation et la transformation des matières premières. Depuis lors et jusqu'à présent, les domaines d'activité du groupe sont diversifiés et intéressent de plus en plus les secteurs d'industrie, de commerce, de finance, des télécommunications, des services...etc. Tout en multipliant ses unités de production, ses centres techniques et d'ingénierie et ses centres de distribution. SUMITOMO s'intéresse particulièrement à l'industrie électrique SEI (SUMITOMO Electric Industries) qui traite les différents domaines :

- Automobile SWS (SUMITOMO Wiring System)
- Télécom
- Electronique
- Les services publics d'électricité

En 1985, la filiale du groupe SUMITOMO dont les activités sont concentrées autour du domaine du câblage industriel a pris le nom de SUMITOMO Electric Wiring Systems (SEWS), son réseau mondial s'étend sur les cinq continents et occupe le troisième rang mondial du secteur du câblage tel qu'illustré dans la figure 1.

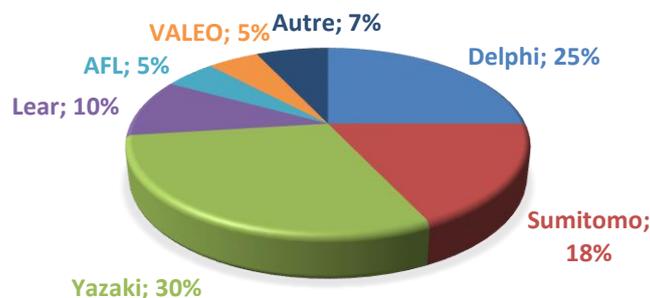


Figure 1: Les parts du marché dans le domaine du câblage automobile

## 1.2. Historique

Les dates de la figure 2 illustrent l’historique du groupe SUMITOMO dans le secteur du câblage automobile entre sa création jusqu’à la construction de l’usine SEWS de Aïn Aouda :

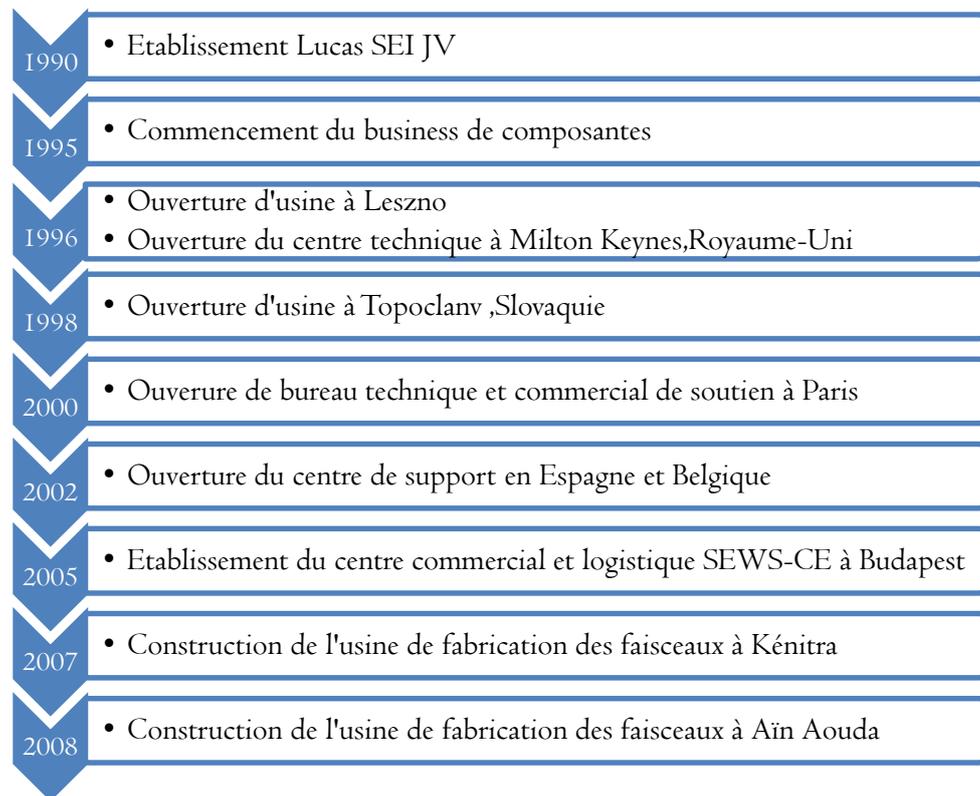


Figure 2: Historique du groupe SUMITOMO dans le secteur du câblage automobile

## 1.3. SEWS au Maroc

La société SUMITOMO Electric Wiring Systems (SEWS), filiale du groupe japonais SUMITOMO Electric Industries, est présentée au Maroc à travers 6 sites de production de faisceaux de câbles automobiles, à Casablanca, Berrechid, Tanger, Kenitra (2 sites) et Aïn Aouda.

La décision d'investir au Maroc se veut essentiellement par la proximité



Figure 3: SEWS Maroc

de l'Europe, la stabilité politique du pays et la disponibilité d'une main d'œuvre qualifiée et moins cher.

## 2. Présentation de SEWS Maroc « Aïn Aouda » (SEWS-AA)

### 2.1. Fiche technique de l'entreprise

Le tableau 1 présente la fiche signalétique de SEWS-AA.

<b>Dénomination sociale</b>	SEWS Maroc Aïn Aouda
<b>Lieu</b>	Commune d'Aïn Aouda
<b>Forme juridique</b>	S.A.R.L
<b>Secteur d'activité</b>	Industrie Automobile
<b>Activité</b>	Fabrication des faisceaux électriques
<b>Siège social</b>	Staffordshire, Angleterre
<b>Directeur général</b>	Ali ABOUNOUR
<b>Chiffre d'affaire annuel</b>	80millions euros
<b>Début de la production</b>	2009
<b>Effectif total</b>	3600
<b>Superficie</b>	45.150m <sup>2</sup>
<b>Téléphone</b>	05 37 77 43 00
<b>Fax</b>	05 37 77 44 48
<b>E-mail</b>	fadwa.bayali@sews-e.com

Tableau 1: Fiche signalétique de SEWS-AA

### 2.2. Organigramme SEWS-AA

La figure 4 représente l'organigramme actuel de SEWS-AA.

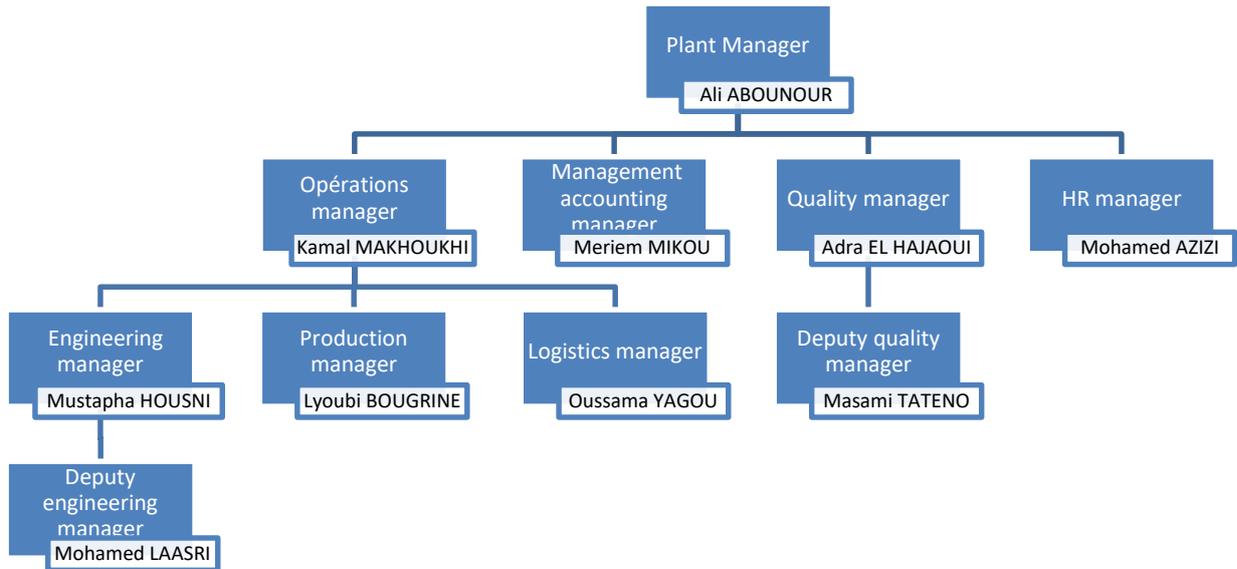


Figure 4: Organigramme de SEWS-AA

### 2.3. Description des différents services de SEWS

Les différents services et directions de la société sont les suivants :

**Direction générale :** Cette direction est chargée de l'étude des projets, de l'établissement des grandes lignes des objectifs à réaliser, de la gestion quotidienne et de la prise de décision au sein de l'entreprise.

**Direction des ressources humaines :** Ce service est responsable de la gestion quotidienne du personnel, du recrutement, de la gestion des employés, des salaires, des congés...

**Service formation :** Ce service a pour mission d'assurer la formation de base pour l'ensemble du personnel recruté à SEWS, et ils interviennent dans la sensibilisation des opérateurs de production sur les réclamations clients, et les panoplies des défauts aussi bien que dans l'évaluation des performances des opérateurs : une à chaud (instruite par le formateur à la fin de la session) et l'autre à froid (sur terrain).

**Direction finance :** S'intéresse aux factures, établit les dossiers économiques.

**Direction qualité :** Le rôle de ce service est de veiller à améliorer la qualité du produit, des processus et d'assurer des produits conformes suivant les exigences des clients et de faire le contrôle de la matière première en réception.

**Direction d'amélioration technique :** Les services d'amélioration techniques sont :

- **Service santé, sécurité et environnement** : qui a pour vocation de respecter les conditions d'hygiène et de sécurité du travail, prévenir les risques industriels et préserver l'environnement.
- **Service PIKA PIKA (propreté et brillance)** : Activité qui a pour but de satisfaire aux exigences du client et leurs attentes pour exceller grâce à la qualité du produit par la méthode utilisée et l'attitude lors de travail. Pour ce faire, ce service réalise des audits internes (audit PIKA) pour s'assurer du respect des règles des 6S ; respecter des règles de travail et sécurité ; et garder l'équipement dans de bonnes conditions. Le service Pika Pika exige que pour chaque action et chaque tâche, un document doit être affiché au poste et validé par le département concerné et le département qualité.
- **Service HAI-Q** : responsable des activités qui permettent d'enrichir les capacités des membres du personnel du site à travers l'amélioration de la qualité par la réduction du taux de défaut.
- **Service HAI-V** : responsable des activités qui permettent d'enrichir les capacités des membres du personnel du site à travers l'amélioration de la productivité par augmentation de l'efficacité.

**Direction des technologies de l'information** : Veille au bon fonctionnement des réseaux ainsi que du parc informatique.

**Direction des opérations** : Elle centralise toutes les fonctions relatives à la production.

**Direction des logistiques** : Ils regroupent les services suivant :

- **Approvisionnement** : Procure à l'entreprise au moment voulu, dans les meilleures conditions ce dont elle a besoin en termes de matière première, en respectant le coût, la qualité et le délai. La gestion d'approvisionnement repose sur un système MRP.
- **Planification** : Supervise l'établissement des programmes de fabrication et leurs ordonnancements après avoir déterminé la capacité requise, en optimisant les objectifs et les contraintes à partir des commandes clients ou du planning général de fabrication, des stocks et des encours et de la capacité de production des machines, outillages et main d'œuvre.
- **Transport** : Gère des flux import/export en coordination avec tous les prestataires logistiques (compagnie de transport, transitaires, ...).
- **Achats** : Gère les achats de SEWS, en respectant le triptyque Qualité, Coût et Délai avec les fournisseurs validés.
- **Magasin** : Anime une équipe d'employés chargée de la réception et du stockage de matières ou autres produits tout en organisant les opérations de chargement et déchargement, stockage, réception et livraison se aux factures, établit les dossiers économiques.

**Direction de production :** Qui veille à assurer la production des faisceaux et de garantir le flux de fabrication en optimisant les ressources.

**Direction ingénierie :** Pour maîtriser le processus de montage de faisceaux, elle propose les méthodes de production optimales tout en respectant la qualité exigée par le client.

Le service ingénierie reçoit tous les documents contractuels du produit (plan budgétaire, plan client, nomenclature) et valide par la suite tous les documents de la production (cycle de travail, les gammes des cosses, les gammes d'épissurage, les gammes de sertissage) ainsi que la validation des tracés des tables de montage des faisceaux et la réalisation de prototype.

Le service Work study fait partie de la direction ingénierie veille à la :

- Préparation et la mise en œuvre des instructions de travail
- Décomposition et l'analyse de différentes étapes du processus de fabrication pour assurer une production fiable.
- Réalisation des diagrammes de Pré block et Carrousel pour un nouveau projet.

**Service maintenance :** Il assure l'installation et la maintenance de tous les équipements de l'usine pour atteindre une fiabilité optimale et une efficacité maximale.

## **2.4. Les clients de SEWS-AA**

Le site d'Aïn Aouda est chargé d'assurer la production des :

**Faisceaux « Engine »** pour quatre types de voiture de la marque Renault selon les trois projets suivants :

- **CMF1:** Mégane/ Scenic/ Fluence;
- **X61:** Kangoo;
- **W09:** Twizy.

**Faisceaux « Main, Engine, Engine-Room et Smalls »** pour un seul type de voiture pour le client Nissan selon deux projets :

- **P32L:** QASHQAI (Main Left & Right Hand)
- **P32S:** QASHQAI (Main, Engine, Engine-Room et Smalls).



Figure 5: Les clients de SEWS

## 2.5. Processus de fabrication des faisceaux électriques

Le faisceau électrique d'un véhicule a pour fonction principale d'alimenter en énergie les équipements de confort (lève-vitres) et certains équipements de sécurité (Airbag, Eclairage), mais aussi de transmettre les informations aux calculateurs, de plus en plus nombreux avec l'intégration massive de l'électronique dans l'automobile. Le parcours du câble dans le véhicule définit son architecture qui peut être ainsi complexe et surtout variée.

Ce produit qu'est le câble est constitué d'un ensemble de conducteurs électroniques, terminaux, connecteurs et matériels de protection.

Un câble se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre elles. Cette division est très utile pour faciliter certaines tâches pour le client en l'occurrence le montage dans la voiture, ou bien la réparation en cas de panne du fonctionnement électrique dans l'automobile.

Ainsi on peut distinguer entre plusieurs types de câbles :

- Câble principal (Main)
- Câble moteur (Engine)
- Câble Tableau de bord (Engine-room)
- Câble sol (Body)
- Câble porte (Door)
- Câble toit (Roof)
- Autres...

La figure suivante montre les différents types de câbles automobiles :

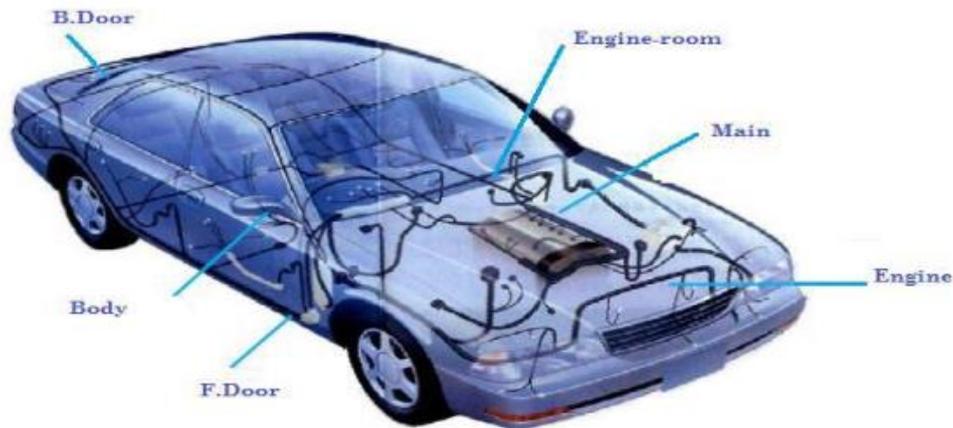


Figure 6: Les différents types de câblage

### 2.5.1. Les composants d'un faisceau

Un faisceau électrique (Figure 7) se compose de :

**Fil Conducteur** : conduit le courant électrique d'un point à un autre.

**Terminal** : assure une bonne connexion entre deux câbles (l'un est une source d'énergie, l'autre est un consommateur d'énergie)

**Connecteur** : pièce où les terminaux seront insérés, il permet d'établir un circuit électrique débranchable et un accouplement mécanique séparable ainsi qu'isoler électriquement les parties conductrices.

**Accessoires** : composants pour faire la protection et l'isolation du câblage.

**Matériel de Protection (Fusibles)** : pièces qui protègent le câble et tous ses éléments de la surcharge du courant qui pourrait l'endommager.

**Clips ou agrafes** : éléments qui permettent de fixer le câble à la carrosserie de l'automobile. Sans les clips le montage serait impossible, le câble restera détaché provoquant des bruits et exposé aux détériorations à cause des frottements.



Figure 7: Faisceau électrique fini

### 2.5.2. Processus de production des faisceaux

La production du câble passe par cinq étapes tel qu'illustre la figure 8 :

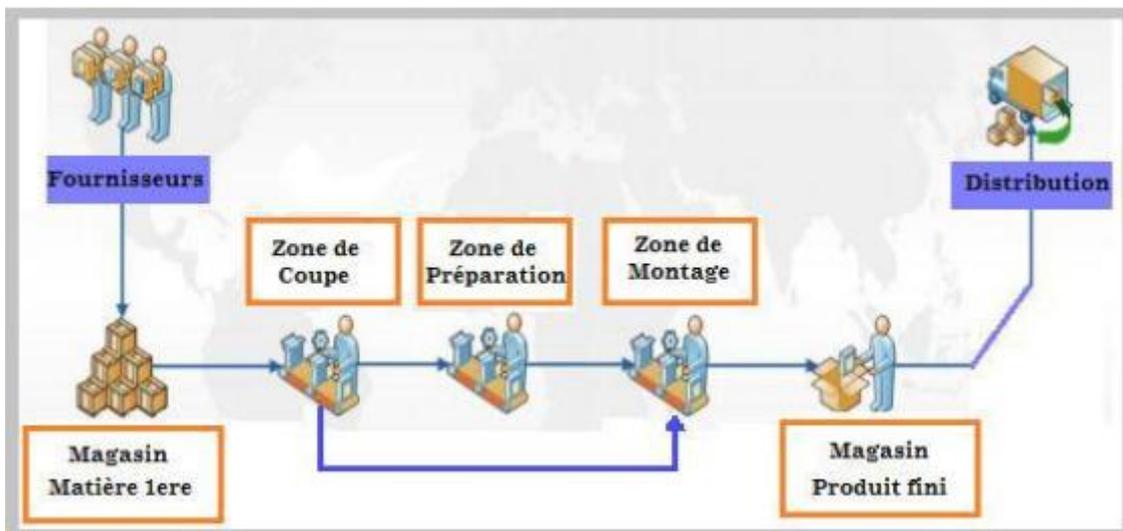


Figure 8: Synoptique de flux de production des faisceaux

La réception de la matière première : La matière première passe par un contrôle de réception avant d'être stockée dans le magasin de matière première. Le stock de matière première est géré par un système qui prépare le stock des 24h prochaines de production.

**Coupe (CST) :** C'est la première étape de fabrication d'un faisceau. Elle consiste à découper la matière première (bobines des fils électriques) en des fils dénudés et sertis afin d'approvisionner la zone du pré assemblage.

Pour chaque circuit sont définis les paramètres tels que la longueur désirée, le dénudage et les terminaux.

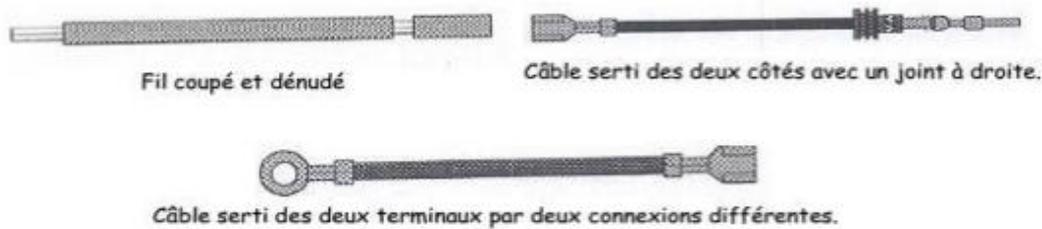


Figure 9: Coupage, dénudage et sertissage de la matière première

**Pré assemblage :** Certains circuits se produisent au niveau de la coupe automatique et passent directement vers le secteur montage pour être utilisés, d'autres circuits selon leur nature (torsadé, grande section...) passent par une zone manuelle de préparation connue par la diversité et la complexité de ses processus de fabrication.

**Assemblage :** Cette opération consiste tout d'abord à assembler les sous éléments (prés blocks) en les connectant à des connecteurs que nous procure deux wiring bar sur lesquels sont déposés les fils insérés dans différents connecteurs, puis à assembler le faisceau sur un carrousel (figure 9) formé de plusieurs planches fixées sur un support roulant et tournant avec une vitesse et un temps programmé appelé « le Takt Time » est lieu à l'insertion des wiring bar sur les planches (Lay up) ainsi que l'habillage des fils par les agrafes et accessoires (Tape).

A tour de rôle, chaque opérateur met un ensemble de fils dans sa propre place en respectant le « Board plot » sur la planche et ainsi de suite jusqu'à l'assemblage d'un faisceau complet.



Figure 10: Carrousel

Parmi les postes s'installant après le carrousel, on trouve la table du test électrique, contenant des appareils. En montant le faisceau sur ces derniers, le logiciel de supervision donne la commande pour passer par plusieurs phases de test (selon la référence du faisceau) comme le test de continuité. Juste après le test électrique il y a un

contrôle final du faisceau dans le poste audit qui se fait visuellement par le département qualité pour vérifier le dimensionnement ainsi que toute anomalie non détectable par les autres tests comme l'excès d'enrubannage, le manque d'une pièce auxiliaire, les connecteurs cassés.

**Emballage et expédition** : C'est l'étape où le faisceau est emballé dans un sachet et mis ensuite dans le carton d'expédition.

## **Chapitre 2 : Cadrage du projet et approche LEAN Manufacturing**

### **1. Cadrage du projet**

Le long de cette partie, nous allons mettre en évidence la problématique, la démarche suivie ainsi que le jalonnement du projet.

#### **1.1. Cahier des charges**

Ce projet est réalisé dans le cadre des projets de fin d'études pour obtenir le diplôme de Master en génie mécanique et productique à la Faculté des Sciences et Techniques de FES.

Afin de cerner ce projet nous tenons à cadrer son périmètre en abordons tous ses aspects et informations qui lui sont liées.

##### **1.1.1. Contexte du projet**

Mon projet industriel de fin d'études se déroule principalement dans la zone de préparation des câbles nommée LEAD PREP. Cette dernière a pour fonction principale, la fabrication de plusieurs types de câbles qui, par la suite, sont assemblés dans la zone d'assemblage pour fournir aux clients un faisceau de câbles complet. En effet, mon travail consiste à mettre en œuvre une approche LEAN Manufacturing dans le but d'améliorer la productivité, la qualité et l'ergonomie de la zone de préparation LEAD PREP.

Dans ce sens, la méthode QQQQCP (Tableau 2) permet d'avoir, sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier les aspects essentiels du projet.

<b>QQQQCP</b>	
<b>Qui ? Qui est concerné par le problème ?</b>	Le département qualité, ingénierie, production L'unité responsable de la zone LEAD PREP
<b>Quoi ?  C'est quoi le problème ?</b>	Faible productivité Mal équilibrage des postes Existence de gaspillages Présence de poste goulet Flux de matière complexe Taux important de non-qualité
<b>Où ? Où apparait le problème ?</b>	La zone de préparation des câbles LEAD PREP
<b>Quand ? Quand apparait le problème ?</b>	Depuis le lancement des deux projets
<b>Comment ? Comment trouver une solution ?</b>	Analyse des processus de fabrication Augmentation de l'efficacité par la TPM Détection et amélioration des goulets par ToC Réduction de la non-qualité Réimplantation des postes Réduction des gaspillages et des temps à non-Valeur Ajoutée
<b>Pourquoi ? Pourquoi résoudre le problème ?</b>	Répondre aux attentes de la zone d'assemblage Satisfaire les clients de l'entreprise

Tableau 2: QQQQCP du projet

Vu la diversité de la zone (partie automatique et partie manuelle), le projet sera réalisé en deux missions :

- L'amélioration de l'efficacité de la zone automatique CST

- L'amélioration et la réimplantation de la zone manuelle SUB & SPLICE

### 1.1.2. Equipe projet

Au niveau de mon projet, différentes parties prenantes participent à sa réalisation, parmi lesquelles :

**Maître d'ouvrage :** C'est la société SEWS Maroc Aïn Aouda.

**Maître d'œuvre :** C'est la Faculté des Sciences et Techniques de FES, représentée par l'étudiant Iliass EL MRABTI.

**Chef de projet technique et Parrain industriel :** Mr. Mohamed LAASRI - Chef de projet

**Encadrant pédagogique :** Mr. Abdelhamid TOUACHE professeur chercheur à FST FES, département génie mécanique.

### 1.1.3. Contraintes du projet

La gestion de ce projet doit tenir compte des contraintes suivantes :

**Contraintes pédagogiques :** Ce projet exige l'autonomie dans la réalisation du projet et l'acquisition de nouvelles connaissances techniques afin de cerner les processus de production au sein de l'entreprise

**Contraintes temporelles :** Le travail doit être rendu dans les délais impartis

**Contraintes à l'entreprise :** Nous soulignons dans cette partie la difficulté de la collecte d'informations, la complexité des processus et des opérations et la rentabilité et l'efficacité des solutions proposées

### 1.1.4. Moyens alloués au projet

La réalisation du projet nécessite l'utilisation de plusieurs logiciels. (Tableau 3)

Ressources	Utilisation
Ms Word	- Rédaction du rapport
Ms Project	- Planification du projet
Ms Power Point	- Présentation de l'état d'avancement - Support de soutenance
Ms Excel	- Calcul - Dessin de graphes

<b>Visio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartographie de la chaîne de valeur</li> <li>- Layout (Modélisation de la zone de production).</li> <li>- Diagramme ISHIKAWA</li> <li>- Diagramme SPAGHETTI</li> </ul>
<b>Catia</b> <b>SolidWorks</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception et simulation</li> </ul>

Tableau 3: Logiciels utilisés

## 1.2. Démarche et méthodologie de travail

### 1.2.1. Démarche adoptée

Les différentes méthodes de résolution de problèmes utilisent toutes la même logique en proposant un nombre variable d'étapes pour y parvenir.

La méthodologie empruntée pour réaliser le projet est la DMAIC, c'est une démarche qui met en exergue les besoins des clients et la réalité du processus en se basant sur des mesures et des analyses méthodiques et qui ont prouvé leur efficacité.

En effet la méthode DMAIC semble la plus adaptée quant à l'objet de notre projet. Elle présente l'avantage de constituer une bonne mnémonique en un nombre limité mais suffisant d'étapes.

**Définir** : C'est la définition du projet, les objectifs et le périmètre du projet

**Mesurer** : C'est la collecte des données, la définition et la validation des moyens de mesure et la mesure des indicateurs.

**Analyser** : C'est trouver les causes racines.

**Innover** : C'est proposer et implanter les solutions.

**Contrôler** : C'est formaliser le processus et faire le suivi des indicateurs de performances.

Cette démarche était appliquée implicitement tout au long du projet, c'est la raison pour laquelle nous n'allons pas expliciter ses cinq étapes dans ce rapport. Néanmoins, l'approche LEAN Manufacturing et les outils adoptés par cette démarche seront détaillés par la suite.

### 1.2.2. Analyse des risques du projet

Le bon déroulement du projet dépend d'une bonne évaluation des risques durant la période de stage. Pour cette raison une étude est faite afin de prévenir à maîtriser les risques aussi au niveau organisationnel qu'au niveau technique et d'envisager les actions nécessaires à mettre en place pendant toutes les phases de réalisation du projet.

La détermination des valeurs de G, F et D s'est faite selon l'échelle présentée dans le tableau au-dessous.

	1	2	3	4
G Gravité	Mineur	Moyen	Critique	Grave et qui remet en cause l'avenir du projet.
F Fréquence d'apparition	Faible	Moyen	Fréquente	Permanent
D Déteçtabilité	Détection facile	Risque de non détection	Détection peu fiable	Impossible détecter

Tableau 4: Notation AMDEC Projet

Lorsque les 3 critères ont été évalués, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité :  $C = G \times D \times F$

Risque	Cause	Effet	G	F	D	C	Action préventive
<b>Insuffisance du délai de réalisation du projet</b>	-Sous-estimation de la charge de travail.  -Inadéquation entre la charge de travail et la charge horaire.	Manque de crédibilité et d'efficacité de l'étude	4	1	1	4	-Etablir un diagramme de GANTT  -Respecter les délais attribués à chaque tâche

<b>Manque de communication interne</b>	-Manque de motivation	Mauvais déroulement de l'étude	3	3	1	9	-S'adapter avec l'environnement existant
<b>Manque des données</b>	-Surcharge de travail sur les personnes censées à fournir l'information.  -Informations confidentielles.	Retard au niveau du projet  -Manque de fiabilité dans l'analyse du sujet.	4	4	2	3 2	-Recherche de différentes sources d'informations  -Etablir des contacts pour assurer la réception des informations nécessaires.  -Savoir demander l'information (manière, temps...).
<b>Manque de maîtrise de certains outils de travail</b>		Avancement du projet retardé	1	2	1	2	-Suivre une autoformation dans les domaines voulus  -Retours d'expériences du personnel
<b>Perte des documents du projet.</b>	-Le support sur lequel les données étaient stockées est endommagé	-La perte de toutes les informations peut retarder considérablement les délais du projet.	4	1	2	8	-Création et partage de fichiers sur Drive.  -Sauvegarde des fichiers important dans la boîte e-mail.

							-Stockage des fichiers dans un autre support de stockage externe (USB, disque dur externe).
<b>Solution inadéquate.</b>	-Déjà traitée.  -Ne répond pas au besoin du maître d'ouvrage.	-Réduction de valeur du projet.  -Rejet de la solution.	2	3	1	6	-Lecture des anciens travaux similaires.  -Faire un Benchmarking.

Tableau 5: AMDEC Projet

## 2. Approche LEAN Manufacturing

### 2.1. Présentation du Lean

L'idée centrale du LEAN est la recherche de la création de valeur maximale tout en consommant le minimum de ressources.

Une organisation LEAN est donc capable d'identifier ce qui fait de la valeur aux yeux du client, concentre ses efforts à améliorer constamment ses processus afin de tendre vers la perfection : la création de valeur sans aucun gaspillage. C'est donc, dans cette optique que s'inscrit notre projet de fin d'études.

#### 2.1.1. Objectif

La méthode, inventée chez Toyota sous le nom de TPS Toyota Production System, a ensuite été formalisée par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) sous le nom du Lean Manufacturing. Cette méthode vise à éliminer, dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue « Kaizen », tous les gaspillages « Mudras » d'un processus de production.

L'objectif est d'augmenter la part des activités à valeur ajoutée en éliminant les gaspillages et en réduisant la non-valeur ajoutée non nécessaire. Des gaspillages peuvent être identifiés à chaque étape du processus, et sept types de « Mudras » sont donc identifiés (Figure 11).

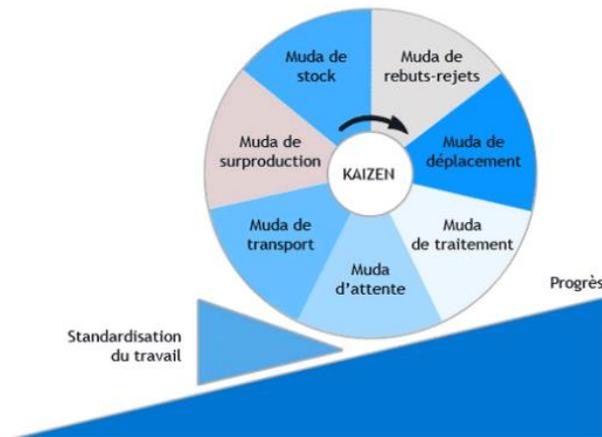


Figure 11: Illustration de la roue du progrès par l'élimination des "Mudas"

Le Lean Manufacturing doit être considéré, selon ses promoteurs, non comme une amélioration des techniques de production mais comme un véritable système de management complet. La méthode agit sur l'utilisation efficiente des ressources : elle concerne non seulement les déchets mais aussi l'énergie.

### 2.1.2. Juste à Temps

Pour éliminer les encours superflus de production et assurer un flux continu des produits, l'entreprise Lean s'appuie sur un concept essentiel : le juste à temps. Le juste à temps vise à fabriquer le produit en quantité juste nécessaire, au moment voulu et disponible à l'endroit voulu. Le concept de juste à temps est défini à partir des notions principales suivantes : le lissage de la charge de travail, le flux tiré, l'utilisation de système Kanban et la réduction des temps de changement de série (Shingo, 1983 ; Ohno, 1988).

### 2.1.3. Kaizen ou amélioration continue

C'est une démarche graduelle et douce, qui s'oppose au concept plus occidental de réforme brutale du type « on jette le tout et on recommence à neuf » ou de l'innovation, qui est souvent le résultat d'un processus de réingénierie.

En revanche, le kaizen tend à inciter chaque travailleur à réfléchir sur son lieu de travail et à proposer des améliorations. Donc, contrairement à l'innovation, le kaizen ne demande pas beaucoup d'investissements financiers, mais une forte motivation de la part de tous les employés.

Ainsi, l'approche Kaizen repose tout d'abord sur la roue de Deming ou approche PDCA

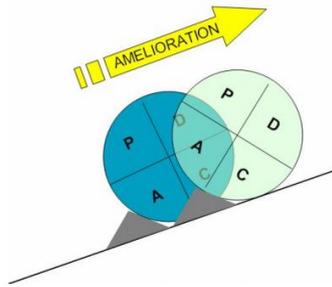


Figure 12: Roue de Deming ou approche PDCA

En conséquence, plus qu'une technique de management, le Kaizen est une philosophie, une mentalité devant être déployée à tous les niveaux de l'entreprise.

### 2.1.4. La qualité parfaite

La notion de qualité a connu de nombreuses évolutions au cours du temps, marquées par les transformations socio-économiques auxquelles les entreprises ont dû s'adapter. Nous rappelons, les grandes évolutions de la notion de qualité, allant du simple contrôle du produit à un management par la qualité totale (Lerat-Pytlak, 2002).

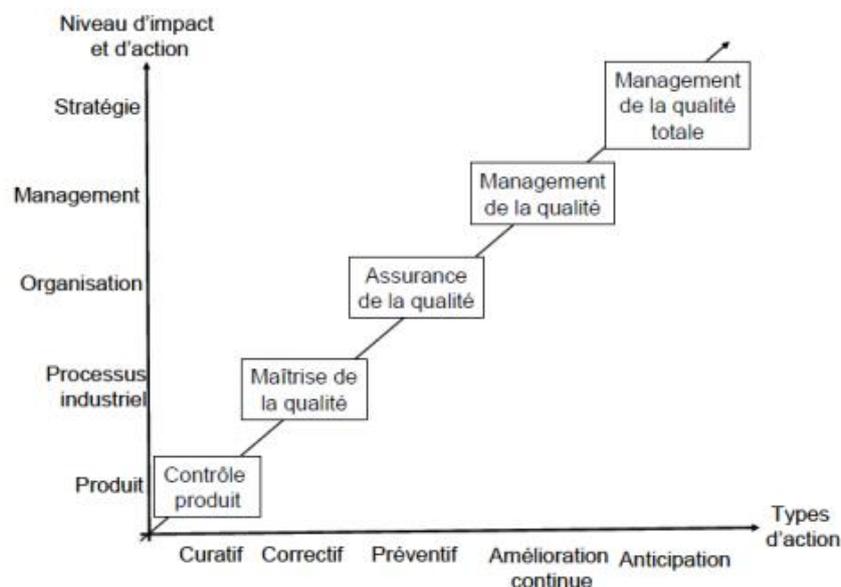


Figure 13: Evolution des approches qualité vers le management de la qualité totale

L'objectif d'une démarche de qualité totale est la pérennité de l'entreprise garantie par la satisfaction et la fidélisation de ses clients. Cette démarche recherche également la satisfaction de tous les acteurs de l'entreprise : clients, fournisseurs, personnel, collectivité et actionnaires (Molet, 2006).

### 2.1.5. Les outils du Lean Manufacturing

Parmi les outils et les concepts de base du Lean Manufacturing :

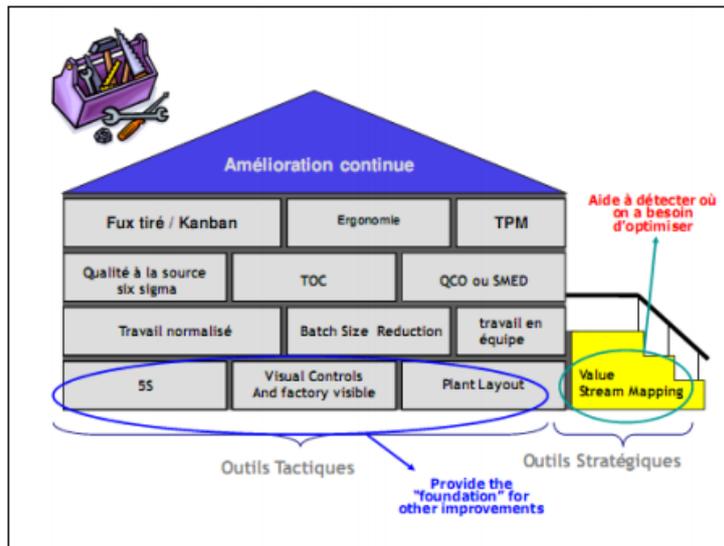


Figure 14: Outils du Lean Manufacturing

## 2.2. Présentation de la TPM

Produire plus et mieux sans investissement productif supplémentaire est possible si l'on s'attaque aux causes de gaspillage de la capacité installée. Ce constat imprègne toutes les méthodes japonaises, et ramené à la conduite de machines, cela signifie chercher à maximiser le temps productif, réduire le temps non productif dû aux arrêts et pannes, conserver les cadences optimales et réduire la non-qualité. Ce sont les trois leviers qu'utilise la TPM ; disponibilité, performance et qualité.

### 2.2.2. Buts

Les buts de la TPM sont au nombre de cinq

- Construire une culture d'entreprise qui améliore d'efficience du système de production mesuré avec le TRS
  - Construire un système supprimant toute perte et gaspillage : "zéro accidents, zéro défauts et zéro pannes
  - Couvrir tous les départements, incluant Production, Développement, Marketing et Administration
  - Requérir une complète implication du top management aux employés
  - Atteindre zéro pertes en engageant des activités d'amélioration en petits groupes.
- La formulation peut varier légèrement d'un auteur à l'autre

\*JIPM: Japan Institute of Plant Management. Le JIPM est l'inventeur, le promoteur et le propriétaire du concept TPM (marque déposée).

### 2.2.3. Signification

La signification de Maintenance Productive Totale (francisation) est la suivante

Maintenance : maintenir en bon état = réparer, nettoyer, graisser et accepter d'y consacrer le temps nécessaire.

Productive : assurer la maintenance tout en produisant ou en pénalisant le moins possible la production.

Totale : considérer tous les aspects et y associer tout le monde

#### **2.2.4. Indicateur TRS**

L'indicateur utilisé, le Taux de Rendement Synthétique ou TRS, parfois aussi (improprement) appelé TRG (Taux de Rendement Global), mérite son qualificatif car il restitue une vision simple et sévère, qui englobe tous les paramètres affectant le rendement de la machine selon le triptyque :

- La disponibilité de la machine, de l'équipement
- La performance de celle-ci, en régime normal
- La qualité qu'elle est capable de fournir

Chacune de ces composantes s'exprime par un taux (%) propre ; taux de disponibilité, taux de performance et taux de qualité. Il condense ces éléments en un seul chiffre exprimé en pourcentage qui autorise le pilotage et la décision. C'est un indicateur pour le management.

L'analyse des composantes du TRS indique où les efforts sont à porter.

Du point de vue opérationnel, cela signifie que dès que l'un des taux intermédiaires constituants le TRS chute, celui-ci est fortement impacté.

A l'inverse, on peut partir du TRS et le décomposer en ses différents constituants. En effet, la vision synthétique que fournit le TRS ne permet pas d'identifier la composante qui limite le plus sa valeur. La décomposition en taux intermédiaires peut être nécessaire pour la simple compréhension, pour l'analyse ou encore pour déterminer le levier d'amélioration le plus pertinent.

Le but de l'analyse des données est de déterminer les causes principales de sous-performance et d'orienter les actions de progrès sur les causes générant les gains de TRS les plus importants. Une analyse de type Pareto est parfaitement adaptée pour analyser et orienter des actions de progrès pertinentes.

### **2.3. Présentation de la Théorie des Contraintes-Lean (ToC-Lean)**

Tout système, toute organisation subit au moins une contrainte, fait face à au moins un obstacle qui limite son excursion vers le but. S'il n'en était pas ainsi, toute initiative serait un succès et les performances seraient sans limites.

### **2.3.1. Principe de la Théorie des Contraintes ToC**

La Théorie des Contraintes se concentre de manière obsessionnelle à surmonter les facteurs limitant. Elle focalise son attention sur l'identification et la gestion des contraintes, afin d'obtenir davantage des processus et ressources rares et précieuses de l'organisation ainsi de maximiser la performance du système.

Se libérer des contraintes c'est par exemple améliorer significativement les délais de réalisation ou de livraison, mieux exploiter les ressources rares et précieuses. Ceci peut être le cas d'une unité de production.

En matière de management de projets, la Théorie des Contraintes change le paradigme et assure de terminer les projets à l'heure et avec une plus grande probabilité de respecter le budget initial.

### **2.3.2. Cinq étapes de la Théorie des Contraintes**

La Théorie des Contraintes propose un processus itératif d'amélioration en cinq étapes, qui vise à focaliser les efforts sur la seule contrainte. Les cinq étapes sont les suivantes :

#### **Identifier la contrainte (le goulot)**

Une contrainte existe nécessairement, qui limite les performances du système, sans quoi ce système serait apte à fonctionner avec des performances infinies. Qu'est-ce qui empêche le système, l'organisation, le processus ou l'entreprise d'arriver à ses fins, à son but ? Quel est le maillon faible de cette chaîne ?

Dans un contexte de production, le goulot est généralement connu, identifié intuitivement. Si ce n'est pas le cas, la ressource goulot se recrute volontiers parmi les machines ou installations coûteuses, au temps de cycle long, parmi les procédés spéciaux. Traditionnellement les stocks d'encours s'empilent devant le goulot et les ressources en aval du goulot sont en attente.

L'objectif de la première étape est d'identifier la ressource goulot pour mieux l'exploiter.

#### **Exploiter la contrainte**

Exploiter la contrainte signifie utiliser toute la capacité de cette ressource pour atteindre le but, qui est généralement "faire du profit maintenant et dans le futur" ("Le But", Goldratt) La règle n° 4 rappelle qu'une heure perdue sur un goulot est une heure perdue sur le système tout entier. Le goulot est donc précieux est la qualité de son exploitation capitale. Tout ce qui interfère avec la maximisation du débit du goulot doit être amélioré ou éliminé. Avant de songer à multiplier les ressources goulot, on cherche à utiliser de manière efficiente la capacité installée, d'autant qu'il est probable qu'une part plus ou

moins importante de celle-ci est gaspillée par le fait de mauvaises pratiques et de l'ignorance des règles de la théorie des contraintes.

### Subordonner tous les processus à la contrainte

La contrainte détermine le débit de tout le processus. Produire en amont plus que le goulot ne peut en absorber ne fait que gonfler les encours devant le goulot.

Compte-tenu de cette réalité et des préceptes de la Théorie des Contraintes, le flux optimal est celui qui s'écoule sans accrocs au travers du processus, dont les ressources sont synchronisées sur le rythme le plus lent, celui du goulot. Or la tentation est grande de faire travailler les ressources non-goulot au maximum de leur capacité, pour ne pas "laisser les opérateurs ou les machines inoccupés".

Pour forcer la synchronisation, s'assurer de l'utilisation optimale du goulot et réguler l'activité des autres ressources, on utilise le principe Drum- Buffer- Rope (DBR ou Tambour- Tampon- Corde) qui renvoie au rôle de trois éléments du dispositif :

- Drum : le tambour est une métaphore pour désigner la ressource qui bat le rythme, celle sur qui toutes les autres doivent "synchroniser" leur activité, en l'occurrence le goulot. On retrouve également l'appellation pacemaker ou ressource menante pour désigner le goulot qui impose le débit, le rythme.
- Buffer : c'est le stock tampon qui protège la ressource extrêmement précieuse qu'est le goulot contre toute rupture d'approvisionnement. Ce stock est vertueux et amplement justifié car un arrêt du goulot signifie la perte du chiffre d'affaires pour tout le processus durant la durée de l'arrêt.
- Rope : c'est la corde qui empêche les ressources en amont et ayant des capacités en excès de produire plus que le goulot ne peut absorber. Cette corde est virtuelle, c'est une image.

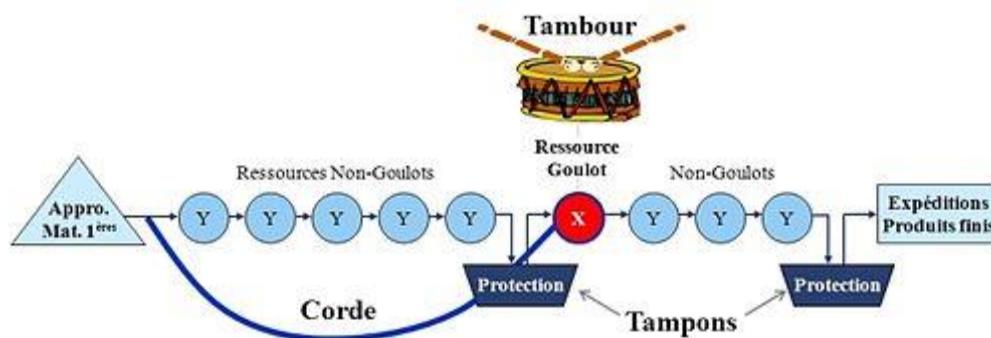


Figure 15: Concept DBR

Le concept DBR est une réponse à trois types de contraintes (au sens de la programmation) à intégrer :

- La demande que l'on cherche à satisfaire.

- La capacité limitée du processus et/ou la disponibilité de la matière première.
- La maîtrise des coûts.

### **Augmenter la capacité de la contrainte si cela est pertinent**

Une fois que toutes les initiatives permettant de mieux exploiter le goulot sans investissements sont épuisées et si la capacité récupérée n'est toujours pas suffisante, il faut considérer l'augmentation de la capacité. Les différents leviers possibles sont : Recruter du personnel si cela permet d'augmenter le Throughput, Investir dans des capacités supplémentaires ; machines, équipements, stations de travail... Remplacer les machines, équipements, etc. avec des générations plus récentes, plus puissantes, d'autre technologie.... Sous-traiter la capacité manquante, compléter la capacité avec des moyens anciens, plus simples.

### **Recommencer à l'étape 1 si la contrainte a changé.**

Lorsque le goulot "saute", on verra apparaître une nouvelle contrainte. C'est en général la ressource ayant la capacité la plus limitée juste après le goulot qui devient à son tour goulot. Il convient donc de reprendre la démarche depuis l'étape 1. En enchaînant les cycles, on entretient l'amélioration continue. Dans le jargon de la ToC, l'amélioration continue est appelée POOGI (Process Of OnGoing Improvement).

### **2.3.3. La Théorie des Contraintes et le Lean**

La Théorie des Contraintes est souvent décrite comme un moyen, une approche ou un outil de focalisation qui catalyse les initiatives Lean et/ou Six Sigma

Alors que la Théorie des Contraintes identifie les leviers et causes racines des problèmes, Lean et Six Sigma sont d'excellents outils pour les résoudre et exploiter les potentiels d'amélioration.

La synergie utilisant ToC, Lean et Six Sigma est connue sous l'acronyme TLS. Néanmoins la Théorie des Contraintes est plus souvent utilisée avec Lean qu'avec Six Sigma car les améliorations vont montrer leurs effets sur le compte d'exploitation.

La Théorie des Contraintes propose une approche structurée et rationnelle pour le système tout entier, alors que les initiatives Lean sont trop souvent utilisées pour chasser des opportunités d'optimisations locales.

La combinaison ToC et Lean font une paire gagnante ; c'est d'ailleurs la logique par laquelle ce projet sera focalisé.

### **Conclusion**

Ce chapitre a été un prélude pour présenter le contexte général du projet. En effet, nous avons présenté la société ainsi que le processus de fabrication des faisceaux électriques. Aussi, nous avons présenté la problématique, la démarche adoptée, les Contraintes et les risques du projet.

Le diagnostic et l'analyse de la situation actuelle relative au processus deux processus concernées seront l'objet du chapitre suivant.

# **Partie 2 : Amélioration de l'efficacité de la zone manuelle Sub & Splice**

# Chapitre 1 : Présentation du périmètre de travail SUB & SPLICE (S&S)

## 1. Description de la zone S&S

### 1.1. Organisation de la zone S&S

Certains circuits se finissent au niveau de la coupe et passent directement vers le secteur montage pour être utilisés, d'autres circuits selon leur nature (torsadé, grande section...) passent par l'une ou toutes les étapes qui vont être décrites par la suite :

**SUB** : « sertissage manuelle » c'est conçu pour faire les tâches qu'elles s'estiment non réalisables par les machines de coupe comme le sertissage des fils de grandes sections et le sertissage des connexions de grande taille après être coupé et dénudé en CST.

**SPLICE** : C'est là où se passe la jointure des fils électriques suivant la demande du faisceau.

**Splice mécanique** : Les câbles dénudés ou pré-dénudés sont sertis suite à une application de force mécanique, par un terminal sans partie active.

**Splice USW (soudage par ultrasonique)** : procédé de soudage ultrasonique unissant au moins deux fils suivi d'une protection de la soudure par insertion et chauffage de joint RBK.

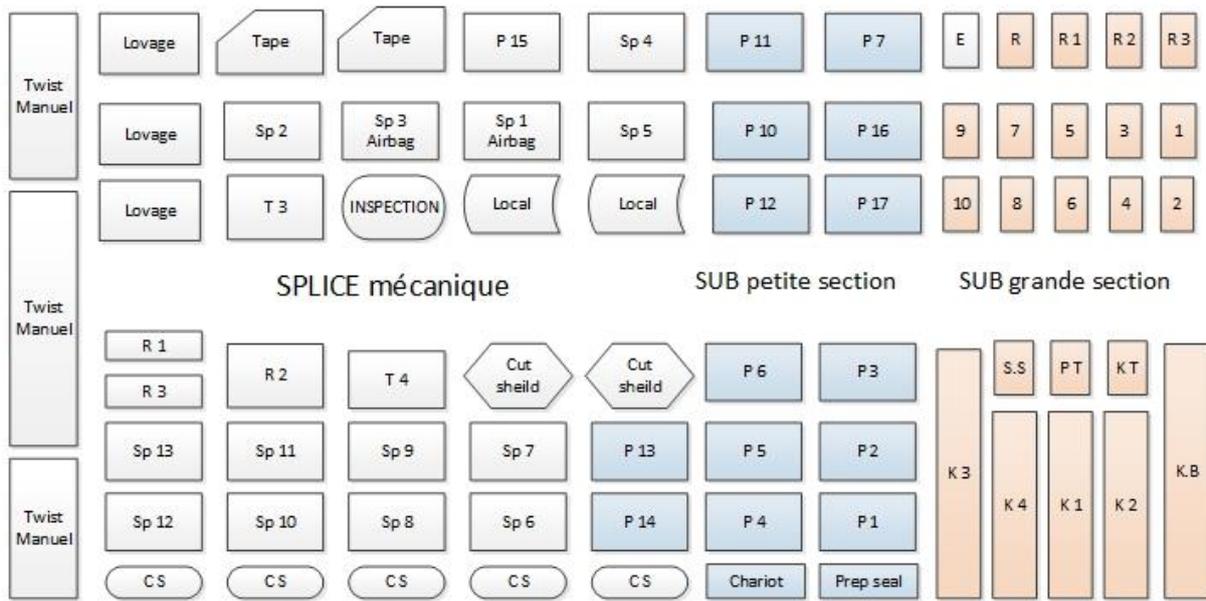


Figure 16: Organisation de la zone S&S

Le tableau suivant montre le nombre, et la fonction des différents postes de la zone S&S

Poste	Nombre	Zone	Fonction
<b>KAPPA(K)</b>	2	SUB BIG LEADS	Coupe, dénudage et pré-dénudage pour BIG LEADS
<b>Presse Grande Section(G)</b>	5		Sertissage côté A
<b>Presse (Orientation)(O)</b>	5		Sertissage côté B selon l'orientation prédéfinie
<b>Raychem(R)</b>	4		Chauffage des joint Heat Shrink ou RBK
<b>KAPPA(K)</b>	2	SUB PETITE SECTION	Coupe, dénudage et pré-dénudage pour SCREEN
<b>Étamage(E)</b>	1		Déposer de l'étain sur les cosses
<b>Seal Preparation(S)</b>	1		Dénudage et insertion de joint Seal
<b>Presse Petite Section(P)</b>	14	SPLICE MECANIQUE	Sertissage des petites sections
<b>Twist Shield(TS)</b>	1		Torsadage du Shield
<b>Cut Shield(C)</b>	2		Coupe du shield selon des longueurs définies
<b>Local(L)</b>	2		Protection du sertis par bandage PVC
<b>Tape(T)</b>	2		Protection du sertis par bandage
<b>Center Strip(CS)</b>	5		Dénudage du câble mère au centre

<b>Raychem(R)</b>	4		Chauffage des joints RBK pour protection du sertis
<b>Inspection(I)</b>	1		Inspection et audit des câbles
<b>Twist Manuel(TM)</b>	3		Torsadage de deux câbles selon des paramètres définis (pas, ...)
<b>Splice mécanique(SP)</b>	14		Les câbles dénudés ou pré-dénudés sont sertis suite à une application de force mécanique, par un terminal sans partie active
<b>Lovage(L)</b>	3		Séparation des branches du câble pour faciliter le montage dans la zone d'assemblage

Tableau 6: Description des postes de la zone S&S

## 1.2. Les familles de produits de la zone S&S

La complexité des processus est l'une des caractéristiques de cette zone. En effet, la zone S&S est le fournisseur de la zone assemblage, les produits semi-finis sont acheminés vers le stock intermédiaire de câbles « LEAD STORE ». Les produits finis de la zone S&S sont tous classés en familles comme le montre la figure suivante :



Figure 17: Produits de la zone S&S

## 2. Choix des processus critiques

L'amélioration de l'efficacité sera faite pour les deux familles de produits « Big Leads » et « Screen ». En effet, ce choix n'est pas arbitraire, mais basé sur le fait que ces familles souffrent de plusieurs problèmes. Le tableau suivant montre la différence entre le LPCH\* actuel de chaque famille et leurs LPCH Target\*\* c'est-à-dire l'objectif à atteindre.

Famille de produit	LPCH actuel	LPCH Target
<b>Twist</b>	389	400
<b>Big Leads</b>	141	300

<b>Single</b>	509	500
<b>Screen</b>	87	200
<b>Cos</b>	488	500
<b>Slv</b>	426	500

Tableau 7: LPCH des produits de la zone S&S

\*LPCH : indicateur de performance propre à SEWS, calculé en divisant le nombre de câbles produits (out put) sur le temps utile (cadence réelle).

\*\*LPCH Target : l'objectif fixé pour chaque processus (cadence théorique).

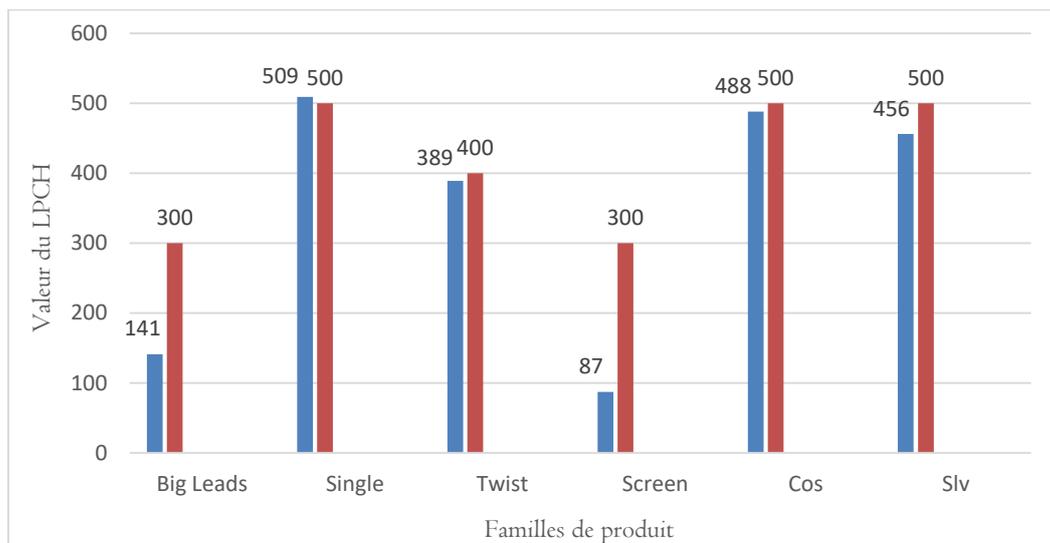


Figure 18: Graphe des LPCH des produits de la zone S&S

Selon le graphe ci-dessus, il s'avère que la familles Big Leads et Screen connaissent une baisse du LPCH actuel, représenté en bleu, par rapport à l'objectif fixé par le LPCH Target représenté dans le graphe en rouge. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle nous avons travaillé sur l'amélioration de ces deux processus.

## Chapitre 2 : Amélioration du processus de fabrication des câbles « SCREEN »

Ce chapitre a comme objectif l'amélioration de l'efficacité du processus de fabrication des câbles « Screen ». Nous avons ainsi défini le processus, établi l'état des lieux et analysé les causes racines de notre problématique. Pour ce faire, nous procéderons tout d'abord par l'élaboration du diagramme SIPOC permettant de détailler les différentes étapes du processus, puis la cartographie de chaîne de valeur pour l'évaluation de la performance du processus, suivi par une identification et analyse des gaspillages critiques et enfin l'élaboration d'un plan d'action pour remédier à ces gaspillages.

# 1. Définition et analyse de l'état actuel

## 1.1. Cartographie du processus « SCREEN »

Dans cette partie, nous allons regrouper la totalité des données qui serviront de base pour la réalisation de la cartographie de chaîne de valeur. Nous allons tout d'abord expliciter les différents flux physiques et informationnels, puis élaborer la fiche de chronométrage.

### 1.1.1. Définition du processus de fabrication du « SCREEN »

Le SIPOC est une approche processus qui permet de traduire les attentes du client en spécifications du processus (Input et Output) afin de donner une vue globale du processus à améliorer et de mettre en avant le début du processus et sa fin de clarifier ainsi le périmètre du projet. L'enjeu principal est donc d'aider à la structuration du projet et à valider le lancement de celui-ci.

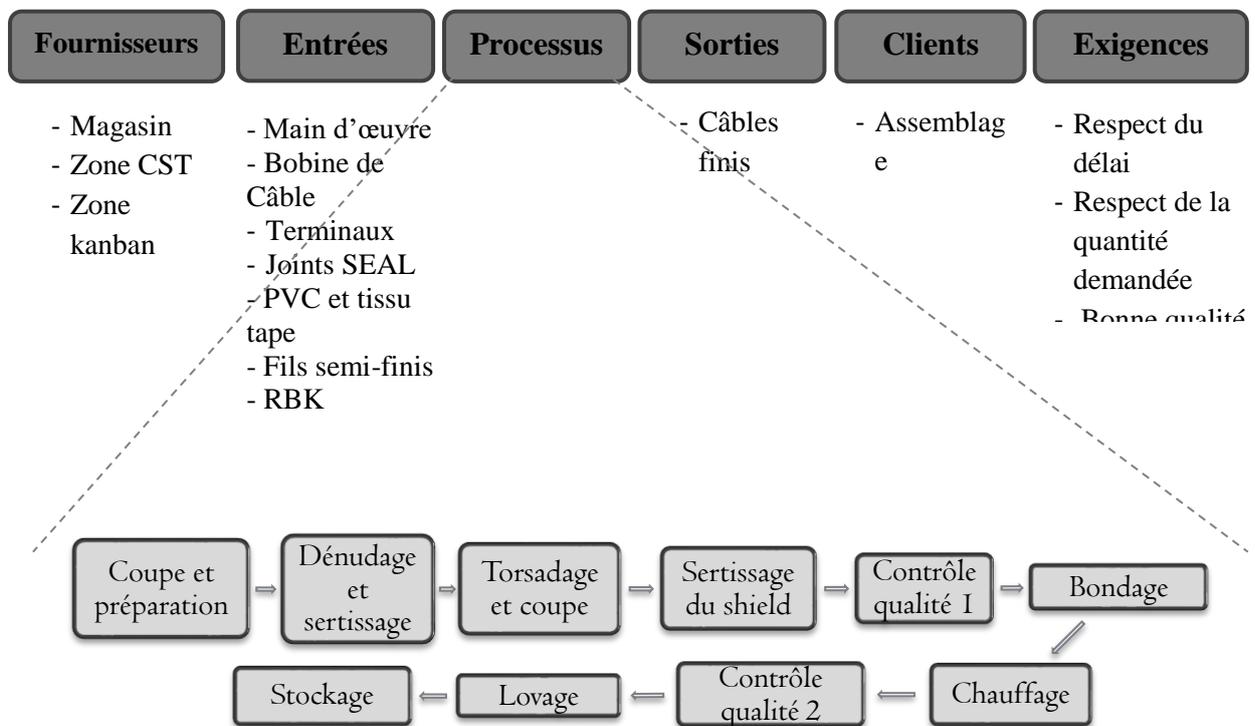


Figure 19: SIPOC du processus Screen

La figure 19 illustre le diagramme SIPOC où figure les fournisseurs et entrées nécessaires à la production des câbles SCREEN qui passent par plusieurs étapes d'un processus assez compliqué et difficile à maîtriser. Nous prenons soin de les expliquer comme suit :

**Coupe et préparation :** Cette étape consiste à couper et de pré-dénuder le câble dans des machines automatiques (Kappa) selon des longueurs prédéfinies. Ensuite l'opérateur sépare le shield des autres câbles afin de faciliter sa manipulation.

**Dénudage et sertissage :** Dans cette étape le câble est destiné au machine de sertissage automatique BT où les fils du côté A sont dénudés et sertis automatiquement. Le câble est, ensuite, envoyé au poste de dénudage et d'insertion de Seal, puis sertis dans les machines de sertissage manuel.

**Torsadage et coupe :** A ce niveau le shield est torsadé puis coupé pour ajuster sa longueur.

**Sertissage du shield :** Cette étape consiste à souder le shield avec un autre fil provenant de la zone automatique CST.

**Contrôle qualité 1 et 2 :** C'est l'étape où les auditeurs qualité contrôlent la conformité du câble et vérifient le respect des standards qualité exigés.

**Bondage :** C'est l'étape où on protège la partie active du sertissage du shield afin d'assurer son isolation. Pour cela le câble SCREEN non étanche est protégé par bande en plastique nommé Tape

**Chauffage :** C'est l'étape où la gaine RBK est chauffée pendant des durées prédéfinies.

**Lovage :** Cette étape consiste à séparer les fils du câble et de les emballer pour les envoyer à la zone d'assemblage.

### 1.1.2 Définition du flux d'information

Nous avons commencé par la compréhension des flux physiques de la famille de produits sur laquelle nous avons appliqué notre VSM à partir des observations ouvertes et le flux d'informations à travers les meetings avec les différents acteurs de la chaîne logistique à savoir :

**Service planification :** Il supervise l'établissement des programmes de production et leurs ordonnancements. En se basant sur les commandes fermes des clients, la capacité requise et les contraintes du site, il envoie au planificateur de la production la quantité et la date des commandes.

**Planificateur de la production :** Dès qu'il reçoit la commande auprès du service planification, il calcule les besoins en composants et en matières premières à partir de la nomenclature (BOM) via le logiciel C&C plan. Il envoie par suite des calendriers journaliers devisés au responsable de la zone de coupe CST, le responsable de la zone pré-assemblage S&S

**Service approvisionnement :** Après réception des depuis le planificateur de la production, il procure à l'entreprise au moment voulu, dans les meilleures conditions ce dont elle a besoin en termes de matière première, en respectant le coût, la qualité et le délai. La gestion d'approvisionnement repose sur un système MRP.

**Team leader :** Assure le lancement de la production, à l'aide des calendriers effectués par le planificateur, et assure le suivi de la production.

### 1.1.3. Calcul du temps de cycle :

Avant de chronométrer, nous avons observé les gestes des opérateurs, après nous avons prélevé

dix mesures pour chaque opération durant trois jours pour homogénéiser l'échantillon des mesures

Le chronométrage est une mesure instantanée, qui ne peut être utilisée brute sans correction par un coefficient de majoration. Dans notre cas ce coefficient est affecté en fonction

de la cadence de travail de l'opérateur.

Ce coefficient nous a permis de prendre en considération les différents facteurs influençant le

rendement de l'opérateur comme : la diminution de l'efficacité de l'opérateur vers la fin du shift

(fatigue), l'augmentation de l'efficacité au début du shift et après la pause...

Le tableau ci-dessous est une synthèse des moyennes de temps de cycle et de temps TC de non-valeur ajoutée TVA par opération exprimés en minute :

<b>Elément de description</b>	<b>TC*(min)</b>	<b>TVA**(min)</b>
<b>Coupe des câbles</b>	5,22	4,30
<b>Séparation des câbles</b>	9,39	7,83
<b>Dénudage du Screen</b>	2,44	2,08
<b>Sertissage coté A(seal)</b>	12,77	12,05
<b>Sertissage coté B</b>	7,38	6,17
<b>Torsadage du shield</b>	9,35	8,50
<b>Coupe du shield</b>	5,08	4,42
<b>Sertissage du shield</b>	12,52	11,75
<b>Contrôle de qualité 1</b>	4,48	4,48

<b>Bondage</b>	25,40	21,17
<b>Chauffage</b>	25	23,33
<b>Contrôle de qualité 2</b>	3,05	3,05
<b>Lovage</b>	10,15	10,15
<b>Total</b>	132,23	119,28

Tableau 8: Moyennes des temps de cycle pour chaque opération de fabrication du Screen

\*TVA : Temps qui porte de la valeur ajoutée au produit c'est-à-dire le temps pour lequel le client est enclin à payer

\*\* TC : Temps réel d'une opération (Temps chronométré)

#### **1.1.4. Cartographie actuelle de la chaîne de valeur**

Les icônes utilisées pour la représentation de la cartographie sont expliqués en annexe. La cartographie de la situation actuelle réalisée est représentée sur la figure. Le VSM montre le processus global de fabrication du câble « Screen », ainsi que le flux physique et informationnel entre postes. Il met en évidence le nombre d'unités en stock entre les différents postes, le délai d'exécution et le temps de cycle ajouté au nombre d'opérateurs pour chaque poste ainsi que les TVAs et TNVAs. Ce qui nous ramène vers la phase « Analyser » où nous allons analyser les données de production afin d'identifier par la suite les gaspillages causant les pertes.



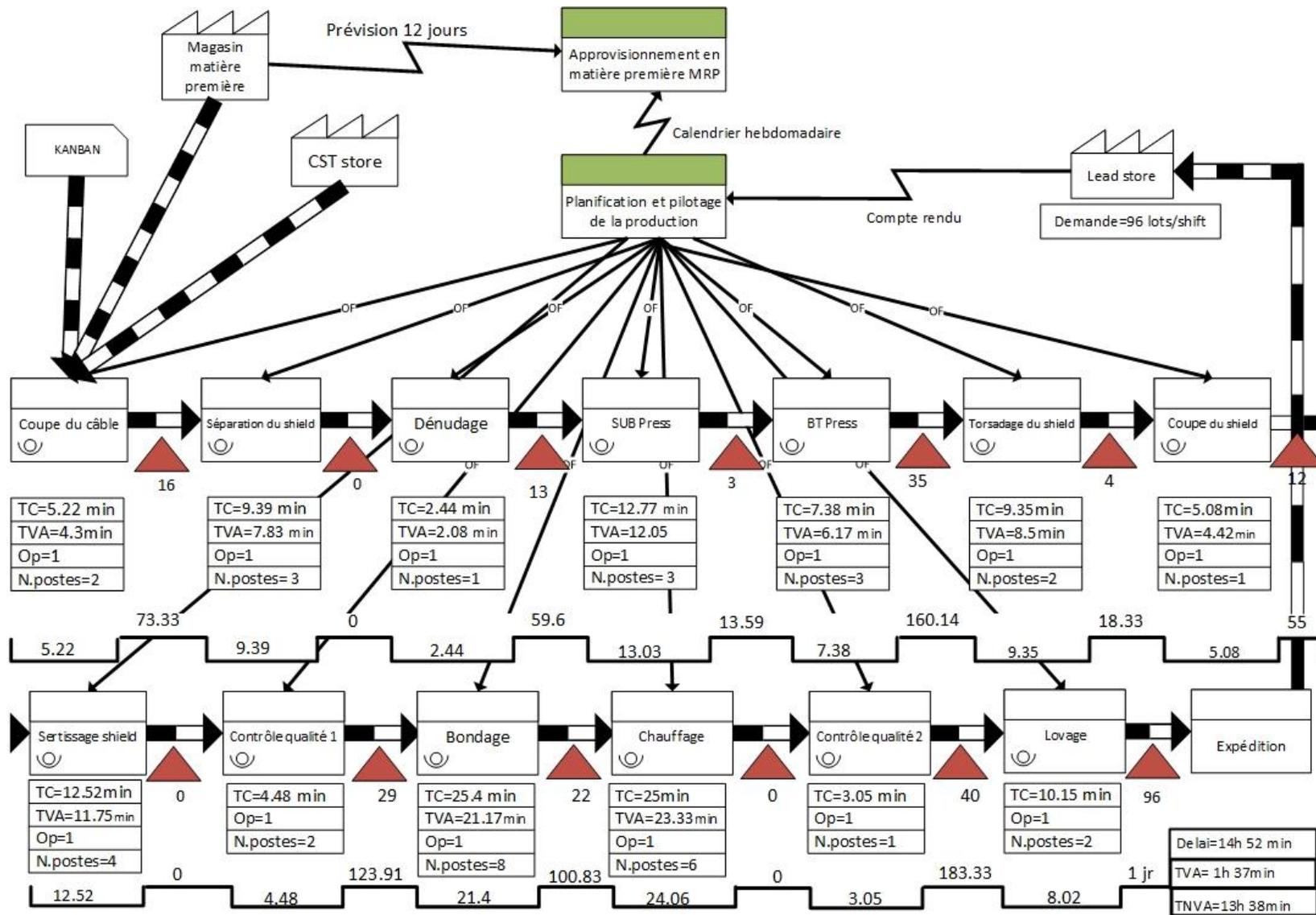


Figure 20: Cartographie VSM du processus Screen

### **Analyse de la VSM actuelle :**

D'après une analyse de la cartographie du flux, nous constatons que le délai de fabrication de 96 bouquet est de 14h 52 min ce qui est inférieur à la demande client puisque nous voulons 96 bouquet pendant 7.33 h (1 shift).

D'autre part, le client est prêt à payer pour 1h37min (temps de valeur ajoutée) alors que le processus s'étale sur 14h52min.

Ainsi, et pour répondre à la demande du client, il faut diminuer le temps de non-valeur ajoutée qui est égale à 13h 38 min. Pour cela nous sommes amenés à analyser le processus pour déterminer les différents gaspillages, puis les éliminer, ce qui sera l'objectif de la partie suivante.

### **1.2. Analyse des gaspillages**

Produire plus et mieux sans investissement productif supplémentaire est possible si l'on s'attaque aux gaspillages. Ce constat imprègne toutes les méthodes japonaises entre autres : l'outil 7MUDAs qui fera l'objet du paragraphe suivant.

#### **1.2.1. Identification et analyse des sources de gaspillage**

Afin d'énumérer les différentes causes influençant la baisse de la productivité au sein du processus en question, nous avons procédé à l'analyse des gaspillages à l'aide de l'outil nommé 7MUDAs (7 gaspillages). A l'aide des observations des opérateurs sur terrain,

nous avons pu constater un nombre de causes susceptibles de bloquer l'atteinte des objectifs.

Toutefois, pour compléter la liste des causes, nous avons effectué un brainstorming dans le but de recenser le reste des causes qui peuvent créer cet effet. Un gaspillage signifie toute opération ne générant pas de valeur ajoutée. Afin de minimiser voire éliminer les gaspillages, nous avons cité les gaspillages existants et les classé selon 7 types, appelés communément les 7 MUDAs ; ensuite nous avons déterminé

les types de gaspillages critiques par la méthode Pareto.

#### **1.2.2 Les sources de gaspillages :**

Dans une entreprise de production les sept principales sources de gaspillage sont les suivantes.

- Surproduction :

La surproduction est toute action ou tâche réalisées avant qu'elle ne soit demandée ou ne correspond à aucune exigence de la part du client. Elle s'auto-génère avec d'autres types de gaspillages.

Cette forme de gaspillage est la pire, puisqu'elle implique forcément les 6 autres types de gaspillages énumérés ci-dessous pour produire ce surplus.

Ce gaspillage apparaît dans les usines produisant en flux poussé, c'est à dire en produisant en continu, quelle que soit la demande client. Ce problème sera facilement résolu en travaillant en flux tiré (la production est fonction de la demande).

- Attentes :

Ce type de gaspillage est dû principalement au pourcentage du temps important que passe l'opérateur à attendre la fin des cycles de la machine, une décision ou du matériel.

- Transports :

Tout transport est un gaspillage, dans la mesure où il n'apporte pas de valeur ajoutée. Par exemple, un opérateur doit chercher du matériel ou des outils qui ne sont pas disponibles sur le poste, un opérateur qui doit constamment faire des pas supplémentaires à cause d'une implantation qui n'est pas optimisée.

- Opérations inutiles :

Opérations qui n'ajoutent pas de valeurs aux yeux des clients internes et externes.

- Stocks excessifs :

Il signifie toute pièce ou matières superflues par rapport au niveau minimum requis pour livrer aux clients leurs demandes dans les délais exigés. Ce type de stock peut être détecté suite à un stock obsolète ou manque d'espace à cause d'une surproduction, prévisions peu efficaces, niveaux élevés de stock de sécurité ou le cas de lots de grande taille.

- Mouvements inutiles :

Ce gaspillage est important car il concerne les mouvements qui ne contribuent pas directement à l'ajout de valeur sur le produit fini. Il concerne aussi les mouvements des opérateurs, comme le fait de tendre le bras pour prendre une pièce ou de faire un pas de côté.

Eliminer ce gaspillage peut être non seulement bénéfique pour l'entreprise mais également pour les opérateurs.

- Défauts :

La non qualité des pièces ou du travail entraîne forcément de nombreux problèmes (rebuts, retouches, reprendre le travail...). Toutes ces actions de corrections n'apportent

aucune valeur ajoutée et induisent un surplus d'énergie et de temps pour corriger le dysfonctionnement.

### 1.2.3. Illustration des sept MUDAs dans le processus « SCREEN »

Les sept MUDAs qui se manifestent dans ce processus ont été relevés et regroupés dans le tableau. En effet, nous remarquons des attentes au niveau des postes, des

transports inutiles, un taux élevé de non qualité et un poste à non-valeur ajoutée. Toutefois, pour le dernier gaspillage (la superproduction), il n'est pas illustré dans notre ligne car on ne fait pas de surproductions et toute opération est nécessaire pour la fabrication des câbles SCREEN.

<b>MUDAs</b>	<b>Illustration des MUDAs</b>
<b>Attente</b>	- Arrêt fréquent des machines de coupe KAPPA - Attente des bouquets en aval et amont des machines - Absence de matière première
<b>Transport</b>	- Transport des produits vers d'autres postes
<b>Stocks excessifs</b>	- Cumul des stocks entre chaque deux postes
<b>Mouvement</b>	- Changement d'applicateurs - Déplacements inutiles des opérateurs
<b>Non-qualité</b>	- Rebuts
<b>Opérations inutiles</b>	- Séparation des câbles finis destinés à la zone d'assemblage (poste lovage)
<b>Surproduction</b>	---

Tableau 9: Illustration des 7 MUDAs pour le processus Screen

### 1.2.3. Détermination des gaspillages critiques

Dans cette étape, nous cherchons à mettre en évidence les sources critiques de gaspillages. Pour ce faire, on a eu recours à l'analyse de PARETO-après avoir réalisé la matrice de compatibilité-qui consiste à déterminer la minorité des causes (20%) responsables de la majorité des effets (80%). La méthode de Pareto est appelée aussi

pour les raisons précitées : Méthode des 20/80 ou encore méthode ABC. Elle nous permet de déterminer parmi les différentes causes celles qui sont les plus prioritaires

### a. Matrice de compatibilité

Il est indispensable d'élaborer la matrice de compatibilité qui nous fournit les fréquences nécessaires pour effectuer une analyse PARETO. La matrice permet de choisir la meilleure proposition pour un ensemble de critères qualitatifs donnés et d'obtenir un consensus au niveau du choix des problèmes critiques. Les étapes de la méthode sont :

- Préciser les éléments à évaluer,
- Définir les facteurs d'évaluation, fixer une pondération en fonction de l'importance du facteur et valider collégalement le référentiel.
- Evaluer individuellement chaque élément et calculer les scores.

Pour réaliser la matrice, un sondage a été fait auprès des membres de l'équipe de travail qui devaient estimer l'impact de la cause sur l'efficacité ainsi que la difficulté d'intervention pour résoudre cette cause racine. (Une partie du sondage est présentée en annexe).

Après classement des données des sommes des criticités par ordre décroissant, le pourcentage de chaque cause a été calculé ainsi que les pourcentages cumulés. Ce tableau regroupe les résultats obtenus.

<b>Gaspillage</b>	<b>Criticité</b>	<b>Pourcentage</b>	<b>Pourcentage cumulé</b>
- <b>Déplacements inutiles des opérateurs</b>	225	31.43	31.42 %
- <b>Arrêt fréquent des machines de coupe KAPPA</b>	196	27.38	58.80 %
- <b>Non-qualité : Rebuts et Retouches</b>	154	21.6	80.31 %
- <b>Séparation des câbles finis destinés à la zone d'assemblage (poste Lovage)</b>	50	6.99	87.29 %
- <b>Arrêt fréquent des presses de sertissage</b>	40	5.58	92.88 %
- <b>Cumul des stocks entre chaque deux postes</b>	36	5.02	97.91 %
- <b>Absence de matière première</b>	15	2.09	100 %

Tableau 10: Matrice de compatibilité des causes de gaspillage du processus Screen

## b. Analyse PARETO

Les résultats du tableau ont été traduits par le graphe de Pareto qui représente la courbe des pourcentages des criticités selon les différentes causes. Une analyse de ce graphe permet de proposer un plan d'action sélectif qui s'attaque aux causes essentielles du problème.

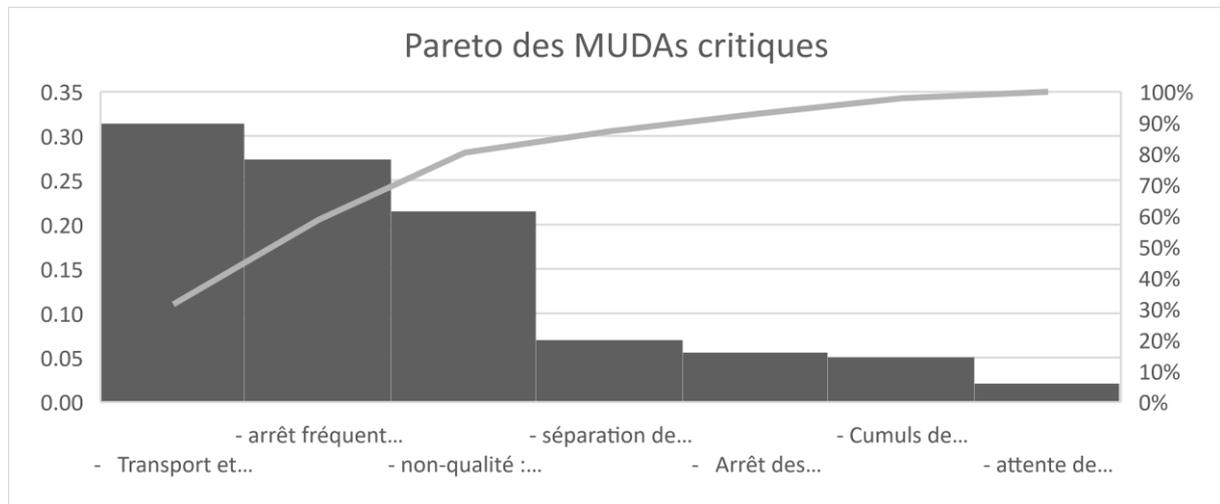


Figure 21: Analyse Pareto des gaspillages critiques

Les résultats de l'analyse Pareto montrent que les plus importants gaspillages constatés au niveau du processus de SCREEN proviennent des :

- Déplacements inutiles des opérateurs
- Arrêt fréquent des machines de coupe KAPPA
- Taux de rebuts et retouches élevé

Ainsi, pour remédier à ces problèmes nous avons défini les causes principales provoquant ces gaspillages comme illustré dans le tableau ci-dessous afin de proposer un plan d'actions adéquat

Gaspillages	Causes	Causes racines
<b>Temps d'attente élevé des produits entre postes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flux complexe</li> <li>- Recherche d'outillage</li> <li>- manque de matière première</li> <li>- Appel de l'agent maintenance/technicien qualité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise implantation des postes</li> <li>- Inefficacité de la méthode d'approvisionnement des postes (kitting)</li> <li>- Mauvaise communication entre l'opérateur et le service maintenance</li> </ul>

<b>Arrêt fréquent des machines de coupe KAPPA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise méthode de déroulement du fil depuis la bobine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplacement et position de la bobine inadéquat</li> </ul>
<b>Taux de rebuts et retouches élevé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise maîtrise de l'opération de sertissage du câble</li> <li>- Protection de la partie du câble nommée shield inefficace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processus compliqué et non maîtrisé</li> </ul>

Tableau 11: Causes racines des gaspillages critiques du processus Screen

A l'issue de ce paragraphe, nous avons présenté l'ensemble des aspects relevant de l'analyse du processus de fabrication du SCREEN et mis en évidence les différents gaspillages ayant un impact sur l'efficacité afin d'identifier ceux nécessitant un plan d'actions.

Le paragraphe suivant portera sur les actions que nous avons élaborées pour remédier aux problèmes détectés dans la partie de l'analyse.

## 2. Plan d'actions

Après une analyse détaillée de l'état réel du processus Screen, nous avons détecté les sources des gaspillages qui entravent le fonctionnement de la chaîne de valeur, ceci nous mène à bien choisir les moyens nécessaires pour améliorer l'efficacité du processus. Pour l'atteinte de ce but, nous proposons les solutions suivantes :

<b>Problème</b>	<b>Solution</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux de rebut et retouche élevé</li> <li>- Opérations à non-valeur ajoutée</li> <li>- Temps de cycle total élevé</li> </ul>	Réingénierie du processus de production des câbles Screen

- Flux complexe	Réimplantation de la zone S&S
- Transport et déplacement fréquent des opérateurs et produits	
- Arrêts fréquents des machines <b>KAPPA</b>	Conception d'un système de déroulement du câble pour les machines KAPPA

Tableau 12: Actions à entreprendre pour l'amélioration du processus Screen

## 2.1. Réingénierie et Reconception du processus Screen

L'amélioration de la performance du processus repose donc dans notre étude sur la reconception et la réingénierie du processus de production des câbles Screen. La question pour nous est de savoir quelles sont les opérations à reconcevoir, comment les reconcevoir et pour quelle performance attendue.

### 2.1.1. Démarche proposée

Notre proposition est une méthode dynamique de ré-conception du processus orienté création de valeurs et intégrant les risques liés au processus et à son environnement. Cette méthode permet de réagir face aux évolutions classiques (augmentation de la productivité, amélioration de la qualité, exigences client...) et ainsi garantir une amélioration continue.

Cette méthode repose sur une démarche en quatre étapes :

- Identifier les étapes du processus à reconcevoir ;
- Modéliser la création de valeur ;
- Déterminer les actions d'amélioration ou de réingénierie ;
- Reconception : mise en place des actions d'amélioration.

### 2.1.2. Application de la démarche au processus Screen

La partie d'analyse effectuée auparavant nous a bien clarifiés les particularités et les anomalies du processus Screen. Opération à non-valeur ajoutée, mode opératoire non-efficace, temps de cycle élevé sont tous des dysfonctionnements que nous sommes amenés à réduire voire éliminer.

Dans un premier temps, nous allons définir les étapes nécessitant une amélioration et ré-conception.

#### 2.1.2.1. Identifier les étapes du processus à reconcevoir

Améliorer la cohérence du processus requiert de connaître là où les dysfonctionnements sont initiés. Pour cela nous lions les problèmes détectés aux étapes où ils apparaissent.

Le tableau suivant montre les problèmes et dysfonctionnements ainsi que les étapes auxquelles ils sont liés :

	<b>Dysfonctionnement</b>	<b>Étape du processus concernée</b>
<b>Qualité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non étanchéité de la partie du sheild protégée</li> <li>- Pincement des câbles en contact avec le sheild</li> <li>- Sortie des brins du sheild depuis la partie sertis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bondage</li> <li>- Coupe et Torsadage</li> <li>- Sertissage sheild</li> </ul>
<b>Performance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps de cycle élevé</li> <li>- Opérations multiples et à non-valeur ajoutée</li> <li>- Mode opératoire complexe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Torsadage</li> <li>- Lovage</li> <li>- Bondage</li> </ul>

Tableau 13: Dysfonctionnements détectés

Nous constatons que les étapes critiques du processus Screen nécessitant des actions d'amélioration sont celles liées au Shield. De ce fait, nous allons revoir chacune des étapes suivantes : torsadage, coupe, sertissage, bondage et chauffage du sheild et lovage afin de modéliser la création de valeur dans ce processus.

#### **2.1.2.2. Modélisation de la création de valeur**

A partir des étapes ciblées précédemment, nous allons modéliser leur création de valeur en d'autre terme ; déterminer la valeur ajoutée au câble à partir de chaque opération.

En effet, l'objectif principale est de sertir le sheild pour assurer son insertion dans le connecteur du faisceau final. Sauf que la nature du sheild ne permet pas d'avoir un sertissage conforme. Nous modélisons donc la création de valeur comme suite :

1. Protéger le Schield
2. Sertir le Schield
3. Assurer l'étanchéité du câble

Ce sont les trois points à garantir pour respecter la conformité du câble Screen. Nous allons les considérer comme objectifs pour définir par la suite la nouvelle conception du processus.

Cependant pour être capable d'identifier les nouvelles étapes et améliorations du processus nous avons besoin de prendre en considération toute imprévision possible. Il faut s'assurer que le processus est apte à s'adapter rapidement face à des événements avérés que nous appelons facteurs de risques. Il est nécessaire d'identifier ces facteurs affectant le processus et nécessitant une adaptation. Nous avons donc anticipé ces facteurs afin d'améliorer la flexibilité du processus.

Le tableau suivant résume les facteurs de risques liés au processus Screen :

<b>Risque générique</b>	<b>Risque spécifique</b>	<b>Evénement ou élément dangereux</b>
<b>Management</b>	Organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise adaptation des moyens (humains, matériels et financiers) aux enjeux</li> <li>- Perte de compétences suite à un départ ou une absence prolongée</li> <li>- Absence ou mauvaise définition des missions, fonctions et autorités</li> </ul>
	Facteur humain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non-respect des procédures</li> <li>- Méconnaissance des standards</li> </ul>
	Gestion de projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non-respect des délais et des contraintes</li> <li>- Non priorisation des projets</li> <li>- Projets non valorisés (résultats non communiqués, non partagés, non utilisés)</li> <li>- Projet non rentable</li> </ul>
<b>Technique</b>	Qualité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réclamation client</li> <li>- Défaut de qualité</li> <li>- Sur-qualité</li> </ul>
	Production	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la production</li> </ul>
	Process	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opérations inefficace ou à non-valeur ajoutée</li> <li>- Surprocessing</li> <li>- Machine inadéquate</li> <li>- Matériel/moyen obsolète</li> </ul>

Tableau 14: Facteurs de risques liés au processus Screen

Les risques management élaborés en dessus sont déjà pris en considération par l'entreprise à travers d'autres processus. Reste à prendre en compte tous les risques techniques liés à la qualité, la production et l'ingénierie du processus.

### 2.1.2.3. Déterminer les actions d'amélioration

Après avoir déterminé les étapes à reconcevoir et identifier les facteurs pouvant influencer le processus, nous avons proposé le processus suivant :

- La première étape consiste à couper le câble et un tube de protection.
- Ensuite l'opératrice procède au torsadage du shield (pour les cinq références le nécessitant) puis à l'insertion du tube de protection qui sera chauffer par la suite.
- Le câble passera par les machines de sertissage manuelles ou automatiques BT selon le besoin de dénudage. Ensuite la gaine RBK sera insérée et chauffée à l'extrémité du tube afin d'assurer une étanchéité maximale du câble.
- L'opération de Lovage sera faite en parallèle avec l'insertion et chauffage de la gaine RBK car cela diminuera le temps de cycle total. En effet, le chauffage de la gaine RBK prend de 10 à 14s le Lovage d'un câble nécessite 10s c'est pour cela qu'on a pensé à rendre les deux opérations en parallèle afin d'exploiter le temps d'attente pour chauffage de la gaine RBK.
- L'opération de bondage sera supprimée car le shield ne sera plus sertis avec d'autre câble provenant de la zone CST car on a assuré un sertissage sur isolent. De cette manière nous attaquons à la fois les problèmes de qualité et de performance (TC) du Screen.



Figure 22: Tube coupé

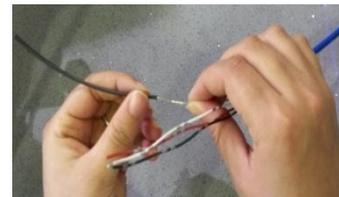


Figure 23: Insertion du tube

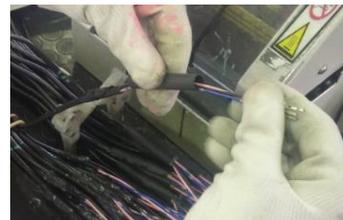


Figure 24: Insertion et chauffage RBK



Figure 25: Lovage

L'organigramme suivant résume les opérations du nouveau processus proposé :

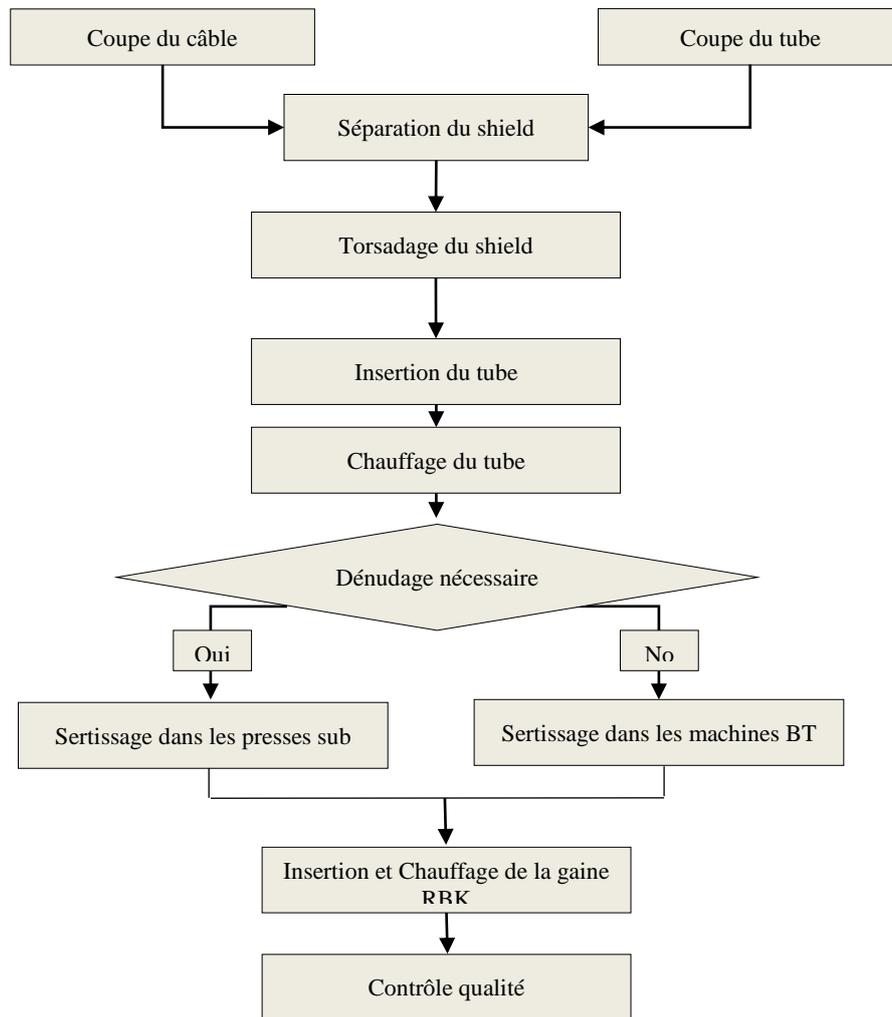


Figure 26: Etapes du nouveau processus Screen

#### 2.1.2.4. Reconception : mise en place des actions d'amélioration

Afin d'approuver le nouveau processus, des tests d'étanchéité et de conductivité du câble ont été effectués au laboratoire. Les résultats de ces tests ont été positifs mais restent confidentiels à l'entreprise.

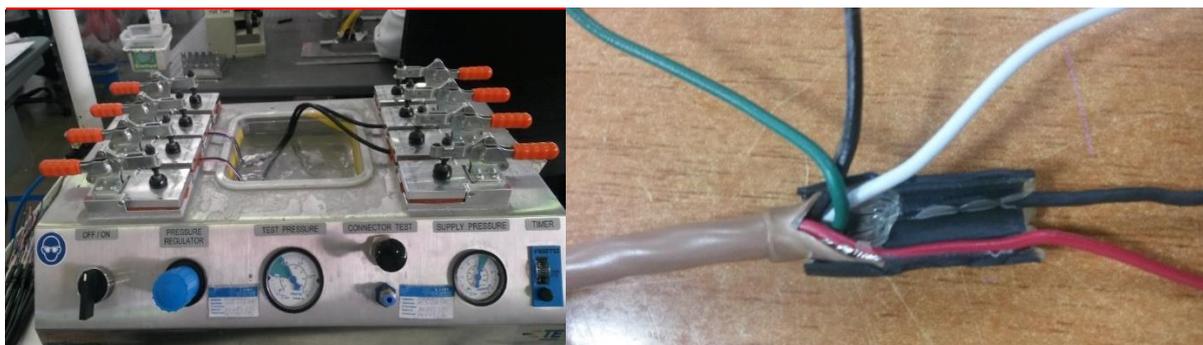


Figure 27: Tests d'étanchéité et de conductivité

Cette action d'amélioration a été soumise à la validation de la direction du site SEWS-AA et à la direction centrale SEWS-E après un mois de sa présentation. Actuellement en attente de la validation du client Nissan.

Après avoir entamé la reconception du processus, l'action suivante portera sur son implantation tout en passant par la mise en ilots et en lignes de ses différents postes à travers la méthode KUZIAK.

## 2.2. Réimplantation de la zone S&S

En plus du changement qu'a affecté le processus SCREEN, il s'est avéré qu'une réimplantation de la zone est indispensable. Cette dernière permettra de régler plusieurs problèmes à la fois, tels que le gaspillage d'espace, les déplacements inutiles et les flux complexes comme illustré dans le diagramme Spaghetti ci-dessous.

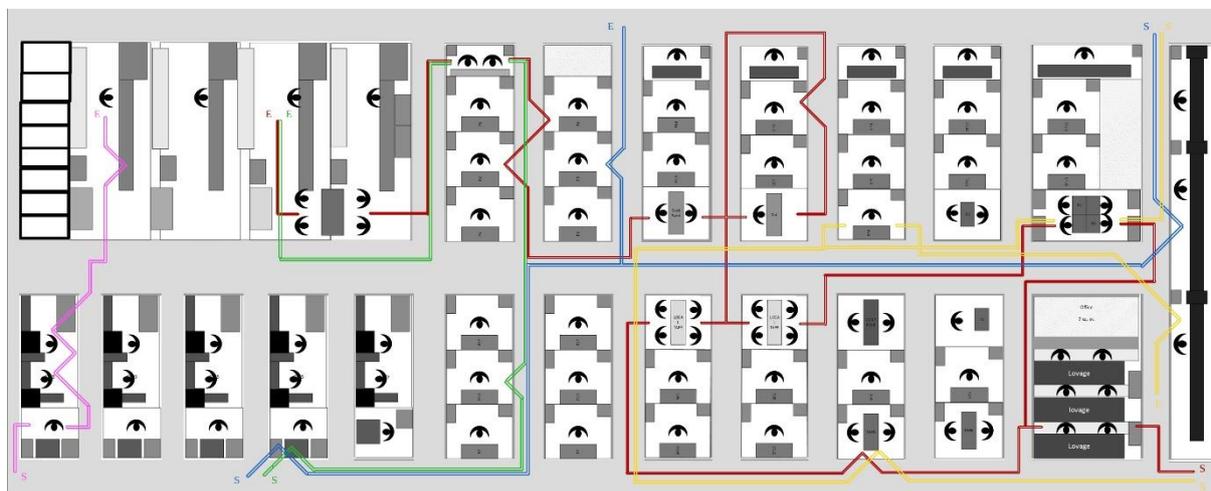


Figure 28: Diagramme Spaghetti

Le paragraphe suivant montre la méthode suivie et les différentes étapes de la réimplantation de la zone S&S.

Nous appellerons îlot de production un regroupement de postes de travail traversé par des flux de matières utilisant ces postes dans un ordre variable d'une gamme à l'autre.

L'étude menée pour la réimplantation de la zone S&S s'étale sur cinq étapes :

- Inventorier les postes de travail
- Collecter les données relatives aux gammes opératoires
- Appliquer une méthode d'implantation
- Tracer l'implantation théorique
- Adapter l'implantation théorique aux locaux prévus (prise en compte des contraintes techniques)

### Etape 1 : Inventorier les postes de travail

Ce travail a été déjà effectué dans la présentation de la zone sauf que cette fois ci le schéma sera plus détaillé afin de mieux traiter le problème. Nous reprenons l'organisation des postes de la zone en question dans le Layout ci-dessous :

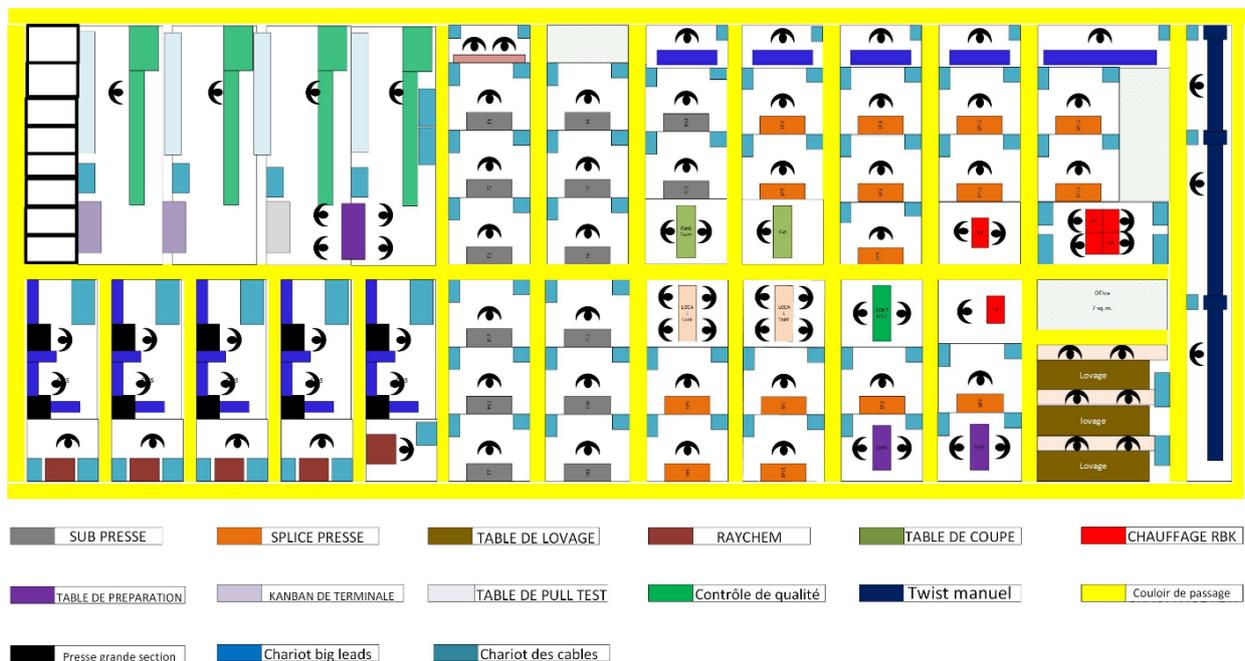


Figure 29: Layout - Inventaire des postes de la zone S&S

### Etape 2 : Collecter les données relatives aux gammes opératoires

Le tableau ci-dessous représente les différentes gammes opératoires des câbles. Le poids affecté à chaque poste est déterminé selon l'ordre et la priorité de passage ; le 1 est affecté au première poste par lequel passe le produit en question, le 2 pour le suivant ainsi de suite...

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18
										0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Engine</b>	1	2	1	6			3		5		7							4
<b>Main</b>	1	2	1		6	3	4			7								5

<b>Big leads 1</b>	1										4	2	3				
<b>Big leads 2</b>	1											2	3			4	
<b>Single 1</b>	Tableau 15: Gammes de fabrication des câbles dans la zone S&S																
<b>Single 2</b>			1													2	
<b>Twist 1</b>			1													2	
<b>Twist 2</b>						2	3									1	
<b>Twist 3</b>						2		3								1	
<b>Twist 4</b>																1	
<b>Screen (Renault)</b>	1			3					2								4
<b>Splice 1</b>						2	3		1								4
<b>Splice 2</b>						2		3	1								
<b>Splice 3</b>						2	3	4	1								
<b>cos 1</b>			1														2
<b>cos 2</b>			1														
<b>slv 1</b>			1														
<b>slv 2</b>						2	3		1								
<b>slv 3</b>						2		3	1								

Les postes  $M_i$  avec  $i = \{1, \dots, 18\}$ , sont déterminés dans le tableau suivant :

<b>M1</b>	Kappa	<b>M2</b>	Séparation du shield	<b>M3</b>	Coupe tube
<b>M4</b>	Sertissage manuel	<b>M5</b>	Sertissage Automatique	<b>M6</b>	Torsadage shield
<b>M7</b>	Insertion du tube	<b>M8</b>	Splice	<b>M9</b>	Dénudage
<b>M10</b>	Bondage Tape	<b>M11</b>	RBK	<b>M12</b>	Center strippe
<b>M13</b>	Raychem	<b>M14</b>	Sertissage Big Sections 1	<b>M15</b>	Sertissage Big Sections 2
<b>M16</b>	Twist manuel	<b>M17</b>	Chauffage manuel	<b>M18</b>	Chauffage du tube

Tableau 16: Nomination des postes

### Etape 3 : Appliquer une méthode d'implantation

L'implantation des moyens de production doit être établie en respectant une logique qui permet de bien séparer les postes.

- Identifier parmi l'ensemble des moyens de production des îlots de production le plus indépendants possible.
- Implanter chaque îlot repéré

### Identification des îlots indépendants

La recherche des îlots de production parmi l'ensemble des gammes de l'entreprise a suscité de choisir une méthode d'implantation afin de bien structurer notre travail. Nous présentons dans ce paragraphe la méthode de KUZACK.

**Étape 1 :** On sélectionne la première ligne et les colonnes attachées à cette ligne.

**Étape 2 :** On sélectionne les lignes attachées aux colonnes sélectionnées. Pour séparer des îlots éventuellement rattachés entre eux par une machine, on ne prend dans un îlot que les produits qui ont au moins 50 % des machines déjà rattachées à celui-ci.

**Étape 3 :** On recommence l'étape 1 en sélectionnant les colonnes attachées à l'îlot.

**Étape 4 :** On arrête lorsque la ligne (ou la colonne) ne comporte plus d'éléments. Le premier regroupement est alors réalisé (Engine, Main, Screen Renault) comme le montre le table y.

**Étape 5 :** On retranche les produits et les machines déjà regroupées. En répétant le même processus que précédemment, on identifie les nouveaux îlots indépendants. La répartition est alors la suivante :

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18		
<b>Engine</b>	1	2	1	6			3		5		7							4		
<b>Main</b>	1	2	1		6	3	4				7							5		
<b>Screen (Renault)</b>	1			3					2									4		
<b>Single 1</b>				1																
<b>Single 2</b>				1														2		
<b>Twist 1</b>				1													2			
<b>cos 1</b>				1														2		
<b>cos 2</b>				1																
<b>slv 1</b>				1																
<b>Twist 2</b>								2		3							1			
<b>Twist 3</b>								2			3						1			
<b>Twist 4</b>																	1			
<b>Splice 1</b>								2		3		1						4		
<b>Splice 2</b>								2			3	1								
<b>Splice 3</b>								2		3	4	1								
<b>slv 2</b>								2		3		1								
<b>slv 3</b>								2			3	1								
<b>Big leads 1</b>	1			Tableau 17: Regroupement des processus par îlots												4	2	3		
<b>Big leads 2</b>	1														2	3		4		

A travers cette méthode nous avons pu identifier 4 îlots indépendants que nous allons séparer dans la nouvelle implantation afin de fluidifier la production. A savoir:

- **Ilot 1:** Engine, Main, Screen Renault
- **Ilot 2:** Single 1, single 2, twist 1, cos 1, cos 2, slv 1
- **Ilot 3:** twist 2, twist 3, twist 4, splice 1, splice2, splice 3, slv 2, slv 3
- **Ilot 4:** big leads 1 et big leads 2

### Affectation des postes aux îlots indépendants

Vu que les machines de cette zone sont utilisées pour plusieurs produits à la fois et en vue de rendre les îlots indépendants il est indispensable de dédier des machines à certains processus. Bien sûr, le critère de choix pour ce dédoublement reste la charge/capacité de chaque machine.

L'étude menée en suite vise à équilibrer la charge et la capacité de chaque processus de façon à dédier pour chacun un nombre de machine suffisant pour répondre à la demande du poste précédent sans avoir de gaspillage (temps d'attente, transport, stock).

Le tableau ci-dessous est une synthèse de l'étude charge/capacité.

	Presse sub			Presse splice			Tapping		
	Charge	Capacité	Nombre	Charge	Capacité	Nombre	Charge	Capacité	Nombre
<b>lot 1</b>	64700	9896	7	0	9676	0.0	0	24189	0
<b>lot 2</b>	38135	9896	4	0	9676	0.0	0	24189	0
<b>lot 3</b>	0	9896	0	80740	9676	8.3	61065	24189	3
	RBK			Twist Manuel			Coupe Tube		
	Charge	Capacité	Nombre	Charge	Capacité	Nombre	Charge	Capacité	Nombre
<b>lot 1</b>	27350	5498	5	0	8356	0.0	64700	131940	0.5
<b>lot 2</b>	0	5498	0	13600	8356	1.6	0	131940	0
<b>lot 3</b>	21650	5498	4	7600	8356	0.9	0	131940	0

Tableau 18: Détermination des nombres de postes critiques pour chaque îlot via étude charge/capacité

Le tableau suivant représente les affectations des postes à chaque îlot :

Ilot	Poste	Nbr	Ilot	Poste	Nbr
<b>Ilot 1</b>	Coupe (Kappa)	2	<b>Ilot 3</b>	Twist manuel	1
	Préparation de câble	1		Centre strip	3
	Dénudage	1		Splice	9
	Sertissage manuel	3		Bondage (taping)	3
	Sertissage automatique	4		RBK	4
	Torsadage	1		Chauffage manuel	1
	Coupe tube	1	<b>Ilot4</b>	Coupe (Kappa)	2

	RBK	5		Sertissage A	5
<b>Îlot 2</b>	Sertissage manuel	4		Sertissage B	5
	Twist manuel	2		Raychem	3
	Chauffage manuel	1		Chauffage manuel	1

Tableau 19: Affectation des postes aux îlots indépendants

## Implantation des îlots indépendants – méthodes de mise en ligne

Après avoir identifié les îlots de production indépendants, il faut procéder à l'implantation de chaque îlot. L'implantation idéale doit suivre le plus possible la gamme de fabrication. C'est pour cela que l'on cherchera à mettre en ligne les machines. Cela peut se faire de multiples façons. Nous présenterons deux méthodes : la méthode des antériorités et la méthode des rangs moyens.

Dans un premier temps il est convenable de séparer les îlots indépendants comme déjà établie dans le tableau y, afin d'y mener les différentes étapes de la méthode.

Nous allons présenter la méthode des antériorités et celle du rang moyen juste aux îlots 1 et 3 respectivement afin d'éviter l'encombrement des tableaux. Les résultats de l'étude seront exposés par la suite.

### Application de la méthode d'antériorité à l'îlot 1

#### Étape 1 – On établit le tableau des antériorités.

Pour établir ce tableau, on place dans chaque colonne l'ensemble des machines qui interviennent dans une gamme avant la machine considérée.

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M11	M18	M9
	M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
	M3		M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2
			M3	M3	M3	M6	M3	M7	M3
			M7	M6		M3	M6	M3	M18
			M18	M7			M7	M6	
			M9	M18			M18		
			M17				M5		

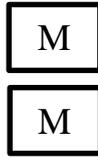
Tableau 20: Tableau d'antériorité pour la gamme de fabrication de l'îlot 1 -Étape 1-

#### Étape 2 : On place et on raye les machines qui non pas d'antériorité

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M11	M18	M9
	<del>M1</del>		<del>M1</del>						
	M3		M2						
			M3	M3	M3	M6	M3	M7	M3
			M7	M6		M3	M6	M3	M18
			M18	M7			M7	M6	

			M9	M18			M18		
			M17				M5		

Tableau 21: Tableau d'antériorité pour la gamme de fabrication de l'îlot 1 -Etape 2-



On procède par la même manière et on barre toutes les machines qui n'ont pas d'antériorité en les plaçant successives

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M11	M18	M9
	M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
	M3		M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2
			M3	M3	M3	M6	M3	M7	M3
			M7	M6		M3	M6	M3	M18
			M18	M7			M7	M6	
			M9	M18			M18		
			M17				M5		

Tableau 22: Tableau d'antériorité pour la gamme de fabrication de l'îlot 1 -Etape 3-

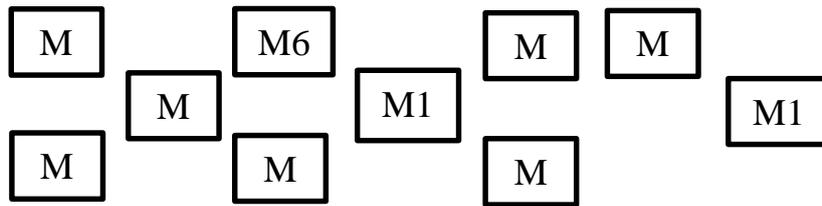


Figure 30: Configuration finale de la mise en ligne de l'îlot 1

Finalement la figure précédente représente l'implantation de l'îlot 1 avec la méthode de mise en ligne KUZACK. Nous allons maintenant présenter l'implantation de l'îlot 3 avec la méthode du rang moyen.

### Application du rang moyen à l'îlot 3

Pour chaque machine, on calcule un rang moyen qui est la place moyenne de cette machine dans les gammes de fabrication.

		M8	M10	M11	M12	M16	M17
Îlot 3	Twist 2	2	3			1	
	Twist 3	2		3		1	
	Twist 4					1	
	Splice 1	2	3		1		4
	Splice 2	2		3	1		
	Splice 3	2	3	4	1		

	<b>slv 2</b>	2	3		1		
	<b>slv 3</b>	2		3	1		
	<b>Total des rangs</b>	14	12	13	5	3	4
	<b>nombre de rangs</b>	7	4	4	5	3	1
	<b>rang moyen</b>	2	3	3.25	1	1	4

rangs : somme des rangs de chaque poste (exemple : 14 = 2+2+2+2+2+2+2)

e rangs : Nombre de fois ou la machine apparait dans la gamme

Rang moyen = total des rangs / nombre de rangs

Nous avons classé le tableau précédent dans l'ordre croissant des rangs moyens. Les machines ayant le plus petit rang moyen sont placées dans le début de la ligne suivi de celle dont le rang moyen est le suivant, ainsi de suite selon un ordre croissant.

Tableau 23: Tableau de calcul des rangs moyens pour chaque machine

		M12	M16	M8	M10	M11	M17
<b>Îlot 3</b>	<b>Twist 2</b>		1	2	3		
	<b>Twist 3</b>		1	2		3	
	<b>Twist 4</b>		1				
	<b>Splice 1</b>	1		2	3		4
	<b>Splice 2</b>	1		2		3	
	<b>Splice 3</b>	1		2	3	4	
	<b>slv 2</b>	1		2	3		
	<b>slv 3</b>	1		2		3	
	<b>Total des rangs</b>	5	3	14	12	13	4
	<b>nombre de rangs</b>	5	3	7	4	4	1
	<b>rang moyen</b>	1	1	2	3	3,25	4

Tableau 24: Classement des machines de l'îlot 3 selon l'ordre croissant de leurs rangs moyens

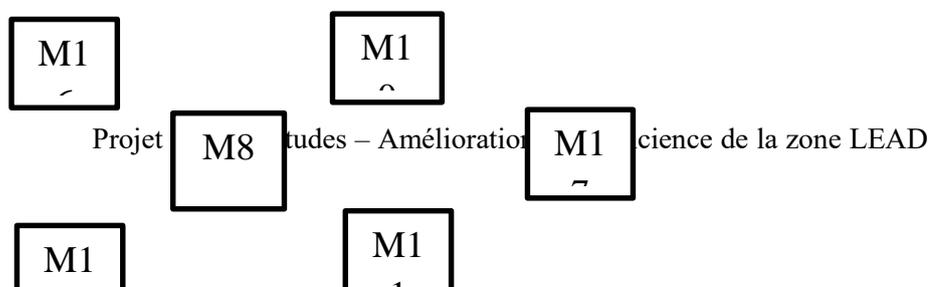
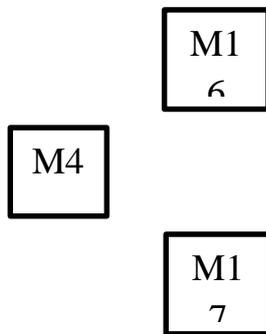


Figure 31: Mise en ligne des machines de l'îlot 3

La figure ci-dessus représente donc la configuration de la mise en ligne des machines de l'îlot 3. Nous avons mené la même étude pour les îlots 2 et 4, les résultats de la mise en ligne sont représentés dans les figures x et y respectivement.

**Îlot 2 :**



**îlot 4 :**

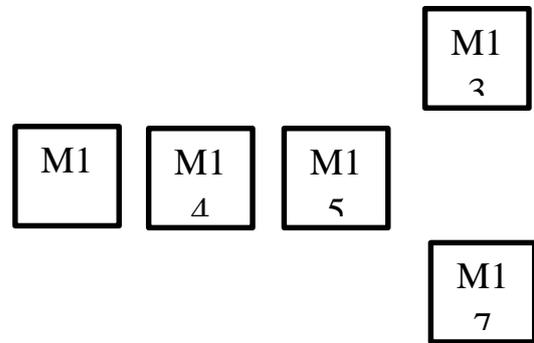


Figure 32: Mise en ligne des machines de l'îlot 2 et l'îlot 4

#### **Étape 4 : Tracer la nouvelle l'implantation**

Voici la nouvelle implantation des postes :

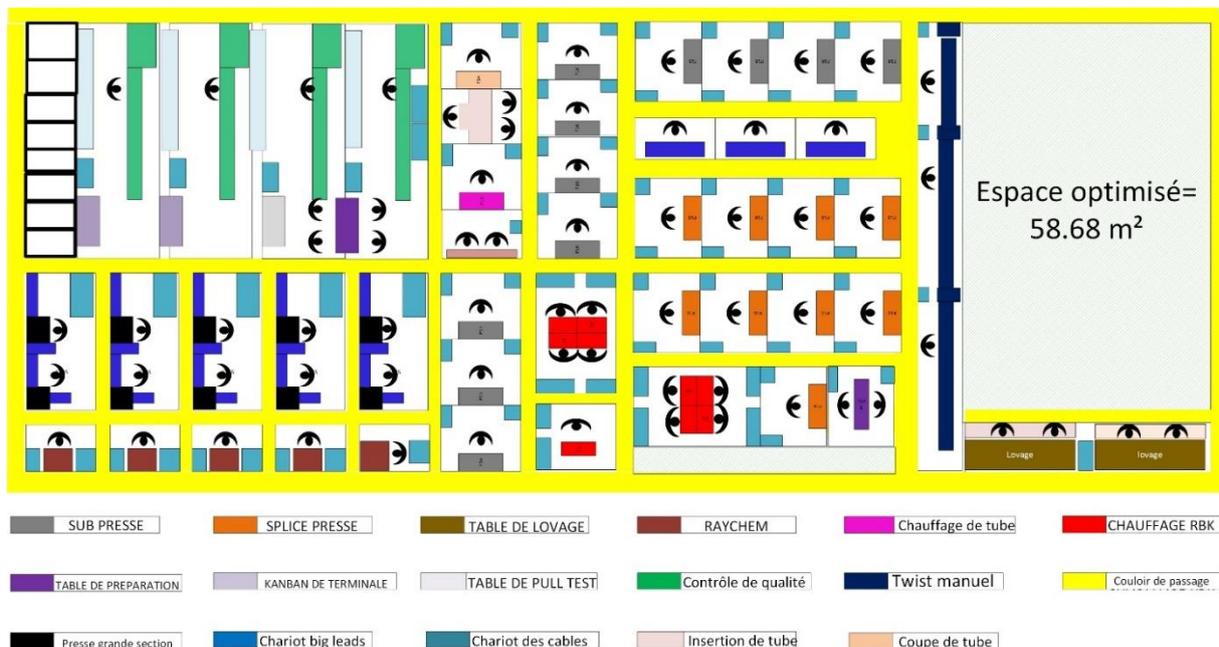


Figure 33: Nouveau Layout de la zone S&S

## 2.2. Conception de système de déroulement de bobine :

### 2.2.1. Analyse de l'existant

Dans ce paragraphe, nous allons cerner le problème existant, et ceci pour définir clairement les différents aspects de la méthode actuelle de déroulement des bobines. Ainsi, on fait appel à la méthode QQQCP, pour définir le problème puis on décrit les éléments mis en jeu lors du déroulement, et finalement, on explicitera les risques engendrés par l'opération actuelle.

#### 2.2.1.1. Définition du problème

L'opération de la coupe nécessite le montage des bobines sur un dérouleur. La méthode QQQCP nous a permis de bien définir l'opération de déroulement et collecter les informations nécessaires pour l'identifier :

<p><b>Qui ?</b></p> <p>Qui est concerné par le problème ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le département ingénierie</li> <li>• Le département qualité</li> <li>• Le département production</li> <li>• L'unité responsable de la zone S&amp;S</li> </ul>
<p><b>Quoi ?</b></p> <p>C'est quoi le problème ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de système du déroulement de bobine</li> <li>• Affection de la productivité : arrêt fréquent de la machine</li> <li>• Problème de sécurité : déplacement brusque de la bobine</li> <li>• Non-qualité : défauts de coupe et de pré-dénudage</li> </ul>

Où ? Où apparait le problème ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La zone S&amp;S – postes de coupe KAPPA</li> </ul>
Quand ? Quand apparait le problème ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depuis le lancement du projet P32S</li> </ul>
Comment ? Comment l’opération est faite actuellement ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L’opérateur positionne la bobine verticalement sous la machine de coupe sans standard ni mesure de sécurité.</li> </ul>
Pourquoi ? Pourquoi résoudre le problème ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répondre aux normes de sécurité</li> <li>• Répondre aux exigences de la qualité</li> <li>• Diminuer les temps d’arrêt</li> </ul>

Tableau 25: Méthode QQQCP

L’état actuel (voir fig ci-dessous) engendre plusieurs problèmes au niveau de la sécurité de l’opérateur et au niveau de la qualité du produit :

Quand le câble se rapproche de sa fin (voir fig ci-dessous), on se retrouve toujours dans le blocage du câble de la bobine (voir fig ci-dessous), ce qui va causer un problème de sécurité pour l’opérateur car la bobine se déplace avec une grande vitesse, une perte du temps de production puisqu’il faut arrêter la machine pour libérer le câble, en outre ce problème engendre des gaspillages de la matière première par ce qu’il faut couper la partie affectée

Pour cela nous nous sommes lancé dans la conception d’une solution permettant d’assurer la sécurité de l’opérateur, de diminuer le temps d’opération et les défauts de qualité engendrés par ce problème.

### 2.2.1.2. Les éléments mis en jeu

L’opération de déroulement étudiée fait intervenir plusieurs composantes. Ils exigent plusieurs contraintes qui sont la source d’apparition du problème. Ainsi, on cite deux éléments essentiels :



Figure 34: Etat actuel de la bobine

- **Coupe des câbles par la machine KAPPA 330** : c'est une machine automatique de coupe et de dénudage des câbles électriques de cadence élevée (voir fig ci-dessous). La machine tire le câble de la bobine puis procède à la coupe et au dénudage de ce dernier.



Figure 35: Machine Kappa 330

- **Les bobines des câbles électriques** : elles pèsent entre 15 Kg à 30 kg. Elles sont livrées à une position verticale, et positionnées sur des petits chariots (voir fig ci-dessous).



Figure 36: Bobines des câbles

Dans un premier temps nous avons réalisé une analyse fonctionnelle externe pour cerner le problème et porter une attention particulière au système et à ses interactions avec le milieu extérieur.

### 2.2.2. Analyse fonctionnelle externe

Une analyse fonctionnelle progresse suivant trois phases :

**Phase1** : Recherche du besoin fonctionnel en utilisant l'outil « BÊTE A CORNE ».

**Phase2** : Recherche des fonctions de service qui consiste à étudier le système. Le but est de découvrir et de dresser la liste de tous les éléments du milieu extérieur en contact avec le système en question. Pour cela on utilise l'outil « Pieuvre ».

**Phase3** : caractérisation et hiérarchisation :

**Caractérisation** :

- Mettre en évidence la performance que devra atteindre le système.
- Rechercher les critères d'appréciation pour chaque fonction de service.
- Préciser le niveau de flexibilité pour chaque critère d'appréciation.

### Hiérarchisation :

- Jugement sur la fonction de service accordée par l'utilisateur.

### Phase 1 : Recherche du besoin fonctionnel

Pour identifier le besoin nous utilisons la méthode de bête à cornes qui repose sur trois questions comme illustré dans la figure ci-dessous :

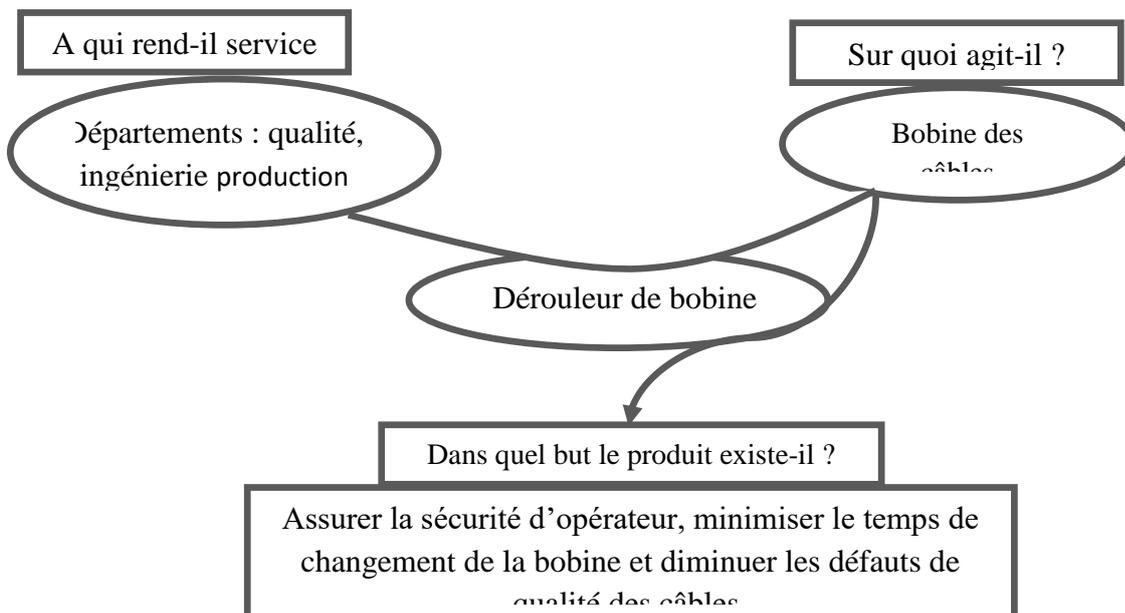


Figure 37: Diagramme bête à cornes

### Phase 2 : Recherche des fonctions de service

On recherche donc les fonctions liées à la phase d'utilisation. Afin de rechercher les différentes fonctions liées à cette situation de vie, on énumère les différents milieux extérieurs concernant celle-ci.

Ces milieux extérieurs sont :

- |                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| - La bobine                     | - Energie                |
| - La machine « KAPPA »          | - Cout                   |
| - Emplacement                   | - Département de qualité |
| - Sécurité                      | - Service de production. |
| - Département de la maintenance |                          |

Le diagramme Pieuvre ci-dessous nous permet de dresser les relations du système avec son milieu extérieur en définissant ses différentes fonctions principales et fonctions contraintes.

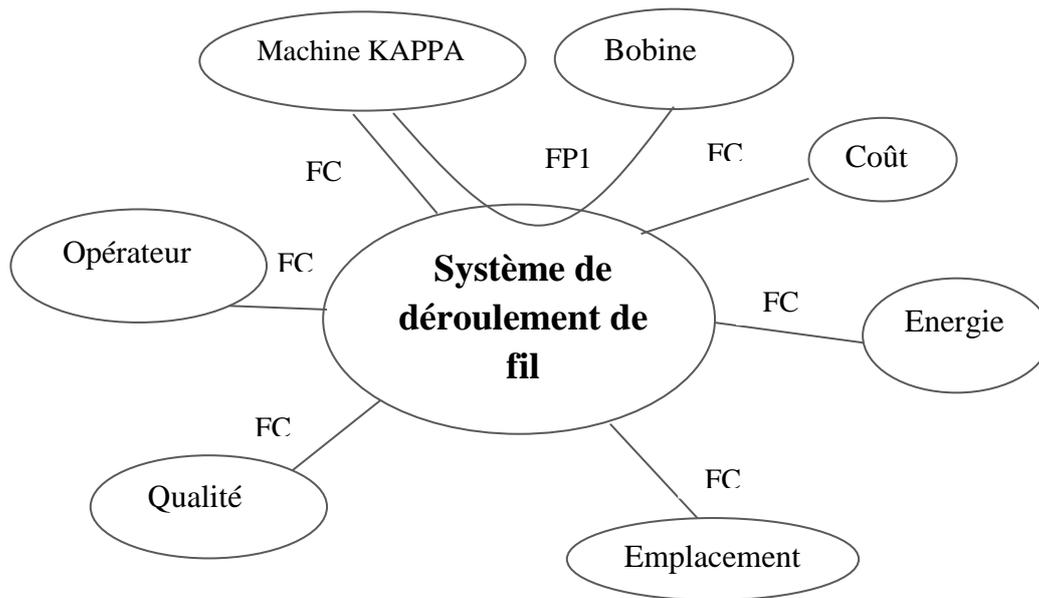


Figure 38: Diagramme de Pieuvre

Fonction	Libellé
FP	Permettre à la machine de dérouler les câbles de la bobine
FC	Assurer la sécurité des opérateurs
FC	Diminuer la non-qualité
FC	Respecter les contraintes de fonctionnement de la machine KAPPA
FC	Avoir un encombrement minimal
FC	Se réaliser avec un coût optimal
FC	Consommer une énergie minimale

Tableau 26: Libellés des fonctions

### Phase 3 : Caractérisation et hiérarchisation

Désignation des fonctions	À quoi sert ce produit ? Quelles sont les contraintes à respecter ?
<b>K</b>	Poids relatif de chaque fonction
<b>Critère</b>	Quels sont les critères qui nous permettent de juger de l'atteinte, ou non, de la fonction ?
<b>Niveau</b>	Quel est le niveau idéal que devrait atteindre ce critère ?
<b>Flexibilité</b>	Quelles sont les limites, à l'intérieur desquelles le critère sera satisfait, pour permettre la réalisation de la fonction ?
<b>F</b>	Sur quels critères sommes-nous prêts à accepter des changements ?
<b>Taux d'échange</b>	Quelle valeur de critère serions-nous prêts à échanger contre quelle autre valeur de critère ?

Tableau 27 caractérisation des fonctions principales et contraintes du système

<b>Facteur K</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Importance</b>	Utile	Nécessaire	Importante	Très importante	Vitale

Tableau 28 : facteur k, poids relatif des fonctions entre elles

<b>Classes de flexibilité</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Niveaux de négociation</b>
<b>F0</b>	Nulle	Impératif
<b>F1</b>	Faible	Peu négociable
<b>F2</b>	Bonne	Négociable
<b>F3</b>	Forte	Très négociable

Tableau 29: Classes de flexibilité et niveaux de négociation possibles

### Cahier des charges fonctionnel :

<b>N</b>	<b>Désignation des fonctions</b>	<b>K</b>	<b>Critères</b>	<b>Niveaux</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>F</b>
<b>1</b>	Permettre à la machine de défiler le câble de la bobine	5	Poids	[15 kg-30 kg]	-	0
			Diamètre	Intérieur : 230 mm Extérieur: 400 mm	-	
			Hauteur	320 mm	-	0
<b>2</b>	Avoir un encombrement minimal	3	Dimensions de l'ensemble d'installations	Largeur : 70 cm Longueur : 2 m	-	
<b>3</b>	Se réaliser avec un cout optimale	3	Taux d'amortissement	inférieure à 6 mois	±	
<b>4</b>	Consommer une énergie minimale		Consommation d'énergie (électrique ou pneumatique)	0 consommation	-	
<b>5</b>	Etre facile à maintenir	3	MTBF	8000 h	±500	2
<b>6</b>	Diminuer la non-qualité	4	Poids des rebuts (scrap) kg	0 kg	±500 g	1
<b>7</b>	Assurer la sécurité des opérateurs	5	Ergonomie et normes de sécurité	-	-	0

### 2.2.3. Conception du dérouleur de câble :

Nous avons pensé à concevoir un système qui résoudra à la fois les problèmes de qualité sécurité et disponibilité de la machine KAPPA. Nous avons dupliqué l'emplacement de la bobine pour réduire au maximum les temps de changement de cette dernière. L'opérateur positionne le chariot portant la bobine de façon à ce que son centre et celui du cylindre (fig.) soient coaxiales. Une fois la bobine montée et le câble inséré, la machine tire ce dernier. Grâce aux roulements (fig.) installés entre l'arbre (fig.) et le cylindre (fig.), la bobine tourne et le câble se déroule pour approvisionner la machine.

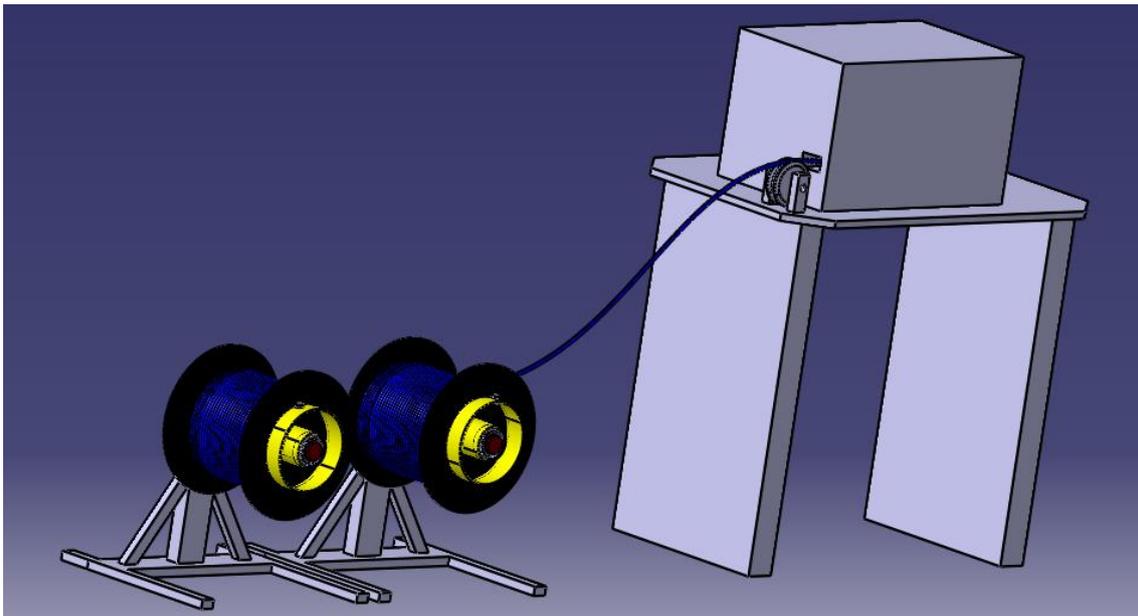


Figure 39: Conception du dérouleur de câble via le logiciel CATIA

### Vérification de la résistance de l'arbre :

L'arbre (voir fig. ci-dessous) subit une contrainte de flexion imposée par le poids de la bobine et par le poids du cylindre (en jaune) qui joue le rôle d'axe de guidage en rotation pour la bobine. Donc on est amené à faire une étude RDM à travers le logiciel RDM 6 pour vérifier la résistance en flexion de notre arbre.

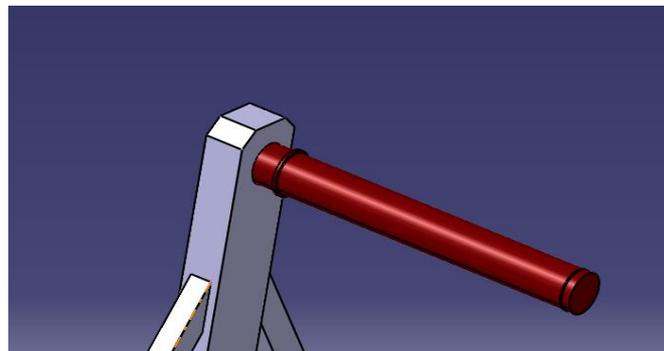


Figure 40: Arbre du dérouleur

- Les contraintes : Charge uniformément répartie imposé par bobine : puisque la masse maximale de la bobine est 30 kg, et sa hauteur est 320 mm donc la charge est : **C1=0.94 N/mm**
- Charge uniformément répartie imposé par bobine : de même la masse du cylindre est 12 kg, et sa hauteur est 345 mm donc la charge est : **C2=0.35N/mm**
- Poids de l'arbre **P=67 N**

### L'étude sur RDM 6 :

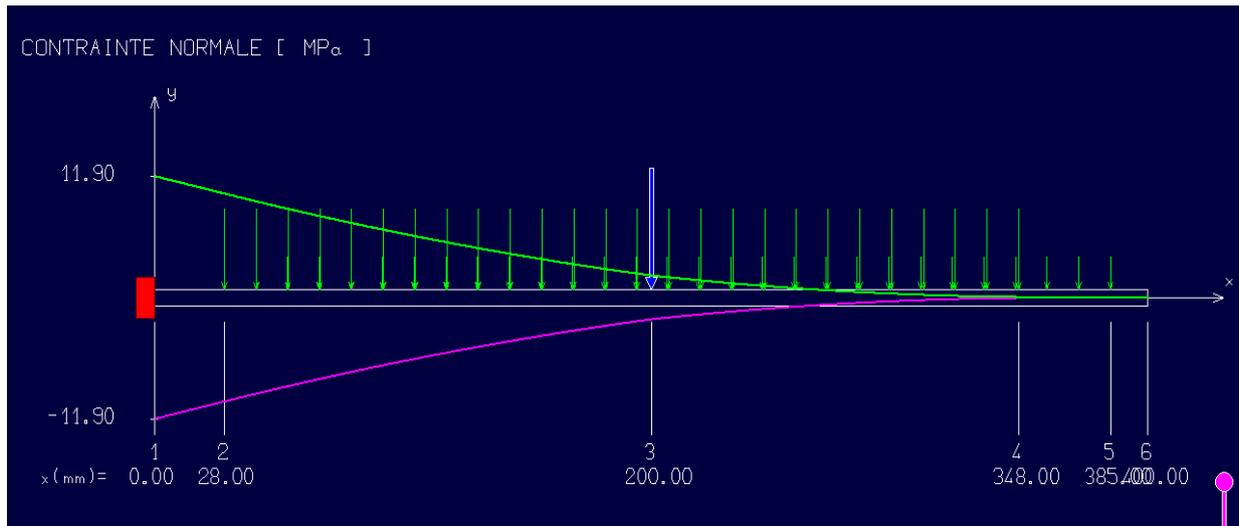


Figure 41: Etude RDM

Nous avons choisi un acier de construction comme matériau de fabrication vu sa robustesse et son cout moins cher. Dans le logiciel RDM6, nous avons saisi les charges appliquées sur l'arbre, son diamètre, sa longueur, sa liaison avec le bâti et son type de matériau (acier).

Nous observons que la contrainte maximale est de 11.9 MPa qui est inférieur à la limite d'élasticité de l'acier (250 MPa). Donc l'arbre peut largement résister à la contrainte de flexion (11.9 MPa << 250 MPa).

### 3. VSM future et gains :

Nous entamons dans cette partie les résultats des actions d'améliorations apportées au processus de production du câble Screen ainsi que la VSM future.

#### 3.1. Gains

Ces deux actions vont apporter des gains de productivité et d'espace

##### Espace et organisation :

Le nouveau processus a permis de réduire le nombre de postes :

Poste	Nbr actuel	Nbr futur	Poste	Nbr actuel	Nbr futur
Presse sub	14	11	Coupe et torsadage sheild	2	0
Presse splice	15	9	Bondage PVC	2	0
Centre strippe	5	3	Lovage	3	2
Chauffage RBK	7	9	Bondage tape	4	2

Tableau 31: Réduction des nombres des postes

Ainsi, et en utilisant une bonne implantation nous avons pu optimiser **58.68 m<sup>2</sup>** d'espace. Ce dernier pourra être utilisé pour ajouter des machines supplémentaires ou pour lancer un nouveau projet.

### Déplacement :

La mise en ilots des machines par implantation et la réduction du nombre de postes par le nouveau processus vont bien organiser le travail. Ceci va permettre, par la suite, de réduire le nombre et le temps des déplacements des opérateurs et des produits entre postes. Le diagramme SPAGHETTI suivant illustre les nouveaux flux de matière de chaque processus après l'établissement des actions d'amélioration.

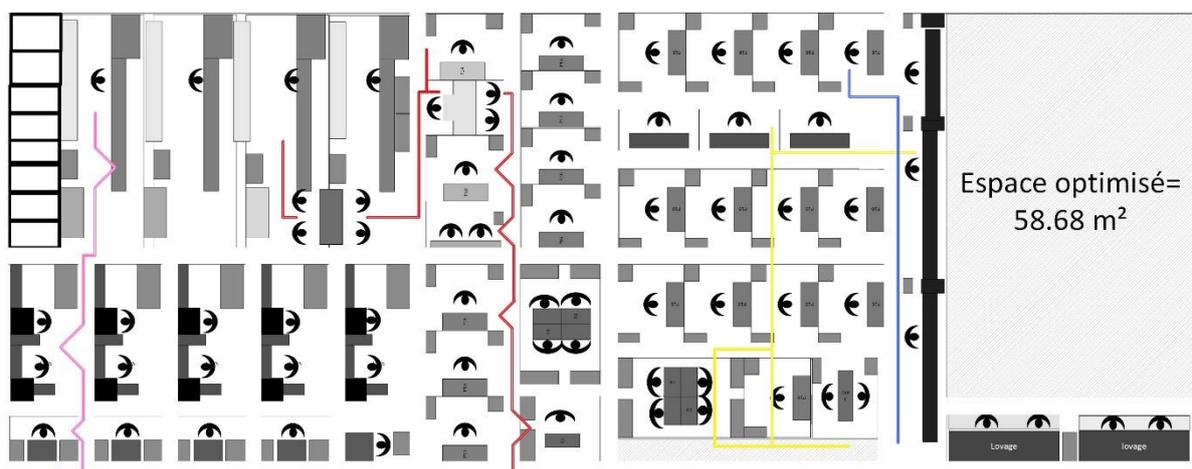


Figure 42: Diagramme Spaghetti futur

Le temps de déplacement que nous avons gagné est la différence entre le total des temps moyens actuels enregistrés pour un shift (440min) et celui des temps moyens futurs. En effet, nous avons pu réduire ces temps de **0.8h/shift** c'est-à-dire **48 min** par shift

### Temps de cycle total :

Le système de déroulement permettra de réduire les temps d'arrêts des machines de coupe KAPPA pour le changement de bobine. On passera de **3 minutes à 10 secondes** pour chaque changement. Donc une diminution de **88.8%** des temps de changement.

A travers la ré-conception du processus Screen nous avons pu réduire le nombre d'opération à savoir : Lovage – bondage– coupe sheild – torsadage sheild – sertissage sheild - contrôle qualité.

En effet, le temps de cycle total passera de 14h52min à 5h21min. Ce qui fera une réduction de **60.64%** du délai de production.

### Qualité :

A travers la ré-conception du processus nous avons pu aussi éliminer les défauts de la qualité suivants :

- **Brins hors sertissage** ; car le sertissage se fera sur isolant (tube) au lieu de sertir directement les brins du sheild
- **Câble non étanche** ; car le tube protégera le sheild et la gaine RBK renforcera la protection.

Défaut	Actuel	Futur
<b>Brins hors sertissage</b>	236	0
<b>Câble non étanche</b>	127	0

Tableau 32: Différence des défauts qualité entre l'état actuel et futur pendant un mois

Comme le montre le tableau en dessus, nous avons pu éliminer à **100%** ces deux défauts.

En outre, le système de déroulement de fils va éliminer à **100%** les rebuts au niveau de la machine de coupe KAPPA et évitera le débordement des fils lors du déroulement.

Il éliminera aussi le risque du déplacement brutal de la bobine ainsi nous avons amélioré l'ergonomie du poste en éliminant le risque.

### 3.2. VSM Future



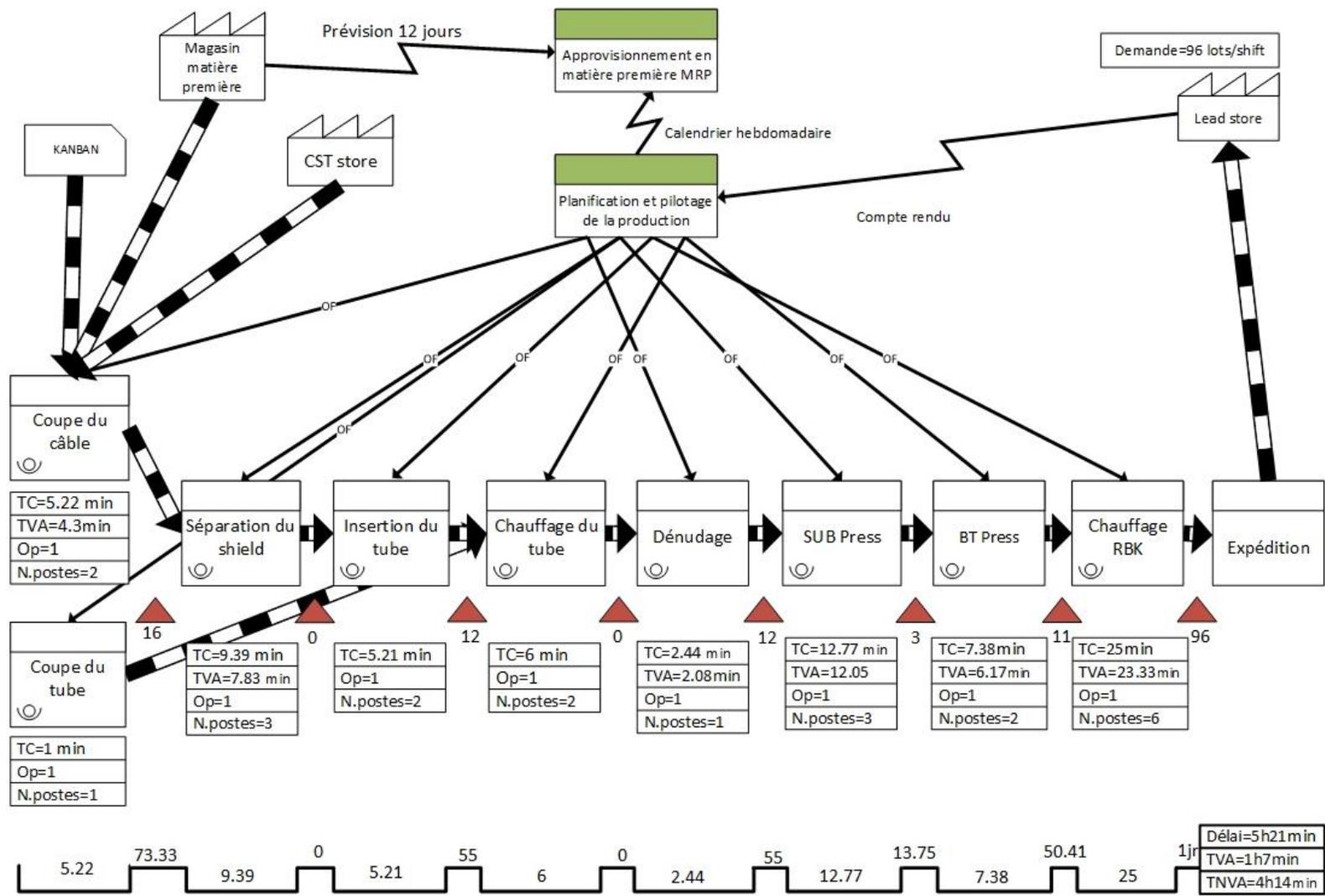


Figure 43: Cartographie VSM future du processus Screen

<b>Gains processus Screen</b>			
	<b>Actuel</b>	<b>Futur</b>	<b>Gains</b>
Réingénierie du processus	236 ppm défauts par : brins hors sertissage	0 ppm défaut brins hors sertissage	Réduction de 100% du défaut brins hors sertissage
	127 ppm défauts : câbles non étanche	0 ppm défaut : câble non étanche	Réduction de 100% du défaut câble non étanche Réduction de 98% des réclamations client
	8 opérations à NVA	3 opérations à NVA	Réduction de 62.5% des opérations à NVA
	TC total = 14h52min	TC total = 5h21min	Réduction de 64% du temps de cycle total
	14 opérateurs	10 opérateurs	Réduction de 4 opérateurs
Conception du dérouleur de câble	Temps d'arrêt kappa pour changement de bobine = 60 s	Temps d'arrêt kappa = 10 s	Réduction de 83.33 % des temps d'arrêt pour changement
	Risques: déplacement brutal de la bobine débordement du câble	0 risque	Elimination des risques
	23 kg scrap lié au mauvais déroulement Mauvaises postures de l'opérateur pour changement de bobine	0 kg scrap lié au mauvais déroulement Bonne ergonomie du poste	Efforts minimal de l'opérateur
Réimplantation de la zone S&S	440min de déplacement	392min de déplacement	Réduction de 48min=0.8h/shift des déplacements
	Espace gaspillé	Espace optimisé	58,62 m2 d'espace optimisé
	Poste mal organisé et flux complexe	Flux linéaire et meilleur aménagement des poste	Bonne organisation de la zone
	Réglage fréquent des applicateurs à cause de leur changement	Moins de réglage grâce au dédicace des postes	Haute maintenabilité et fiabilité des applicateurs



# Chapitre 3 : Amélioration du processus de fabrication des câbles « Big Leads »

Dans ce chapitre nous allons cartographier la chaîne de valeur du processus de production des câbles Big Leads à l'aide de l'outil VSM. Cette cartographie nous servira de base pour déterminer les gaspillages que nous analyserons afin de les éliminer. Pour cela nous allons présenter un plan d'action afin de remédier aux problèmes détectés. Enfin nous présenterons la cartographie future et les gains au niveau du processus après y avoir porté les améliorations nécessaires.

## 1. Définition et analyse de l'état actuel

### 1.1. Cartographie du processus « Big Leads »

Dans le but de présenter le flux physique et le flux d'informations étudiés, d'une manière simplifiée et plus formelle, de cette famille de produits d'une manière simplifiée et plus formelle, nous avons cartographier la chaîne de valeur après avoir regrouper les données nécessaires. La cartographie VSM nous servira afin de détecter les tâches à non-valeur ajoutée.

#### 1.1.1. Définition du processus de fabrication du « Big Leads »

Le processus de fabrication des câbles Big Leads est moins compliqué que celui du Screen, le diagramme Sipoc résumant le processus en question est le suivant :

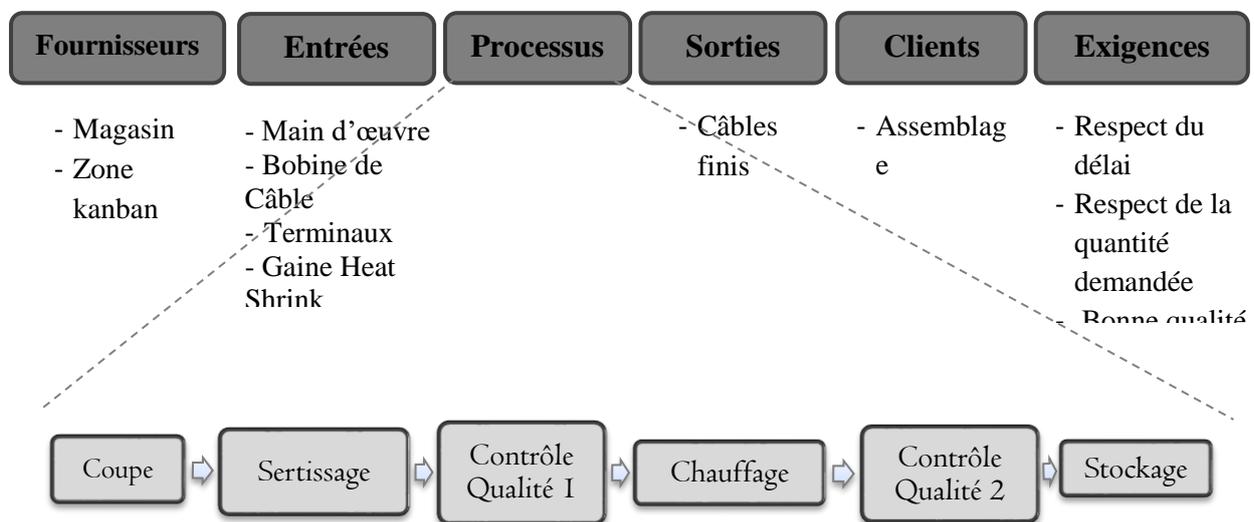


Figure 44: SIPOC du processus Big Leads

Le flux d'information du processus Big Leads est similaire à celui du processus Screen car les deux processus appartiennent à la même zone dite S&S. Il est convenable de calculer les temps de cycle des opérations du processus en question.

### 1.1.2. Calcul du temps de cycle

Le temps de cycle de chaque poste dépend de la longueur et la section du câble à produire, plus la section et la longueur sont grandes plus le temps de cycle du câble est important. C'est pour cela que nous avons choisis de se baser sur la référence du câble ayant à la fois la plus grosse section et la plus grande longueur.

Les résultats des chronométrages effectués sont présentés dans le tableau suivant :

<b>Element de description</b>	<b>TC(min)</b>	<b>TVA(min)</b>
<b>Coupe des câbles</b>	1.10	1.00
<b>Sertissage côté A</b>	1.8	1.43
<b>Sertissage côté B</b>	1.93	1.57
<b>Chauffage</b>	4.53	4.01
<b>total</b>	9.33	8.01

Tableau 34: Moyennes des temps de cycle pour chaque opération de fabrication du Big Leads

D'après les résultats de ce tableau, nous notons que le chauffage des deux coté A et B est une opération dont le temps de cycle est très élevé.

### 1.1.3. Dessin de la cartographie actuelle VSM



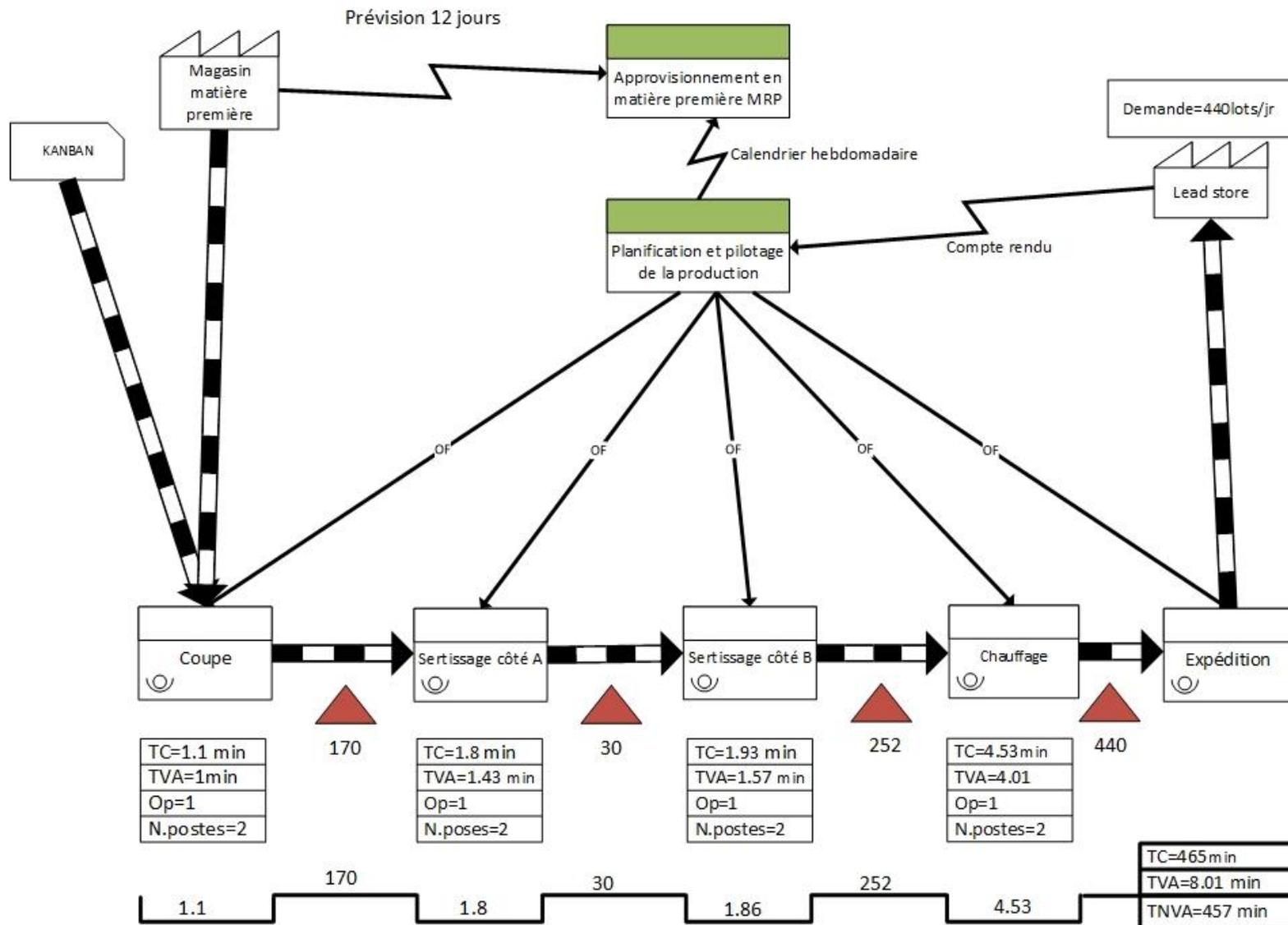


Figure 45: Cartographie VSM du processus Big Leads

## **Analyse de la VSM :**

Pour répondre à la demande client étant de 440 bouquets par jour, le processus s'étale sur un temps de cycle total de 465 min dont seulement 8.01min de valeur ajoutée.

La grande partie du temps gaspillé est l'attente du stock intermédiaire avant le poste de chauffage. En outre, le temps de cycle du chauffage est très supérieur aux autres temps de cycle. Donc nous constatons que le poste de chauffage est un poste goulot.

Nous allons traiter par la suite les différents gaspillages au niveau de ce processus dans les étapes suivantes.

### **1.2. Analyse des gaspillages**

#### **1.2.1. Identification des sources de gaspillage**

A l'aide des observations des opérateurs sur terrain, nous avons pu constater un nombre de gaspillages susceptibles de bloquer l'atteinte des objectifs. Les sept MUDAs qui se manifestent dans ce processus ont été relevés et regroupés dans le tableau ci-dessous :

#### **1.2.2. Détermination des gaspillages critiques**

<b>MUDAS</b>	<b>ILLUSTRATION DES MUDAS</b>
<b>RETOUCHES/rebut</b>	Défauts de qualité Déchet au niveau des machines de coupe Kappa
<b>Temps d'attente</b>	Réglage des applicateurs Arrêts des postes de chauffage
<b>Mouvements inutiles</b>	Déplacements des opérateurs Montée et descente du porte de sécurité des presses Discussions et gestes inutiles
<b>Stocks</b>	Stock de Matière Première Stock en cours

## Matrice de compatibilité

Après classement des sommes des criticités par ordre décroissant, le pourcentage de chaque gaspillage a été calculé ainsi que les pourcentages cumulés. La matrice de compatibilité ci-dessous regroupe les résultats obtenus.

Gaspillages	Criticité	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Stocks en-cours	210	25.30	25.30
Non qualité	182	21.93	47.23
Arrêt des postes de chauffage	169	20.36	67.59
Réglage des applicateurs	84	10.12	77.71
Déplacement de la porte de sécurité des presses	65	7.83	85.54
Discussions et gestes inutiles	52	6.27	91.81
Déplacements des opérateurs	40	4.82	96.63
Stock de MP (input de la presse)	16	1.93	98.55
déchet au niveau des Kappa	12	1.45	100.00

Tableau 36: Matrice de compatibilité des causes de gaspillage de Big Leads

## Analyse PARETO

Les résultats obtenus dans la matrice précédente, sont traduits par le graphe Pareto en dessous. La courbe représente les pourcentages des criticités selon les gaspillages détectés.

Tableau 35: Illustration des 7 MUDAs pour le Big Leads

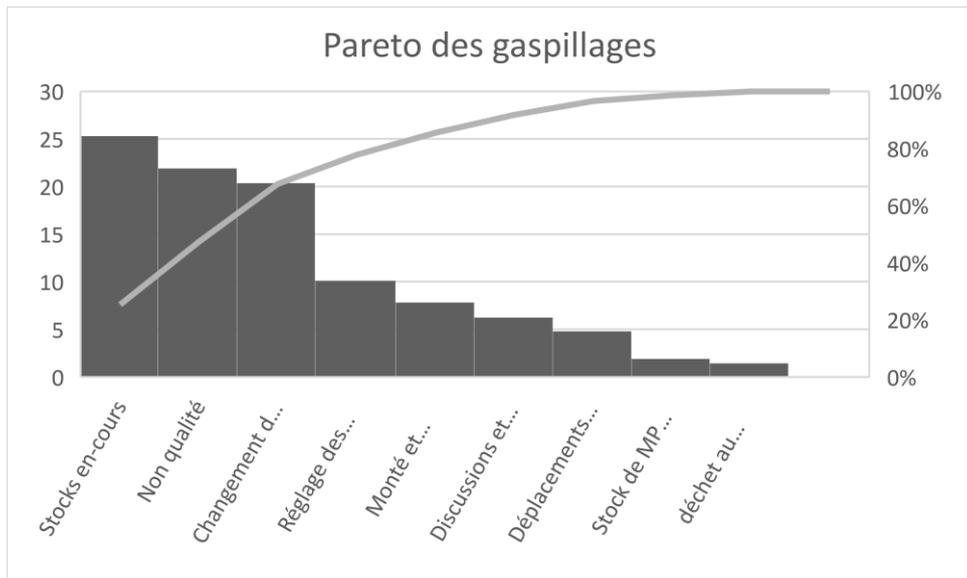


Figure 46: Analyse Pareto du processus Big Leads

Une analyse du Pareto montre que les gaspillages les plus critiques au niveau du processus Big leads sont les suivants :

- Stocks en cours
- Non qualité
- Arrêt des postes de chauffage

Cette analyse va nous permettre de mettre en évidence ces gaspillages en analysant chacun d'eux afin de trouver des solutions appropriées.

### 1.2.3. Analyse de la qualité :

Pour clarifier la situation de départ, nous avons effectué un diagnostic. Ce dernier consiste à quantifier les non-conformité lié à la production des câbles Big leads et de déterminer celle sur laquelle nous allons mener l'étude.

#### Détermination du défaut fréquent :

Le tableau suivant présente les quantités des défauts en ppm pendant un mois :

Défauts	Qté
Heat Shrink déchiré	173
Câble pincé	90
Terminal déformé	80
RBK mal positionné	40
Câble long	16
Terminal mal orienté	14
Branche mal chauffée	13
Back out	12
TR mal coupé	11
Terminal cassé	6
Brins hors sertissage	6
Manque Heat shrink	6
Brins abimés	6
total	473

Tableau 37: Quantité des non-conformités Big Leads

Les résultats du tableau en dessus sont présentés par la courbe Pareto suivante :

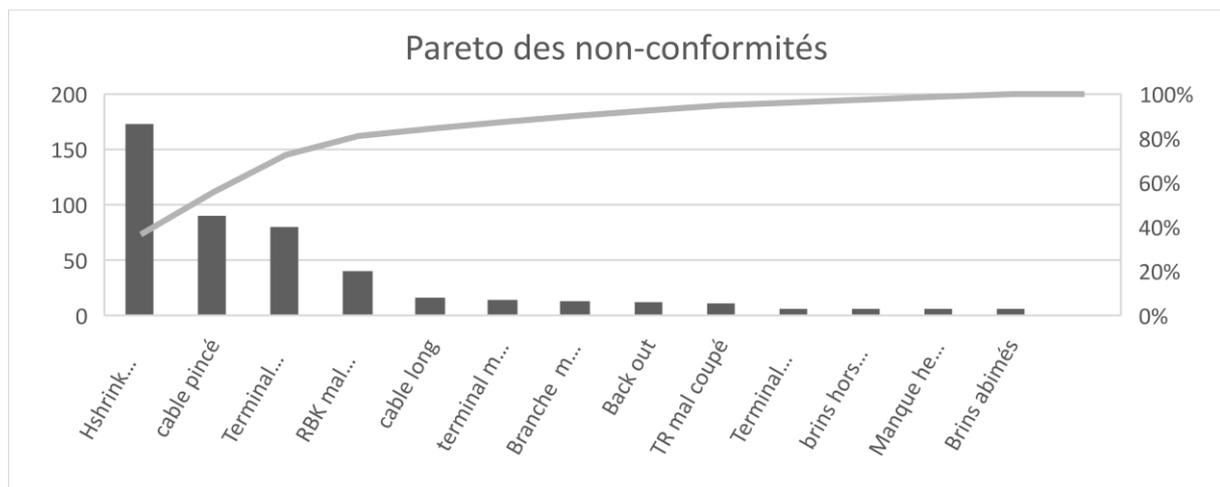


Figure 47: Pareto des non-conformités dans la zone Big Leads

Nous constatons que la majorité des défauts est le déchirement des joints Heat Shrink. En effet, cette dernière représente plus de 70% du total des non-conformité engendrées dans la production de ces types de câbles.

Ainsi, nous avons concentré nos efforts sur ce défaut de qualité. L'étape suivante consiste à définir les causes potentielles de ce défaut.

### Détermination et classification des causes :

Pour recenser toutes les causes potentielles, nous avons opté pour un brainstorming. Pour analyser ces causes nous avons utilisé le diagramme Cause-Effet également appelé le diagramme d'Ishikawa combiné à la méthode des 5M. Le diagramme permet de visualiser et analyser le rapport existant entre un problème et toutes ses causes possibles.

Les résultats du brainstorming ont été classés dans le diagramme causes-effets représenté ci-dessous :

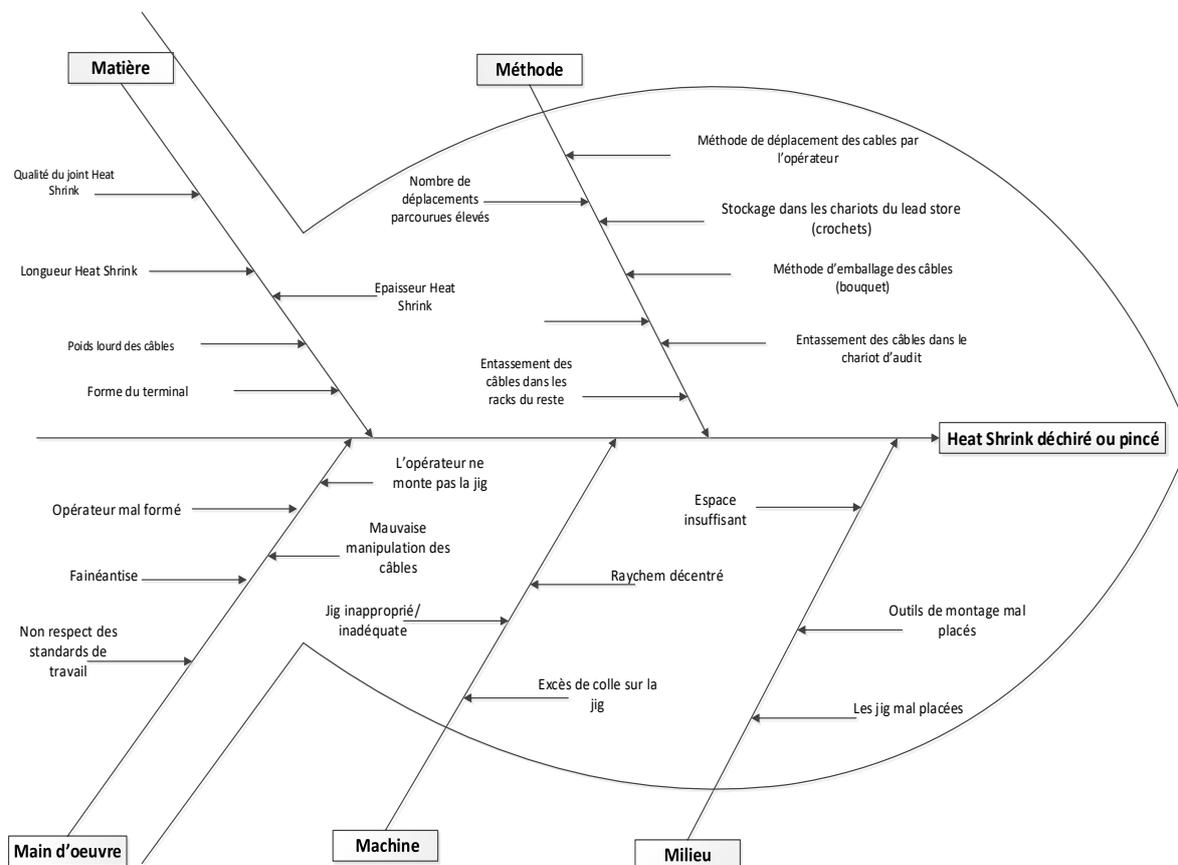


Figure 48: Diagramme cause-effet (Ishikawa) du défaut Heat Shrink déchirée

Maintenant que toutes les causes possibles sont recensées nous devons cerner davantage le problème en déterminant les causes racines provoquant ce genre de défaut. La méthode des 5 pourquoi c'est avéré adéquate pour définir les causes racines comme suite :

Effet	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5
<b>Heat Shrink déchirée/pincée</b>	Méthode de stockage dans le Lead Store est inadéquate	Terminaux sont en contact	Bouquets des câbles trop serrés	Les crochets sont incompatibles aux formes des terminaux	
	Méthode de stockage du reste est inadéquate	Terminaux sont en contact	Câbles entassés dans les racs du reste	Shift précédent n'a pas fini la quantité demandé dans le Daily Report	Raychem est un goulot d'étranglement

Tableau 38: Causes racines du défaut Heat Shrink déchirée par la méthode des 5 pourquoi

Il est maintenant claire que la première cause principale de ce défaut est la méthode d'accrochage des câbles finis. En effet, la forme du crochet est incompatible à la forme des terminaux ce qui rend le contact entre les câbles indispensables. Donc le frottement des Heat Shrink provoque le déchirement ou le pincement ces derniers.

En outre, l'entassement des câbles sous forme de stock intermédiaire en aval du poste de chauffage Raychem provoque aussi un frottement des câbles donc un déchirement au niveau des joints Heat Shrink. Ce stock excessif est expliqué par le fait d'avoir le poste de chauffage un goulot d'étranglement, c'est donc la deuxième cause racine de ce problème de qualité.

#### **1.2.4. Analyse et amélioration du poste goulot par application de la théorie des contraintes :**

Il est bien clair que le stock en cours est dû au non équilibre de la capacité entre les antérieur et postérieur. Cela signifie que le poste de chauffage (poste postérieur) est un goulot d'étranglement. Nous allons traiter ce problème par application de la théorie des contraintes.

##### **Etape 1 : Identifier la contrainte (le goulot) :**

Dans un premier temps, l'analyse du processus doit permettre de localiser le ou les goulots. Dans ce type de processus, l'identification de la contrainte reste facile car les encours s'accroissent devant le goulot. Néanmoins, pour plus de précision nous nous sommes basés sur la cartographie VSM établie auparavant.

Dans le cas évoqué, il s'avère que ce sont les postes de chauffage appelés Shuttle Return qui sont les goulots : la réponse à la demande de l'assemblage est donc déterminée par ces équipements.

<b>Elément de description</b>	<b>Moyenne TC (1 câble) min</b>	<b>Moyenne TC (1 bouquet=10 câbles) min</b>
<b>Coupe</b>	0,11	1,10
<b>Sertissage côté A</b>	0,19	1,93
<b>Sertissage côté B</b>	0,18	1,80
<b>Chauffage côté A</b>	0,26	2,63
<b>Chauffage côté B</b>	0,35	3,53
<b>Chauffage manuel</b>	0,18	1,75

Tableau 39: Moyennes des temps de cycle pour chaque opération de fabrication du Big Leads

Il faut impérativement concentrer les efforts d'amélioration sur cette partie de la production. Ainsi, sans investir et en appliquant des solutions simples mais partagées.

##### **Etape 3 : Rythmer l'usine au son du goulot**

Dans un second temps, les flux de l'usine doivent être mis sous contrôle et pilotés en fonction de la capacité des goulots, en suivant l'approche préconisée par la Théorie des Contraintes dite « Tambour - Tampons - Corde » (ou « Drum - Buffer - Rope » en anglais) :

## Etape 2 : Exploiter la contrainte (goulot)

L'exploitation du goulot est une priorité absolue, toute minute perdue étant perdue pour le système entier et cela définitivement. Nous procédons par une approche pragmatique et efficace qui consiste à interroger les personnels travaillant au plus près du goulot sur les événements qui le limitent.

Nous avons recensé toutes les interférences possibles que nous avons porté sur un diagramme appelé diagramme d'interférence comme suite

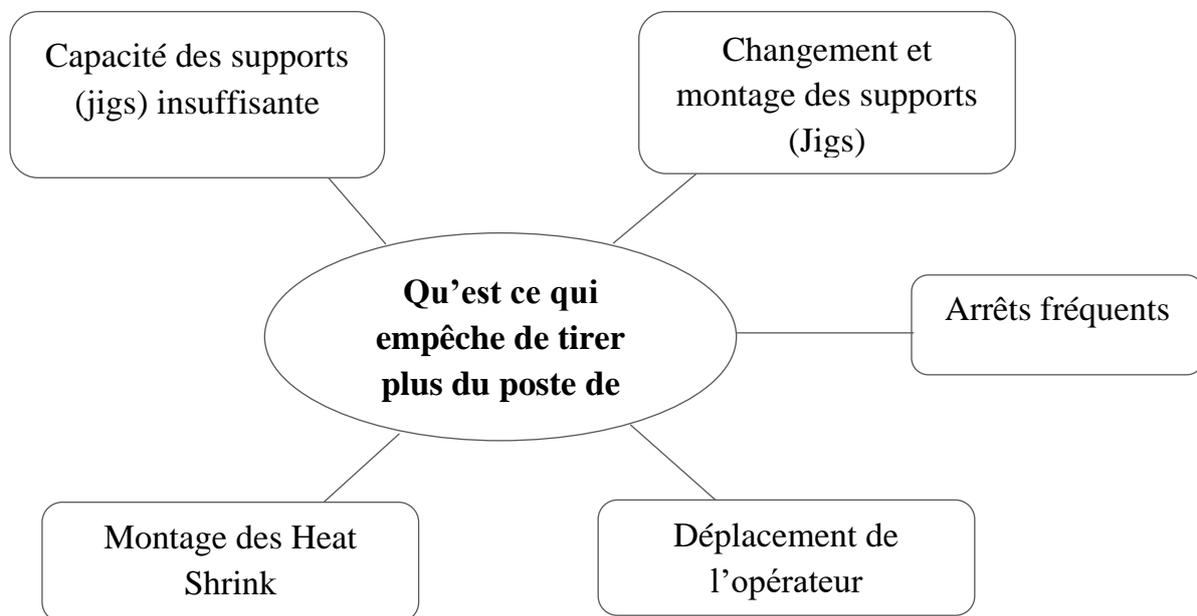


Figure 49: Diagramme d'interférence

Une fois les causes connues citées, il convient d'évaluer pour chacune d'elles le temps perdu qu'elle représente. Ceci réalisé, nous calculons pour chaque interférence son temps relatif par rapport au total. Nous l'exprimons par un pourcentage %.

Interférence	Moyenne des temps unitaire	Moyenne des Fréquence	Temps total	Pourcentage
Capacité du support jigs	Problème existe tout le temps			

<b>Montage et changement des jigs</b>	180 s = 3 min	10	1800 s = 30 min	63.83 %
<b>Déplacement de l'opérateur</b>	30	27	810 s	28.72 %
<b>Montage des Heat Shrink</b>	10 s	21	210 s	7.44 %

Tableau 40: Pourcentage du temps relatif perdu pour chaque interférence

Il reste à trier les interférences dans l'ordre décroissant de leur poids pour obtenir l'indication des priorités, c'est-à-dire, quelles interactions à éradiquer pour exploiter davantage le goulot. Il s'agit de concentrer les efforts sur les interactions les plus impactantes en priorité.

La figure en dessus montre qu'il est convenable de concentrer les efforts sur la capacité des supports (Jigs) du poste goulot, leur temps de montage et changement ainsi que les arrêts fréquents que connaît ce poste.

#### **Etape 4 : Augmenter la capacité du goulot**

Dans cette étape nous allons présenter les deux actions établis pour augmenter la capacité du poste goulot Shuttle Return, à savoir l'optimisation des jigs et l'automatisation du poste.

#### **Optimisation des jigs**

Le principe est d'optimiser le nombre de JIG existants afin de réduire leurs changements et montages puis d'augmenter le nombre d'emplacement des câbles dans les supports appelés JIGs destinés au chauffage. Cela permettra de réduire le temps de montage des câbles et d'assurer une gestion facile et souple de ces supports.

#### **Inventaire des jigs :**

Dans un premier temps, nous avons effectué un inventaire des JIGs afin d'établir un état actuel et de connaître où concentrer les efforts. Le tableau ci-dessous présente les différentes références de câbles destinés au chauffage avec leurs supports.

Ref Terminal	N° de Jig	Nbr de JIGs dispo	Ref Terminal	N° de Jig	Nbr de JIGs dispo
14003735	16	2	14004797	6	2
14004666	9	2	14004896	10	2
14004986	10	5	14005003	1	2
14005043	15	3	14003848	18	
14005066	10	4	14004911	25	2
14005245	11	2	14002517	24	2

14005416	2	2	14002357	18	
99718172	7	1	14004822	14	5
	10	5		17	2
				18	
14005603	23	1	14005219	25	2
14005614	4	3	14002516	14	5
14005269	15	3	81103080	42	
14005616	10	4	81101060	40	
14005062	3	4	81102080	41	
14004800	6	4	81101080	41	
14005730	30		14006563	43	2
14005619	12	3	14006599	44	1
14005717	3	4	14006212	6	2
14005848	1	2	14006770	45	2

Tableau 41: Différentes références de câbles destinés au chauffage avec leurs supports

Nous constatons un nombre important de supports (25 jigs), d'où la difficulté de leur gestion et l'augmentation du temps d'arrêt à chaque changement de lot. En outre, après la vérification des jigs, nous constatons l'inadéquation des jigs avec la forme des terminaux ce qui engendre des défauts de qualité. Pour remédier à ce problème nous procédons au regroupement des terminaux similaires pour concevoir des nouveaux supports communs.

### Regroupement des terminaux similaires :

Afin d'optimiser le nombre de jigs, il convient d'identifier les terminaux similaires puis de les regrouper. L'objectif de cette méthode est de concevoir un support adéquat à tous les terminaux du même groupe.

N° groupe	N° Jig	N° Terminal	N° groupe	N° Jig	N° Terminal
<b>Groupe 1</b>	Jig 10	14006739	Groupe 4	Jig 30/15	14005269
		99718172			14005730
		14006167	Groupe 5	Jig 4/1	14005003
		14005619			14005614
		14006770	Groupe 6	Jig 2/6	14004800
		14006501			14005043
		14005062			14004896
		14005066			14006212
		14005616			14005416
		14004666			14007039
		14004986	14007035		
<b>Groupe 2</b>	manu	14006156	Groupe 7	Jig 11	14006035
		14004988			14006210
		14005607			14005245
<b>Groupe 3</b>	Jig3/43	14005717	Groupe 8	Jig 44	14005614
		14006563			

Tableau 42: Optimisation et affectation des jigs à chaque groupe

## 2. Plan d'actions

L'analyse effectuée auparavant nous a menée aux causes racines des gaspillages. Il est convenable maintenant de trouver les solutions adéquates afin de résoudre ces problèmes. Les actions d'amélioration nous ont été claires à travers nos analyses. En effet, dans ce paragraphe nous allons élaborer en détail les actions proposées.

<b>Problème</b>	<b>Action</b>
<b>Les défauts de qualité à cause des crochets</b>	La conception et la réalisation d'un nouveau type de crochet
<b>Les arrêts fréquents des postes de chauffage pour changement des JIGs</b>	Optimisation du nombre des JIGs Nouveau standard de chauffage
<b>Le stock excessif des câbles avant le poste de chauffage - poste goulot</b>	Augmentation de la capacité du poste de chauffage en augmentant les emplacements des câbles dans les JIGs

Tableau 43: Actions à entreprendre

### 2.1. La conception du crochet

Pour remédier au problème de déchirement des gaines Heat Shrink (problème qualité), nous avons conçu un crochet qui assurera un stockage des câbles sans contact ou frottement. Nous avons réalisé la conception dans le logiciel CATIA. La figure ci-dessous représente l'amélioration portée aux crochets de stockage ; l'état initial et l'état amélioré du stockage.

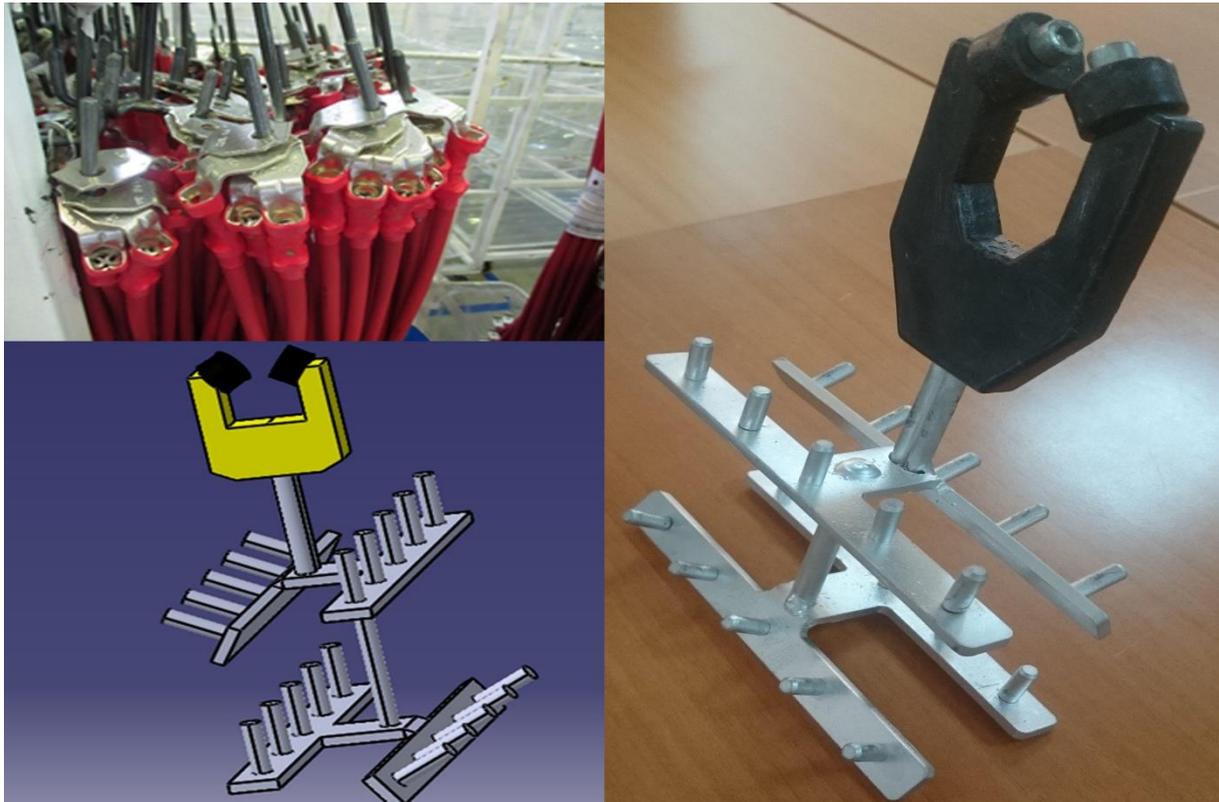


Figure 50: Dessin 3D du crochet de stockage

## 2.2. L'optimisation des jigs

Le regroupement des terminaux similaire, détaillé dans la quatrième étape de l'application de la ToC, nous a permis d'optimiser le nombre de jigs jusqu'à 72%. Nous avons pu réduire 18 supports JIGs. Cela réduit le nombre de changement des JIG ainsi les temps d'arrêt sachant que chaque changement prend en moyenne 3 minutes. En outre, cela va permettre une gestion souple et facile de ces supports. Cette action a été détaillée auparavant et ses résultats sont présentés dans le tableau x. ainsi, nous avons abouti au changement du standard de chauffage, le tableau suivant représente le nouveau standard.

N°	Terminal Ref	famille	Manchons	N° de Jig	Machine N°	Temps de temporisateur
1	14004666	X95 M9R	1-69224211	10	2	22 S
2	14004986	X95 R9M X95 H5FT	1-69223550	10	1	20 S

<b>3</b>	14005043	1-X95 R9M 1-X95 K9K 1-X95 M9R 1-X95 H4MK 2-X95 M4RT 2-X95 F9Q 3-CMF1 R9M	1-69224211 2-99931433 3-69222162	2--6	1	20 S
<b>4</b>	14005066	X95 F4RT	1-69223550	10	2	20 S
<b>5</b>	14005245	1-X95 K4M 2-X61 K4M	1-69223549 2-69223146	11	2	20 S 12 S
<b>6</b>	14005416	X95 M4RT	1-69224211	2--6	2	20 S
<b>7</b>	99718172	X95 K9K X95 H5FT X95 M9R	1-69223549	10	2	22 S
<b>8</b>	14005614	1-x95 R9M 1-x95 k9k830/832/636 1-x95 H5FT 1-x95 M9R 2-x95 K4M 2-x95 M4RT 2-x95 H4MK 2-x95 K9K834/836	1-69223550 2-69224211	4 --1	1	20 S
<b>9</b>	14005269	1-X61 H5FT 1-X95 H5FT 1-X61 K9K608 2-X61 GN6 3-X95 H4MK	1-69224211 2-69223403 3-69224221	30-- 15	1	22 S
<b>10</b>	14005616	X95 F9Q	1-69223550	10	2	20 S
<b>11</b>	14005062	X61 K9K X61 H5FT X61 K9K	1-69223214	10	1	30 S
<b>12</b>	14004800	1-X61 K9K 1-2-X95 K9K X61 K4M X95 K4M X95 F4RT X95 H4MK X95 M4RT	1-69223214 2-99931435	2--6	1 3	30 S 23 S
<b>13</b>	14005730	X61 GN6 X61 H5FT	1-69223214	30-- 15	2	30 S

<b>14</b>	14005619	1-X95 K9K 1-X95 M4RT 1-X95 F9Q 1-X95 R9M 1-X95 M9R 2-X95 H5FT 3-X95 F4RT	1-69224211 2-69224210 3-69223946	10	1	22 S
<b>15</b>	14005717	1-X95 R9M 1-X95 R9M 1-X95 K9K832 1-X95 H5FT 1-X95 M4RT 1- X95 M9R 2-X95 H4MK 2-X95 F9Q 2-X95 K9K836/834 2-X95 F4RT 2-X95 K4M858	1-69223550 2-69224211	3--43	2	20 S
<b>16</b>	14004896	2-X61 ELV 3-X61 K4M	1-69223403 2-69224210	2--6	2	22 S
<b>17</b>	14005003	1-X61 ELV 1-X61 608 2-X61 GN6 3-X61 K4M 4-X61 H5FT X61 800-802 X61 808	1-69224211 2-69222162 3-69224210 4-69223403	4--1	1	22 S
<b>18</b>	14006563	CMF1	1-69221059	3--43	2	16 S
<b>19</b>	14006212	1-X61- K4M 2-X95- K4M 3-X95-F4RT	1-69224210 2-69223550 3-69224221	2--6	1--2	16 S
<b>20</b>	14006770	CMF1-M5MT	69224221	10	1--2	16 S

Tableau 44: Optimisation des jigs

Cette action nous permet d'optimiser le nombre de JIG et d'augmenter la capacité du poste de chauffage Raychem.

### 2.3. Ajout d'emplacement dans les jigs de chauffage

Dans le but d'augmenter davantage la capacité du poste, nous avons conçu des nouvelles JIGs ayant plus d'emplacement de câble. Les figures suivantes représentent les dessins des jigs.

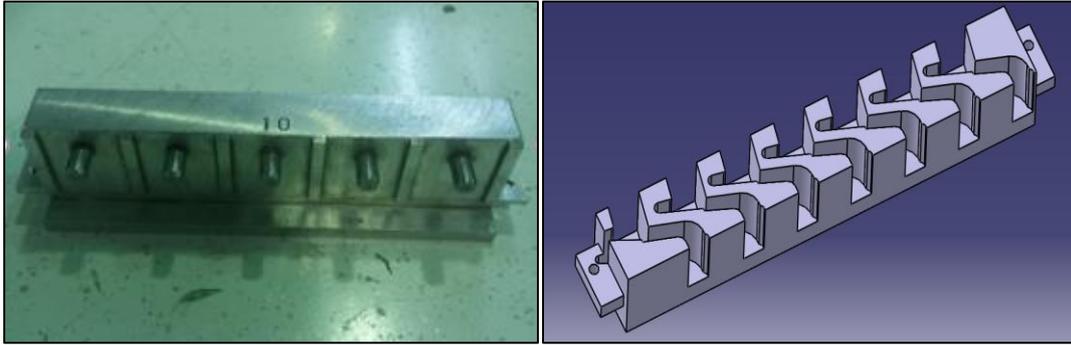


Figure 51: Dessin 3D de la jig n°10

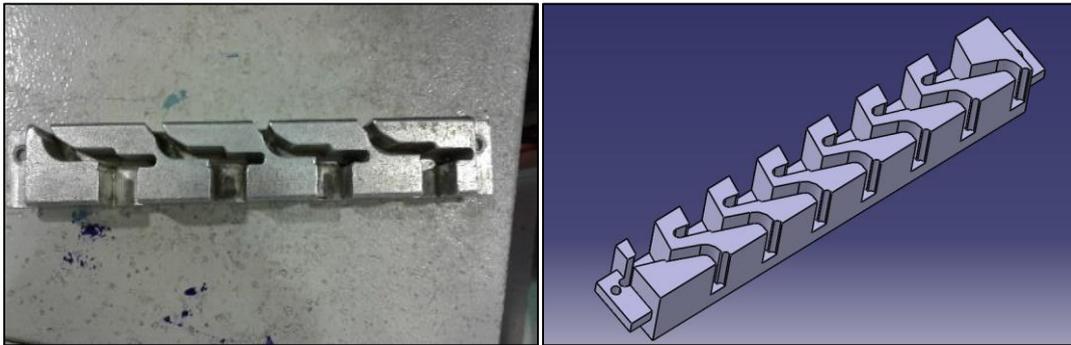


Figure 52: Dessin de la jig n°11

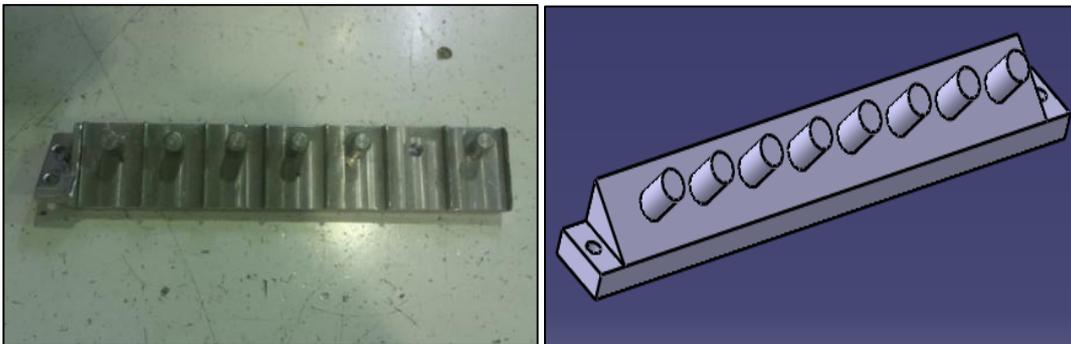


Figure 53: Dessin 3D de la jig n°5

### 3. VSM future et gain :

#### 3.1. Gains

Gains des actions BIG Leads		
Etat actuel	Etat future	GAINS
343 défauts à cause des crochets	0 défauts	Elimination à 100 % des défauts liés au stockage
343 défauts à cause de l'entassement des câbles avant le goulot	0 défauts	Elimination à 100 % des défauts liés à l'entassement du stock en cours

3 min de changement des jigs * 10 fois par jour = 30 min d'arrêt par shift par jour	3 min * 3 fois = 9 min d'arrêt par shift par jour	Réduction de 70% des temps de changement des jigs
Basse capacité des JIGs du poste de chauffage	Augmentation de la capacité des JIGs	Augmentation de 30% de la capacité des jigs
Stock en cours excessif avant le poste goulot : 252 bouquets	stock en cours : 104 bouquets	Réduction de 58.73% du stock en cours

### 3.2. VSM future

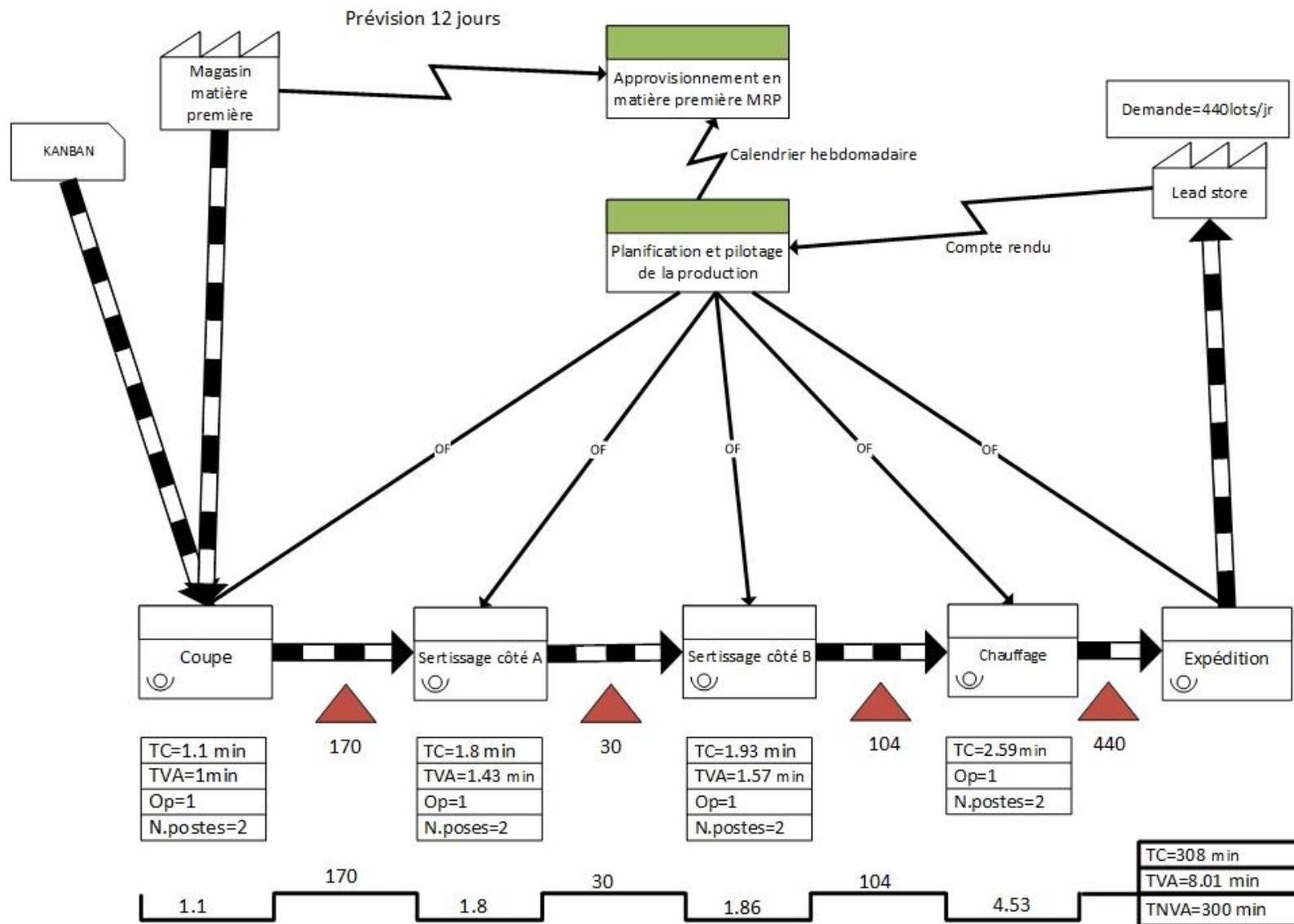


Figure 54: Cartographie VSM future du processus BIG LEADS

# **Partie 2 : Amélioration de l'efficacité de la zone CST par application de la TPM**

# **Chapitre I : Description du périmètre de travail**

## **1. Description et organisation de la zone**

### **1.1. Organisation de la zone**

CST, « coupe sertissage automatique » c'est la zone où les bobines de fils sont découpées en plusieurs fils de longueur bien déterminée, dénudées ou pré dénudées, puis sertis automatiquement avec des connexions sur leurs extrémités. Cette zone comporte 57 machines (KOMAX, SCHLEUNIGER) qui assurent la coupe selon deux types de fils.

- Fils fini qui sont sertis de deux cotés. Ces fils sont stockés dans la zone de stockage (Lead Store) pour alimenter la zone d'assemblage.

- Fils semi fini qui sont coupés et pré-dénudés ou bien coupés et sertis d'un seul côté. Ces fils sont traités à la zone S&S pour le sertissage manuel avant d'être stockés dans la zone (Lead Store) pour alimenter la zone d'assemblage.

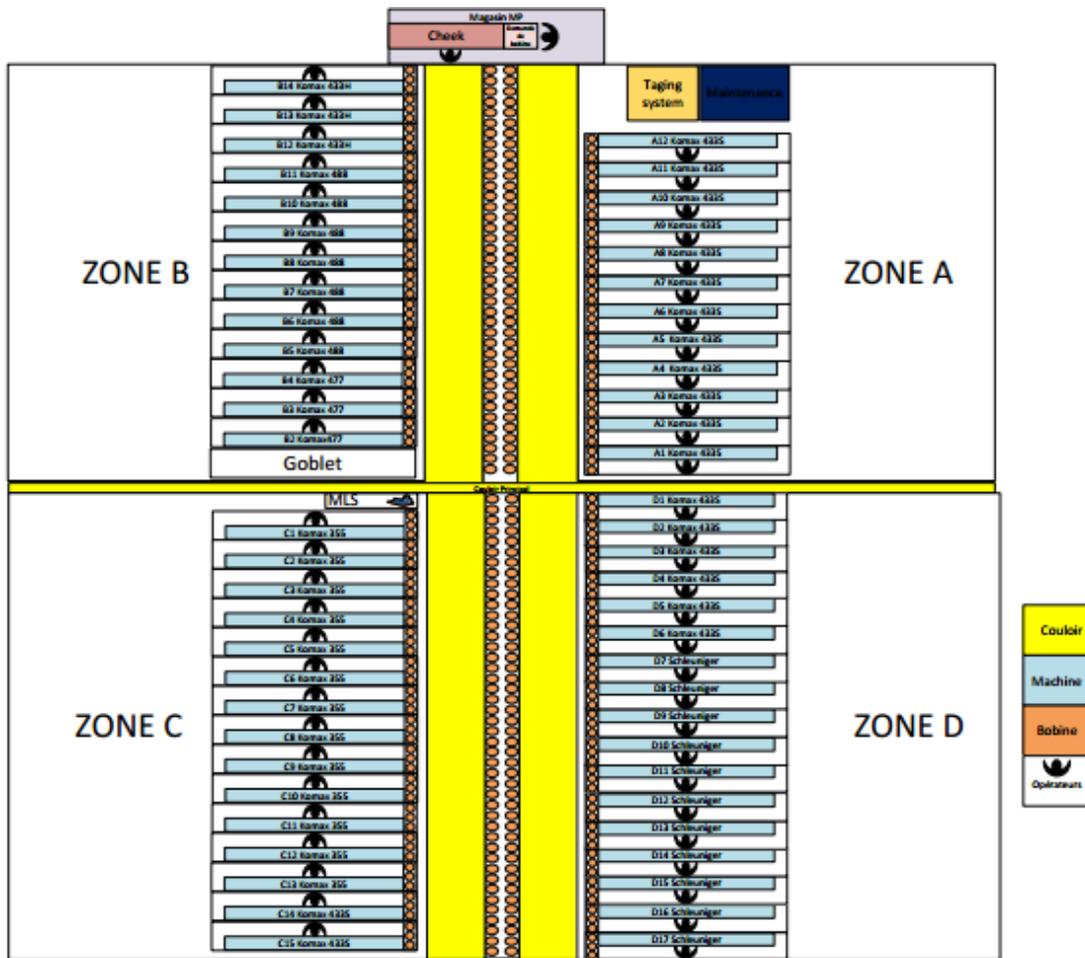


Figure 55: Organisation des postes - Layout de la zone de coupe automatique CST

## 1.2. Types de machines

Les Machines SCHLEUNIGER et KOMAX - avec ses 4 références - sont les unités de découpage et de sertissage utilisées par SEWS-AA. Grâce à leur rapidité, précision et leur interface graphique, ces machines effectuent un sertissage automatique flexible pour un usinage de câbles efficace. Elles permettent d'usiner des sections allant de 0.3 mm<sup>2</sup> à 8 mm<sup>2</sup>.

Type Machine	Zone	Poste
Schleuniger	D	{D7,..., D17}
Komax 355	C	{C1, ..., C16}/C14
Komax 433-H	B	B2, B12, B13, B14

<b>Komax 433-S</b>	A B C	Avec seal	{A1, ..., A9}
		Sans seal	A10, A11, A12, C14, B3
<b>Komax 488-4M (Twist)</b>	B	Avec seal	B5, B7, B11
		Sans seal	B6, B8, B9, B10
<b>Komax 477 (Double)</b>	B	B4	

Tableau 45: Type des machines automatiques



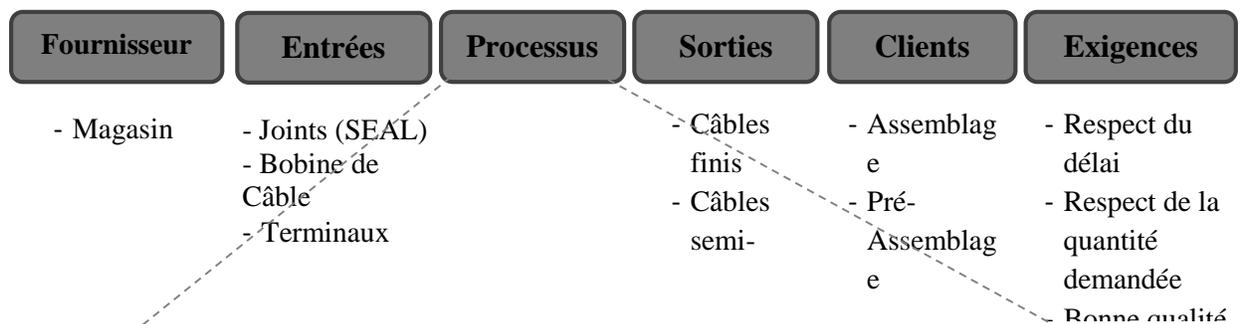
Figure 57: Machine Schleuniger



Figure 56: Machine Komax

### 1.3. Le processus de fabrication

Le processus de fabrication commence par l'approvisionnement des machines avec les bobines de câble, les terminaux et les joints SEAL ; c'est le travail du KITTER. L'opérateur monte le matériel, la bobine du câble et celle des terminaux ensuite procède à l'apprentissage de la machine par échantillonnage pour assurer la bonne qualité de coupe et de dénudage. Puis l'opérateur lance la production du lot, c'est là où la machine assure la coupe, le dénudage, le torsadage et le sertissage du câble d'un ou des deux côtés selon la famille du lot.



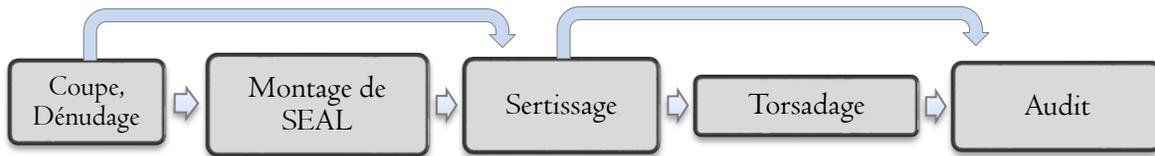


Figure 58: Diagramme SIPOC du processus de la zone CST



Figure 59: Etapes du sertissage

#### 1.4. Les produits de la zone CST

Nous pouvons différencier les produits de la zone CST selon trois grande catégories comme représenté dans la figure en dessous. Pour chaque catégorie seule la couleur la section et la longueur du câble qui diffèrent de référence à autre.



Figure 60: Produits de la zone CST

# Chapitre 2 : Description et analyse de l'existant

## 1. L'efficacité actuelle

L'efficacité est un indice de performance qui indique à quel point une organisation utilise bien ses ressources pour produire des produits. C'est l'indicateur que nous cherchons à améliorer dans ce projet. C'est pour cela, nous voulons comparer cet indice de performance avant et après l'amélioration de la zone de coupe. En effet, l'indicateur TRS nécessite une fiabilité de données assez importante, notamment pour la zone CST. Cette dernière envisage une méthode automatique pour relever les données de performance.

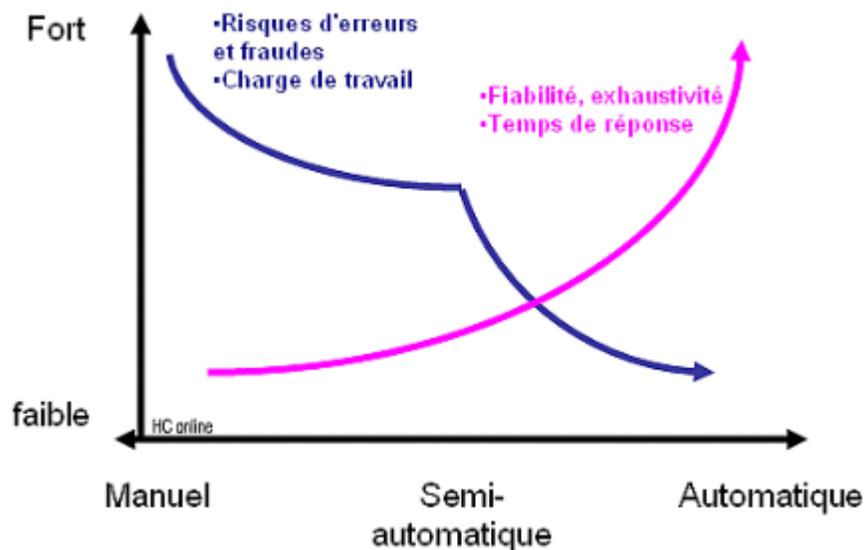


Figure 61: Avantages et inconvénients des trois types de saisie de données

Vu que la zone CST procède par une saisie automatique de données grâce au système MLS, nous pouvons être sûrs que la précision et la fiabilité de notre étude est bien assurée.

### 1.1. Les formules de calcul du TRS

Comme cité dans la partie présentation de la TPM, le TRS nécessite le calcul de trois taux différents : le taux de disponibilité, le taux de performance et le taux de qualité.

$$\text{Taux de Disponibilité} = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{\text{Temps requis}} = \frac{\text{Running Hours}}{\text{Machine Hours}}$$

Running Hours: C'est le temps du fonctionnement réel de la machine

Machine Hours: C'est le temps réel de la disponibilité de la machine égal à 22h/j et ne comprenant pas les pauses des opérateurs.

$$\text{Taux de Performance} = \frac{\text{Temps net}}{\text{Temps de fonctionnement}} = \frac{\text{LPCH actuel}}{\text{LPCH optimal}}$$

LPCH actuel : LPCH journalier de la machine

LPCH optimal : LPCH maximal enregistré

$$\text{Taux de Qualité} = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps net}} = \frac{\text{Output} - \text{produits non conformes}}{\text{Output}}$$

Output : Nombre de câbles produits dans la zone CST par jour

Le TRS correspond à la multiplication de ces trois taux. Chacun des trois taux étant compris entre 0 et 100 %, de même pour le TRS. Ainsi, plus un indice de TRS est proche de 100 %, meilleure est l'efficacité de la zone.

## 1.2. Le calcul du TRS

### 1.2.1. Taux de disponibilité

Type de Machine	Machine Hours	Running Hours	Disponibilité(%)
<b>433</b>	131.94	56.70	42.97
<b>477</b>	131.94	56.51	42.83
<b>488</b>	131.94	73.92	56.02
<b>433H</b>	131.94	36.85	27.93
<b>355</b>	131.94	58.56	44.39

<b>Schleuniger</b>	131.94	66.60	50.48
<b>Taux de disponibilité de la zone CST (%)</b>	45.21		

Tableau 46: Moyennes des taux de disponibilité par type de machines des trois derniers mois

Le taux de disponibilité = 45.21 %

### 1.2.2. Taux de performance

<b>Type de Machine</b>	<b>LPCH Target</b>	<b>Actual LPCH</b>	<b>Performance(%)</b>
<b>433</b>	1150	957.54	81.92
<b>477</b>	1200	844.15	70.35
<b>488</b>	1300	918.60	70.66
<b>433H</b>	800	515.37	64.42
<b>355</b>	1200	877.77	73.15
<b>Schleuniger</b>	2000	1256.71	62.84
<b>Taux de performance de la zone CST</b>	73.71		

Tableau 47: Moyennes des taux de performance par type de machines des trois derniers mois

Le taux de performance = 73.71 %

### 1.2.3. Taux de qualité

<b>Type de Machine</b>	<b>Output</b>	<b>Non Qualité</b>	<b>Qualité(%)</b>
<b>433</b>	113372.22	2897.17	97.27
<b>477</b>	55272.00	127.00	99.77
<b>488</b>	99931.43	2784.71	97.18
<b>433H</b>	79973.50	2365.25	96.65

<b>355</b>	105407.54	1451.08	98.23
<b>Schleuniger</b>	146199.73	824.09	99.37
<b>Taux de qualité de la zone CST</b>	97.87		

Tableau 48: Moyennes des taux de qualité par type de machines des trois derniers mois

Taux de qualité = 97.87 %

#### 1.2.4. Calcul du TRS

C'est le produit des composantes du TRS,

TRS = Taux de disponibilité x Taux de performance x Taux de qualité

$$= 45.21 \% \quad \times \quad 73.71 \% \quad \times \quad 97.87$$

TRS = 32.61 %

Nous partons d'une hypothèse d'un taux de disponibilité de 45.21 %, un taux de performance de 73.71 %, et un Taux de Qualité de 97.87 %. D'où un TRS à obtenir > 32.61 %.

Le suivi du TRS permet d'avoir une vue synthétique, l'examen des composantes permet de déterminer quel levier activer pour l'améliorer.

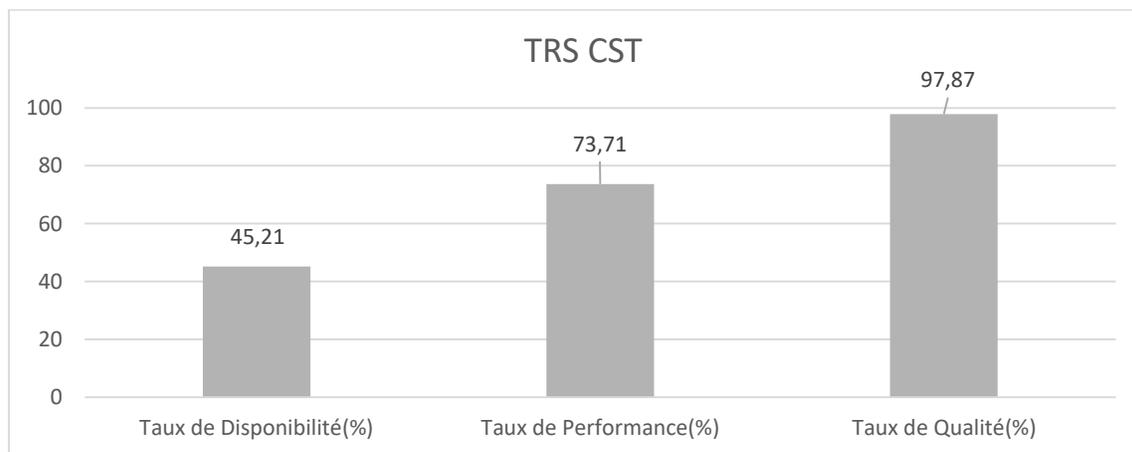


Figure 62: Décomposition du Taux de Rendement Synthétique (TRS)

Dans notre cas, il est remarquable que le taux de disponibilité est très bas. C'est d'ailleurs la cause principale de la chute du TRS. Par la suite, l'étude sera menée sur ce levier afin d'améliorer l'efficacité de la zone CST.

## 2. Analyse de la disponibilité

### 2.1. Identification des types d'arrêt

Il est délicat de définir dans un premier temps, les différents types d'arrêt que connaît les machines de la zone CST. Les données relatives aux temps d'arrêt sont détaillées dans l'annexe. Le tableau ci-dessous expose les moyennes des temps d'arrêt des trois derniers mois.

Type d'arrêts	Temps d'arrêt (min)	Pourcentage (%)
<b>Pannes/Down Time</b>	33,05	47.22
<b>Changement de série</b>	20.13	28.76
<b>Manque de matière première</b>	16.82	24.2

Tableau 49: Moyennes des temps d'arrêt par type de trois mois

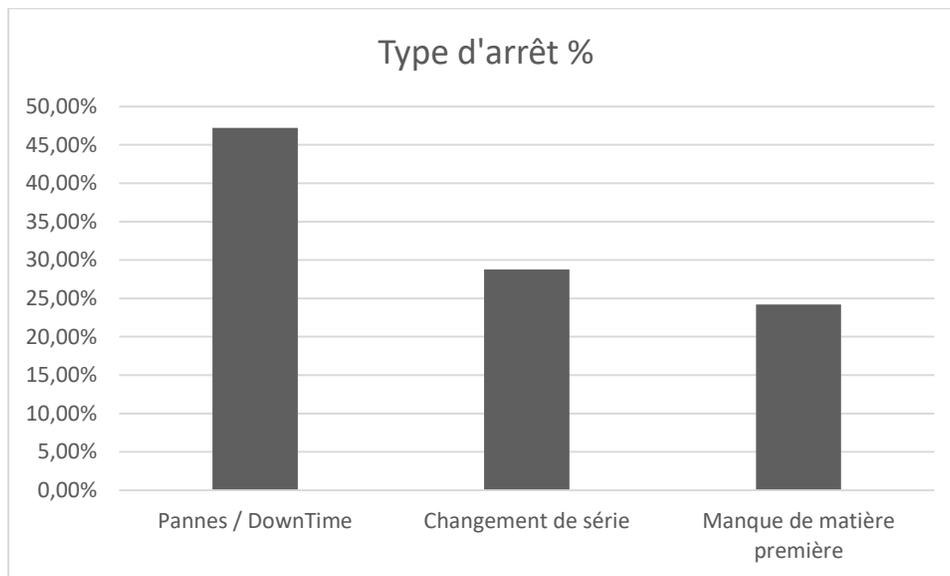


Figure 63: Types d'arrêt par type de trois mois

Les types d'arrêt se composent essentiellement de trois types essentiels à savoir le Downtime qui enregistre plus de 40%, le changement de série et le manque de matière première qui enregistrent 30% chacun. Dans notre étude, nous décortiquerons ces trois types dans la suite du rapport.

#### 2.1.1 Downtime

Le Downtime se divise en deux types essentielles, le downtime lié à la machine et le downtime lié à l'applicateur. L'occurrence de ces deux types est décrite selon les pourcentages précis dans le tableau suivant.

<b>DT per Equipement</b>	<b>Equipement</b>	<b>Percent</b>
	Applicateur	61,36%
	Machine	38,64%

Tableau 50: Pourcentage des types de downtime

Comme nous pouvons le constater, les applicateurs enregistrent plus de 60% du Downtime, donc notre étude se focalisera sur le downtime lié à l'applicateur. Ce dernier est dû à plusieurs causes décrites dans le tableau ci-dessous :

<b>Problem Code</b>	<b>DT group Description</b>	<b>Frequency</b>	<b>Total Delay min</b>	<b>Avg Total Delay</b>
<b>AP_BDW</b>	Pb Bend Down	92	977	0:10:37
<b>AP_TWT</b>	Pb Twist	461	5443	0:11:48
<b>AP_PDR</b>	Pb Partie active déformée	55	863	0:15:41
<b>AP_BUP</b>	Pb bend up	128	1450	0:11:20
<b>AP_BTH</b>	Pb Bellmouth	344	3295	0:09:34
<b>AP_CH</b>	Pb CH	51	575	0:11:16
<b>AP_PAS</b>	Pb de Pas	815	9426	0:11:33
<b>AP_CFA</b>	CFA	776	8915	0:11:29

<b>AP_IH</b>	Pb IH	68	606	0:08:55
<b>AP_SO</b>	Pb Strands Out	242	3360	0:13:53
	Total	3032	34910	11:30

Tableau 51: Causes du downtime liées à l'applicateur

Ces problèmes sont dus essentiellement au changement intensif des applicateurs entre les postes du CST mais également à l'usure des composants. Une action d'amélioration de la méthode de l'utilisation des applicateurs de la zone CST s'avère primordiale.

La zone CST connaît un taux excessif de changement d'applicateurs causant ainsi davantage de pannes et par conséquent une diminution de la production. En outre, ce changement nécessite une démarche fastidieuse à travers le Tooling Center (Picture) qui demeure un emplacement de stockage des applicateurs prêts à l'utilisation.

Démarche de changement d'applicateur :

Cette démarche commence par l'envoi de l'applicateur déjà utilisé au tooling center pour pouvoir le remplacer par un autre généralement du next job, en effet, sachant bien que n'importe quel applicateur qui change de destination doit être scanné afin de cerner son emplacement. Autrement le même applicateur peut être utilisé par plusieurs machines chose qui affecte aussi la planification.

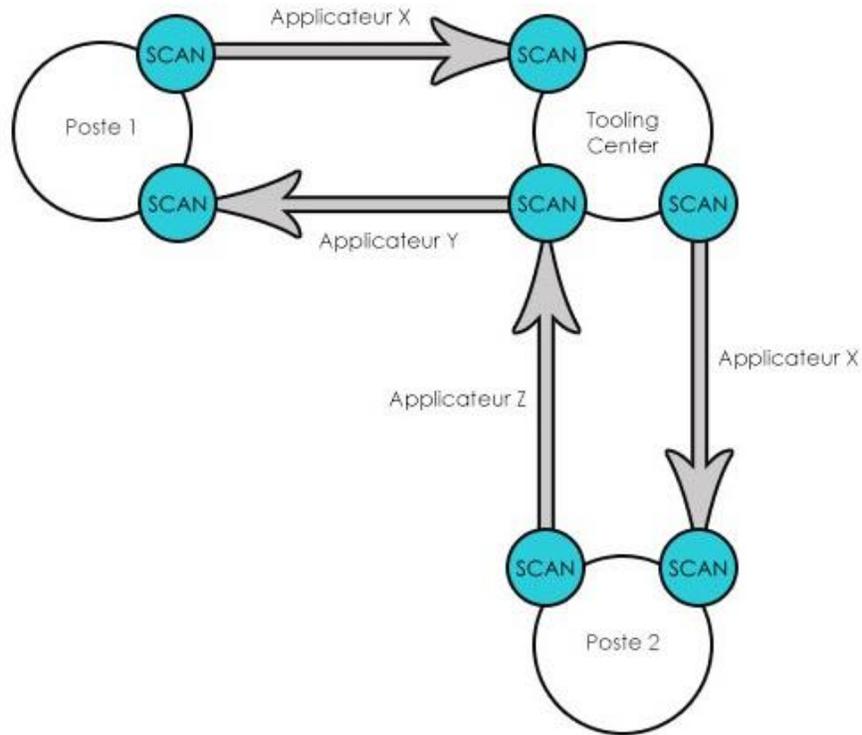


Figure 64: Démarche de changement d'applicateur

Le fonctionnement de cette démarche adoptée au sein de l'usine SEWS Maroc, a des avantages et des inconvénients détaillés dans le tableau suivant :

Avantages	Inconvénients
<b>Flexibilité maximale de l'utilisation des applicateurs</b>	Occurrence élevée des pannes Actions répétitives non productives (Scan, déplacements, Setup...) Embauche plusieurs opérateurs (Kitter) Espace considérable réservé au tooling center Maintenance préventive

Tableau 52: Avantages et inconvénients de la démarche adoptée

Afin de garantir l'immuabilité des avantages et la diminution des inconvénients, nous avons pensé au concept de dédicace, qui consiste à accorder tous les applicateurs de l'usine aux machines qui les utilisent.

# **Chapitre 3 : Plan d'actions ; concrétisation de la dédicace**

## **1. Préliminaire**

### **1.1. Description du processus de la planification actuelle**

Le service approvisionnement du département logistique fournit au CST PLANNER une liste journalière des faisceaux dont les câbles doivent être produits le lendemain dans la zone CST. A partir de ce fichier, intitulé « Daily Cutting Plan », et aussi du logiciel C&C plan, le CST PLANNER détermine la quantité et les types de câbles nécessaires à la production de ces faisceaux. Après, il planifie les jobs suivant la capacité des machines, le type des jobs ainsi que les contraintes matérielles. Les résultats de la planification sont saisis dans un système nommé MLS (voir annexe).

### **1.2. Principe de la dédicace :**

Le concept de la dédicace consiste en l'affectation d'un nombre défini d'applicateurs pour chaque machine selon les jobs qui seront réalisés dans cette dernière. En effet, chaque applicateur sera utilisé et ne pourra fonctionner que dans une seule machine et sera stocké tout près d'elle.

Cette action verra donc la suppression du Tooling Center, ainsi qu'un changement au niveau de la maintenance préventive. En effet, cette dernière se fera depuis la machine selon un seuil de sertissage déterminé pour chaque applicateur.

Pour ce faire, nous avons suivi une démarche de réalisation détaillée et répartie en deux étapes phares : la décortication des critères de planification puis l'application de la dédicace.

## **2. Démarche de réalisation**

### **Etape 1 : Inventaire et logique de travail**

#### **Inventaire**

Dans un premier temps il est convenable d'effectuer un inventaire des différents applicateurs existants. Pour ce faire, nous avons extrait depuis le système la liste des applicateurs de la zone CST. Pour plus de précision, nous avons validé cette liste lors de l'inventaire annuel réalisé par le service maintenance.

En effet, il existe deux types d'applicateur que nous allons détailler comme suit :

**Applicateur du terminal :** C'est un outil qui assure le pliage du terminal sur le câble.

SEWS-AA compte 751 applicateurs (227 distincts) au sein de l'usine, produits par les deux grandes fabriques : OTG et Mecal.

Ces applicateurs sont différenciés par leurs références (Part number) qui sont liées aux terminaux utilisés. Autrement, les applicateurs de même référence, ont des numéros de série qui caractérisent et identifient chacun à part.



Figure 65: Applicateur du terminal de type MECAL

Usage	CST	Maintenance	H2-7
Part Number (Référence)		82400138	location
Serial Number (Numéro de série)		21328	

Tableau 53: Exemple d'un tableau d'identification d'un applicateur de terminal

**Applicateur du seal :** C'est un dispositif qui alimente automatiquement le seal sur l'extrémité des fils.

SEWS-AA compte 134 applicateurs de seal (42 variantes) au sein de l'usine.

Les applicateurs de seal suivent le même principe de nomination que celui des applicateurs de terminal.



Figure 66: Applicateur du seal de type KOMAX

### Logique de travail

Après avoir établi les listes des applicateurs existants réellement dans le site, nous étions contraints de choisir entre deux propositions différentes afin d'entamer la dédicace :

- Commencer à zéro et négliger tout travail déjà réalisé au sein de l'entreprise,
- Se lancer dans une démarche d'optimisation basée sur la planification actuelle et future de la production.

Vu que la planification actuelle prend en compte les ambiguïtés et contraintes potentielles, nous avons choisi la deuxième voie que nous explicitons ci-dessous.

### **CPS, la base de la dédicace**

La planification actuelle demeure une bonne base pour la dédicace. Elle décrit minutieusement l'état actuel de l'utilisation des applicateurs dans la zone CST.

En effet, le CPS (Cutting Plan System) est un plan journalier de production préparé par le CST planer à l'aide du logiciel C&C Plan. Ce document contient toutes les informations relatives aux jobs et nous servira de base pour la détermination des applicateurs utilisés par chaque machine et les quantités lancées.

Le tableau ci-après représente un extrait du CPS :

<b>Work_Ord_</b> <b>No</b> <b>(Jour)</b>	<b>Machin</b> <b>e</b>	<b>A_sd_trml_cd</b> <b>(Terminal coté</b> <b>A)</b>	<b>A_sd_rbrSl_c</b> <b>d</b> <b>(Seal coté A)</b>	<b>B_sd_trml_cd</b> <b>(Terminal coté</b> <b>B)</b>	<b>B_sd_rbrSl_c</b> <b>d</b> <b>(Seal coté B)</b>	<b>Productio</b> <b>n Qty</b> <b>(Volume)</b>
<b>02*01</b>	KC14	1410116700		1410116700		50
<b>02*01</b>	KA04	1410116700		1410067900	716510790 0	150
<b>02*01</b>	KA04	1410067900	716510790 0	1410116700		200
<b>02*01</b>	KC02	1410116700		1410067900	716510790 0	100
<b>02*01</b>	KA04	1410116700		1410067900	716510790 0	150

Tableau 54: Exemple concis d'un CPS

La planification actuelle ne permet pas de prévoir l'avenir et de pérenniser la dédicace, cependant, l'analyse d'un autre critère s'avère nécessaire : Le volume prévu.

### **Volume prévu, l'avenir de la dédicace**

Cette donnée est distillée à partir de la demande des clients dans le département logistique, et répartie en des prévisions journalières de production pour les cinq années à venir comme illustré dans les tableaux suivants :

<b>Material No.</b>	<b>04-Apr-16</b>	<b>11-Apr-16</b>	<b>18-Apr-16</b>	<b>25-Apr-16</b>	<b>02-May-16</b>
<b>71651010</b>	49697	49314	49954	48868	49645
<b>71651352</b>	102030	102090	102060	102765	102780
<b>71651274</b>	1665	1664	1664	1665	1663
<b>71650885</b>	61172	60962	63686	61738	65022
<b>71650886</b>	24109	24642	26516	21608	24060

Tableau 55: Prévision hebdomadaire de production par type d'applicateur de seal

<b>Material No.</b>	<b>04-Apr-16</b>	<b>11-Apr-16</b>	<b>18-Apr-16</b>	<b>25-Apr-16</b>	<b>02-May-16</b>
<b>14000196</b>	3232	3706	3328	3040	3136
<b>14000209</b>	13604	13612	13608	13702	13704
<b>14000817</b>	28248	28633	28349	28076	58328
<b>14000818</b>	9800	10568	10045	9668	17279
<b>14001071</b>	720	888	600	600	600

Tableau 56: Prévision hebdomadaire de production par type d'applicateur de terminal

Après avoir identifi e les fondements de la logique de travail, la première chose qui nous est parvenue était de comparer le nombre des applicateurs avec le nombre des machines qui les utilisent suivant le CPS. Deux cas se manifestent :

- 1<sup>er</sup> cas : Nombre d'applicateur  $\geq$  nombre de machine l'utilisant (Type 1)
- 2<sup> me</sup> cas : Nombre d'applicateur  $<$  nombre de machine l'utilisant. (Type 0)

Nous avons donc r ealis e un tableau sur lequel sont mentionnées toutes ces informations, à savoir l'applicateur, le nombre de machines l'utilisant ainsi que le reste. En voici un extrait pour celui du terminal :

<b>Applicateur</b>	<b>Nombre de machines l'utilisant</b>	<b>Nombre disponible</b>	<b>Type</b>	<b>Reste</b>
<b>1400148400</b>	1	2	1	1

<b>1400149600</b>	1	1	1	0
<b>1400186500</b>	1	3	1	2
<b>1400193900</b>	1	1	1	0
<b>1400197300</b>	3	5	1	2
<b>1400488400</b>	4	7	1	3
<b>1400491100</b>	2	1	0	0
<b>1400512300</b>	1	1	1	0
<b>1400019600</b>	3	2	0	0
<b>1400020900</b>	2	1	0	0
<b>1400107100</b>	1	1	1	0
<b>1400109200</b>	2	2	1	0
<b>1400133500</b>	4	3	0	0

Tableau 57: Informations sur les applicateurs de terminal décrivant chaque cas à part

Autrement, donné que nous allons traiter deux types d’applicateurs, nous étions contraints de faire apparaître une notion de priorité qui consiste à considérer en premier lieu le changement le plus critique.

### **Notion de priorité**

L’applicateur du seal demeure le premier à être traité. En effet, le temps de changement qu’il enregistre est important et frôle les quinzaines de minutes vu la difficulté de son réglage. En outre, le nombre de ce type d’applicateurs est restreint ce qui facilite sa dédicace.

Le changement d’applicateur du terminal quant à lui ne dépasse pas les dizaines de minutes, et exige la dédicace des applicateurs du seal, il sera donc traité en second lieu. Par ailleurs, en troisième position, nous trouvons le changement de bobines de câbles qui n’excède pas les cinq minutes.

<b>Changement de séries</b>	<b>Temps de changement</b>
-----------------------------	----------------------------

<b>Applicateur de seal</b>	15 min
<b>Applicateur de terminal</b>	10 min
<b>Câbles (bobines)</b>	5 min

Tableau 58: Temps des changements de série

Nous commencerons notre étude donc par traiter les applicateurs du seal, ensuite les applicateurs du terminal selon les deux cas précités avant :

### Etape 2 : Traitement du 1<sup>er</sup> cas

Dans cette étape, le chemin est très clair et le concept est assez facile. En effet, il consiste en l'affectation d'un seul applicateur pour chaque machine et d'économiser le reste probable. Ce dernier sera traité de deux manières différentes :

- Mis en réserve si l'applicateur est très indispensable du point de vue production, chose qui le rend plus exposé aux pannes.
- Transféré si l'applicateur n'est pas trop fonctionnel.

Autrement et afin de faciliter le travail, nous avons créé un tableau qui comportera les résultats de la dédicace. En voici un extrait :

Zone	Machin e	Seal (Part number)	App seal (Serial number)	Terminal (Part number)	App terminal (Serial number)
A	KA01	71651458	15842	1400522300	20898
				1400081700	X
				1400438600	L51627

Tableau 59: Extrait du tableau final de la dédicace

En effet ce tableau comporte une des quatre zones CST, les machines y appartenant ainsi que les applicateurs du seal et du terminal (Part number) correspondant avec leurs numéros de série qui décrit bien la dédicace ou non d'un applicateur dans cette machine.

Ce tableau fera office d'indicateur de l'état d'avancement, mais également d'une synthèse du travail réalisé.

En suivant la notion de priorité décrite auparavant, nous avons commencé par la dédicace des applicateurs des seals. En effet 71 applicateurs appartenait à ce type ce qui fait un total de 63.39% dédiés aux machines.

Quant à celui des applicateurs du terminal seulement 298 applicateurs ont été dédiés dans ce cas, ce qui enregistre un taux faible de 44.08% d'applicateurs dédiés.

Nous passerons dès à présent à au deuxième cas.

### Etape 3 : Traitement du 2<sup>ème</sup> cas

Ce traitement s'avère encore plus compliqué. En effet, le nombre d'applicateurs est plus petit que celui des machines qui les utilisent. Cependant, la dédicace à ce stade, est quasi impossible.

Deux solutions nous sont parvenues, Commencer directement le processus d'achat de nouveaux applicateurs, ou entreprendre une action d'optimisation. Nous avons opté pour la seconde.

En effet, cette démarche d'optimisation consiste à diminuer le nombre des machines utilisant les applicateurs critiques. Cependant, des transferts de jobs, d'une machine à une autre, seront le point clé de cette amélioration. Pour cela, plusieurs critères d'optimisation verront le jour :

#### Types de machines

Les 57 machines présentes dans la zone CST diffèrent l'une de l'autre selon la nature du job (Twist, single, double) comme illustré dans le tableau ci-dessous

Type Machine	Poste
Twist	B5,B6,B7,B8,B9,B10,B11
Double	B4
Single	Autres

Tableau 60: Type de machines

#### Sections des câbles

Afin de minimiser le temps de réglage de la machine selon la section des câbles utilisés ainsi que les problèmes de défaillance qui en résultent, chaque machine lui a été attribué une marge de section des câbles à respecter.

Area	N°	Type	Total Section
Area A	A1;A2;A3;A4;A5;A6;A7;A8;A9;A11;A12	433	0.3-2.5
	A10	433	2.5-6
	B2;B5;B6;B7;B8;B9;B10;B11	433	0.3-2.5
	B3	433	1-4

<b>Area B</b>	B4	477	0.3-3
	B12;B13;B14	433H	03-10
<b>Area C</b>	C1;C2;C3;C4;C5;C6;C7;C8;C9;C11;C12;C13;C14; C16	355	0.3-2.5
	C10	355	1-4
	C15	433	1-4
<b>Area D</b>	D1	433	2.5-6
	D2;D5	433	0.3-2.5
	D3	433	1-4
	D4	355	1-4
	D6	433	2.5-6
	D7;D8;D9;D10;D11;D12;D13;D14;D15;D16;D17	Schleuniger	0.3-1.5

Tableau 61: Section des câbles par machine

### Possibilité du transfert

Dans le cas du nombre d'applicateurs inférieur au nombre des machines, et suivant la démarche d'optimisation adoptée, nous cherchons à diminuer le nombre des machines qui utilisent ces applicateurs critiques. Cette réalisation sera faite en transférant les jobs liés à cet applicateur vers un minimum de machines.

Hors ce transfert n'est possible que si nous nous assurons que tout ce qui est lié à ce job est transférable aussi ou existe déjà dans la machine réceptrice à savoir : l'applicateur du côté B, seal accompagnant.

### Volume des machines

Afin de garantir la possibilité du transfert, le respect du volume de la machine doit aussi être pris en compte.

### Notion de la variante

Contrairement aux applicateurs des terminaux, les applicateurs des seals n'ont pas obligatoirement un unique seal avec lequel ils peuvent fonctionner. C'est la notion de variante. En effet, 42 variantes existent dans l'usine, chose qui nous aidera à optimiser davantage le nombre des applicateurs des seals.

Variante	Seal Number	Serial Number	Location
----------	-------------	---------------	----------

<b>Var 002</b>	71650788/71650789/71651572/99717708	18046	A2-1
<b>Var 003</b>	17003468	15823	A2-2
<b>Var 020</b>	71650341/71650167	19599	A2-3
<b>Var 004</b>	71651010/17000375/71650488/71650844/71651395	12716	A2-4

Tableau 62: Variantes de l'applicateur du seal

Selon la notion de priorité, nous commencerons toujours par le traitement des applicateurs des seals. En effet, et en adoptant seulement la notion de variante parmi les critères précités avant nous avons pu atteindre la dédicace de quelques 106 applicateurs ce qui veut dire un pourcentage de 94,64%.

Par ailleurs, pour l'applicateur du terminal, ce pourcentage s'est fortement amélioré grâce aux autres critères. En effet, 649 applicateurs ont été dédiés ce qui hisse le pourcentage de dédicace à 96%.

Afin de garantir 100% d'applicateurs dédiés, nous avons pensé à acheter les applicateurs manquants. La demande est dressée dans les deux tableaux suivants :

<b>Applicateur Seal</b>	<b>Nbr demandé</b>	<b>Cause de la demande</b>
<b>17003401</b>	1	Type de machines
<b>71651101</b>	1	Type de machines
<b>65250482</b>	1	Possibilité de transfert
<b>71650342</b>	1	Type de machines
<b>71650455</b>	1	Type de machines
<b>71651204</b>	1	Type de machines

Tableau 63: Demande finale des applicateurs du seal

<b>Applicateur Terminal</b>	<b>Nbr demandé</b>	<b>Cause de la demande</b>
<b>1410116900</b>	1	sections des câbles

<b>1800294700</b>	1	types des machines
<b>1410116600</b>	2	types des machines
<b>1400425900</b>	2	types des machines
<b>1400522200</b>	1	volume des machines
<b>1400665300</b>	3	volume des machines

Tableau 64: Extrait de la demande finale des applicateurs du terminal

### 3. Gains

#### 3.1. Gains directs

Cette action a pu largement améliorer le taux de disponibilité. En effet, ce dernier a augmenté de 22.32% atteignant ainsi 67.53%.

Ce taux s'explique par le fait que ce travail réalisé n'a pas seulement touché les résultats du downtime mais également celui du changement de série. Ce qui prouve largement l'exactitude de nos résultats.

Le Nouveau TRS donc se calculera comme suit :

<b>Taux de disponibilité</b>	<b>Taux de performance</b>	<b>Taux de qualité</b>
67.53%	73.71%	97.87%
<b>Nouveau TRS</b>		48.71%

Tableau 65: Nouveau TRS de la zone CST

L'augmentation enregistré s'élève à plus de 16%, le TRS futur égalera donc 48,71%.

Autrement, ce travail facilitera le travail des kitters, chose qui fera gagner l'entreprise 1 kitter par shift, donc au total 3 opérateurs.

Cette action épaulera aussi la maintenance préventive, qui se fera dorénavant depuis la machine et sans rupture de production, et augmentera le MTBF des machines.

En outre, un espace considérable de plus de 20m<sup>2</sup> sera gagné suite à la suppression du tooling center.

### 3.2. Gains indirects

L'entreprise a pu, à travers cette étude économiser un reste d'applicateurs qui sera, comme précité avant, soit mis en réserve soit vendu. En effet, la valeur marchande d'un applicateur de vaut en moyenne 4000€ pour celui du seal et 1000€ pour celui du terminal.

Type d'applicateur	Reste en stock	Demande	Gain (Nbr)	Gain (€)
<b>App Seal</b>	28	6	22	<b>88000</b>
<b>App Terminal</b>	102	27	75	<b>75000</b>
<b>Total</b>				<b>163000</b>

Tableau 66: Gains potentiels en euro

Ainsi nous avons pu économiser plus de 160000€ à l'entreprise de cette action.

# Conclusion générale

Effectué au sein de SEWS-AA, ce projet porte sur l'amélioration de l'efficacité de la zone de préparation des câbles LEAD PREP. A travers ce travail, j'ai eu l'occasion de traiter un sujet qui fait partie des premières préoccupations de la zone. Le projet a été réparti selon les deux missions suivantes :

- L'amélioration de l'efficacité de la zone de coupe automatique CST
- L'amélioration de la zone de pré-assemblage manuel Sub & Splice.

Grace à cette répartition j'ai pu non seulement résoudre les problèmes critiques de la zone mais aussi d'atteindre des objectifs dans un délai pertinent. Le présent rapport traite dans un premier lieu l'amélioration de l'efficacité de la zone de pré-assemblage Sub & Splice. Au début nous avons commencé par la détermination des processus critiques à savoir Screen et Big Leads. Pour chaque processus nous avons effectué une cartographie VSM que nous avons analysé ainsi que les gaspillages détectés. Une fois que nous avons recensé les causes racines des problèmes, nous avons élaboré un plan d'action touchant :

- L'augmentation de la capacité du goulot du processus BIG LEADS
- L'élimination des défauts de qualité au niveau du stockage
- La reconception et réingénierie du processus SCREEN
- La réimplantation de la zone SUB & SPLICE
- La réduction des gaspillages
- L'amélioration de l'ergonomie du poste KAPPA

Ces améliorations ont permis de :

- Eliminer à 100% le défaut de qualité liés au Screen et Big Leads
- Réduire 70% du temps de changement d'outillage (JIGs)
- Augmenter de 30% la capacité du goulot
- Réduire 87.95 % du stock en amont du goulot

- Réduire 91% du temps de cycle total du Screen
- Optimiser 78.62m<sup>2</sup> d'espace
- Optimiser au total 97 applicateurs
- Atteindre 48,71% TRS (efficience) de la zone CST

# Annexes

## Annexe 1 : Données de la cartographie

Les flux physiques sont représentés en bas de la carte et qui englobe les données concernant :

- Le fournisseur ;
- Le processus de fabrication, qui est défini par : le nom du processus, le temps de cycle de chaque poste, le temps à VA, le temps à NVA, le nombre d'opérateurs.
- Le flux entre les processus, qui est défini par sa nature : Flux poussé ou bien flux tiré ;
- Les stocks et en-cours existants qui sont caractérisés par : le nombre de pièce en stock et le temps d'attente ;
- Le client.

Le flux informationnel est représenté en haut de la carte et englobe les données concernant :

- Le progiciel de gestion de la production ;
- Les départements qui font parties de flux informationnel ;
- Le flux d'information, qui est défini par sa nature : Flux manuel ou électronique et les processus en amont et en aval.

## Annexe 2 : Chronométrage des postes

Le chronométrage des postes consiste à fixer pour chaque poste le temps nécessaire pour achever toutes ses opérations. Ce chronométrage est primordial vu qu'il :

- Permet de déterminer pour chaque poste le temps et les pourcentages de VA et de NVA;

- Permet de déterminer les opérations responsables du sur engagement (les opérations associées aux options) ;
- Il est nécessaire lors de la réalisation des améliorations (exemple : équilibrage);
- Permet le chiffrage des gains en temps.

Pour chaque poste de travail, la tâche de travail doit être équivalente aux postes de la même phase afin d'assurer un travail régulier et une production constante. Avant de procéder une amélioration quelconque, une étude chrono-analyse doit être effectuée pour dégager les temps de chaque tâche et pour toutes les postes des différentes séquences.

La chrono-analyse est une méthode qui consiste à chronométrer les temps passés à la réalisation des différentes tâches ou activités afin de définir le temps standards (voir calcul du temps standard ci-dessous) et de les vérifier, ou de mesurer la productivité lors de l'exécution.

Muni d'un formulaire de chronométrage issu du standard du service bureau de méthodes de SEWS et d'un chronomètre, nous nous plaçons de façon à bien voir le poste à étudier. Avant de chronométrer, il faut observer les gestes de l'opérateur et s'assurer qu'il respecte bien le mode opératoire, notamment la chronologie d'enchaînement des différentes opérations. Un grand nombre d'observations permet d'obtenir une bonne estimation de la durée réelle des séquences. En l'absence de calcul, un minimum de 5 mesures de temps est habituel.

Pour assurer la fiabilité du chronométrage, nous avons réalisé N chronométrages préliminaires puis nous avons calculé les caractéristiques de cet échantillon : moyenne m et écart type S. Ceci nous a permis de déterminer le nombre n d'observations à réaliser pour avoir un niveau de confiance de 98% et une marge d'erreur de +/- 5%.

<b>Nombre d'observations de l'échantillon</b>	5
<b>Ecart type de l'échantillon</b>	0.042
<b>Niveau de confiance (en %)</b>	98%
<b>Marge d'erreur relative (en %)</b>	5%
<b>Nombre d'observations à réaliser</b>	5

La formule avec laquelle travaille le service bureau de méthodes de SEWS lors du chronométrage des tâches est la suivante

$TC = \text{Temps observée} * \text{Jugement d'allure}$

Avec :

Le coefficient de jugement d'allure désigne l'action par laquelle un observateur entraîné définit le rythme d'un opérateur. Il existe diverses échelles de jugement d'allure : Bedaux, Maynard, BTE. L'échelle la plus communément utilisée est l'échelle BTE (Bureau des Temps Elémentaires) :

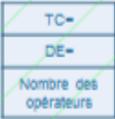
- 100 est l'allure normale.
- 70 est l'allure considérée comme minimale tolérable.
- 120 est l'allure considérée comme maximale, opérateur motivé, doué et expérimenté.

Pour assurer la précision des chronométrages effectués, nous avons pris en considération les différentes variables qui peuvent affecter ces mesures à savoir le changement d'équipe, la période de travail (matin, après-midi et soir) et la dextérité de l'opérateur.

EL No	Element de description		Observations					Average
			1	2	3	4	5	
1	Coupe des cables	Rat	100	100	100	100	100	5.22
		OT	5.1	5.18	5.28	5.27	5.27	
		BT	5.1	5.18	5.28	5.27	5.27	
2	Préparation des câbles	Rat	100	90	100	90	90	9.3914
		OT	9.36	10.13	9.49	10.57	10.53	
		BT	9.36	9.117	9.49	9.513	9.477	
3	Dénudage du Screen	Rat	100	80	70	80	80	2.441
		OT	2.34	3.04	3.59	3.05	3.1	
		BT	2.34	2.432	2.513	2.44	2.48	
4	Sertissage coté A(seal)	Rat	80	90	90	100	100	12.7612
		OT	14.18	13.9	13.54	12.94	12.71	
		BT	12.38	13.064	12.712	12.94	12.71	
5	Sertissage coté B	Rat	100	100	90	90	100	7.3832
		OT	7.58	7.48	8.1	8.04	7.33	
		BT	7.58	7.48	7.29	7.236	7.33	
6	Torsadage du shield	Rat	90	90	90	90	90	9.3528
		OT	10.49	10.38	10.51	10.17	10.41	
		BT	9.441	9.342	9.459	9.153	9.369	
7	Coupe du shield	Rat	80	100	100	90	100	5.076
		OT	6.01	4.49	5.07	5.41	4.56	
		BT	5.2	4.49	5.07	5.26	4.56	
8	Sertissage du shield	Rat	100	100	100	100	100	12.52
		OT	12.51	12.57	13.03	12.45	12.44	
		BT	12.51	12.57	13.03	12.45	12.44	
9	Controle de qualité 1	Rat	100	100	100	100	100	4.48
		OT	4.5	4.49	4.57	4.38	4.46	
		BT	4.5	4.49	4.57	4.38	4.46	
10	Bondage du splice terminal	Rat	100	100	100	90	70	21.4
		OT	21.31	21.11	21.58	24.22	30.33	
		BT	21.31	21.11	21.58	22.19	21.231	
11	Chauffage du screen	Rat	90	80	80	100	80	24.06
		OT	27.32	30.1	29	23.42	30.31	
		BT	24.588	24.08	23.2	23.42	24.248	
12	Controle de qualité 2	Rat	100	100	100	100	100	3.05
		OT	2.46	3.19	3.1	2.45	3.25	
		BT	2.46	3.19	3.1	2.45	3.25	

13	Lovage	Rat	90	85	85	90	90	13.46
		OT	15.01	15.7	15.42	15.4	15.48	
		BT	13.51	13.35	13.11	13.86	13.93	

## Annexe 3 : Les icones utilisés

Icônes	Signification
	Processus ou procédé de fabrication ou service de l'entreprise
	Source extérieure : Clients, fournisseurs
	Case de données : Temps de cycle, Délai d'exécution, nombre des opérateurs etc.
	Point de stockage : Nombre de pièce, réserve en temps de travail
	Déplacement en flux poussé : Déplacement de la production par un système à flux poussé
	Ligne de temps
	Flux d'information «électronique»
	Flux d'information
	Kanban de prélèvement : Enclenche d'un mouvement de pièce d'un dépôt à un poste

## Annexe 4 : Sondage des sources de gaspillage du SCREEN

Causes	Impact sur l'efficacité				difficulté d'intervention				criticité
	S1	S2	S3	SM	S1	S2	S3	SM	
stocks en-cours	1	2	1	4	1	1	2	4	16
Opérateurs démotivés	1	1	2	4	1	1	2	4	16
Conflits intergroupes et intragroupes	2	2	1	5	2	2	1	5	25
Discussions et gestes inutiles	2	1	1	4	2	1	1	4	16
Déplacements des opérateurs pour chercher outils de travaux	1	2	2	5	2	1	1	4	20
Temps d'approvisionnement en accessoires	1	1	2	4	1	2	1	4	16
Opérateurs non qualifiés ou non habilité	3	2	1	6	2	1	1	4	24
Présence du poste goulet	2	2	2	6	3	1	2	6	36
Problèmes de fiabilité des machines et des applicateurs	5	4	4	13	3	5	4	12	156
Non qualité	4	4	5	13	4	5	5	14	182
Consignes non respectées	2	1	1	4	2	1	1	4	16
chargement et déchargements des bobines	4	3	3	10	4	5	4	13	130
flux complexe et déplacements important de produits	5	5	4	14	4	5	5	14	196
Déséquilibre des postes	4	5	5	14	5	4	5	14	196
Temps de le taux changement des applicateurs	1	2	1	4	2	1	2	5	20

## Annexe 5 : Sondage des sources de gaspillage

Causes	Impact sur l'efficacité				difficulté d'intervention				criticité
	S1	S2	S3	SM	S1	S2	S3	SM	
<b>Problèmes de fiabilité des applicateurs</b>	5	4	4	13	3	5	4	12	156
<b>Non qualité</b>	4	4	5	13	4	5	5	14	182
<b>Discussions et gestes inutiles</b>	2	1	1	4	2	1	1	4	16
<b>Consignes non respectées</b>	2	1	1	4	2	1	1	4	16
<b>Conflits intergroupes et intragroupes</b>	1	2	1	4	2	2	1	5	20
<b>Opérateurs non qualifiés ou non habilité</b>	2	2	2	6	3	1	2	6	36
<b>Opérateurs démotivés</b>	1	1	2	4	1	1	2	4	16
<b>Présence du poste goulet</b>	4	3	4	11	3	4	3	10	110
<b>Stocks en-cours</b>	1	2	1	4	1	1	2	4	16
<b>Déplacements des opérateurs pour chercher outils de travaux</b>	1	2	2	5	2	1	1	4	20
<b>Chargement et déchargements des bobines</b>	4	3	3	10	4	5	4	13	130
<b>Monté et descente du porte de sécurité des presses</b>	4	4	3	11	4	2	2	8	88
<b>flux complexe</b>	1	1	1	3	2		2	4	12

## Annexe 6 : Tableaux de l'implantation :

**Tableau de calcul de charge de chaque produit qui passe par les presses de sertissage :**

	JOUR 1	JOUR 2	JOUR 3	JOUR 4	JOUR 5	JOUR 6	MA X
<b>SCREEN RENAULTS</b>	2250	1250	6400	4200	8400	3450	8400
<b>SCREEN NISSAN</b>	45200	49900	56200	56200	38000	56300	56300
<b>SPLICE</b>	1350	800	3265	2905	2650	3400	3400
<b>SINGLE</b>	8710	5565	7045	6650	6910	5950	8710
<b>TWIST</b>	13600	7030	10620	10300	10900	10800	13600
<b>DOUBLE</b>	3450	4125	3000	3515	3465	3500	4125
<b>SLV</b>	1200	450	3650	3250	1750	800	3650
<b>COS</b>	3170	2000	3850	3455	4650	2900	4650

**Tableau de calcul de la capacité des presses de sertissage :**

POSTE	CADENCE	HEURES	shift	Capacité
<b>PRESS 1</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 2</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 3</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 4</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 5</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 6</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 7</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 8</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 9</b>	450	7.33	3	9896

<b>PRESS 10</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 11</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 12</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 13</b>	450	7.33	3	9896
<b>PRESS 14</b>	450	7.33	3	9896
<b>total</b>				138537

**Tableau de calcul de charge de chaque produit qui passe par les MACHINES SPLICES :**

	JOUR 1	JOUR 2	JOUR 3	JOUR 4	JOUR 5	JOUR 6	max
<b>SPLICE</b>	71625	73140	68445	108350	64540	68820	108350
<b>TWIST</b>	7380	7080	6300	7600	6430	6600	7600
<b>somme</b>	79005	80220	74745	115950	70970	75420	115950

**Tableau de calcul de la capacité des SPLICES:**

<u>N*M/C</u>	cadence	TF	nbr de shift	Capacité
<b>1</b>	440	7.33	3	9676
<b>2</b>	440	7.33	3	9676
<b>3</b>	440	7.33	3	9676
<b>4</b>	440	7.33	3	9676
<b>5</b>	440	7.33	3	9676
<b>6</b>	440	7.33	3	9676
<b>7</b>	440	7.33	3	9676
<b>8</b>	440	7.33	3	9676
<b>9</b>	440	7.33	3	9676
<b>10</b>	440	7.33	3	9676

<b>11</b>	440	7.33	3	9676
<b>12</b>	440	7.33	3	9676
<b>13</b>	440	7.33	3	9676
<b>14</b>	440	7.33	3	9676
<b>Somme</b>				135458

**Tableau de calcul de charge de chaque produit qui passe par les MACHINES RBK et Taping :**

	<b>JOUR 1</b>		<b>JOUR 2</b>		<b>JOUR 3</b>	
	TAPPING	RBK	TAPPING	RBK	TAPPING	RBK
<b>SCREEN</b>	0	24275	0	26075	0	24540
<b>SCREEN 1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>splice</b>	52185	19050	50790	17900	48165	16890
<b>splice 1</b>	2050	2050	3250	3250	2590	2590
<b>twist</b>	6830	550	6530	550	6000	750
<b>twist 1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Somme</b>	61065	45925	60570	47775	56755	44770

**Tableau de calcul de capacité les MACHINES RBK et Taping :**  
**RBK**

<b>N°M/C</b>	<b>cadence</b>	<b>TF</b>	<b>nombre de shift</b>	<b>capacité</b>
<b>1</b>	250	7.33	3	5498
<b>2</b>	250	7.33	3	5498
<b>3</b>	250	7.33	3	5498
<b>4</b>	250	7.33	3	5498
<b>5</b>	250	7.33	3	5498

<b>6</b>	250	7.33	3	5498
<b>7</b>	250	7.33	3	5498
<b>Somme</b>				38483

### **Taping**

<b>Cadence</b>	<b>TF</b>	<b>Nbr de shift</b>	<b>Capacite</b>
<b>1100</b>	7.33	3	24189
<b>1100</b>	7.33	3	24189
<b>1100</b>	7.33	3	24189
<b>1100</b>	7.33	3	24189
<b>Somme</b>			96756

# Bibliographie

1. Gestion-de-production 5<sup>ème</sup> Edition « Maurice Pillet »
2. Les outils de la performance industrielle « Jean Marc Gallair »
3. Julien Charles, « L'amélioration continue », Guide AFNOR, 201
4. Franck Fontanili, « Implantation d'atelier », cours, école des mines d'Albi-Carmaux, 2009.
5. Kekli Riadh, « Amélioration de la capacité de production par les méthodes LEAN », rapport mémoire, université virtuelle de Tunis, 2013
6. Serge Lambert, Georges Abdul-Nour, Marie-France Lortie, « Cartographie de la chaîne de valeur : Cerner la valeur pour obtenir un avantage concurrentiel », Politique de comptabilité de management, 2010.
7. Lerat-Pytlak J., « Le passage d'une certification ISO 9001 à un management par la qualité totale », Thèse de doctorat, Université des Sciences Sociales-Toulouse I, 2002.
8. Molet H., « Systèmes de production et de logistique », Hermes Science Publications, Paris. Yves CRAMA, « GESTION DE LA PRODUCTION », cours, université de Liège, 2003

# Webographie

1. [www.google.com](http://www.google.com)
2. [www.christian.hohmann.free](http://www.christian.hohmann.free)
3. [www.lean.org](http://www.lean.org)