



Année Universitaire : 2016-2017



**Master Sciences et Techniques en Génie Industriel**

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

**Optimisation de la zone de coupe et la zone d'assemblage  
des câbles de grosse section par Lean Six Sigma**

Lieu : ALSTOM-CABLIANCE MAROC

Référence : 18 /17-MGI

**Présenté par:**

**ADROUJI Sara  
FROUD Sakina**

**Soutenu Le 16 Juin 2017 devant le jury composé de:**

- **Mr. TAHRI (encadrant)**
- **Mr. IRAQUI (encadrant)**
- **Mr. HAOUACHE (examineur)**
- **Mr. El OUZZANI (examineur)**



## Stage effectué à : ALSTOM-Cablance MAROC



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

**Nom et prénom: Adrouji Sara & Froud Sakina**

**Année Universitaire : 2016/2017**

**Titre: Optimisation de la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section par Lean Six Sigma**

### Résumé :

Afin d'être plus compétitif sur le marché du câblage et de répondre à des exigences de plus en plus accru, ALSTOM-Cablance Maroc a trouvé dans l'amélioration continue une démarche qui mène à l'excellence à travers la réduction voir l'élimination des gaspillages.

Le présent projet industriel s'inscrit dans cette perspective qui vise à éliminer les gaspillages et améliorer les indices de performances.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons procédé une démarche DMAIC de Lean Six sigma qui comprend un ensemble d'outils d'analyse et d'amélioration pour déceler les différents gaspillage relative à la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section.

Cette démarche a abouti à un point essentiel qui est la création d'une nouvelle zone qui va assembler les deux zones de coupe et d'assemblage.

Pour arriver à ce point, nous avons suivi ces étapes :

- Analyse de l'existant et collecte des données,
- Mesure et analyse des données,
- Proposition et étude de la solution,
- Chiffrage des gains.

**Mots clés: DMAIC, Lean Six Sigma**

### Abstract :

To be more competitive in the market of Cabling and meet the requirements of increasingly greater, ALSTOM-Cablance Morocco has seen found out with the continuous improvement a way that leads to excellence by reducing wastes.

This Industrial Project is in this perspective that seeks to eliminate waste and improve performance indexes.

To achieve this goal, we made a Lean Six Sigma DMAIC approach that included a set of analysis and improvement tools to detect the various wastage related to the cutting area and the area of assembly of the large section wires.

This approach has given in essential point which is the creation of a new area, that will assemble the two cutting and assembly areas.

To achieve this point, we have followed the following steps:

- Existing analysis and data collection,
- Data measuring and analyzing,
- Proposition and study of the solution,
- Decoding the gains.

# Sommaire

<i>Dédicace</i> .....	
<i>Remerciements</i> .....	
<i>Table des abréviations</i> : .....	
<i>Table des illustrations</i> : .....	
<b>Introduction générale:</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Présentation générale de la société Alstom-Cabliance Maroc</b> .....	
<b>Introduction :</b> .....	
<b>I. Présentation du ALSTOM-Cabliance Maroc :</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Introduction sur ALSTOM-Cabliance Maroc:</b> .....	<b>2</b>
<b>2. La structure hiérarchique :</b> .....	<b>2</b>
<b>II. Métier et processus de production de Cabliance-Maroc :</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Métier de câblage ferroviaire :</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Définition d'un faisceau ferroviaire :</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Définition d'une armoire électrique :</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Le processus de production d'Alstom- Cabliance Maroc :</b> .....	<b>3</b>
<b>Conclusion :</b> .....	<b>6</b>
<b>Chapitre 2 : Cadre conceptuel et outils du projet</b> .....	
<b>Introduction :</b> .....	
<b>I. Cadre conceptuel du projet :</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Cahier de charges :</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 Les acteurs du projet :</b> .....	<b>7</b>
<b>a. Maitre d'ouvrage :</b> .....	<b>7</b>
<b>b. Maitre d'œuvre :</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2 Objet du projet :</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 Problématique :</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Planning de projet :</b> .....	<b>8</b>
<b>II. Outils utilisés au cours du projet :</b> .....	<b>9</b>
<b>Conclusion :</b> .....	<b>9</b>
<b>Chapitre 3 : La démarche DMAIC</b> .....	

Introduction :	.....	
<b>I. La phase Définir de la démarche DMAIC :</b>	.....	<b>10</b>
1. Définition du problème :	.....	10
2. Présentation de l'espace de travail :	.....	11
2.1 Le choix des produits :	.....	11
2.2 Etude de la zone de coupe :	.....	12
2.3 Etude de la zone d'assemblage :	.....	13
a) Description de Layout :	.....	13
b) Processus de fabrication :	.....	14
Conclusion de la phase Définir :	.....	16
<b>II. La phase « Mesurer » de la démarche DMAIC :</b>	.....	<b>18</b>
1.1 Méthode de chronométrage :	.....	18
1.2 Résultats de chronométrage de la zone de coupe et d'assemblage:	.....	20
a) Calcul de temps normal:	.....	20
b) Calcul de temps standard:	.....	21
1.3 LEAD TIME:	.....	25
a) Définition de Lead TIME :	.....	25
b) Résultats de Lead Time :	.....	25
1.4 Application de la méthode Rough Cut Capacity Planning ou Planification globale des Capacités (RCCP):	.....	26
a) Les données d'entrées :	.....	26
b) Traitement :	.....	27
1.5 Donnée de sortie :	.....	28
Conclusion de la phase Mesurer:	.....	28
<b>III. La phase « Analyser » de la démarche DMAIC :</b>	.....	<b>29</b>
1. Analyse de déroulement :	.....	29
1.1 Définition de l'analyse de déroulement :	.....	29
1.2 Application de la méthode :	.....	29
2. Analyse des observations :	.....	31
2.1 Analyse des gaspillages :	.....	31

a) Déplacements : .....	31
b) Stock d'encours : .....	32
c) Autres : .....	32
3. Diagramme d'affinité : .....	33
Conclusion de la phase Analyser : .....	34
IV. La phase « Améliorer » de la démarche DMAIC: .....	35
1. Solution proposée : .....	35
1.1 Les améliorations proposées pour les 5 pourquoi : .....	35
2. Etude de la solution proposée: .....	36
2.1 Analyse AMDEC : .....	36
a) Synthèse de l'analyse AMDEC: .....	38
2.2 Equilibrage de la charge (les opérations) : .....	42
a) Méthode d'équilibrage : .....	43
b) Résultat d'équilibrage : .....	43
c) Planification globale des Capacités (RCCP) du nouveau processus: .....	46
2.3 Description des postes de la nouvelle zone de coupe et d'assemblage des câbles de grosses sections : .....	48
2.4 Modélisation de la nouvelle zone : .....	53
2.5 Approche financière : .....	54
Conclusion de la phase Améliorer : .....	54
V. La phase Contrôler de la démarche DMAIC .....	55
1. Comparaison entre l'état actuel et l'état futur de la zone de coupe et d'assemblage : .....	55
1.1 Au niveau de Processus de fabrication: .....	55
a) Flux de processus de fabrication actuel : .....	55
b) Flux de processus de fabrication de l'état futur: .....	56
c) Synthèse de comparaison : .....	56
1.2 Au niveau de l'efficience: .....	57
a) Etat actuel : .....	57
b) Etat futur : .....	57
1.3 Au niveau de la surface: .....	58
a) Etat actuel : .....	58
b) Etat futur : .....	58
2. Chiffrage des gains : .....	59

2.1	Méthode de calcul : .....	59
2.2	Résultats : .....	59
	Conclusion de la phase Contrôler:.....	59
	Conclusion générale: .....	60
	Annexe : .....	
	<i>Webographie</i> .....	

## Dédicace



*Avant d'entamer ce rapport, nous dédions ce modeste travail :*

*Aux membres de nos familles, plus précisément à nos chers parents pour leurs soutiens et leurs encouragements moraux et financiers tout le long de nos études, pour faire de nous les femmes de demain. Ainsi que nos frères et nos sœurs pour leurs soutiens incomparable.*

*Aux nos amies et collègues pour nous avoir apporté leur soutien, amitié et compréhension.*

*Aux toutes les personnes qui nous reconnaissent et nous ont aidé et contribué à la réalisation de ce travail.*



## Remerciements



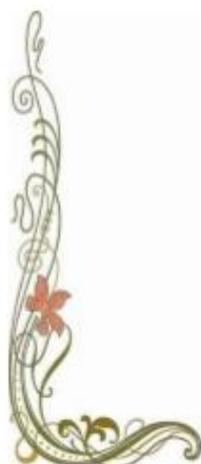
Louange à DIEU TOUT PUISSANT de nous avoir accordé la force d'accomplir cet humble travail.

Avant de commencer notre rapport, nous tenons à remercier énormément les personnes qui ont intervenu pour nous aider à effectuer ce stage :

Tout d'abord nos remerciements s'adressent au corps administratif et à Monsieur le Directeur général d'ALSTOM-Cabliance Maroc pour nous avoir permis d'effectuer notre stage au sein de sa société.

Nous tenons à remercier chaleureusement et vivement Monsieur D .TAHRI , notre professeur et encadrant de la FSTF et nos encadrants de stage Monsieur M. Khouldi , le responsable de l'ingénierie et Monsieur A. Iraqui , ingénieur méthode et procédés, qui nous ont formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec leurs orientations et encouragements au cours de ce travail, ainsi que tous nos professeurs de la formation Génie Industriel pour leurs efforts et leur veille pour que l'enseignement passe dans les bonnes conditions. Nous tenons tout spécialement à remercier les membres du jury qui ont accepté d'examiner notre travail.

Enfin nos remerciements vont aussi à tous les opérateurs et à tous ceux qui nous ont tendu la main pour réussir notre stage.



## Table des abréviations :

Abréviation	Signification
<b>RCCP</b>	Rough Cut Capacity Planning
<b>DMAIC</b>	Définir, Mesurer, Analyser, Innover (améliorer) et contrôler
<b>VSM</b>	Value Stream Mapping
<b>QOQCP</b>	Quoi, Qui, Où, Quand, Comment et Pourquoi
<b>AD</b>	Analyse de déroulement
<b>SIPOC</b>	Supplier, Input, Process, Outputs et Customer
<b>AMDEC</b>	Analyse des modes de défaillances et leurs effets et criticité
<b>VA</b>	Valeur ajoutée
<b>NVA</b>	Non-valeur ajoutée
<b>TS</b>	Temps standard
<b>TN</b>	Temps normal
<b>TNc</b>	Temps normal de cycle
<b>Tnop</b>	Temps normal d'une opération d'un produit
<b>Tno</b>	Temps normal d'une opération
<b>Nc</b>	Nombre de composants

## Table des illustrations :

Figure 1: Axes de la présentation de l'entreprise .....	2
Figure 2: Organigramme d'Alstom-Cablance MAROC.....	2
Figure 3: dossier de fabrication, étiquettes et manchons.....	3
Figure 4: Table de coupe.....	4
Figure 5: Paquets et Kits.....	4
Figure 6: Layout de planche .....	4
Figure 7: Les PVC.....	5
Figure 8: Les presses étoupes .....	5
Figure 9: Opération de dégainage .....	5
Figure 10: Opération de sertissage .....	5
Figure 11: Chauffage des gains et manchons.....	5
Figure 12: Drapeaux.....	5
Figure 13: Emballage de faisceau .....	6
Figure 14: Planning de projet .....	8
Figure 15: Layout des câbles.....	13
Figure 16: VSM de la zone de coupe .....	23
Figure 17: VSM de la zone d'assemblage .....	24
Figure 18: Les symboles de l'analyse de déroulement .....	29
Figure 19: Stock d'encours des câbles coupés.....	32
Figure 20: gaspillage de la matière.....	32
Figure 21 : Les informations inscrites sur Layouts .....	39
Figure 22: Plaque standard des diamètres.....	39
Figure 23 : Méthode actuel d'emplacement des pvc.....	39
Figure 24 : extrémité de la bande .....	40
Figure 25 : Emplacement tenant d'un câble .....	40
Figure 26 : Emplacement de la bague de couleur .....	40
Figure 27 : Courroie d'emballage .....	40
Figure 28: Bande de mise en place des bagues de couleurs.....	40
Figure 29 : Ruban adhésif PVC couleur .....	40
Figure 30 : Bague de couleur en bleu.....	40
Figure 31 : Bande adhésive en toile déchirable .....	41
Figure 32 : Repérage de l'aboutissant par bande adhésive déchirable .....	41
Figure 33 : Matrice de sertissage .....	41
Figure 34 : Les presses étoupes .....	41
Figure 35 : Drapeau .....	41
Figure 36 : Gaines.....	41
Figure 37: VSM de la nouvelle zone.....	42
Figure 38: VSM de la nouvelle zone .....	48
Figure 39 : Les caractéristiques de la métresse choisie .....	49
Figure 40 : le support de 3 <sup>ème</sup> poste.....	51

Figure 41: Bête à corne de support utilisé dans le 3 ème poste .....	51
Figure 42 : outil de sertissage.....	51
Figure 43 : outil de chauffage.....	52
Figure 44 : Bande adhésif en toile déchirable.....	52
Figure 45 : Drapeau .....	52
Figure 46 : l'outil de protection et de fixation de l'outil de sertissage .....	53
Figure 47: Modélisation de la nouvelle zone avec Catia V5.....	54
Figure 48: zone de coupe et d'assemblage de Sous plancher.....	58
Figure 49:zone d'assemblage d'ONIX et SETIF .....	58
Figure 50 : La nouvelle zone de coupe et d'assemblage des câbles de grosse section .....	58
Tableau 1 : Les outils utilisés au cours du projet .....	9
Tableau 2: Description de la problématique via l'outil QOOQCP .....	10
Tableau 3 : Les produits de câbles de grosse section.....	12
Tableau 4 : le diagramme SIPOC de la zone de coupe .....	12
Tableau 5: Le diagramme SIPOC d'ONIX.....	14
Tableau 6 : Diagramme SIPOC de projet SETIF .....	15
Tableau 7 : Diagramme SIPOC de projet NG REGIOLIS .....	16
Tableau 8 : Charte Projet.....	17
Tableau 9 : Tableau des majorations .....	19
Tableau 10 : Les résultats du temps normal de la zone de coupe.....	20
Tableau 11 : Les résultats du temps normal de la zone d'assemblage .....	20
Tableau 12: Tableau des composants de chaque produit .....	21
Tableau 13:Tableau de temps standard de coupe de chaque référence de produit pour chaque produit	22
Tableau 14 : le temps normal et standard de déplacement de bac des composants.....	23
Tableau 15 : le tableau de temps de stockage des bacs de câbles coupés .....	23
Tableau 16: Tableau de temps standard d'assemblage de chaque référence de produit .....	24
Tableau 17: Le temps normal de déplacement de l'outil de sertissage.....	24
Tableau 18:Le tableau de calcul de Lead Time.....	25
Tableau 19 : tableau de données de temps et de surface .....	26
Tableau 20 : Le tableau de calcul de la surface totale occupée par la zone actuel .....	27
Tableau 21 : Tableau de besoin en temps.....	28
Tableau 22: Analyse de déroulement de zone de coupe.....	30
Tableau 23 : L'analyse de déroulement de la zone d'assemblage .....	30
Tableau 24 : Analyse de premier Mudas Déplacement.....	31
Tableau 25: Analyse de deuxième Mudas de déplacement.....	31
Tableau 26 : Analyse troisième Mudas Déplacement .....	31
Tableau 27: Analyse de Mudas de Stock d'encours.....	32
Tableau 28 : Analyse de la procédure de coupe des câbles de grosse section.....	32
Tableau 29 : Analyse de la 2 ème opération de coupe dans la zone d'assemblage .....	32
Tableau 30 : la différence entre les longueurs de la gamme de fabrication et longueurs réelles des câbles.....	33
Tableau 31 : Analyse de l'espace occupé par les Layouts .....	33

Tableau 32 : Les améliorations proposées.....	35
Tableau 33 : l'analyse de déroulement de l'état futur .....	36
Tableau 34: Analyse AMDEC .....	37
Tableau 35 : la grille de cotation de la criticité .....	37
Tableau 36 : Evaluation de la criticité et actions d'amélioration proposée.....	38
Tableau 37 : Hiérarchisation des risques selon la criticité .....	38
Tableau 38 : Tableaux des outils utilisés pour préparer de la bande des bagues de couleur.....	40
Tableau 38 : Tableaux des outils utilisés pour préparer de la bande des bagues de couleur.....	41
Tableau 39: Lead time de nouveau processus .....	44
Tableau 40: Tableau de répartition des postes .....	45
Tableau 41 : Tableau de RCCP de la nouvelle zone .....	47
Tableau 42: le besoin en outillage de 2 ème poste .....	50
Tableau 43 : besoin en outillage de 4 ème poste.....	52
Tableau 44: L'approche Financière .....	54
Tableau 45 : Flux de processus de l'état actuel.....	55
Tableau 46:Le flux de processus de l'état futur .....	56
Tableau 47: comparaison entre les deux états .....	56
Tableau 48 : L'efficience de l'état actuel .....	57
Tableau 49 : L'efficience de l'état futur .....	57
Tableau 50 : Gain en temps par unité des produits .....	59
Tableau 51 : Gain en efficience et en surface.....	59
Annexe 1 : Les outils utilisés au cours du projet .....	
Annexe 2 : La méthode QQQQCP couplée à la méthode DMAIC .....	
Annexe 3 : Les résultats de chronométrage de la zone de coupe .....	
Annexe 4 : Les résultats de chronométrage de la zone d'assemblage.....	
Annexe 5 : Les composants liés à chaque opération .....	
Annexe 6 : Tableau du temps standard de coupe .....	
Annexe 7 : Tableau du temps standard du processus d'assemblage .....	
Annexe 8 : Le plan de production .....	
Annexe 9 : Le tableau des câbles (WIRE LIST) .....	
Annexe 10 : Le total d'heure par poste par semaine « RCCP de l'état futur » .....	
Annexe 11 : Le total d'heure par poste par semaine « RCCP de l'état futur » .....	
Annexe 12 : Composants et caractéristiques de l'outil de sertissage.....	

## **Introduction générale:**

Le présent rapport est préparé à l'issue d'un stage de fin d'étude que nous avons passé au sein du Bureau de méthode d'ALSTOM-Cabliance Maroc qui s'occupe d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies.

ALSTOM-Cabliance Maroc a refusé cette année plus de 400 demandes de client à cause de manque d'espace. Le but général, comme pour toute entreprise, est de satisfaire le client, donc elle a commencée à mettre des projets d'optimisation de temps et d'espace.

Notre projet de fin d'étude porte sur '**l'optimisation de la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section par le Lean Six sigma**'. Le rapport s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre est dédié à la **présentation générale de la société ALSTOM-Cabliance Maroc** ;
- Le deuxième chapitre, présente le **cadre conceptuel et outils du projet** en déterminant le cahier de charge, le planning de projet, les outils et les logiciels utilisés ;
- Le troisième chapitre, introduit les phases de la démarche **DMAIC à savoir** :
  - La phase Définir, détaille le périmètre de projet.
  - La phase Mesurer, présente la mesure de l'état actuel de projet par la collecte des données.
  - La phase Analyser, s'articule autour de l'analyse de chaque Mudra trouvé.
  - La phase Innover, présente l'ensemble des améliorations proposées.
  - La phase Contrôler, présente l'intérêt de la solution proposée par une comparaison entre l'état actuel et l'état désiré.

Et une conclusion générale achèvera notre rapport.

# Chapitre 1 : Présentation générale de la société ALSTOM-Cabliance Maroc

## Introduction :

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter l'entreprise ALSTOM-Cabliance Maroc sous forme de deux parties, en premier temps, nous allons définir l'organisme d'accueil et sa structure intérieure et en deuxième temps, nous allons définir le métier de câblage ferroviaire ainsi que le processus de production de l'entreprise sous les axes suivants :

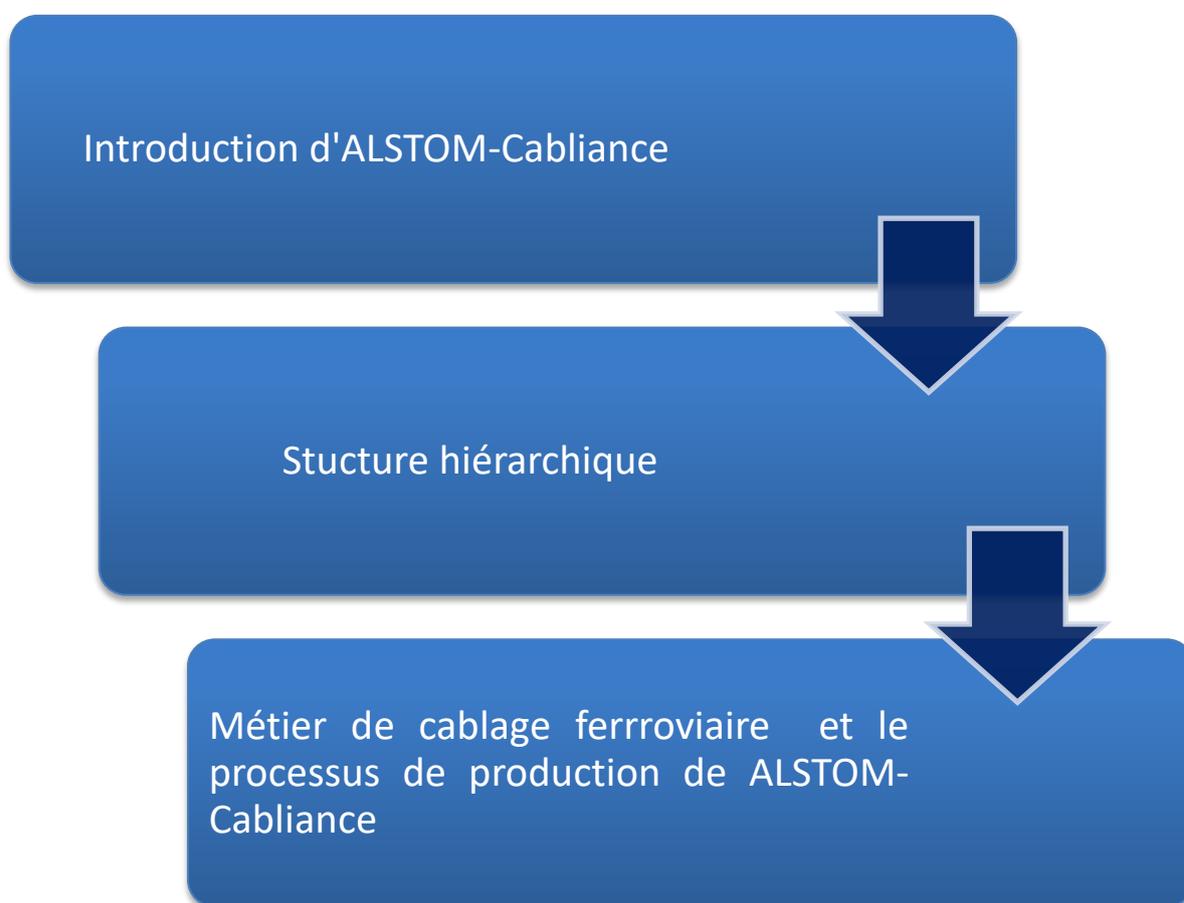


Figure 1: Axes de la présentation de l'entreprise

## I. Présentation du ALSTOM-Cabliance Maroc :

### 1. Introduction sur ALSTOM-Cabliance Maroc:

ALSTOM-Cabliance Maroc est une entreprise créée en 8 Décembre 2011 et mise en route en 2012 et située à Fès, dédiée à la production des faisceaux de câbles ferroviaires et d'armoires électriques.

Elle était détenue à parts égales par :

- ALSTOM « le groupe numéro 1 mondial dans les centrales électriques, les turbines et alternateurs hydroélectriques, Les trains à très grande vitesse (TGV), les tramways... » qui assurait la conception des sous-ensembles.
- NEXANS « le groupe leader mondial dans l'industrie du câble » qui pilotait leur industrialisation et leur production.

Après cinq années de collaboration, ALSTOM rachète les parts de Nexans pour devenir le propriétaire exclusif de la société Cabliance, qui a pris le nom de : ALSTOM-Cabliance Maroc.

Cette entreprise compte aujourd'hui environ 200 employés et collabore avec un écosystème de 22 fournisseurs locaux.

Elle a déjà produit plus de 6500 faisceaux de câbles et plus de 1000 armoires électriques destinées à l'électrification de trains, selon ALSTOM.

### 2. La structure hiérarchique :

L'organigramme d'ALSTOM- Cabliance Maroc :

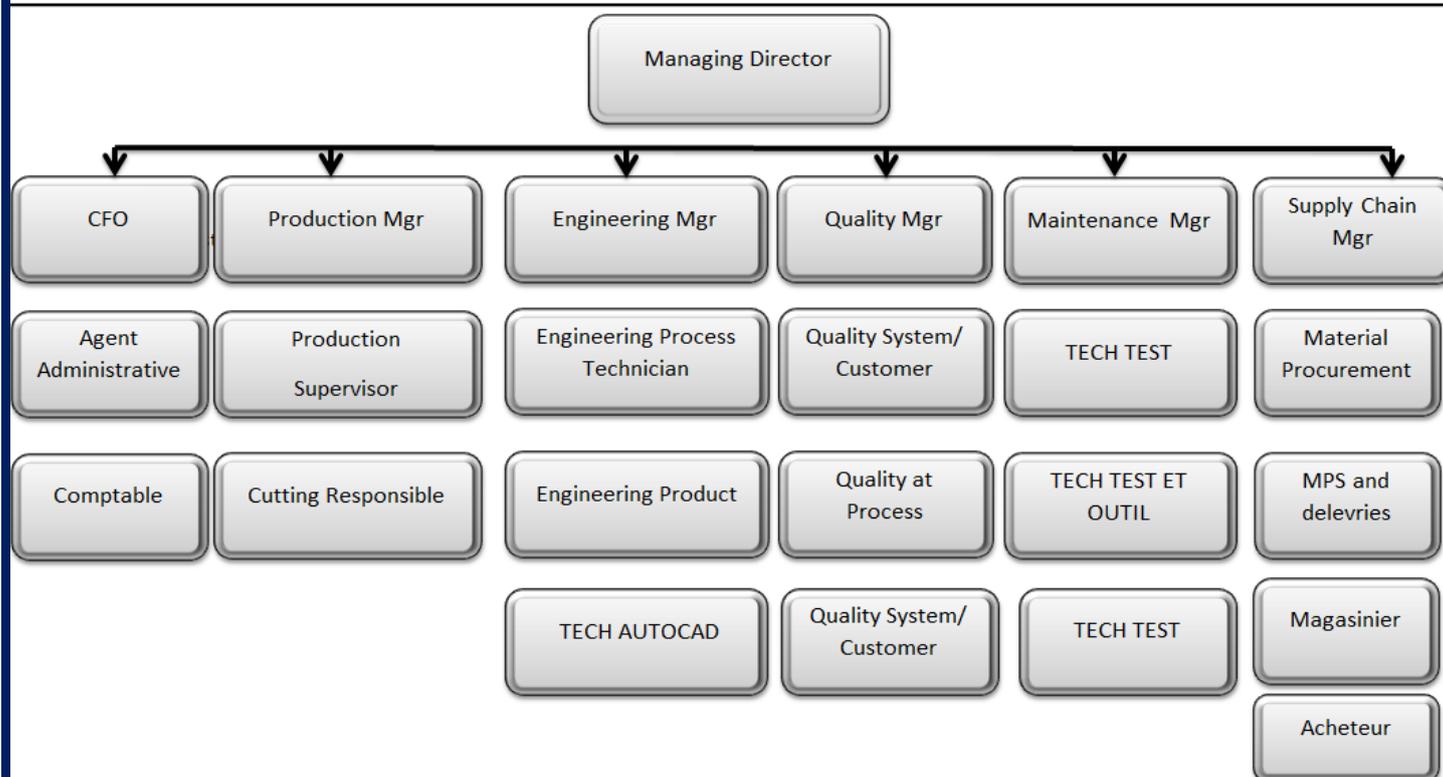


Figure 2: Organigramme d'ALSTOM-Cabliance MAROC

## II. Métier et processus de production d'ALSTOM-Cabliance Maroc :

### 1. Métier de câblage ferroviaire :

La fabrication des faisceaux et des armoires électriques dédiée à l'industrie ferroviaire est effectuée à la main et via des outils mécaniques ou pneumatiques de coupe et de sertissage, et cela, pour des raisons de sécurité.

La majorité des références d'ALSTOM-Cabliance Maroc concerne les deux voitures d'extrémité ainsi que les salles, les toitures et les cabines.

#### 1.1 Définition d'un faisceau ferroviaire :

Un faisceau électrique est un ensemble de câbles électriques raccordés entre eux via des Connecteurs. Son rôle est d'assurer :

- La distribution électrique,
- Le transfert des informations et la commande entre les différents équipements électriques et électroniques,
- La liaison électrique entre les appareils et leurs tables de commande.

#### 2.1 Définition d'une armoire électrique :

L'armoire électrique est un boîtier qui contient un réseau de distributions électriques. Son rôle essentiel est de protéger ce réseau de tout incident dangereux, et elle assure le rôle d'un gestionnaire d'énergie électrique.

### 2. Le processus de production d'ALSTOM-Cabliance Maroc :

Ce processus comprend plusieurs parties à savoir :

#### • Réception et stockage de la matière première :

Après une réception administrative, quantitative et qualitative de la matière première qui est généralement des bobines de fils, des connecteurs et des connexions, les contrôleurs font un contrôle de réception. Le stockage de cette matière dans le magasin en fonction de la référence, du poids, et de la sensibilité de chaque produit.

#### • Préparation des ordres de fabrication, des manchons, et des étiquettes :

Les Ordres de Fabrications 'OF', sont réalisés par l'ingénieur planning qui les envoient au service 'impression manchons/étiquettes' pour les imprimer avec les manchons (double face) et les étiquettes de coupe.

Le dossier de fabrication qui est composé de la fiche suiveuse, la check List des composants et les fiches de traçabilité sont préparé par la même occasion.



Figure 3:dossier de fabrication, étiquettes et manchons

- **La coupe des câbles :**

La coupe des câbles se fait de deux manières différentes :

La première consiste à couper les câbles de grosses sections (section entre 16 mm<sup>2</sup> et 240 mm<sup>2</sup>) manuellement sur une table de 5 mm de longueur, en utilisant une pince de coupe.

La deuxième consiste à couper les câbles de faibles sections (section inférieure à 16 mm<sup>2</sup>) automatiquement par la machine 'KOMAX KAPP'.

- **Préparation de Paquets et kits:**

Suite à l'opération de coupe, on prépare les paquets et kits selon la méthode suivante :

- Préparation des kits de paquets en fonction de la gamme de production réalisée par l'agent de méthode.
- Préparation des composants de montage selon la check List par les agents de magasin.
- Regrouper les kits de paquets et les composants de montage dans un bac pour être envoyer à la zone d'assemblage.

Les moyens utilisés dans le poste de préparation sont :

- Les étiquettes: utiles pour définir les extrémités de câble (tenant/aboutissant), les références des connexions, l'outil de sertissage, et la longueur de dégainage.
- Le scotch déchirable : utilisé pour fixer la partie tenant d'un paquet.

- **Cheminement des câbles :**

Après la réception des bacs à la zone d'assemblage, l'opérateur commence le cheminement des câbles sur les planches d'assemblage interchangeables montées sur des supports.

Les Layouts des planches sont fournis par le technicien AutoCAD, après qu'elles soient validées par le service qualité.

Le cheminement est réalisé suivant une trajectoire bien définie, en partant de la première extrémité du câble (tenant) qui porte le manchon et l'étiquette jusqu'à atteindre la deuxième extrémité (aboutissant).



Figure 4: Table de coupe



Figure 5: Paquets et Kits



Figure 6: Layout de planche

- **Mise en place des bagues de couleurs et des presses étoupes :**

Après l'étape de cheminement, l'opérateur mis sur les câbles :

- Les bagues de couleurs (PVC : figure 7) selon leurs emplacements et leurs couleurs.
- Les presse-étoupes (pour les câbles de grosse section) selon leurs références et leurs sens.

Sachant que toutes ces informations sont marquées sur la planche.



Figure 7: Les PVC



Figure 8: Les presses étoupes

- **Dégainage et sertissage des câbles:**

Le Dégainage c'est une procédure qui sert à retirer une partie de la gaine de câble, sans endommager le conducteur ou le reste de l'isolation.

Le sertissage est le fait de fixer la connexion avec le câble, en vue de garantir une résistance à une certaine force

d'arrachement avec un outil bien déterminé.

Pour les deux opérations citées précédemment, l'opérateur s'appuie sur une gamme de sertissage pour déterminer la longueur de dégainage ainsi que l'outil à utiliser pour le sertissage de la connexion convenable.

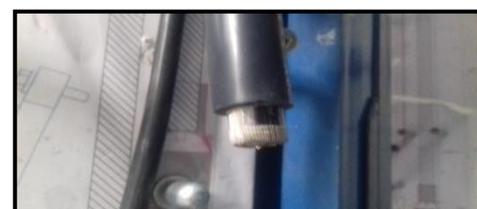


Figure 9: Opération de dégainage



Figure 10: Opération de sertissage

- **Mise en place et chauffage des gaines et manchons :**

Les manchons et gains sont mis dans les extrémités (tenant/aboutissant) des câbles pour repérer et protéger les câbles.



Figure 11: Chauffage des gaines et manchons

- **Mise en place des drapeaux :**

Les drapeaux sont mis dans les extrémités (tenant/aboutissant) des câbles pour définir l'emplacement et les références des connecteurs intégrés par le client.

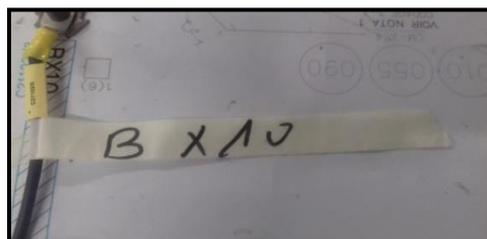


Figure 12: Drapeaux

- **Montage des connecteurs:**

Dans cette étape, l'opérateur fait un assemblage de câble sertis avec un connecteur bien défini sur le gabarit de cheminement.

Les instructions de montage d'un tel connecteur sont présentées dans le mode opératoire, donc il suffit de suivre les instructions pour monter un tel connecteur.

- **Test électrique :**

Après le montage de tous les connecteurs du faisceau, ce dernier doit passer par des tests électriques réalisés par un testeur automatique qui sonne s'il y a une inversion dans le montage qu'il faut réparer et noter dans le rapport de contrôle.

- **Contrôle final :**

Après la validation de la conformité électrique des connecteurs du faisceau, ce dernier passe au contrôle final pour vérifier la conformité du câblage par rapport aux documents exigés par le client.

- **Emballage:**

Cette opération consiste à protéger tous les composants des faisceaux (connecteurs, boîtiers, connexions...) par le papier à bulles pour éviter toute détérioration de ces composants et toute agression au niveau des câbles du conditionnement des faisceaux.



Figure 13: Emballage de faisceau

## **Conclusion :**

En conclusion, nous avons présenté dans ce chapitre l'organisme d'accueil, ses activités, ses produits commercialisés et son processus de production.

Le chapitre suivant fera l'objet d'une description détaillée du cahier de charges de notre projet.

# Chapitre 2 : Cadre conceptuel et outils du projet

---

## **Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons définir en premier temps le cadre conceptuel qui présente le cahier de charge, les acteurs et le planning du projet et en deuxième temps les outils utilisés durant notre projet.

## **I. Cadre conceptuel du projet :**

### **1. Cahier de charges :**

#### **1.1 Les acteurs du projet :**

##### **a. Maitre d'ouvrage :**

Le maitre d'ouvrage est la société ALSTOM-Cabliance Maroc, dédiée à la production des faisceaux de câbles ferroviaires et d'armoires électriques.

##### **b. Maitre d'œuvre :**

Le maitre d'œuvre est la Faculté des Sciences et Techniques de Fès « FSTF », représentée par les étudiantes Froud Sakina et Adrouji Sara, de deuxième année Master Génie Industriel.

- **Encadrant pédagogique :** Mr. TAHRI Driss
- **Encadrant de l'entreprise :** Mr. KHOULDI Mohammed & Mr. IRAQUI Anass

#### **1.2 Objet du projet :**

Notre projet s'articule sur l'application du Lean six sigma pour optimiser la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section, en éliminant tout type de gaspillage au sein de processus de production pour avoir un temps de cycle convenable ainsi qu'une meilleure qualité, une bonne efficacité, moins d'occupation d'espace, et une plus grande flexibilité grâce à une nouvelle répartition des postes et une meilleure organisation autour de processus.

#### **1.3 Problématique :**

Pour réaliser des améliorations au sein de la société, il est nécessaire de savoir tout ce qui concerne la qualité des processus de production: le temps de production, la qualité du produit et la quantité demandée.

Notre mission au sein de Bureau de méthode et procédé étant l'optimisation de la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section, au niveau de :

##### **L'espace :**

En effet, l'espace total propre à la production des projets de câbles de grosse section occupe une partie importante (répartie entre deux étages) de site sachant que le temps total de fabrication de ces projets est petit par rapport à cet espace.

##### **Temps et matière :**

Conscient de la présence des opérations de non-valeur ajoutée qui provoquent des gaspillages au niveau du temps et de matière dans le processus de fabrication, les responsables de la société nous ont chargé de préciser l'origine de ces opérations et d'essayer d'optimiser le temps afin d'améliorer l'efficacité.

Pour orienter le travail de cette mission, la directrice générale de l'ingénierie a fixé un objectif de rassembler la zone de coupe et la zone d'assemblage des projets de câbles de grosse section, en appliquant une démarche basée sur le concept du Lean six sigma de façon à :

- Optimiser l'espace
- Diminuer le temps de production,
- Améliorer l'efficience,
- Eliminer tout type de gaspillage susceptible d'affecter les performances des systèmes de production.

Pour arriver à cet objectif, l'entreprise a posé un budget de 220000dh.

## 2. Planning de projet :

Pour atteindre les objectifs fixés, nous avons suivi les étapes représentées par le diagramme de Gantt. Ce dernier nous a permis de visualiser dans le temps les diverses tâches composant notre projet, et de maîtriser la gestion du temps alloué pour la réalisation du projet. Il était également une base de communication avec les acteurs du projet.

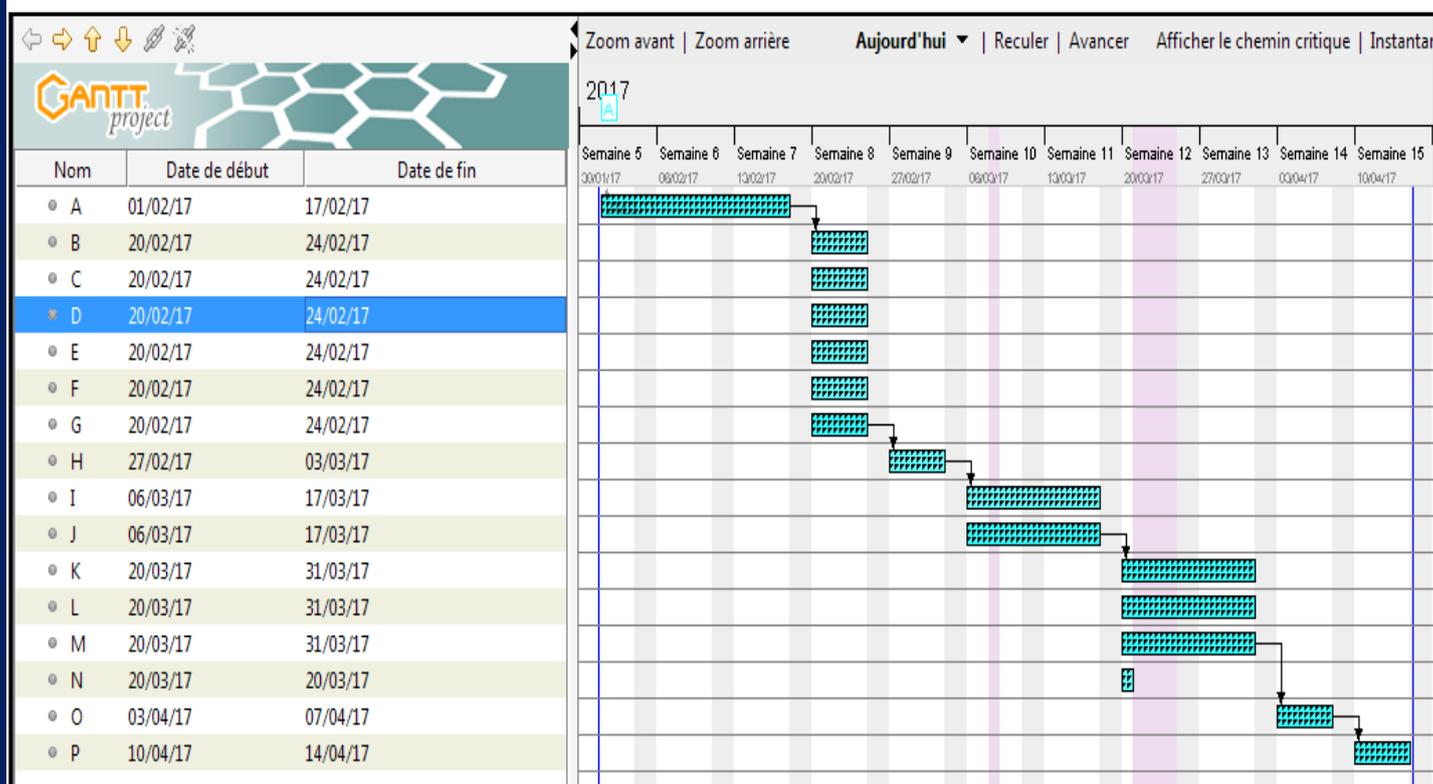


Figure 14: Planning de projet

A : Visite du site, découverte des différents services

B : Etablissement d'une carte VSM (Value Stream Mapping)

C : Etablissement d'un logigramme zone coupe grosse section

- D : Etablissement d'un logigramme zone montage ONIX
- E : Etablissement d'un logigramme zone montage TOITURE
- F : Etablissement d'un logigramme zone montage INTERCAISSE
- G : Etablissement d'un logigramme zone montage SOUS PLANCHER
- H : Réception des données (gamme d'assemblage)
- I : Chronométrage zone coupe grosse section
- J : Chronométrage zone montage d'assemblage des câbles de grosses sections
- K : Définition du temps standard par référence
- L : Etude de charge et capacité de l'état actuel
- M : Définition du nouveau Processus
- N : Analyse AMDEC
- O : Brainstorming avec l'équipe (qualité, la formation et la production)
- P : Analyse des résultats et chiffrage des gains

## II. Outils utilisés au cours du projet :

Les outils à utiliser durant notre projet sont :

<b>Le Lean six sigma</b>	<b>Diagramme d'affinité</b>
<b>La démarche DMAIC</b>	<b>POKA YOKE</b>
<b>AMDEC</b>	<b>La Charte Projet</b>
<b>La carte VSM (Value Stream Mapping)</b>	<b>SIPOC &amp; QOOQCP</b>

Tableau 1 : Les outils utilisés au cours du projet



**Vous pouvez trouver les définitions de ses outils dans l'annexe 1**

## Conclusion :

Afin de répondre à la problématique énoncée, nous avons évoqué dans ce chapitre le cadre conceptuel et la méthodologie du travail adoptée Lean Six Sigma qui est une application rigoureuse de la démarche DMAIC.

# Chapitre 3 : La démarche DMAIC

---

## **Introduction :**

Dans ce chapitre, nous allons détailler les différentes phases de la démarche DMAIC à savoir Définir, Mesurer, Analyser, Innover (Améliorer) et Contrôler.

## I. La phase Définir de la démarche DMAIC :

Dans ce chapitre, nous allons définir la première étape de la méthodologie DMAIC, sur laquelle on se base pour définir le périmètre du projet, ses objectifs ainsi que les étapes suivies pour la réalisation de notre projet.

### 1. Définition du problème :

Afin de décrire d'une manière structurée notre situation problématique, nous avons utilisé les principales questions-réponses de l'outil QQQQCP, présenté dans le tableau ci-dessous :

<b>Qui : Qui est concerné par le problème ?</b>	Départements d'Alstom -Cabliance : -Ingénierie -Production -Qualité
<b>QUOI : C'est quoi le problème ?</b>	-Les gaspillages de temps et de matière. -La surcharge sur l'espace.
<b>Où : Où le problème ait lieu ?</b>	-La zone de coupe et zone d'assemblage des câbles de grosses sections
<b>Quand : Quand apparait le problème ?</b>	-Dès la forte demande des produits de la part des clients.
<b>Comment : Comment mesurer le problème et ses solutions ?</b>	-Etude des gaspillages dans le flux de production -Etablir des chronométrages sur le flux de production -Etude de charge et capacité du processus de production. Nous allons se baser sur la démarche Lean six Sigma suivant les étapes de DMAIC.
<b>Pourquoi : Pourquoi faut-il résoudre ce problème ?</b>	-Optimiser le temps et l'espace -Garantir la qualité des produits -Améliorer l'efficience.

Tableau 2: Description de la problématique via l'outil QQQQCP

Nous allons expliquer les réponses des questions de la QQQQCP pour donner plus de détails sur la problématique :

#### ❖ Qui ? Qui est concerné par le problème ? :

Le problème concerne la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosses sections et se répercute sur l'ensemble des départements de la société Alstom-Cabliance tout particulièrement ceux d'ingénierie, de Qualité et de Production.

#### ❖ Quoi ? C'est quoi le problème ?

Dans la zone de coupe, la procédure de coupe des câbles de grosse section provoque une augmentation du temps de production ainsi que l'occupation d'un espace très important.

Dans la zone d'assemblage, l'espace total propre à la production des projets de câbles de grosse section occupe une partie importante (répartie entre deux étages) de site sachant que le temps total de fabrication de ces projets est petit par rapport à cet espace.

La répartition des deux zones entre deux étages rend le temps de production élevé.

❖ **Où ? Où apparait le problème ?**

Au niveau des postes de coupe et d'assemblage des câbles de grosse section.

❖ **Quand ? Quand est-ce qu'apparait le problème ?**

Cette année, la société ALSTOM-CABLIANCE n'a pas accepté plus de 400 demandes de la part des clients à cause de manque d'espace sur la zone de production.

❖ **Comment ? Comment mesurer le problème et ses solutions ?**

Nous allons mesurer l'ampleur du problème et ses solutions, par Lean six Sigma suivant les étapes de la méthode DMAIC.

❖ **Pourquoi ? Pourquoi il faut résoudre ce problème ?**

Optimiser le temps et l'espace, et produire de la qualité afin d'accepter plus de projets de la part des clients et d'avoir une meilleure efficacité.

Nous avons choisi de présenter les étapes de réalisation de projet selon une description détaillée de la méthode QOQCP couplée à la méthode DMAIC (**voir Annexe 2**).

## **2. Présentation de l'espace de travail :**

Dans cette partie, nous allons détailler la procédure utilisée dans les deux zones de coupe et d'assemblage des produits de câbles de grosses sections par l'outil SIPOC (Supplier : Fournisseur, Input : Entrée, Process : Processus, Output : Sorties, Customer : Clients) qui permet de décrire la démarche du processus depuis l'intégration d'une entrée jusqu'à la génération d'une sortie vers le client.

Avant de commencer notre étude, il est nécessaire de choisir quel sera l'objet de l'étude. Lorsque l'entreprise est de taille importante, l'étude se portera sur une famille de produits. Il s'agit d'un groupe de produits qui subissent des traitements semblables, c'est-à-dire qui passent sur des équipements similaires, c'est la raison pour laquelle nous avons choisi de travailler sur un nombre fini de produit.

### **2.1 Le choix des produits :**

Pour choisir les produits, nous avons réalisé un tri au niveau des produits selon :

\*La section des câbles utilisés (section supérieure à 16 mm<sup>2</sup>).

\*le processus d'assemblage qui commence par l'étape cheminement de câble jusqu'au l'étape de sertissage.

Nous avons travaillé sur les produits présentés dans le tableau suivant :

Projet	ONIX	REGIOLIS	SETIF
<b>Produit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ONIX850 X02 HT (haute tension)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sous Plancher VE1 et VE2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toiture HT* NP</li> <li>Toiture HT C1</li> <li>Toiture HT C2</li> <li>Toiture HT C2</li> <li>Toiture HT M1-M2</li> </ul>

Tableau 3 : Les produits de câbles de grosse section

**HT\* : Haute tension**

Ces produits suivent un processus de fabrication selon deux zones que nous allons les détailler par la suite.

### 2.2 Etude de la zone de coupe :

Nous allons détailler le processus présenté dans le diagramme SIPOC de la zone de coupe :

Fournisseurs	Entrée	Processus	Sortie	Clients
Magasin	<b>Matières premières:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bobines de câbles.</li> <li>Etiquettes</li> </ul> <b>Outils :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pince de coupe</li> <li>Table de coupe</li> </ul>	<pre> graph TD     A[Impression des étiquettes et Chick List] --&gt; B[Préparation des bobines]     A --&gt; C[Préparation de la table de coupe et le pince coupant]     B --&gt; D[Cheminement de câble]     C --&gt; D     D --&gt; E[Lovage de câble]     E --&gt; F[Coupe de câble]     F --&gt; G[Mettre l'étiquette]     G --&gt; H[Remplir la traçabilité]     H --&gt; I[Mettre les câbles coupés dans les bacs]     I --&gt; J[Déplacement]     J --&gt; K[Zone d'assemblage]                     </pre>	Bac des câbles coupés d'une référence de produits.	Zone d'assemblage

Tableau 4 : le diagramme SIPOC de la zone de coupe

La procédure de la zone de coupe des câbles de grosse section est faite comme suit :

**Etape 1** : Réception de Kit des manchons et étiquettes de la part de service d'impression des manchons et étiquettes, ainsi que les bobines de la part du magasin.

**Etape2** : Choix de la bobine de câble à couper : l'opérateur se base sur l'étiquette pour savoir la référence de bobine de câble à couper.

**Etape3** : Cheminement du câble: après que l'opérateur récupère la bobine voulue, il déplace la table jusqu'à l'emplacement de la bobine puis il chemine le câble sur la table de coupe.

**Etape4** : l'opération de coupe : l'opérateur se base sur l'étiquette pour savoir la longueur du câble voulue, puis réalise la coupe par une pince de coupe.

**Etape5** : Mise en place de l'étiquette : après l'opération de coupe, l'opérateur met l'étiquette sur le câble.

**Etape6** : Lovage du câble (Boucler le câble).

**Etape7** : Remplissage de la fiche de traçabilité.

**Etape 8** : Mise en place du câble sur le bac.

L'opérateur répète ses étapes pour la totalité des câbles d'une seule référence de produit pour envoyer le bac qui contient les câbles coupés à la zone d'assemblage que nous allons la détailler par la suite.

### 2.3 Etude de la zone d'assemblage :

La zone d'assemblage contient des Layouts fixés sur des planches dans lesquelles les opérateurs réalisent l'opération d'assemblage des câbles coupés et les autres composants (contacts, gaines, manchons...).

#### a) Description de Layout :

Les Layouts sont réalisés par le technicien d'AUTOCAD.

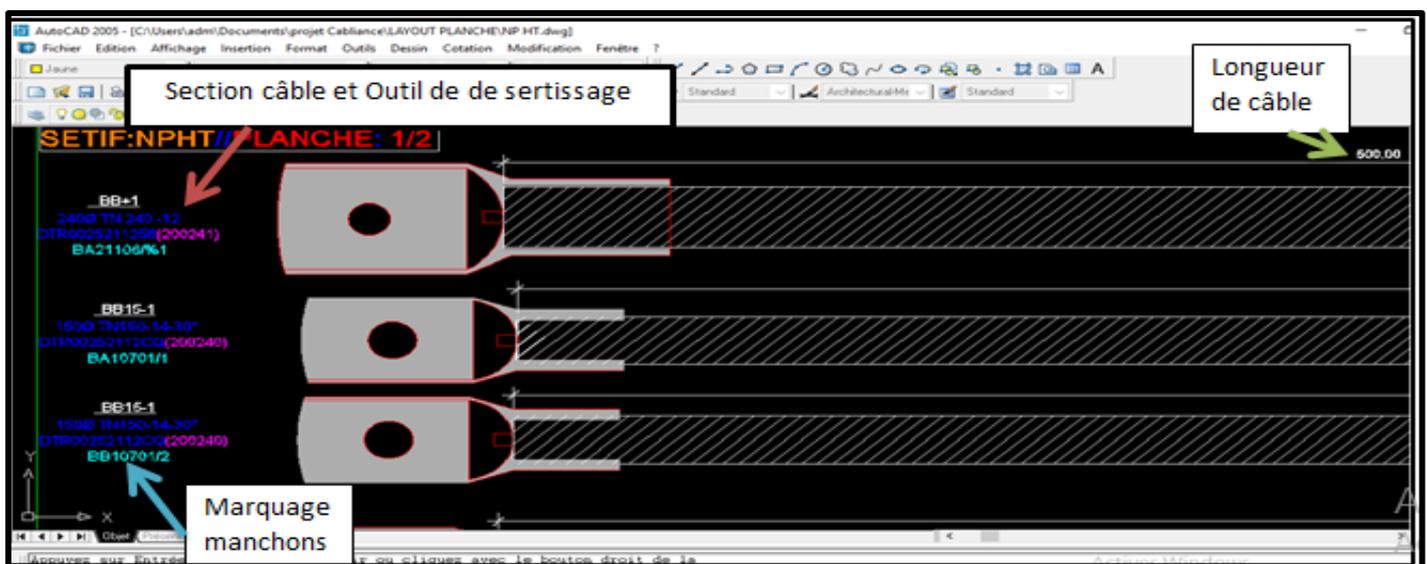


Figure 15: Layout des câbles

Ces derniers contiennent :

- Les trajets de câbles avec leurs longueurs réelles.
- Le diamètre de câbles
- Les références de contacts, gaines et marquages de manchons et de connecteurs sur les deux extrémités de câble (aboutissant et tenant).
- Les références des outils de sertissage.

**b) Processus de fabrication :**

Nous avons choisi de présenter le processus de fabrication de chaque produit à part, sachant que les trois projets se différencient seulement au niveau de nombre d'étapes appliquées à chacun d'eux.

**Le diagramme SIPOC d'ONIX :**

Fournisseurs	Entrée	Processus	Sortie	Clients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureau de méthodes et de procédés.</li> <li>• Ingénieur Planning.</li> <li>• Magasin.</li> </ul>	<p><b>Matières premières :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobines d'étiquette</li> <li>• Bobines Manchons</li> <li>• Bobines de Câbles grosses sections</li> <li>• Les contacts</li> <li>• Les gaines</li> <li>• Les drapeaux</li> </ul> <p><b>Les outils :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pince coupant</li> <li>• Outil de sertissage</li> <li>• Outil de dégainage</li> <li>• Outil de chauffage</li> </ul>	<pre> graph TD     A[Impression des manchons, étiquettes et check list] --&gt; B[La coupe des câbles de grosse section]     A --&gt; C[Préparation des composants KIT]     B --&gt; D[Cheminement des câbles sur planche]     C --&gt; D     D --&gt; E[Mise en place des Manchons]     E --&gt; F[Autocontrôle]     F --&gt; G{Conforme ?}     G -- NON --&gt; D     G -- OUI --&gt; H[Décoller les étiquettes]     H --&gt; I[Dégainage]     I --&gt; J[Sertissage des contacts]     J --&gt; K[Mise en place des gaines]     K --&gt; L[Chauffage des gaines et des manchons]     L --&gt; M[Mise en place des drapeaux]     M --&gt; N{Conformité de faisceau ?}     N -- NON --&gt; I     N -- OUI --&gt; O[Emballage]     O --&gt; P[Expédition]     </pre>	<p><b>Faisceau ferroviaire: ONIX850 X02 HT</b></p>	<p><b>Clients :</b></p> <p><b>Onix</b></p>

Tableau 5: Le diagramme SIPOC d'ONIX

**Le diagramme SIPOC de projet SETIF :**

Fournisseurs	Entrée	Processus	Sortie	Clients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bureau de méthodes et de procédés.</li> <li>Ingénieur Planning.</li> <li>Magasin.</li> </ul>	<p><b>Matières premières :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bobines d'étiquette</li> <li>Bobines Manchons</li> <li>Bobines de Câbles de grosses sections</li> <li>Les contacts</li> <li>Les presse-étoupes</li> <li>Les gaines</li> <li>Les drapeaux</li> <li>Les connecteurs</li> <li>Les PVC</li> </ul> <p><b>Les outils :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pince coupant</li> <li>Outil de sertissage</li> <li>Outil de dégainage</li> <li>Outil de chauffage</li> </ul>		<p><b>Toitures Haute tension :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TOITURE HT M1-M2</li> <li>TOITURE HT NP</li> <li>TOITURE HT C1</li> <li>TOITURE HT C2</li> <li>TOITURE HT CC</li> </ul>	<p><b>Client :</b> SETIF</p>

Tableau 6 : Diagramme SIPOC de projet SETIF

**Le diagramme SIPOC de NG REGIOLIS :**

Fournisseurs	Entrée	Processus	Sortie	Clients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bureau de méthodes et de procédés.</li> <li>Ingénieur Planning.</li> <li>Magasin.</li> </ul>	<p><b>Matières premières :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bobines d'étiquette</li> <li>Bobines Manchons</li> <li>Bobines de Câbles de grosses sections</li> <li>Les contacts</li> <li>Les gaines</li> <li>Les drapeaux</li> <li>Les pvc</li> </ul> <p><b>Les outils :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pince coupant</li> <li>Outil de sertissage</li> <li>Outil de dégainage</li> <li>Outil de chauffage</li> </ul>		<p><b>Faisceau ferroviaire:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SOUSPLANCHER VE1</li> <li>SOUSPLANCHER VE2</li> </ul>	<p><b>Client :</b></p> <p>NG REGIOLIS (SPL)</p>

Tableau 7 : Diagramme SIPOC de projet NG REGIOLIS

**Conclusion de la phase Définir :**

Pour récapituler l'ensemble des éléments de la phase « Définir », nous avons matérialisé ces derniers sous forme d'une fiche intitulée **charte de projet (Tableau 8)**, où on trouve :

- la description du projet ;
- les périmètres et les objectifs du projet;
- la définition du groupe de travail et l'engagement des principaux acteurs.

La charte projet est la suivante :

Définition du projet		Objectif		
<p>Vue à certains dysfonctionnements observés dès la zone de coupe jusqu'à l'étape de sertissage de la zone d'assemblage des câbles de grosse sections, Le bureau de méthode nous a mis en charge pour améliorer ou éliminer ces dysfonctionnements selon le cahier de charge suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimisation d'espace.</li> <li>• Réduire ou éliminer les gaspillages au niveau de : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Temps de déplacement</li> <li>○ Stock d'encours</li> <li>○ Perte en matière</li> <li>○ Améliorer l'efficacité</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gain en espace, temps et en matière</li> <li>-Augmentation d'efficacité</li> <li>-Garantir la qualité de produit</li> </ul>		
Périmètre				
	Inclus		N'est pas inclus	
Quoi ?	Processus	Produit	Processus	Produit
	Processus de zone de coupe et de zone d'assemblage dès le cheminement jusqu'à l'étape de sertissage	Les produits qui contiennent les câbles de grosse section	-Phase d'intégration des connecteurs -Processus de coupe et d'assemblage des câbles de faible section	Les produits qui contiennent les câbles de faible section
Qui ?	Tout l'organisme		Le fournisseur	
Où ?	Zone coupe et zone d'assemblage des câbles de grosse section.		-Zone coupe et zone d'assemblage des câbles de faible section. -Magasin -Service d'impression -Service préparation mécanique	
Quand ?	Dès la forte demande des produits de la part de client		-----	
Comment ?	Etude de charge et capacité de l'espace		-----	
Equipe projet		Planning	Semaines	
Fonction		Définir	S7-S8	
Responsable Ingénierie		Mesurer	S9-S13	
Ingénieur méthode et procédé		Analyser	S12-S14	
Stagiaire		Améliorer (Innover)	S14-S15	
Stagiaire		Contrôler	----	

Tableau 8 : Charte Projet

Ensuite, nous aurons dû procéder à un diagnostic de la situation actuelle afin d'obtenir une image claire et détaillée de l'existant et d'évaluer la performance du processus. Ce travail constitue la phase 'Mesurer' de la démarche DMAIC.

## II. La phase « Mesurer » de la démarche DMAIC :

Afin de quantifier notre problème, nous allons consacrer cette phase pour la collecte des données, la mesure de performance du processus et sa variabilité.

Après avoir décrit le processus et les postes intégrés de fabrication des produits de câbles de grosse section, nous avons procédé à la phase de mesure, en chronométrant toutes les étapes de processus des deux zones « Coupe et assemblage » afin de déduire le temps standard de chaque processus.

### 1.1 Méthode de chronométrage :

Nous avons utilisé la méthode de chrono-analyse qui consiste à effectuer une mesure chronométrique directe du cycle de travail et d'en déduire un temps standard de processus de fabrication.

Cette méthode nous a permis de suivre les étapes suivantes :

- **Préparation de la fiche de relevés :**

Pour prendre les mesures d'une manière efficace, nous avons conçu une fiche de relevés, qui regroupe les tâches élémentaires de chaque poste en se basant sur l'analyse de répétabilité et de reproductibilité (R&R).

L'analyse de répétabilité et de reproductibilité aura la mission suivante :

- La répétabilité, décrit la variation des résultats de mesure due à l'instrument de mesure.
- La reproductibilité, décrit la variation des résultats de mesure due aux opérateurs. Dans notre cas nous avons pris les mesures avec deux opérateurs.

- **Informers les opérateurs :**

Avant de prendre les mesures, on informe les opérateurs, que le but n'est pas d'évaluer leur performance, mais plutôt de trouver des moyens pour améliorer le mode de travail, et de rendre les tâches moins fastidieuses.

- **Prendre les mesures :**

On mesure la durée de chaque opération selon 5 mesures, pour en déduire le temps moyen.

Le nombre de mesure est déterminé selon la règle suivante :

Temps de cycle > 2 minutes → 5 mesures.

Temps de cycle < 2 minutes → 10 mesures.

- **Application du facteur d'allure et calcul du temps normal :**

Après le calcul de temps moyen (TM), nous allons déduire le Temps Normal en appliquant au Temps moyen (TM) le facteur d'allure qui est fixé à 70% (ce facteur est une donnée de l'entreprise).

$$TN = TM * \text{facteur d'allure} (8^*)$$

Le facteur d'allure est par définition la comparaison de la performance observée avec le concept de performance normale de l'analyste.

▪ **Calcul du Temps Standard – TS :**

Après avoir calculé le temps normal (TN) de chaque opération du processus de fabrication, nous avons calculé le temps standard de fabrication associé à chaque produit, selon la relation suivante :

$$TS = TNc * (1 + \text{facteur d'allocation}) \quad (8^*)$$

**Avec :**

\* *TNc* : le **temps normal du cycle** qui est égal à la somme des temps normaux.

\*Le *facteur d'allocation* englobe les majorations qui permettent de tenir compte des conditions de travail tel que la fatigue, des retards imprévisibles, besoin personne. On les retrouve le plus généralement sous le terme de coefficient DPMA pour Dynamométrique, Posture, Monotonie et Ambiance. Le calcul de ce facteur est basé sur le tableau de classe de facteur d'allocation. (8\*)

Dans notre étude, nous avons réalisé un brainstorming avec l'équipe de travail pour avoir un facteur d'allocation égale à 12% qui présente les majorations colorées en jaune, en se basant sur le tableau de classe suivant :

Classe	Typologie	Description	% à rajouter
	<b>Constante</b>	Fatigue normale	4%
<b>Dynamométrique</b>	<b>Utilisation de la force pour soulever.</b>	2,3 kg	0%
		4,5 kg	1%
		6,8 kg	2%
		9,1 kg	3%
<b>Posture</b>	<b>Assis / Debout</b>	Position debout	2%
	<b>Courbure</b>	Légèrement courbé	0%
		Courbé	2%
		Très courbé	7%
<b>Monotonie</b>	<b>Niveau de concentration</b>	Processus légèrement complexe	1%
		Processus complexe nécessitant de l'attention	4%
	<b>Monotonie</b>	Faible	0%
		Moyenne	1%
		Forte	4%
	<b>Niveau de lassitude</b>	Normal	0%
		Ennuyeux	2%
<b>Niveau de précision du travail</b>	Précis	2%	
	Très précis	5%	
<b>Ambiance</b>	<b>Manque de luminosité</b>	Légèrement en dessous des recommandations	0%
		Inadéquat	5%
	<b>Conditions atmosphériques</b>	(Humidité, Chaleur...)	0 à 10%
		<b>Niveau de bruit</b>	Continue et normal
	Fort par intermittence		5%

Tableau 9 : Tableau des majorations

## 1.2 Résultats de chronométrage de la zone de coupe et d'assemblage:

### a) Calcul de temps normal:

Nous avons suivi la méthodologie de chrono-analyse décrite dans la partie précédente pour calculer en premier temps le temps normal de chaque opération du processus de la zone de coupe et la zone d'assemblage. Les résultats de chronométrage sont les suivants :

#### ✚ Zone de coupe :

Opération	Temps moyen (ch)	Facteur d'allure	Temps normal	
			ch	min
Cheminement de câble	356	70%	249	0.15
Choix de type de bobine	325	70%	227	0.14
Opération de coupe	256	70%	179	0.11
Lovage de câble	478	70%	335	0.20
Mise en place des étiquettes	75	70%	53	0.03
Traçabilité	710	70%	497	0.30

Tableau 10 : Les résultats du temps normal de la zone de coupe

#### ✚ Zone d'assemblage :

Opération	Temps moyen (ch)	Facteur d'allure	Temps normal	
			ch	min
Cheminement de câble	202	70%	141	0.05
Mise en place des manchons et autocontrôle	120	70%	84	0.05
Décollage des étiquettes	60	70%	275	0.17
Opération de coupe	245	70%	172	0.10
Dégainage	571	70%	400	0.24
Mise en place des presses étoupes	448	70%	314	0.19
Sertissage	1414	70%	989	0.59
Mise en place des gaines	194	70%	136	0.08
Chauffage des gaines	534	70%	374	0.22
Chauffage des Monchans	460	70%	327	0.20
Mise en place des bagues de couleurs	44	70%	31	0.02
Mise en place des drapeaux	88	70%	70	0.04
Traçabilité	710	70%	497	0.30

Tableau 11 : Les résultats du temps normal de la zone d'assemblage



**Vous pouvez voir le détail des résultats de chronométrage des deux zones dans l'annexe 3 et 4**

#### Commentaire sur les résultats de chronométrage :

- X/ : La moyenne de mesure d'une opération par rapport à chaque opérateur.
- X// : La moyenne des moyennes de mesure des deux opérateurs.
- Ch : centième d'heure, sachant que : **1ch = 0.0006 min**
- Chaque opération a des facteurs qui influencent sur son temps normal :

Pour les opérations de Cheminement et Lovage du câble (Bouclage), le temps normal est influencé par le facteur de la longueur des câbles. L'augmentation de ce facteur est proportionnelle à l'augmentation du temps normal.

Pour les opérations de coupe et de dégainage, le temps normal est influencé par le facteur de la section des câbles. L'augmentation de ce facteur est proportionnelle à l'augmentation du temps normal.

- Pour les mesures que nous avons prises durant le remplissage de la fiche de relevée, nous avons rechronométré les valeurs aberrantes.

#### b) Calcul de temps standard:

Après le calcul de temps normal de toutes les étapes de la zone de coupe et la zone d'assemblage, nous allons procéder en deuxième temps au calcul du temps standard.

Chaque produit contient un nombre fini de câbles, et chaque câble a besoin d'un certain nombre de composants, nous avons affecté à chaque produit le nombre d'unité de chaque composant nécessaire à sa fabrication afin de calculer le temps standard des deux processus (coupe et assemblage) propre à chaque produit en se basant sur la fiche de chronométrage et le tableau suivant :

Référence produit	Nombre de changement de bobine	Nombre de câbles	Nombre de gaines à chauffer	Nombre de presses étoupes	Nombre de manchons à chauffer	Nombre de bagues de couleur à mettre	Nombre de contacts
Onix							
ONIX850 X02 HT	2	18	36	0	36	0	36
NG REGILOIS							
Sous plancher VE1	3	21	42	0	42	11	42
Sous plancher VE2	4	20	40	0	40	11	40
SETIF							
TOITURE HT NP	5	30	56	0	60	27	60
TOITURE HT C1	6	28	64	6	56	55	56
TOITURE HT C2	6	32	66	4	64	94	64
TOITURE HT CC	6	33	52	6	66	74	66
TOITURE HT M1-M2	5	26	52	22	52	46	52

Tableau 12: Tableau des composants de chaque produit

#### ❖ Méthode de calcul :

Afin de calculer le temps standard du processus de fabrication, qui est égale à :

$$\text{Temps standard} = \text{Temps normal de cycle (TNC)} * (1 + \text{facteur d'allocation}) \quad (8^*)$$

**En premier temps**, le temps normal de chaque opération de ce processus propre à chaque référence de produit, sachant qu'il faut prendre en considération le nombre de répétition de ces opérations qui est lié au nombre d'unité de chaque composant nécessaire au produit.

Alors pour chaque opération nous avons utilisé la relation suivante :

$$TNop = TNo * Nc \quad (8^*)$$

Tel que :

- TNop : Temps normal d'une opération propre à un produit.
  - TNo : Temps normal d'une opération de processus propre à une unité de composant de produit, (il est présenté dans les tableaux 10 et 11).
  - Nc : le nombre d'unité de chaque composant lié à l'opération mise en calcul. (tableau 12).
- Chaque opération est liée à un composant (**Voir Annexe 5**).

**En deuxième temps**, nous avons calculé le temps normal de cycle de chaque processus à partir de la relation suivante :

$$TNc = \sum_{i=1}^N TNop \quad (8^*)$$

Tel que :

- N : Le nombre d'opération par processus.
- $\sum_{i=1}^N TNop$  : La somme des temps normaux des opérations d'un processus.
- TNc : le temps normal du cycle du processus.

#### ❖ Résultats de calcul :

En appliquant la méthode de calcul décrite précédemment pour les deux processus de la zone de coupe et la zone d'assemblage, nous avons trouvé les résultats suivants :

#### ✚ Zone de coupe :

Temps	SETIF : Toiture HT					NG REGILOIS SOUS PLANCHER		ONIX
	NP	C1	C2	CC	M1-M2	VE1	VE2	ONIX850 X02 HT
Temps de cycle (min)	15,41	26,03	21,17	26,82	24,32	16,96	16,30	14,46
Facteur d'allocation	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Temps standard de coupe (min)	17,26	29,16	23,71	30,04	27,24	18,99	18,26	16,19

**Tableau 13: Tableau de temps standard de coupe de chaque référence de produit pour chaque produit**

Le temps standard net du processus de coupe est de  $Ts=23.35$  min en moyenne entre les différents produits.

#### **Vous trouvez les détails de calcul du Temps standard de coupe dans l'annexe 6 !!**

Après la coupe des câbles d'un produit, les câbles se mettent en attente dans un bac sur un stock des câbles coupés, jusqu'à qu'ils soient transférés avec les autres composants nécessaires à l'assemblage vers la zone d'assemblage.

Le déplacement de bac qui contient ces composants présente un temps qui influence sur le temps de fabrication, c'est pour cela nous avons chronométré ce temps à travers la méthode de chrono-analyse :

OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal (min)	FA	Temps standard (min)
ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/					
17	16	18	16	16	17	16	16	17	16	18	17	70%	16	11.52	12%	12.90

Tableau 14 : le temps normal et standard de déplacement de bac des composants

**FA : le facteur d'allocation & ech : échantillon**

Le temps de stockage des bacs de câbles coupés n'influence plus sur le temps de fabrication mais il varie d'une fois à une autre selon le besoin. Nous avons chronométré ce temps pour donner une idée sur ce dernier :

ech1	ech2	ech3	ech4	X/	Allure	Temps normal (h)
13	10	9	10	10	70%	7,17

Tableau 15 : le tableau de temps de stockage des bacs de câbles coupés

Pour bien observer le temps normal de cycle associé à chaque produit nous avons choisi de présenter le flux de processus de la zone de coupe sous la forme de la carte VSM suivante:

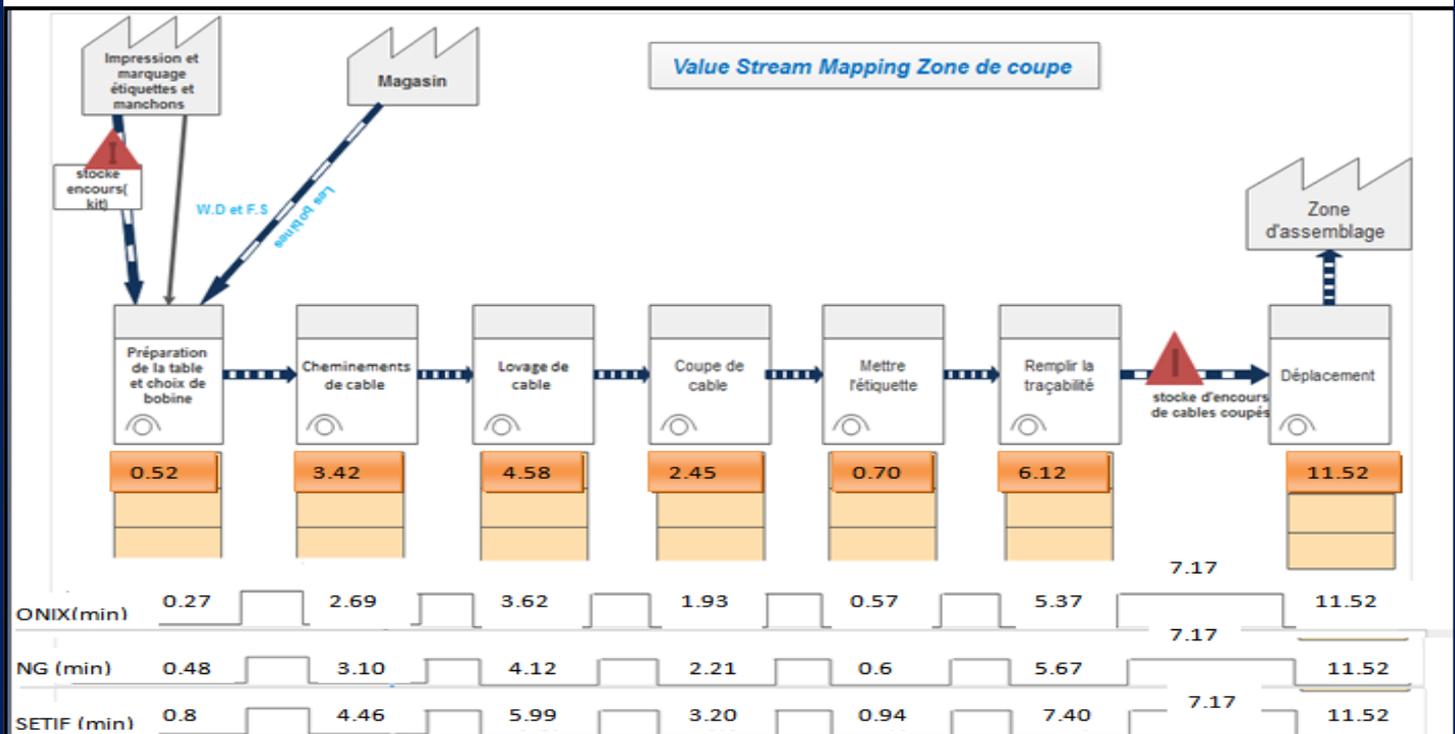


Figure 16: VSM de la zone de coupe

✚ Zone d'assemblage :

Temps (min) de :	SETIF : Toiture HT					NG REGILOIS : Sous Plancher		ONIX
	NP	C1	C2	CC	M1-M2	VE1	VE2	ONIX850 X02 HT
Temps de cycle	92,30	105,47	88,72	108,69	95,56	67,89	64,68	58,06
facteur d'allocation	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Temps standard d'assemblage	103,37	118,13	99,37	121,73	107,03	76,04	72,45	65,03

Tableau 16: Tableau de temps standard d'assemblage de chaque référence de produit

Le temps standard net du processus d'assemblage est  $T_s=95.39$  min en moyenne entre les différents produits.

**Vous trouvez les détails de calcul du Temps standard de coupe dans l'annexe 7 !!**

Au moment de chronométrage de la zone d'assemblage, nous avons constaté une autre opération qui influence sur le temps standard de processus de fabrication d'un produit qui se présente sous la forme du **déplacement de l'outil de sertissage entre deux étages :**

Nous avons chronométré le temps de ce déplacement :

OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal (min)
ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			
5,00	4,49	5,01	5,3	4,95	5.06	4,49	5,02	5,01	4,95	5,01	4.98	70%	5,02	3,51

Tableau 17: Le temps normal de déplacement de l'outil de sertissage

Le temps standard de déplacement de l'outil de sertissage est  $T_s=3.94$  min, c'est la multiplication de temps normal (3.51 min) et (1+ le facteur d'allocation (12%)).

Pour bien observer le temps normal de cycle associé à chaque produit, nous avons présenté le flux du processus de la zone d'assemblage sous la forme de la carte VSM suivante :

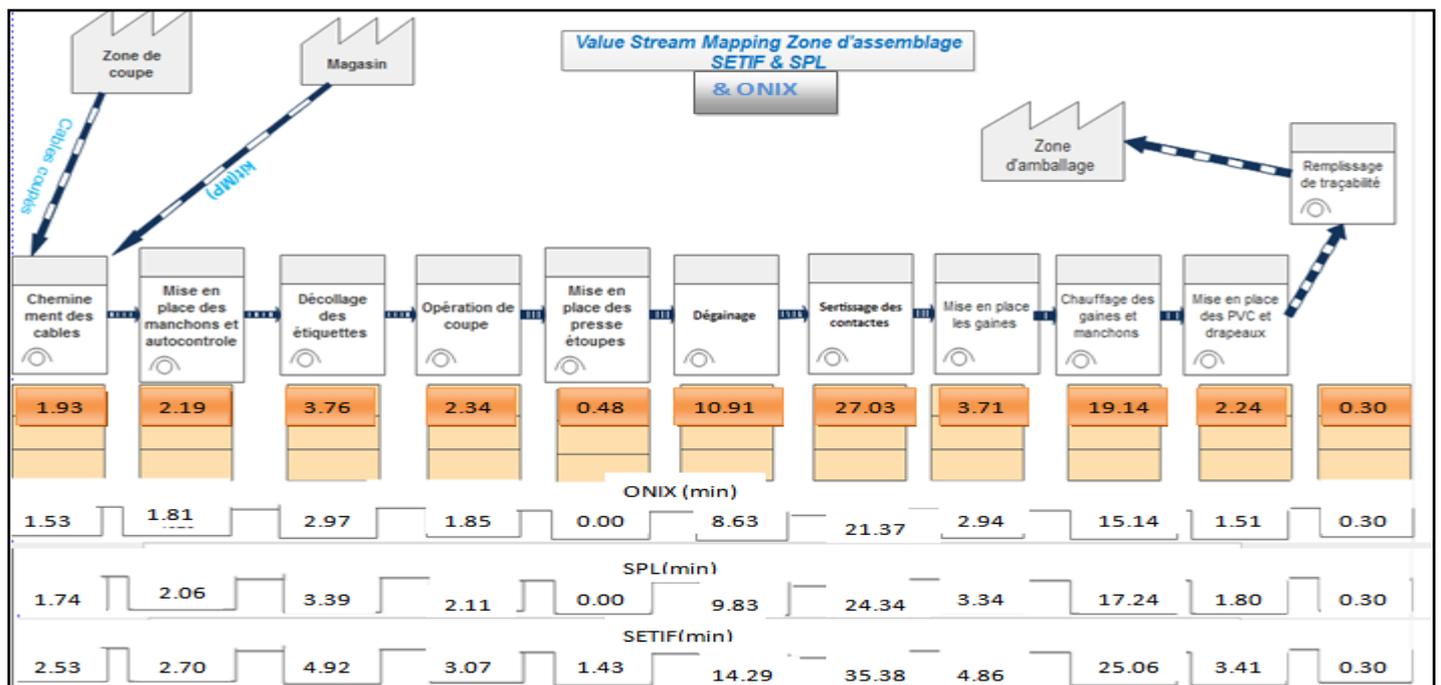


Figure 17: VSM de la zone d'assemblage

### 1.3 LEAD TIME:

#### a) Définition de Lead TIME :

Le «Lead Time» est en fait le temps qui s'écoule entre le début d'un processus et sa fin. Plus précisément le délai de mise à disposition pour la consommation d'un produit à partir du moment de commande, sachant que le temps de stockage n'est pas pris en compte. (\*\*)

#### b) Résultats de Lead Time :

Dans notre cas, le Lead time est le temps de fabrication d'un produit dès la réception de sa matière première jusqu'à son expédition, mais puisque nous avons rétréci l'étude sur la zone de production, le Lead time inclut seulement :

- Le temps net de processus de coupe et d'assemblage des câbles de grosses sections que nous avons calculé dans la partie précédente (Tableau 13 et 16).
- Le temps des opérations non productives inclut dans le processus de fabrication, que nous avons détecté dans la phase précédente (Tableau 14 et 17), se présente sous la forme :

Le temps de déplacement de l'outil de sertissage entre deux étages.

Le temps de déplacement des câbles coupés et composants nécessaires pour un produit vers la zone d'assemblage.

Nous avons calculé le Lead Time pour les différents produits étudiés :

	Le temps net de coupe (min)	Le temps de déplacement des composants (min)	Le temps net d'assemblage (min)	Le temps de déplacement de l'outil de sertissage (min)	Lead Time (min)	Lead Time (h)
<b>SETIF</b>						
SEC104AA	17.26	12.9	103.37	3.94	137.47	2,29
SEC204AA	29.16	12.9	118.13	3.94	164,12	2,74
SEM104AA	23.71	12.9	99.37	3.94	139,92	2,33
SECC04AA	30.04	12.9	121.73	3.94	168,61	2,81
SENP04AA	27.24	12.9	107.03	3.94	151,10	2,52
<b>NG REGIOLIS</b>						
NGE116AA	18.99	12.9	76.04	3.94	111,87	1,86
NGE116AA	18.26	12.9	72.45	3.94	107,54	1,79
<b>ONIX</b>						
OXX202AC	16.19	12.9	65.03	3.94	98,06	1,63

Tableau 18:Le tableau de calcul de Lead Time

Après avoir calculé le Lead Time de chaque produit, nous avons procédé à la planification globale des capacités.

## 1.4 Application de la méthode Rough Cut Capacity Planning ou Planification globale des Capacités (RCCP):

La planification globale des capacités(RCCP) est une Procédure qui consiste à traduire le Plan de Production et/ou le Programme Directeur de Production en besoins en capacités des ressources critiques; main d'œuvre, machines, surfaces et ressources financières. (9\*)

En effet, cette étude nous a permis de déterminer le besoin en surface pour la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section ainsi que le besoin en temps pour avoir des produits finis.

### a) Les données d'entrées :

Pour effectuer la planification globale des capacités, nous nous sommes basés en premier temps sur des documents, que nous considérons comme données d'entrée, à savoir:

- **Planning de production :**

Ce document nous a été transmis par l'ingénieur planning, et qui comprend la quantité hebdomadaire de faisceaux à livrer. Notre étude a été effectuée sur 14 semaines, de la semaine 6 jusqu'à la semaine 19. **(Le plan de production est dans Annexe 8)**

- **Données ALSTOM-Cabliance Maroc :**

Ce tableau nous aide à calculer le besoin en surface et en temps :

Nombre d'heure de travail / jour	7,5
Nombre de shift	2
Nombre de jour de travail/semaine	6
Efficiencie	74%
Facteur d'allure	70%
longueur Planche(m)	2
Largeur Planche(m)	0,9
Marge opérateur (m)	0,7
Surface planche (m <sup>2</sup> )	4.6

Tableau 19 : tableau de données de temps et de surface

- **Tableau du Lead Time :**

Nous avons réalisé ce tableau dans la partie précédente (Tableau 18).

- **Les Layouts des produits étudiés:**

Ce document nous a été transmis par le technicien AutoCAD, qui nous a permis de déterminer le nombre de planche utilisé pour chaque référence, afin de calculer le besoin en surface associé à chaque produit.

- **Le plan de site :**

Ce document nous a été transmis par l'ingénieur méthode, afin de calculer la surface de la zone de coupe.

## b) Traitement :

### ✚ 1ère étape : Calcul de besoin en surface

Le calcul de besoin en surface, est basé sur les Layouts, le plan de site et les données d'Alstom-Cablance Maroc.

- Zone de coupe :

$$\text{Besoin en surface (m}^2\text{)} = \text{surface d'espace de mouvement de table de coupe} + \text{Surface zone bobine}$$

Avec : \*Surface de la zone bobine=21.32 (m<sup>2</sup>)

\* Surface d'espace de mouvement de la table de coupe=60.38 (m<sup>2</sup>)

- Zone d'assemblage :

Pour chaque référence du produit étudiée, nous calculons le besoin en surface par la relation suivante :

$$\text{Besoin en surface (m}^2\text{)} = \text{Nombre des planches} * \text{Surface planche}$$

Avec :

- Nombre des planches =  $\frac{\text{Longueur layout (m)}}{\text{Longueur planche (m)}}$
- Surface planche = Longueur planche \*(Largeur planche+ (2\*Marge opérateur))  
= 2\*(0.9+ (2\*0.7)) = 4.6 (m<sup>2</sup>)

Alors, le besoin en surface total égale à la somme des besoins en surface de chaque référence étudiée.

Les résultats de calcul du besoin en surface sont regroupés dans le tableau suivant :

Référence	Longueur de Layout(m)	Longueur Planche(m)	Nombre de planches	Besoin en surface (m <sup>2</sup> )
Onix				
ONIX850 X02 HT	2,5	2	1.25	6
NG				
SOUSPLANCHER VE1 A6.A0.C	8	2	4	18
SOUSPLANCHER VE2 A6.A0.B	8	2	4	18
SETIF				
TOITURE HT NP	4	2	2	9
TOITURE HT C1	12	2	6	28
TOITURE HT C2	10	2	5	23
TOITURE HT CC	10	2	5	23
TOITURE HT M1-M2	9	2	5	21
Besoin surface en état actuel de la zone d'assemblage (m <sup>2</sup> )				128
Besoin surface en état actuel de la zone de coupe (m <sup>2</sup> )				82
Besoin total en surface (m <sup>2</sup> )				210

**Tableau 20 : Le tableau de calcul de la surface totale occupée par la zone actuel**

## ✚ 2ème étape : Calcul du besoin en temps

Le calcul de besoin en temps, est basé sur le planning de production et le tableau de temps standard.

Pour chaque référence de produit étudiée, nous avons utilisé la relation suivante:

$$\text{Besoin en temps(h)} = \text{Lead Time} * \text{Nombre des faisceaux programmés/semaine}$$

Tout calcul fait du besoin en temps, est résumé dans le Tableau suivant :

	Lead Time (h)	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19
<b>Onix</b>															
ONIX850 X02 HT	1.63	7	7	7	7	7	13	13	13	13	0	15	0	10	0
<b>NG</b>															
SOUSPLANCHER VE1	1.86	2	2	2	0	4	2	0	2	4	0	2	2	2	0
SOUSPLANCHER VE2	1.79	2	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2
<b>SETIF</b>															
TOITURE HT NP	2.51	10	3	3	5	3	5	3	3	3	5	3	5	3	5
TOITURE HT C1	2.43	10	2	2	5	2	5	2	2	2	5	2	5	2	5
TOITURE HT C2	2.73	11	3	3	5	3	5	3	3	3	5	3	5	3	5
TOITURE HT CC	2.81	14	3	3	6	3	6	3	3	3	6	3	6	3	6
TOITURE HT M1-M2	2.33	9	5	5	9	5	9	5	5	5	9	5	9	5	9
Total en temps (h)	18.09	64	24	25	39	27	47	30	32	32	32	33	34	29	32
Besoin total pendant les 14 semaines (h)		480													

Tableau 21 : Tableau de besoin en temps

### 1.5 Donnée de sortie :

Finalement, nous avons sortie avec les résultats suivants :

- Besoin total en surface des produits étudiés : 210 (m<sup>2</sup>)
- Besoin total en temps des produits étudiés :
  - pour les 14 semaines égales à 480 (h)
  - pour un faisceau par une référence de produit égale à 18.09 (h)

### Conclusion de la phase Mesurer:

Dans cette phase, nous avons tout d'abord collecté les données afin de mesurer les besoins en surface et en temps pour l'état actuel puis, nous avons cartographié la situation actuelle avec les différentes opérations productives et non productives du processus, pour pouvoir les interpréter dans la phase d'analyse.

### III. La phase « Analyser » de la démarche DMAIC :

Dans cette troisième phase de la démarche DMAIC, nous avons mis en place un algorithme à suivre pour analyser les différentes mesures effectuées dans le chapitre précédent, en identifiant les causes racines d'inefficacité à travers différents outils de Lean :

- Analyse de déroulement
- Analyse des gaspillages (MUDAS)

#### 1. Analyse de déroulement :

##### 1.1 Définition de l'analyse de déroulement :

L'analyse de déroulement (AD) est une **analyse chronologique de processus** qui permet d'identifier de manière exhaustive les différentes étapes de réalisation du processus, afin de **déterminer et d'améliorer l'efficacité du processus** actuel en catégorisant chacune des étapes en tâche à valeur ajoutée (VA) ou à non-valeur ajoutée (NVA). Sachant que l'efficacité de processus se calcule de la manière suivante :

$$\text{Efficacité du processus} = \frac{\text{nombre d'étapes à VA}}{\text{nombre d'étapes à (VA + NVA)}}$$

L'analyse de déroulement est standardisée par l'utilisation des symboles suivants pour qualifier les étapes constitutives du processus :

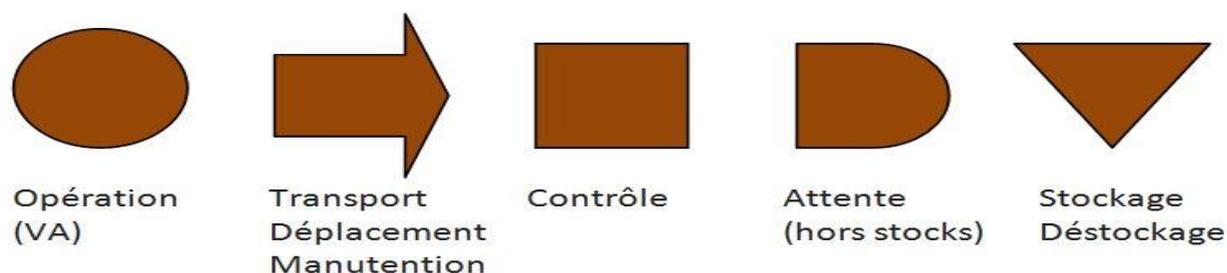


Figure 18: Les symboles de l'analyse de déroulement

Les quatre derniers symboles sont dédiés aux étapes à non-valeur ajoutée. (10\*)

##### 1.2 Application de la méthode :

D'après les mesures effectuées dans la phase mesurer et d'après la cartographie de flux de la zone de coupe et la zone d'assemblage, nous avons procédé à l'analyse de déroulement de processus afin de **déterminer et d'améliorer l'efficacité du processus**.

Puisque le processus est standardisé entre les différents produits étudiés, et que les produits se différencient seulement au niveau de nombre d'étapes de processus et de nombre de composants associés à chacun d'eux nous avons réalisé une analyse de déroulement sur le produit qui comprend l'ensemble des étapes de processus c'est l'un des produits de SETIF «Toiture HT C1 ».

L'analyse de déroulement a été menée pour les postes de coupe et assemblage de produit Toiture HT C1 comme suit :

- **Poste de coupe :**

Processus étudié :		Coupe des câbles de grosse section				Analyse de déroulement			Projet : Toiture HT C1	
Num	Poste de Coupe des câbles de grosse section					Désignation	Unité			Observation
	Etape à VA	Etape à non valeur ajoutée					personne	Pièce	min	
	Opération	transport	Contrôle	Attente	Stockage		Opérateur	quantité	Temps	
1		○				Déplacement de la table de coupe vers la bobine à utiliser	1	6	0,82	La table de coupe occupe une surface importante
2	○					Cheminement de câble sur la table de coupe		28	4,19	Gaspillage de temps
3	○					Opération de coupe de câble par pince		28	5,63	Matériel de coupe imparfait
4	○					mise en place de l'étiquette		28	3,01	■
5	○					Lovage de câble		28	0,88	■
6					○	Mise en place du câble dans le bac		28	430,2	Le stock des câbles coupés occupe de la place
7	○					Traçabilité		28	0,88	■
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>2</b>								
Efficacité du processus :		71,43%								

**Tableau 22: Analyse de déroulement de zone de coupe**

- **Poste d'assemblage :**

Processus étudié :		Assemblage				Analyse de déroulement			Projet : Toiture HT C1	
Num	Poste d'assemblage des câbles de grosse sections					Désignation	Unité			Observation
	Etape à VA	Etape à non valeur ajoutée					personne	Pièce	min	
	Opération	transport	Contrôle	Attente	Stockage		Opérateur	quantité	Temps	
1		○				Déplacement des câbles coupés et composants de la zone de coupe vers la zone d'assemblage	1	■	12,9	Gaspillage de temps
2	○					Cheminement des câbles sur planche		28	2,38	La planche occupe un espace important
3	○					Mise en place de Manchons et autocontrôle		56	2,82	■
5	○					Décollage des étiquettes		28	4,63	■
6	○					opération de coupe		28	2,88	Gaspillage de temps / opération redondante
7	○					Le dégainage		56	13,43	■
8	○					La mise en place des presses étoupes		6	1,13	■
9		○				Déplacement entre etages pour chercher l'outil de sertissage		■	3,94	Gaspillage de temps & manque d'outillage
10	○					Le sertissage		56	33,25	■
11	○					La mise en place des gaines		56	4,57	■
12	○					Le chauffage de gaine		56	12,55	■
13	○					Le chauffage des manchons		56	11	■
14	○					La mise en place des PVC		55	1,01	■
15	○					La mise en place des drapeaux		56	2,36	■
16	○					La Traçabilité		1	0,3	■
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>2</b>								
Efficacité du processus :		86,67%								

**Tableau 23 : L'analyse de déroulement de la zone d'assemblage**

D'après les tableaux 22 et 23 d'analyse de déroulement des deux postes de coupe et d'assemblage des câbles de grosses sections nous avons sortie par les observations suivantes :

- Gaspillage de temps au niveau de processus de coupe et d'assemblage.
- Déplacements inutiles.
- Gaspillage d'espace.
- Stock des câbles coupés.
- Manque d'outils de sertissage.

## 2. Analyse des observations :

Les tableaux d'analyse de déroulement nous a permis de réaliser une analyse des observations afin de savoir les causes de gaspillages observés.

### 2.1 Analyse des gaspillages :

Nous avons choisi de rechercher les causes des gaspillages par la méthode des cinq pourquoi qui repose sur un questionnement systématique destiné à remonter aux premières causes possibles de ces Mudras (11\*).

#### a) Déplacements :

D'après nos observations, nous avons constatés trois types de déplacements inutiles qui ont réalisés selon les causes suivantes :

Pourquoi le déplacement des bacs de câbles coupés et composants ?	
Pourquoi 1	La distance entre le poste de coupe, magasin et assemblage est trop loin.
Cause racine	Manque d'organisation des postes sur terrain

Tableau 24 : Analyse de premier Mudras Déplacement

Pourquoi le déplacement de l'outil de sertissage ?	
Pourquoi 1	L'outil de sertissage est unique, sachant que les projets de grosse section sont nombreux.
Pourquoi 2	Les projets de grosses sections sont répartis entre deux étages
Cause racine	Manque d'organisation des projets de grosse section Manque d'outils de sertissage des câbles de grosse section.

Tableau 25: Analyse de deuxième Mudras de déplacement

Pourquoi le déplacement de la table de coupe engendre un gaspillage ?	
Pourquoi 1	La table de coupe de surface 5 m <sup>2</sup> occupe un espace important dans la zone de coupe
Cause racine	Mauvaise procédure de coupe

Tableau 26 : Analyse troisième Mudras Déplacement

Ces déplacements engendrent un gaspillage de temps qui influence sur le temps de fabrication des produits.

### b) Stock d'encours :

Les causes racines de stock d'encours des câbles coupés :

Pourquoi le stock d'encours des câbles coupés ?	
Pourquoi 1	Surproduction des câbles coupés
Pourquoi 2	Attente de bac des câbles coupés jusqu'à que la zone d'assemblage associé à ce projet soit disponible.
Pourquoi 3	Espace insuffisant à la zone d'assemblage pour travailler à la fois sur tous les produits planifiés à être fabriquer dans la même période donnée.
Cause racine	Manque d'espace et mauvaise planification !!



Figure 19: Stock d'encours des câbles coupés

Tableau 27: Analyse de Mudras de Stock d'encours

Malgré que ce stock d'encours n'influence pas sur le temps de fabrication car au moment de démarrage de projet, les câbles sont déjà préparés, mais il occupe un espace important dans la zone de coupe des câbles de grosse section.

### c) Autres :

✚ Procédure de coupe des câbles de grosse section :

Pourquoi la procédure de coupe provoque des gaspillages ?	
Pourquoi ?	La pince de coupe et la mesure par table de coupe peuvent donner des longueurs des câbles incohérentes avec les longueurs inscrites sur l'étiquette.
Pourquoi ?	La table de coupe de surface 5 m <sup>2</sup> occupe un espace important dans la zone de coupe
Cause racine	Mauvaise procédure de coupe des câbles de grosse section

Tableau 28 : Analyse de la procédure de coupe des câbles de grosse section

La procédure de coupe manuelle des câbles de grosses sections engendre un temps sans valeur ajoutée et occupe une surface importante qui remonte au moment de déplacement de la table de coupe vers la bobine du câble voulue.

✚ La deuxième opération de coupe des câbles de grosse section :

Pourquoi une deuxième opération de coupe des câbles dans la zone d'assemblage ?	
Pourquoi 1	Sur longueur des câbles : Non coïncidence entre la longueur réelle des câbles et celle inscrite sur layout.
Cause racine	-L'étiquette utilisée par l'opérateur de la zone de coupe (1 ère opération de coupe) contient une Surlongueur des câbles de grosses sections. -L'opération de coupe par la pince n'est pas précise.



Figure 20: gaspillage de la matière

Tableau 29 : Analyse de la 2 ème opération de coupe dans la zone d'assemblage

L'écart entre la longueur disponible dans la gamme de fabrication (imprimée sur l'étiquette) et la longueur réelle, engendre une deuxième opération de coupe qui génère à son tour un temps sans valeur ajoutée et une perte de matière. (L'écart est présenté dans le tableau 30)

Référence	Longueur (étiquette) (mm)	Longueur (Layouts) (mm)	différence (mm)
OXX202AC	22520	21620	900
NGE116AA	2784700	2784700	0
NGE216AA	2784700	2784700	0
SENPO4AA	50180	50090	90
SEM104AA	47530	47510	20

**Tableau 30 : la différence entre les longueurs de la gamme de fabrication et longueurs réelles des câbles**

La réalisation de ce tableau est basée sur la comparaison entre les longueurs inscrites dans l'étiquette (WIRE LIST : **Voir annexe 9**) et celles marquées dans les Layouts.

### Espace occupé par les Layouts :

#### Pourquoi les planches occupent une surface importante ?

Pourquoi 1	Les Layouts mise en place sur les planches contiennent les longueurs réelles des câbles d'un produit, qui provoque une occupation importante d'espace sachant que le temps de production de ces produits est petit.
------------	---

**Tableau 31 : Analyse de l'espace occupé par les Layouts**

Malgré que les Layouts facilite la tâche pour les opérateurs pendant le processus d'assemblage, car ils portent toutes les informations nécessaires à ce processus mais ils occupent un espace très important au niveau du site ce qui empêchent l'entreprise d'accepter plus des demandes de client.

Pour regrouper l'ensemble des dysfonctionnements analysés durant cette phase, nous avons choisi de les représenter sous la forme d'un diagramme d'affinité.

### 3. Diagramme d'affinité :

Le diagramme d'affinité est une méthode descriptive de classement d'idées, utilisé entre autre, lors de la résolution de problèmes en groupe, il repose sur le tri logique d'idées dans des catégories autour d'un sujet défini (12\*).

Le diagramme d'affinité nous permet de classer les observations analysées selon des catégories d'affinités suivantes :

#### Temps :

- Perte de temps au niveau de déplacement du KIT de câbles coupés et de composants entre les deux étages.
- Perte de temps au niveau de déplacement des opérateurs pour chercher l'outil de sertissage.

**Espace :**

- Stock d'encours des câbles coupés de grosse section.
- Table de coupe qui occupe d'espace.
- Les planches d'assemblage occupent de l'espace.

**Ressources matériel :**

- Manque d'outils de sertissage.

**Méthode :**

- Non coïncidence entre les longueurs des câbles inscrites sur les Layouts et celles inscrites sur les étiquettes.
- Mauvaise procédure de coupe des câbles de grosse section.

**Organisation :**

- Mal organisation des postes (déplacement des kits entre deux étages).
- Manque d'organisation pour l'utilisation d'outillage selon le besoin.
- Un mauvais équilibrage entre le temps standard prévu pour un produit et l'espace qui occupe.

**Conclusion de la phase Analyser :**

A ce stade, nous avons terminé la phase d'analyse où nous avons déterminé les origines des principaux problèmes responsables des pertes de temps au niveau des NVA, tout en utilisant des outils d'analyse comme Analyse de Déroulement, 5 pourquoi et diagramme d'affinité. Les résultats obtenus seront mis à profit dans la phase suivante et serviront à la conduite de la phase d'amélioration de la situation.

#### IV. La phase « Améliorer » de la démarche DMAIC:

Dans cette phase nous allons passer de l'analyse à la proposition des solutions aux dysfonctionnements détectés dans la phase précédente.

##### 1. Solution proposée :

D'après l'analyse établie dans la phase précédente, nous avons pensé à donner des améliorations pour les 5 pourquoi afin de trouver une solution qui vise à répondre à des exigences de cahier de charge.

##### 1.1 Les améliorations proposées pour les 5 pourquoi :

Le tableau suivant présente les différentes améliorations proposées selon les dysfonctionnements détectés :

Dysfonctionnement	Amélioration proposée
Déplacement des bacs de câbles coupés et de composants	Réorganiser la zone de coupe et d'assemblage.
Déplacement de l'outil de sertissage	-Réaliser une planification d'utilisation de l'outil de sertissage. -Acheter un autre outil de sertissage.
Stock d'encours des câbles coupés	Rendre le travail en série entre la zone de coupe et la zone d'assemblage.
Procédure de coupe provoque des gaspillages	Remplacer la table et la pince de coupe par un nouvel outil de coupe cohérent.
Deuxième opération de coupe des câbles dans la zone d'assemblage	-Inscrire la longueur exacte dans la gamme de fabrication. -Utiliser un nouvel outil de coupe plus précis
Les planches occupent une surface importante	Eliminer les planches

Tableau 32 : Les améliorations proposées

D'après ce tableau des améliorations, nous remarquons que nous pouvons regrouper l'ensemble de ces améliorations dans une solution dominante qui a été déjà mentionner dans le cahier de charge exigé par l'entreprise et qui se présente comme suit :

- Rendre le travail en série entre la zone de coupe et zone d'assemblage, qui va permettre d'éliminer tous type de gaspillages tel que le déplacement, deuxième opération de coupe et le stock d'encours de câbles de grosse section.
- Eliminer les planches qui vont permettre de réduire l'espace de la zone de fabrication des câbles de grosse section.

Cette solution proposée consiste à rassembler les deux zones pour construire une nouvelle zone 'zone de coupe et d'assemblage', par conséquent la méthode de travail va changer de manière à garantir la qualité du produit.

Compte tenu des améliorations proposées, voici la matrice de déroulement de l'état futur :

Processus de l'état futur					Analyse de déroulement		Observation	Décision
Num	Poste de Coupe et assemblage des câbles de grosse section				Désignation			
	Etape à VA Opération	Etape à non valeur ajoutée						
	transport	Contrôle	Attente	Stockage				
1	○	→			Déplacement de la table de coupe vers la bobine à utiliser		La table de coupe occupe une surface importante	Changer la procédure de coupe
2	○				Cheminement de câble sur la table de coupe		Gaspillage de temps	
3	○				Opération de coupe de câble par pince		Matériel de coupe imparfait	
4	○				mise en place de l'étiquette		██████████	██████████
5	○				Lovage de câble		██████████	██████████
6				○	Mise en place du câble dans le bac		Le stock des câbles coupés occupe de la place	A éliminer
7	○				Traçabilité		██████████	██████████
8		○			Déplacement des câbles coupés et composants de la zone de coupe vers la zone d'assemblage		Gaspillage de temps	A éliminer
9	○				Cheminement des câbles sur planche		La planche occupe un espace important	A éliminer
10	○				Mise en place de Manchons et autocontrôle		██████████	██████████
11	○				Décollage des étiquettes		██████████	██████████
12	○				opération de coupe		Gaspillage de temps / opération redondante	A éliminer
13	○				Le dégainage		██████████	██████████
14	○				La mise en place des presses étoupes		██████████	██████████
15		○			Déplacement entre etages pour chercher l'outil de sertissage		Gaspillage de temps & manque d'outillage	A éliminer
16	○				Le sertissage		██████████	██████████
17	○				La mise en place des gaines		██████████	██████████
18	○				Le chauffage de gaine		██████████	██████████
19	○				Le chauffage des manchons		██████████	██████████
20	○				La mise en place des PVC		██████████	██████████
21	○				La mise en place des drapeaux		██████████	██████████
22	○				La Traçabilité		██████████	██████████
<b>total</b>	<b>14</b>		<b>0</b>					
Efficacité du processus :					100%			

Tableau 33 : l'analyse de déroulement de l'état futur

Puisque nous avons donné une idée sur le nouveau processus de production de la solution proposée nous allons procéder à l'étude de cette dernière.

## 2. Etude de la solution proposée:

La solution proposée a un grand intérêt, elle est acceptée par l'équipe de travail. En effet, nous avons obtenu par le tableau d'analyse de déroulement (Tableau 33) un processus sans étapes à non-valeur ajoutée qui traduit une efficacité de 100%. Nous avons réalisé une étude bien détaillée, en se basant sur les outils suivants :

- AMDEC de processus.
- VSM
- Tableau de Lead time
- RCCP

### 2.1 Analyse AMDEC :

Nous avons choisi de commencer notre étude par une analyse des risques de la solution proposée et plus précisément ceux qui vont être posés si nous éliminerons les Layouts sur lesquelles les opérateurs réalisent l'assemblage.

Puisque les Layouts d'assemblage contiennent toutes les informations nécessaires à l'assemblage de tous les câbles d'un produit, et dans le cadre de la solution proposée il fallait établir des actions qui remplacent le rôle de ces Layouts de façon à garantir la qualité de produit fabriqué.

L'analyse AMDEC Process est regroupée dans le tableau suivant :

	Sous-activité de processus	Risques	Effets
Processus d'assemblage	Cheminement de câble et deuxième opération de coupe	Avoir une longueur de câble différente à celle voulue par le client	Produit non conforme
	Sertissage	Inversion de sens de contact.	produit non conforme.
		Choix incorrecte de type de mâchoire.	détérioration du contact.
		Confondre entre les contacts au niveau de la référence et diamètre du trou de contact.	non-conformité.
	Mise en place des gaines	Référence et longueur inadéquates des gaines.	non-conformité
	Mise en place des Drapeaux	Mauvais emplacement des connecteurs chez le client.	Difficulté chez le client de savoir les l'emplacement des connecteurs.
	Mise en place des presses étoupes.	inversion du sens de la presse étoupe.	non-conformité
	Mise en place des bagues de couleur.	Mal emplacement des PVC	Mauvaise intégration de câbles chez le client.

Tableau 34: Analyse AMDEC

D'après l'analyse des risques et de leurs effets (Tableau 34), nous avons procédé à l'évaluation

L'évaluation de la criticité « C » par les quatre indicateurs suivants :

Points	Définition
<b>S : (Safety risk) Risque de sécurité</b>	
1	Le produit n'est pas sécurisé. Aucun risque en cas de défaillance
2	En cas de défaillance, présente un risque moyen
3	En cas de défaillance, présente un grand risque
<b>T : (Technical Risk) Risque de technique</b>	
1	Produit existant
2	Adaptation / Evolution d'un produit existant
3	Nouvelle conception ou changement majeur
<b>P : (Process) Processus</b>	
1	Pas de processus spécial pour produire des pièces
2	Utilisation des processus spéciaux non structurés
3	Utilisation des processus spéciaux structurés
<b>E : (Economical) Economique</b>	
1	à bas prix
2	Coût moyen
3	Coût élevé

Tableau 35 : la grille de cotation de la criticité

La valeur de la criticité « C » est obtenue par le produit des quatre notes :

$$C = T * S * P * E$$

**N.B : cette méthode d'évaluation de criticité est donnée par l'entreprise.**

Après un brainstorming avec l'équipe de travail, nous avons obtenu les notes des indicateurs de risque technique, risque de sécurité, processus ainsi que le risque économique de chaque cas étudié comme il est représenté dans le tableau suivant :

Risques	T	S	P	E	C	Actions améliorative
Avoir une longueur de câble différente à celle voulue par le client	3	3	2	3	54	-Utiliser une métresse au lieu de la pince de coupe.
Inversion de sens de contact.	3	3	2	1	18	-Etablir une procédure de mise en place des contacts.
Choix incorrecte de type de mâchoire.	2	2	3	2	24	-Ajouter La référence de type mâchoire sur l'étiquette.
Référence et longueur inadéquates des gaines.	1	1	1	1	1	-Remplacer les informations inutiles excisant sur l'étiquette par celles nécessaire.
Confondre entre les contacts au niveau de la référence et diamètre du trou de contact.	3	3	3	2	54	-Ajouter la référence et le diamètre du trou sur l'étiquette. -Vérifier par mesure le diamètre du contact ou bien établir une plaque standard qui va contenir tous les diamètres existants pour trouver le contact adéquat.
Mauvais emplacement des connecteurs chez le client.	2	2	1	1	4	-Remplacer les informations inutiles excisant sur l'étiquette par celles nécessaire.
Inversion du sens de la presse étoupe.	3	2	2	2	24	-Préparer une gamme de mise en place des presses étoupe, ainsi d'ajouter référence de la presse étoupe et la référence du contre écrou à cette gamme.
Mal emplacement des PVC	3	3	3	1	27	-Utiliser une bande de PVC de chaque référence de produit, sur laquelle nous allons mis tous les emplacements de pvc.

Tableau 36 : Evaluation de la criticité et actions d'amélioration proposée

#### a) Synthèse de l'analyse AMDEC:

##### ➤ Hiérarchisation des risques selon la criticité :

Les éléments analysés sont classés ensuite par ordre de criticité décroissante dans le tableau suivant :

Num	Risque	Degré de criticité
1	Avoir une longueur de câble différente à celle voulue par le client	54
2	Confondre entre les contacts au niveau de la référence et diamètre du trou de contact.	54
3	Mal emplacement des PVC	27
4	Inversion de sens de contact.	24
5	Choix incorrecte de type de mâchoire.	24
6	Inversion du sens de la presse étoupe.	18
7	Mauvais emplacement des connecteurs chez le client.	4
8	Référence et longueur inadéquates des gaines.	1

Tableau 37 : Hiérarchisation des risques selon la criticité

Suite à cette analyse de risques, nous avons remarqué que la criticité est élevée. Il est donc nécessaire de mettre en place les actions amélioratives pour réduire leur degré de criticité, afin d'appliquer la solution d'une façon à garantir la qualité de produit.

### ➤ Actions amélioratives :

Nous allons détailler dans cette partie les actions amélioratives que nous avons proposés à la phase d'analyse AMDEC, en suivant le degré de criticité présenté dans le tableau 37.

#### Risque 1 :

Pour éviter d'avoir une longueur de câble incohérente avec celle demandée par le client nous avons proposé de remplacer les outils de coupe manuelle par un outil automatique qui est la métreuse des câbles.

#### Risque 2 :

Les opérateurs ont l'habitude de savoir la référence et le diamètre du contact associé à chaque câble par les informations inscrites sur la Layout. (Figure 21)

Dans le but d'éliminer les Layouts, nous avons pensé d'ajouter la référence et le diamètre du contact dans l'étiquette associée à chaque câble.

Pour que les opérateurs s'assurent du diamètre de contact utilisé, nous avons mis en place un Poka yoke c'est-à-dire une plaque standard (Figure 22) qui va contenir tous les diamètres possibles des contacts de projets existants pour éviter l'erreur d'assembler un contact incohérent avec ce demandé par le client.

#### Risque 3 :

La méthode de mise en place des bagues de couleurs (pvc) dans le processus actuel de l'entreprise est trop simple car ces emplacements sont déjà mentionnés sur la Layout, l'opérateur ne prend pas beaucoup de temps sur cette opération. (Figure 23)

Dans le nouveau processus proposé, nous allons penser à établir une bande propre à chaque produit qui va contenir les différents emplacements de bagues de couleurs, et qui va être utilisé à long terme.

- **Méthode de préparation de la bande des bagues de couleurs :**

La préparation de cette bande de bagues de couleurs propre à chaque produit se fait comme suit :



Figure 21 : Les informations inscrites sur Layouts

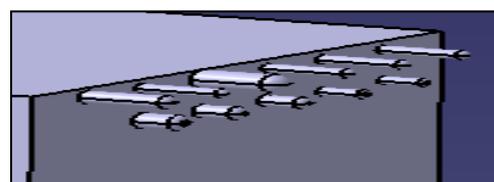


Figure 22: Plaque standard des diamètres



Figure 23 : Méthode actuel d'emplacement des pvc

-Choisir la longueur du câble le plus long par l'utilisation de la liste des câbles (WIRE LIST) propre à un produit.

-Utiliser une bande qui a la même longueur que le câble le plus long.

-Fixer l'une des extrémités de la bande comme aboutissant commun de tous les câbles d'une référence de produit, en le repérant par une bague de bande adhésive en toile déchirable sur laquelle nous allons écrire « la référence de produit ». (Figure 24)



Figure 24 : extrémité de la bande

-Mettre sur la bande l'emplacement du tenant (T) de chaque câble, en le repérant par une bague de bande adhésive en toile déchirable et sur laquelle il faut écrire le marquage de manchon du côté tenant de chaque câble : (figure 25)



Figure 25 : Emplacement tenant d'un câble

Utiliser le double mètre pour repérer l'emplacement de tenant de chaque câble, sachant que la distance entre l'aboutissant et tenant (longueur de câble) est prise de la WIRE LIST.

-Mettre sur la bande, les bagues de couleurs avec leurs couleurs appropriés et sur lequel il faut inscrire le marquage des manchons pour bien distinguer entre les pvc de chaque câble :



Figure 26 : Emplacement de la bague de couleur

L'emplacement des bagues de couleurs est repéré par le calcul de la distance entre l'aboutissant du câble et l'emplacement de ces bagues. (figure 26)

• **Outils et composants utilisés pour préparer la bande de bague de couleurs :**

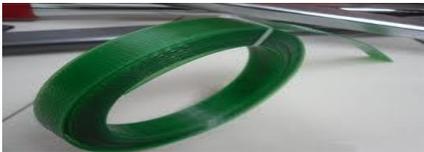
Outil	Son utilisation
<p>Courroie d'emballage</p>  <p>Figure 27 : Courroie d'emballage</p>	<p>La bande des bagues de couleurs</p>  <p>Figure 28: Bande de mise en place des bagues de couleurs</p>
<p>Ruban adhésif PVC couleur</p>  <p>Figure 29 : Ruban adhésif PVC couleur</p>	<p>Utiliser comme des Bagues de couleurs.</p>  <p>Figure 30 : Bague de couleur en bleu</p>

Tableau 38 : Tableaux des outils utilisés pour préparer de la bande des bagues de couleur

Outil	Son utilisation
bande adhésive en toile déchirable 	Repérage de l'aboutissant de la bande des bagues de couleurs. Repérage de l'emplacement des tenants des câbles sur la bande 
Double mètre	Mesurer les distances, pour repérer les emplacements des bagues de couleurs.

Tableau 39 : Tableaux des outils utilisés pour préparer de la bande des bagues de couleur

#### **Risque 4 :**

Pour éviter que l'opérateur inverse le sens du contact, nous avons proposé d'informer les opérateurs qu'il fallait pour chaque câble :

- Commencer toujours par le contact incliné.
- Mettre un bout de ruban adhésif sur la face du câble pour repérer la face supérieure du câble, sur laquelle l'opérateur va baser pour mettre le contact de l'autre extrémité dans le vrai sens.

#### **Risque 5 :**

Pour que l'opérateur réalise l'opération de sertissage, il aura besoin de type de matrice de sertissage à utiliser, donc nous avons proposé d'établir une gamme de sertissage, qui va contenir les types de matrices associées à chaque connexion.



Figure 33 : Matrice de sertissage

#### **Risque 6 :**

Pour le cas des presses étoupes (Figure 34) nous avons proposée de préparer une gamme sur laquelle il fallait présenter :

- Les références des presses étoupes propre à chaque câble
- Un mode opératoire de mise en place des presses étoupes avec des photos explicatives.



Figure 34 : Les presses étoupes

#### **Risque 7 :**

Pour le cas des drapeaux nous avons pensé à ajouter les noms de connecteurs à monter chez le client sur l'étiquette de chaque câble.

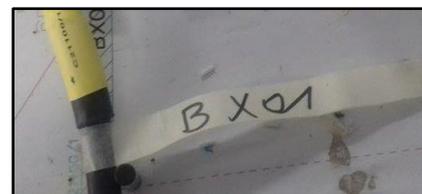


Figure 35 : Drapeau

#### **Risque 8 :**

Pour les gaines, Les opérateurs ont l'habitude de récupérer ces références par retour à la Layout, donc nous avons proposé de mettre une gamme de gaines qui va contenir :

- La référence et la longueur de gaine propre à chaque câble.



Figure 36 : Gainses

Suite à l'analyse AMDEC et la matrice de déroulement, nous avons défini la cartographie du nouveau processus présenté par la VSM suivante :

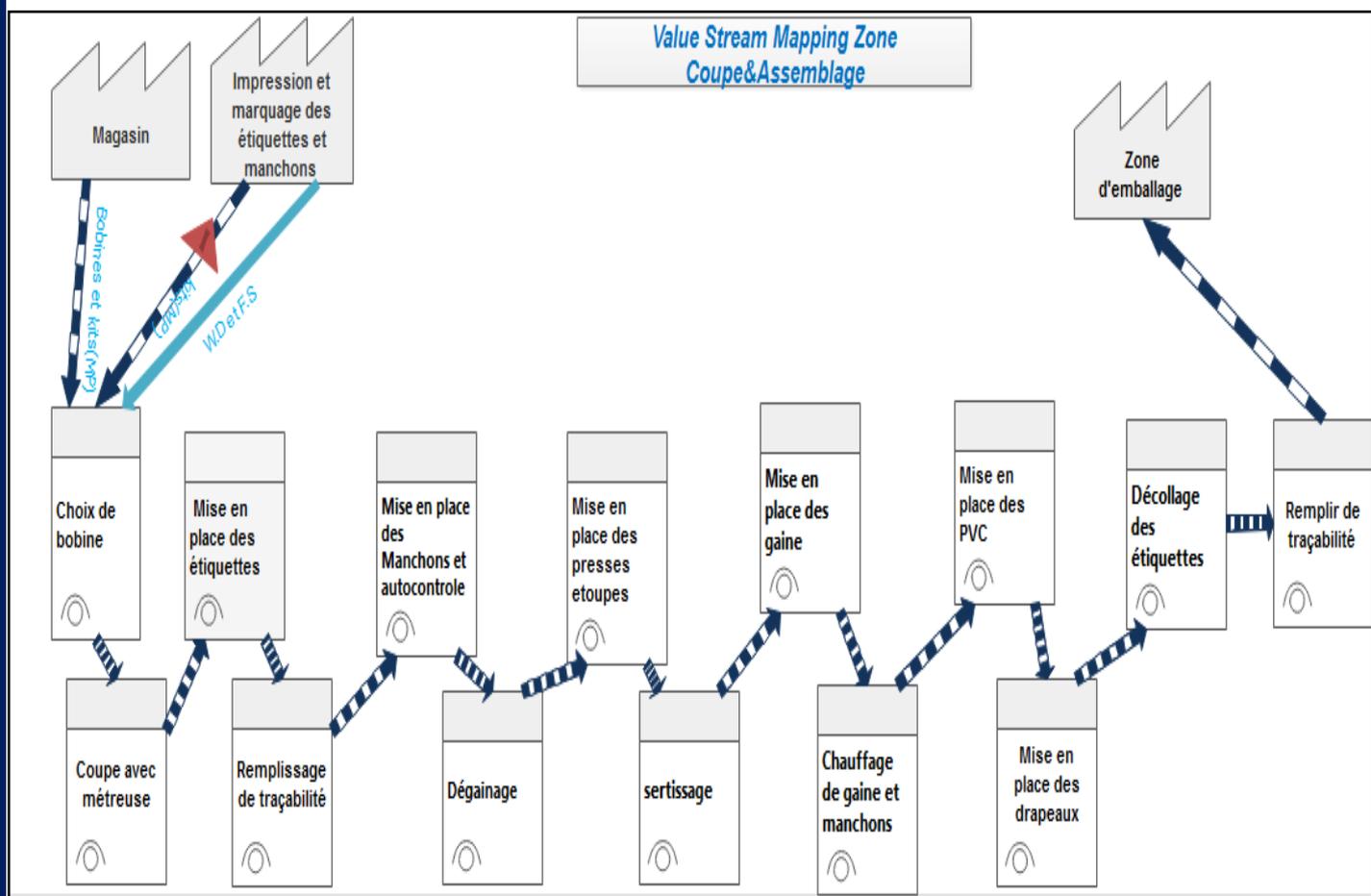


Figure 37: VSM de la nouvelle zone

Ce nouveau processus présenté par la VSM (figure 37) est basé sur le travail en série.

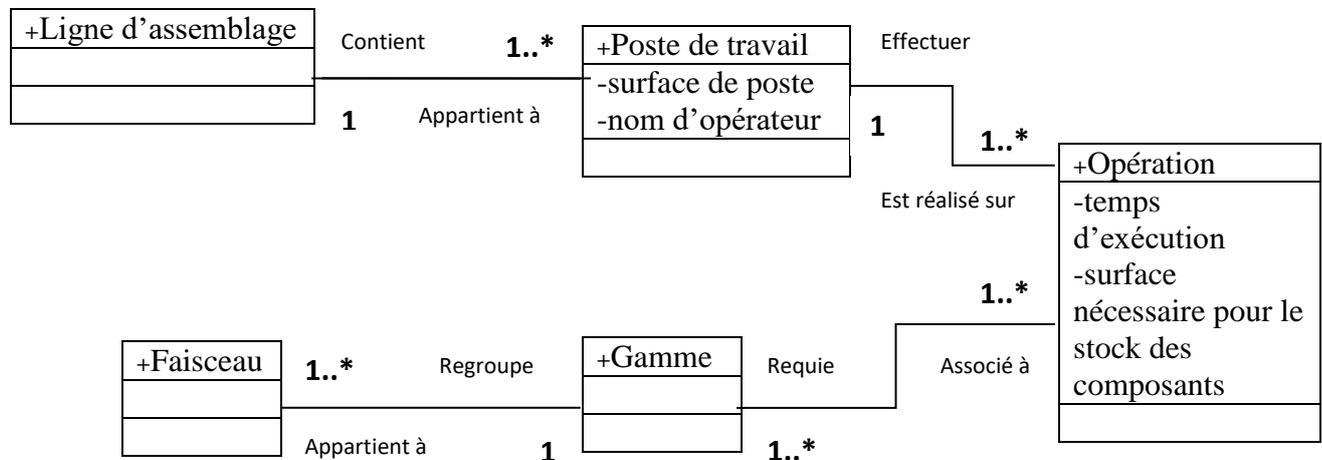
C'est difficile de réaliser ces opérations par un seul opérateur, car il va prendre beaucoup du temps ce qui provoque un risque sur le délai de production. Pour cela, nous avons décidé d'équilibrer la charge (les opérations) en étalant les opérations sur des postes.

## 2.2 Equilibrage de la charge (les opérations) :

Notre objectif dans cette partie est d'équilibrer la charge sur la ligne d'assemblage qui regroupe le processus de coupe et d'assemblage de faisceau. Ce processus d'équilibrage a pour but d'affecter les opérations à effectuer sur les faisceaux aux opérateurs de la ligne.

A priori une opération peut être effectuée par n'importe quel opérateur.

La figure suivant donne le diagramme UML (Muller, 1997) de la nouvelle ligne d'assemblage proposé :



Ce diagramme nous a permis de modéliser notre nouveau processus d'une manière plus visuelle.

#### a) Méthode d'équilibrage :

Pour résoudre ce problème d'équilibrage, il faut que :

- En premier temps, notre modèle devra être complété par la prise en compte des contraintes, liées aux ressources humaines et aux ressources matérielles, de préférence sur les opérations. Ces contraintes sont les suivantes :
  - contrainte1 : le faisceau a un temps de réalisation limité, pendant lequel l'opérateur doit effectuer toutes les opérations qui lui sont affectées,
  - contrainte2 : la durée de travail journalière d'un opérateur ne doit pas dépasser un certain temps,
  - contrainte3 : un nombre limité de composants, nécessaires aux opérations, doit être stocké à côté du poste, le long de la ligne ;
  - contrainte 4 : certaines opérations doivent être réalisées avant autres.
- En deuxième temps, déterminer le Lead time de nouveau processus ;
- En troisième temps, répartir les postes d'une manière que chaque poste prend un nombre d'opérations, en respectant l'ordre, et en essayant d'équilibrer les temps des postes en se basant sur le tableau du Lead time de nouveau processus.

#### b) Résultat d'équilibrage :

Le résultat est présenté dans les tableaux suivants :

- **Tableau de Lead time :**

D'après l'analyse AMDEC et la cartographie du nouveau processus, on constate que il y a un changement dans le mode opératoire de deux opérations et par conséquent leur temps de réalisation va changer aussi.

Ces opérations sont:

- Opération de coupe : l'utilisation de la métreuse au lieu de la table de coupe occupe un nouveau temps à cette opération. Nous avons l'estimé par le calcul suivant :

$$\text{Temps de coupe avec métreuse} = \text{temps de coupe} + \text{temps de Lovage}$$

- Mise en place des bagues de couleur: pour estimer le temps d'utilisation de la bande de bague de couleurs, au lieu de se baser sur les emplacements marqués dans les Layouts. Nous avons réalisé un essai sur le terrain afin de mesurer la durée de cette opération.
- Pour les autres opérations le temps de réalisation va rester le même.

Les résultats de Lead time du nouveau processus sont présentés dans le tableau suivant :

Référence/Opération	SETIF-TOITURE HT (min)					NG : SPL (min)		ONIX (min)
	NP	C1	C2	CC	M1-M2	VE1	VE2	ONIX X20
Temps de choix de bobine	0,82	0,82	0,68	0,82	0,68	0,41	0,55	0,27
Temps de coupe avec métreuse	8,64	9,87	8,02	10,18	9,25	6,48	6,17	5,55
Temps de mise en place des étiquettes	0,88	1,01	0,82	1,04	0,95	0,66	0,63	0,57
Temps de traçabilité	8,35	9,55	7,76	9,85	8,95	6,27	5,97	5,37
Temps standard coupe	20,94	23,80	19,35	24,51	22,21	15,47	14,91	13,17
Temps de mise en place des Manchons et autocontrôle	2,82	3,22	2,61	3,32	1,51	2,11	2,01	1,81
Temps de mise en place de pvc	18,15	31,01	15,18	24,41	8,91	3,63	3,63	0,00
Temps de mise en place des presses étoupes	1,13	0,75	4,14	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Temps de dégainage	13,43	15,35	12,47	15,83	14,39	10,07	9,59	8,63
Temps de sertissage	33,25	38,00	30,87	39,18	35,62	24,94	23,75	21,37
Temps de mise en place des gaines	4,57	5,22	4,24	5,38	4,89	3,43	3,26	2,94
Temps de chauffage de gaine	12,55	14,35	11,66	14,79	13,45	9,41	8,97	8,07
Temps de chauffage des manchons	11,00	12,57	10,21	12,96	11,78	8,25	7,85	7,07
Temps de mise en place des drapeaux	2,18	2,49	2,02	2,57	2,33	1,63	1,56	1,40
Temps de décollage des étiquettes	4,63	5,29	4,30	5,45	4,96	3,47	3,30	2,97
Temps de Traçabilité	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Temps d'assemblage Standard	116,47	143,97	109,77	140,38	109,93	75,31	71,94	61,12
Lead time (min)	137,41	167,76	129,12	164,89	132,14	90,79	86,85	74,29
Lead Time (h)	2,29	2,80	2,15	2,75	2,20	1,51	1,45	1,24

Tableau 40: Lead time de nouveau processus

Après avoir calculé le Lead Time de chaque produit, nous avons procédé à la répartition des postes.

▪ **Tableau de répartition des postes :**

Pour calculer le pourcentage de chaque opération nous allons baser sur la relation suivante :

$$\text{Pourcentage d'opération} = \text{Temps d'opération} / \text{Lead time}$$

D'après le calcul des pourcentages, nous avons classé les opérations avec la prise en compte que certains doivent être réalisés avant les autres. Nous avons donc les sommés d'une manière que les postes seront plus au moins équilibrés.

Référence/Opération	Pourcentage (%)									Total
	SETIF					NG : SPL		ONIX	Moyenne	
	C1	C2	M1-M2	CC	NP	VE1	VE2	X20		
Temps de choix de bobine	0,67	0,55	0,59	0,56	0,58	0,51	0,70	0,41	0,57	19%
Temps de coupe avec métreuse	7,04	6,59	6,96	6,92	7,84	7,99	7,96	8,37	7,46	
Temps de mise en place des étiquettes	0,72	0,67	0,71	0,71	0,80	0,82	0,81	0,86	0,76	
Temps de traçabilité	6,81	6,37	6,73	6,69	7,59	7,73	7,70	8,10	7,21	
Temps de mise en place des Manchons et autocontrôle	2,30	2,15	2,27	2,25	1,28	2,61	2,59	2,73	2,27	
Temps de mise en place de pvc	14,79	20,70	13,16	16,58	7,55	4,48	4,68	0,00	10,24	23%
Temps de mise en place des presses étoupes	0,92	0,50	3,59	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	
Temps de dégainage	10,95	10,25	10,82	10,75	12,20	12,43	12,37	13,02	11,60	
Temps de sertissage	27,10	25,37	26,78	26,62	30,19	30,76	30,63	32,22	28,71	31%
Temps de mise en place des gaines	3,72	3,49	3,68	3,66	4,15	4,23	4,21	4,43	3,94	
Temps de chauffage de gaine	10,23	9,58	10,11	10,05	11,40	11,61	11,56	12,17	10,84	27%
Temps de chauffage des manchons	8,96	8,39	8,86	8,80	9,99	10,17	10,13	10,66	9,49	
temps de mise en place des drapeaux	1,78	1,66	1,76	1,74	1,98	2,02	2,01	2,11	1,88	
Temps de décollage des étiquettes	3,77	3,53	3,73	3,70	4,20	4,28	4,26	4,48	3,99	
Temps de Traçabilité	0,25	0,20	0,26	0,20	0,26	0,37	0,39	0,45	0,30	100%

Tableau 41: Tableau de répartition des postes

Le tableau 41, nous a permis d'effectuer un lissage des opérations sur quatre postes :

- poste de coupe (poste mobile),
- poste de Mise en place des pvc, des presses étoupes et le dégainage,
- poste de sertissage et mise en place des gaines,
- poste de chauffage des gaines et manchons, mise en place des drapeaux et décollage d'étiquettes.

Chaque poste doit remplir la fiche de traçabilité.

D'après l'équilibrage des postes, nous allons passer à l'étude de besoin en capacité de la nouvelle zone.

### c) Planification globale des Capacités (RCCP) du nouveau processus:

Cette étude nous a permis de déterminer les besoins en temps, en surface, et en opérateurs pour la nouvelle zone 'zone de coupe et d'assemblage'.

Pour effectuer ce RCCP nous allons baser sur le tableau de Lead time de nouveau processus et sur les mêmes documents utilisés pour la réalisation de RCCP de l'état actuel.

#### Traitement :

#### + 1ère étape : Calcul de besoin en surface

- + Pour le poste de coupe, le besoin en surface est calculé par la relation suivante :

$$\text{Besoin en surface} = ((\text{Longueur métreuse} + \text{Marge opérateur}) * 11.1) + \text{Surface de zone bobines}$$

Avec :

- Largeur métreuse: 0.38(m),
- Marge opérateur : 0.7(m),
- Surface de zone bobines : 21.32 (m<sup>2</sup>),
- 11.1 (m<sup>2</sup>) : Longueur d'espace de mouvement de la métreuse.

- + Pour les trois autres postes, puisque l'opération de cheminement sera éliminée le besoin en surface sera égal à 5m<sup>2</sup> par poste.

$$\text{Surface Planche par poste} = (\text{Longueur Planche} * ((2 * \text{marge opérateur}) + \text{Largeur Planche}))$$

Avec : Longueur Planche = 2 m et Largeur planche = 0.9m

#### + 2ème étape : Calcul de besoin en temps(en heure)

Le calcul de besoin en temps, est basé sur le planning de production et le tableau de temps standard de nouveau processus.

Pour chaque référence de produit étudiée, nous avons utilisé la relation suivante:

$$\text{Besoin en temps(h)} = \text{Lead Time} * \text{Nombre des faisceaux programmés/semaine}$$

#### + 3ème étape : Calcul de besoin en opérateurs /jour

Pour calculer le besoin en opérateurs, nous allons baser sur la relation suivante :

$$\text{Besoin en opérateurs/jour} = \frac{(\text{Besoin en temps}/6\text{jours})}{(\text{Nombre d'heure de travail/jour} * \text{Nombre de shift} * \text{Efficience})}$$

**Remarque: pour le calcul du besoin en surface et en opérateur nous avons pris la semaine la plus chargée, c'est la semaine 6.**

Les résultats de ces calculs sont regroupés dans le tableau suivant:

Projet	Référence produit	Temps Standard (h)				Lead time (h)	S6(h)			
		Coupe	P1	P2	P3		Coupe	P1	P2	P3
<b>Onix</b>										
ONIX850 X02 HT	OXX202AC	0,25	0,16	0,45	0,37	1,23	1,00	0,64	1,82	1,48
<b>NG</b>										
SOUSPLANCHER VE1 A6.A0.C	NGE116AA	0,29	0,26	0,53	0,43	1,51	0,29	0,26	0,53	0,43
SOUSPLANCHER VE2 A6.A0.B	NGE216AA	0,28	0,25	0,50	0,41	1,44	0,28	0,25	0,50	0,41
<b>SETIF</b>										
TOITURE HT NP	SENP04AA	0,40	0,43	0,76	0,61	2,20	1,58	1,74	3,03	2,45
TOITURE HT C1	SEC104AA	0,37	0,61	0,71	0,57	2,26	1,48	2,44	2,82	2,29
TOITURE HT C2	SEC204AA	0,45	0,88	0,81	0,65	2,79	1,80	3,52	3,23	2,61
TOITURE HT CC	SECC04AA	0,46	0,77	0,83	0,67	2,74	2,32	3,86	4,16	3,37
TOITURE HT M1-M2	SEM104AA	0,37	0,59	0,66	0,53	2,15	2,93	4,75	5,24	4,25
<b>Total</b>		<b>2,87</b>	<b>3,95</b>	<b>5,24</b>	<b>4,25</b>	<b>16,32</b>	<b>11,68</b>	<b>17,46</b>	<b>21,33</b>	<b>17,29</b>
<b>Total (Heures) / 14 semaines</b>		<b>433,45</b>								
Besoin surface d'assemblage en état désirée (m <sup>2</sup> )	15						33,31	5	5	5
Besoin en opérateur par jour	-					-	1	1	1	1
nombre d'opérateurs/ poste	-	1,00	1,00	1,00	1,00					
nombre de table/ poste	-	1,00	1,00	1,00	1,00					
Besoin surface de coupe en état désirée (m <sup>2</sup> )	33,31									
Besoin total en surface en état désirée (m <sup>2</sup> )	49,71									

**Tableau 42 : Tableau de RCCP de la nouvelle zone**



***Vous trouverez le total d'heure par poste des autres semaines à l'annexe 10 et 11***

Finalement, l'étude faite nous a permis de déduire les remarques suivantes:

- Le besoin en temps pour chaque poste, et pour le total d'heure de toutes les références étudiées nous avons trouvé 433,45h par 14 semaines,
- Le besoin en opérateur par jour qui est lié à la charge, sachant qu'il faut affecter les opérateurs de façon à équilibrer les 4 postes.
- Le besoin en surface pour les trois postes d'assemblage: une table de 5(m<sup>2</sup>) par poste et pour le poste de coupe l'opérateur va réaliser l'opération de coupe par la métresse dans une surface égale à 33,31 (m<sup>2</sup>).
- Le besoin total en surface de la nouvelle zone égale à 49.71 (m<sup>2</sup>).

D'après la répartition et l'équilibrage des postes nous allons passer à la présentation détaillée de ces postes.

### 2.3 Description des postes de la nouvelle zone de coupe et d'assemblage des câbles de grosses sections :

Avant d'entamer cette description nous allons présenter la cartographie(VSM) de flux de nouveau processus avec le respect de la répartition que nous avons réalisé.

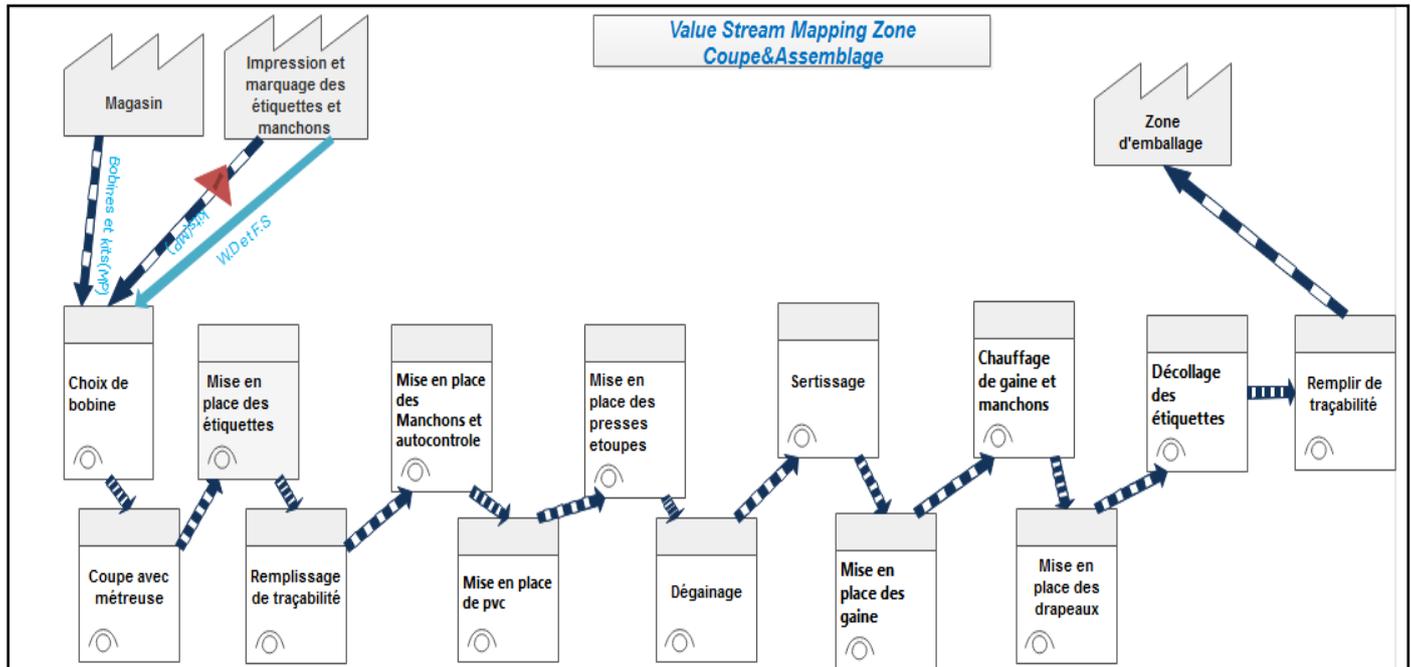


Figure 38: VSM de la nouvelle zone

La nouvelle zone de coupe et assemblage est répartie en quatre postes, chaque poste contient un nombre d'opération à réaliser sur un produit.

Chaque opération s'effectue selon un mode opératoire et avec des outils spécifiques que nous allons les détailler par la suite.

#### a) Poste « 1 » :

##### ❖ Besoin en outillage :

Le premier poste est dédié pour la coupe des câbles, donc il a besoin d'une métreuse de câbles que nous avons proposé, un bac où l'opérateur va lover le câble coupé et un kit des manchons et des étiquettes.

La métreuse est choisie selon trois caractéristiques (Figure 39) :

- La longueur maximale des câbles que nous pouvons avoir dans un produit.
- La section maximale des câbles (supérieure à  $240 \text{ mm}^2 (= \pi * D^2)$  avec  $D=9\text{mm}$ ).
- La surface occupée doit être petite.

## M50

### Diamètre 1 à 50 mm

Compteur en cm mesurant jusqu'à 9.999,95 mètres.

Roue de mesure largeur 50 mm

développement 500 mm, en synthétique strié ou en polyuréthane (usages intensifs).

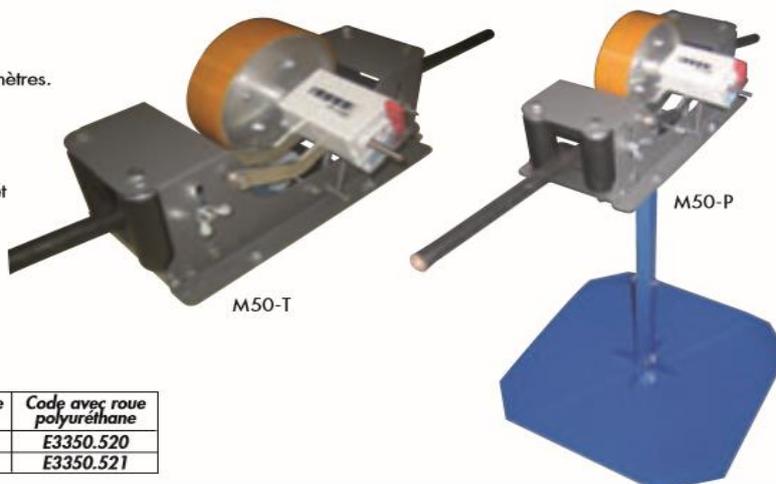
Guidage en entrée et en sortie par 4 rouleaux en acier et sous la roue de mesure par un galet avec flasques.

Modèle de table et modèle sur pied (identique à celui de la M35).

Usage manuel ou sur machine enrouleuse.

Dimensions et poids (M50-T)

l 195 x P 380 x H 175 mm - 8,7 kg



Versions	Utilisation	Code avec roue synthétique	Code avec roue polyuréthane
M50-T	modèle de table	E3350.510	E3350.520
M50-P	modèle sur pied	E3350.511	E3350.521

Figure 39 : Les caractéristiques de la métresse choisie

Nous avons choisi le modèle sur pied pour faciliter son déplacement sur la zone de coupe et assemblage.

### ❖ Mode opératoire :

L'opérateur du premier poste doit commencer son travail, lorsqu'il reçoit le kit des manchons et étiquettes de la part du poste impression des manchons et étiquettes, ainsi que les bobines.

L'opérateur va suivre les étapes suivantes :

### Choix de la bobine :

- Repérer l'emplacement de la bobine de câble à couper, par sa référence marquée sur l'étiquette,
- Déplacer la métresse et le bac jusqu'à l'emplacement de la bobine de câble à couper.

### Opération de coupe par la métresse :

- Cheminer le câble vers la métresse.
- Taper la longueur voulue.
- Mettre le câble sur le bac au cours de passage du câble par la métresse.

### Mise en place de l'étiquette et des manchons :

- Coller l'étiquette sur le câble.
- Mettre les manchons sur les extrémités de câble.

### Remplissage de la traçabilité :

- Remplir la traçabilité du câble.

Le câble coupé doit passer au deuxième poste.

### b) Poste « 2 »:

Le deuxième poste est dédié pour la mise en place des bagues de couleurs, des presses étoupes et de dégainage des deux extrémités de câble.

#### ❖ Besoin en outillage :

Le besoin en outillage de ce poste est regroupé dans ce tableau suivant :

Outil ou composant	Son utilisation
Dégaineuse	Dégainer les câbles
Bande des bagues de couleurs	Mettre les bagues de couleurs sur le câble
Ruban adhésif PVC couleur	Repérer l'emplacement des contacts
Presses étoupes	Fixer les contacts sur les câbles
Une table métallique d'une surface de 2 m <sup>2</sup>	Sur laquelle l'opérateur doit réaliser les opérations d'assemblage associé à ce poste.

Tableau 43: le besoin en outillage de 2<sup>ème</sup> poste

#### ❖ Mode opératoire :

Le poste doit recevoir le bac des composants (Ruban adhésif PVC couleur et presses étoupes) pour procéder aux premiers étapes d'assemblage, qui doivent être réalisés comme suit :

#### Mise en place des bagues de couleurs :

- Fixer l'extrémité de la bande sur l'extrémité du câble du côté Aboutissant.
- Repérer le marquage manchon inscrit sur le manchon du câble.
- Cheminer la bande et la fixer par une bague de ruban adhésif déchirable sur le câble. L'opérateur retrouve par le même marquage manchon du câble, il doit mettre une bague de couleur du ruban adhésif PVC. L'opérateur doit continuer de la même façon jusqu'à qu'il arrive à la fois à l'emplacement du marquage du tenant du câble inscrit sur la bande et le tenant du câble.
- Décoller la bande du câble.

L'utilisation de la bande des bagues de couleurs à un autre rôle qui aide l'opérateur à contrôler la longueur du câble demandé par le client.

#### Mise en place des presses étoupes :

- Relever de la gamme la référence des presses étoupes propre au câble.
- Mettre en place les presses étoupes selon les photos explicatives existantes dans la gamme.

#### Dégainage :

- Relever la longueur de dégainage existante dans l'étiquette du câble.
- Dégainer les extrémités de câble par dégaineuse.

Une fois le câble est dégainé, il doit passer au troisième poste.

### c) Poste «3» :

Ce troisième poste a pour rôle de sertir les contacts et de mettre en place les gaines.

#### ❖ Besoin en outillage :

Dans le cadre d'éviter les risques liés au sertissage qui se reposent sur la manière de s'assurer du diamètre du contact utilisé. Nous avons déjà proposé de mettre une plaque standard des tous les diamètres existants. Nous avons réalisé un support sur Catia V5 qui répond à cette solution : (Figure 40)

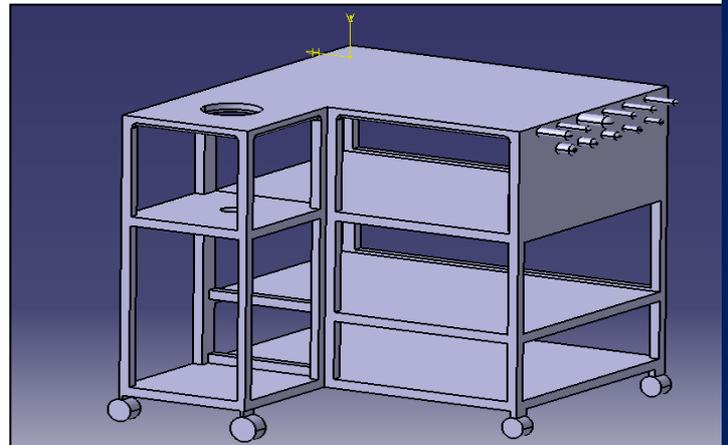


Figure 40 : le support de 3<sup>ème</sup> poste

#### Bête à corne du support :

Pour bien expliquer le rôle de ce support, nous avons choisi de présenter le diagramme bête à corne qui est un outil d'analyse fonctionnelle du besoin (figure 41):

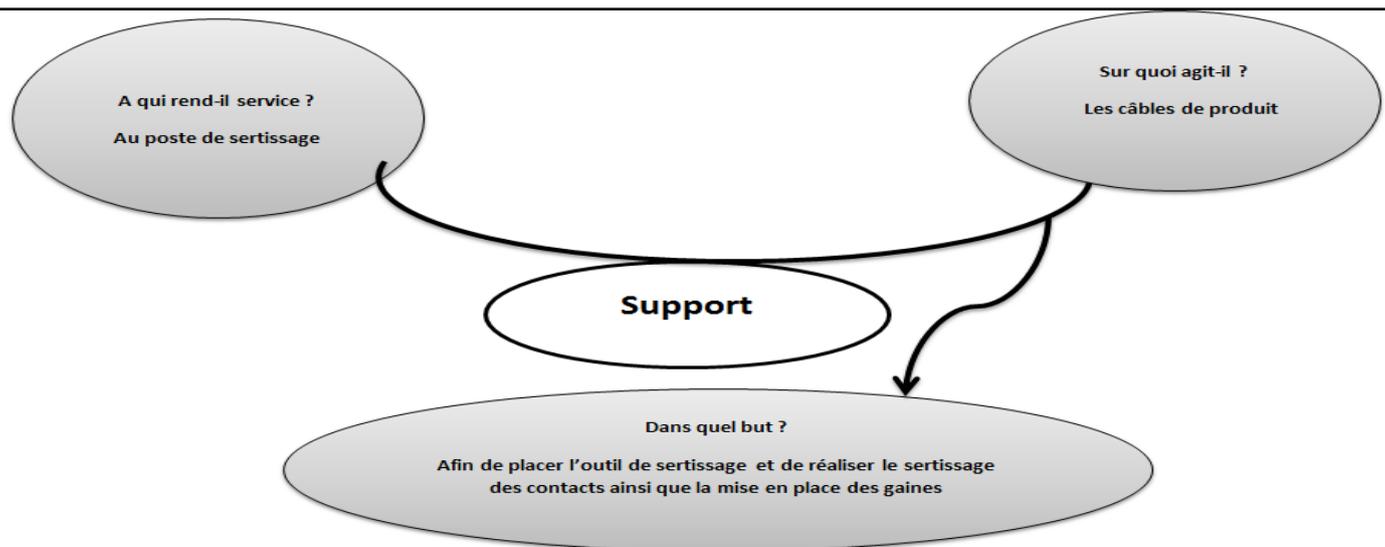


Figure 41: Bête à corne de support utilisé dans le 3<sup>ème</sup> poste

En plus de support, ce poste a besoin aussi de l'outil de sertissage qui a été choisi, par l'ingénieur méthode selon les matrices à utiliser. Il est présenté sur la figure 42 :



Figure 42 : outil de sertissage



*Vous trouvez les caractéristiques et les composants de l'outil de sertissage dans l'annexe 12*

### ❖ Mode opératoire :

Le poste doit recevoir de la part du magasin les connexions et les gaines afin de réaliser l'assemblage selon les étapes suivantes :

#### Sertissage des connexions :

- Placer les connexions selon leurs diamètres sur la plaque de support pour repérer le bon contact.
- Relever la référence et diamètre de connexion inscrite sur l'étiquette propre au câble mise en assemblage.
- Sertir la connexion demandée par l'outil de sertissage, en choisissant la matrice propre à cette connexion par retour à l'étiquette.

#### Mise en place des gaines chauffantes :

- Relever la référence de gaine associée au câble mise en assemblage par retour à l'étiquette de ce câble.
- Mettre les gaines sur le câble

Une fois le sertissage des connexions et la mise en place des gaines sur le câble sont réalisés, le câble doit passer au dernier poste d'assemblage

#### d) Poste « 4 » :

Le dernier poste de la zone de coupe et assemblage permet d'abord de chauffer les gaines et manchons, puis de mettre en place les drapeaux et enfin de décoller l'étiquette.

### ❖ Besoin en outillage :

Le besoin en outillage de ce poste est regroupé dans ce tableau suivant :

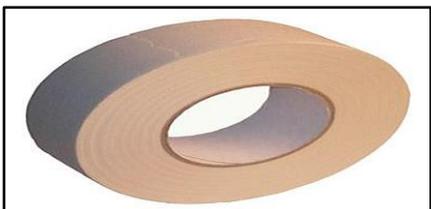
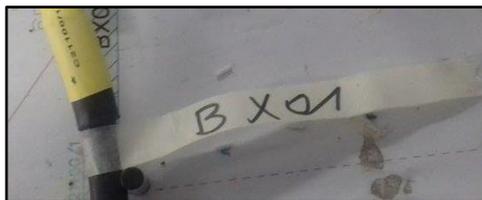
Outil	Utilisation
Outil de chauffage avec un réflecteur  Figure 43 : outil de chauffage	Chauffer les gaines et les manchons sur le câble
Bande adhésif en toile déchirable  Figure 44 : Bande adhésif en toile déchirable	Coller sur le câble, sur laquelle l'opérateur inscrit le nom du connecteur à monter chez le client  Figure 45 : Drapeau
Une table métallique d'une surface de 2 m <sup>2</sup>	Sur laquelle l'opérateur doit réaliser les opérations d'assemblage associé à ce poste.

Tableau 44 : besoin en outillage de 4<sup>ème</sup> poste

Dans le cadre de sécuriser les opérateurs et de diminuer le temps de chauffage nous avons pensé à fixer l'outil de chauffage sur la table d'assemblage de ce poste, nous avons réalisé un outil de protection (figure 46).

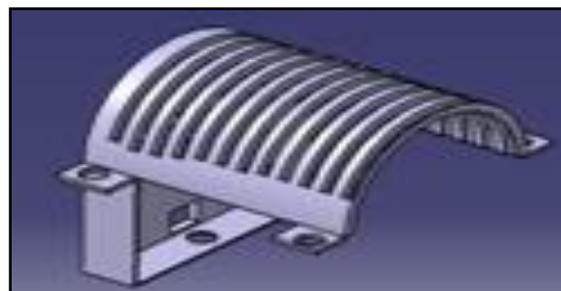


Figure 46 : l'outil de protection et de fixation de l'outil de sertissage

#### ❖ Mode opératoire :

Les étapes à suivre dans ce poste sont :

#### Chauffage des gaines et manchons :

- Placer la gaine sur l'extrémité de connexion.
- Placer le câble au-dessus de l'outil de chauffage jusqu'à le chauffage complet de la gaine.
- Réaliser la même chose pour les manchons du câble.

#### Mise en place des drapeaux :

- Relever le nom de connecteur à monter chez le client par retour à l'étiquette du câble.
- Mettre la bague de ruban adhésif sur l'extrémité du câble.
- Inscire le nom de connecteur.

#### Décollage de l'étiquette :

L'opérateur doit décoller l'étiquette.

Une fois tous les câbles de produit ont passé par cette ligne d'assemblage, les opérateurs de chaque poste doivent remplir la traçabilité.

### 2.4 Modélisation de la nouvelle zone :

Afin de repérer l'emplacement de la nouvelle zone 'zone de coupe et d'assemblage', nous avons réalisé une petite analyse au niveau de résultats trouvés dans la partie RCCP.

La surface de la zone de coupe actuelle est de 82m<sup>2</sup> et le besoin en surface de la nouvelle zone de coupe est de 33.31m<sup>2</sup>, donc il reste une surface inutilisable de 48.69m<sup>2</sup>.

Et puisque le besoin en surface de la zone désirée d'assemblage est de 15m<sup>2</sup>, nous avons proposé de placer la nouvelle zone dans la zone de coupe.

D'après l'acceptation de la proposition par la direction, nous avons réalisé la modélisation de la nouvelle zone suivante :

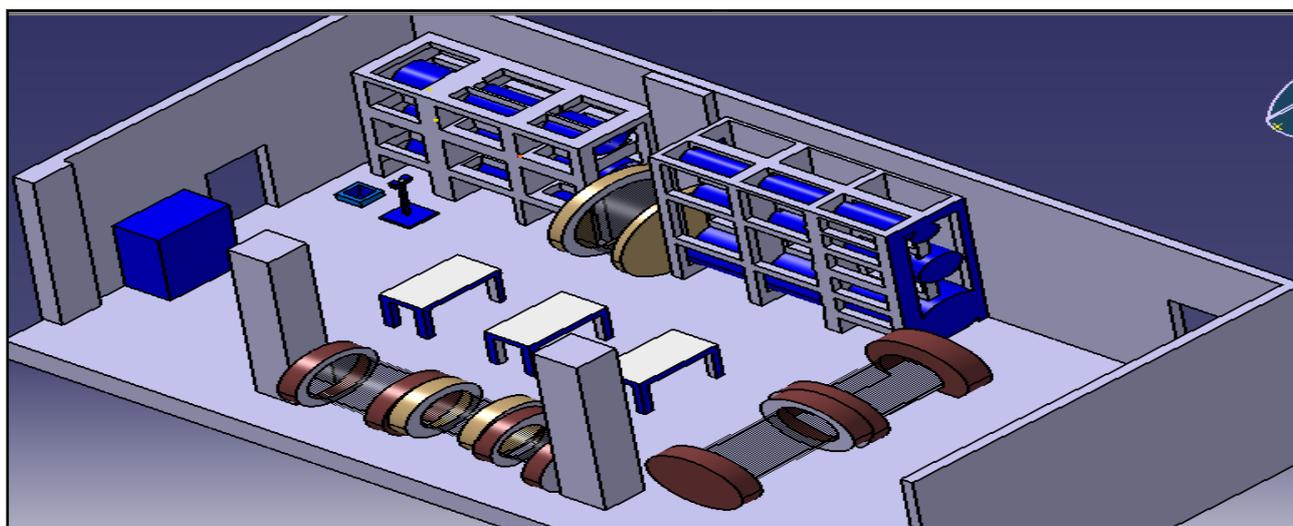


Figure 47: Modélisation de la nouvelle zone avec Catia V5

### 2.5 Approche financière :

Comme nous avons mentionné au début, l'entreprise a posé un budget de 220000 DH, donc il est nécessaire de calculer le prix des besoins en outillage de la zone de coupe et d'assemblage pour appliquer ce projet.

Nous avons regroupé l'ensemble des outillages avec leurs prix dans le tableau suivant :

Outil	Prix (DH)
Métreuse	15910
Outil de sertissage et ses composants	13631
Outil de chauffage	1250
Outil de Protection et de fixation de l'outil de chauffage	1000
Support du poste de sertissage	10000
Deux tables métalliques de 2 m <sup>2</sup>	10000
<b>Total</b>	<b>51791</b>

Tableau 45: L'approche Financière

### Conclusion de la phase Améliorer :

Dans cette phase nous avons proposé une solution globale qui est l'emplacement de la nouvelle zone dans la zone de coupe actuelle.

Dans le chapitre suivant, nous allons chiffrer les gains apportés par cette solution afin de contrôler l'objectif cité au cahier des charges.

## V. La phase Contrôler de la démarche DMAIC

Nous nous contenterons dans cette phase juste par l'estimation des gains et la réalisation d'une comparaison entre l'état actuel et l'état désiré, puisque nous n'avons pas réussi à mettre en place la solution proposée et la contrôler, à cause de :

- ✚ Non disponibilité de l'entreprise car elle est dans une période de réception des nouveaux projets
- ✚ Non disponibilité des outillages demandés aux fournisseurs, car leurs délais de livraison dépasse notre période de stage.

### 1. Comparaison entre l'état actuel et l'état futur de la zone de coupe et d'assemblage :

Après avoir détaillé la solution proposée de l'état futur de la zone de coupe et d'assemblage dans la phase précédente, nous allons procéder dans cette partie à la comparaison entre le processus actuel et futur afin de chiffrer les gains.

Cette comparaison va porter sur trois niveaux :

- Le Processus de fabrication.
- La surface occupée par la zone de coupe et d'assemblage.
- L'efficience.

#### 1.1 Au niveau de Processus de fabrication:

##### a) Flux de processus de fabrication actuel :

Le flux du processus de l'état actuel est réparti en deux sous processus coupe et assemblage.

Nous allons réaliser la comparaison de flux de processus sur le produit Toiture HT C1.

Processus étudié :		Coupe et assemblage des câbles de grosse section					Projet : Toiture HT C1		
Num	Etape à VA	Etape à non valeur ajoutée				Désignation	Opérateur	Pièce quantité	min Temps
	Opération	transport	Contrôle	Attente	Stockage				
<b>poste de coupe</b>									
1						Déplacement de la table de coupe vers la bobine à utiliser	1	6	0,82
2						Cheminement de câble sur la table de coupe		28	4,19
3						Opération de coupe de câble par pince		28	5,63
4						mise en place de l'étiquette		28	3,01
5						Lovage de câble		28	0,88
6						Mise en place du câble dans le bac		28	430,2
7						Traçabilité		28	0,88
8						Déplacement des câbles coupés et composants de la zone de coupe vers la zone d'assemblage		1	12,9
<b>Poste d'assemblage</b>									
9						Cheminement des câbles sur planche	1	28	2,38
10						Mise en place de Manchons et autocontrôle		56	2,82
11						Décollage des étiquettes		28	4,63
12						opération de coupe		28	2,88
13						Le dégainage		56	13,43
14						La mise en place des presses étoupes		6	1,13
15						Déplacement entre etages pour chercher l'outil de sertissage		3,94	3,94
16						Le sertissage		56	33,25
17						La mise en place des gaines		56	4,57
18						Le chauffage de gaine		56	12,55
19						Le chauffage des manchons		56	11
20						La mise en place des PVC		55	1,01
21						La mise en place des drapeaux	56	2,36	
22						La Traçabilité	1	0,3	
<b>Total</b>	<b>18</b>			<b>4</b>					
<b>Efficacité du processus :</b>						<b>81,82%</b>			

Tableau 46 : Flux de processus de l'état actuel

### b) Flux de processus de fabrication de l'état futur:

Suite aux améliorations proposées dans la phase d'innovation au niveau de flux de processus de fabrication, qui repose sur l'élimination de tous gaspillages présentés. L'état futur présente le processus suivant :

Processus étudié :		Coupe et assemblage des câbles de grosse section					Projet : Toiture HT C1	
Num	Etape à VA	Etape à non valeur ajoutée				Désignation	personne	min
	Opération	transport	Contrôle	Attente	Stockage		Opérateur	Temps
<b>poste 1</b>								
1	○					Choix de la bobine	1	0,82
3	○					Opération de coupe de câble par métreuse	1	8,64
4	○					mise en place de l'étiquette	1	0,88
5						Mise en place de Manchons		2,82
6	○					Traçabilité		8,35
<b>Poste 2</b>								
7	○					La mise en place des PVC	1	18,15
8	○					La mise en place des presses étoupes	1	1,13
9	○					Dégainage		13,43
<b>Poste 3</b>								
10	○					La mise en place des gaines	1	4,57
11	○					Le sertissage		33,25
<b>Poste 4</b>								
12	○					Le chauffage de gaine	1	12,55
13	○					Le chauffage des manchons	1	11,00
14	○					La mise en place des drapeaux	1	2,18
15	○					Décollage de l'étiquette		4,63
16	○					remplissage de la fiche suiveuse		0,30
<b>Total</b>	14				0			
<b>Efficacité du processus :</b>		<b>100,00%</b>						

Tableau 47: Le flux de processus de l'état futur

### c) Synthèse de comparaison :

D'après les tableaux 46 et 47, nous avons relevé les points suivants :

	Etat actuel	Etat futur
Le nombre d'étapes à non-valeur ajoutée	4	0
Efficacité de processus (%)	81,82	100
Zone de production	Zone de coupe et zone d'assemblage (séparés)	Zone de coupe et d'assemblage

Tableau 48: comparaison entre les deux états

Nous observons bien que les actions proposées à donner des améliorations au niveau de :

- L'efficacité de processus
- La zone de production.

## 1.2 Au niveau de l'efficience:

Nous allons comparer dans cette partie l'efficience de l'état actuel et futur.

### a) Etat actuel :

Pour l'état actuel, l'efficience des projets étudiés est donnée par le service production qui est égale en moyenne à 74 %.

Référence de produit	Lead Time (h)	Efficience (%)
<b>Onix</b>		
ONIX850 X02 HT	1,63	74%
<b>NG</b>		
SOUSPLANCHER VE1 A6.A0.C	1,86	
SOUSPLANCHER VE2 A6.A0.B	1,79	
<b>SETIF</b>		
TOITURE HT NP	2,51	
TOITURE HT C1	2,43	
TOITURE HT C2	2,73	
TOITURE HT CC	2,81	
TOITURE HT M1-M2	2,33	
Total	18,09	

Tableau 49 : L'efficience de l'état actuel

### b) Etat futur :

Pour l'état futur, nous avons calculé l'efficience selon la relation suivante :

$$Efficience = \frac{Lead\ Time\ prévu}{Lead\ Time\ mesuré}$$

Sachant que :

Le Lead Time prévu est donné par le service méthode.

Le Lead Time mesuré c'est le temps que nous avons calculé dans la partie précédente.

Référence de produit	Lead Time (h)		Efficience (%)
	Prévu	Mesuré	
<b>Onix</b>			
ONIX850 X02 HT	1,20	1,24	97%
<b>NG</b>			
SOUSPLANCHER VE1 A6.A0.C	1,21	1,51	80%
SOUSPLANCHER VE2 A6.A0.B	1,21	1,45	84%
<b>SETIF</b>			
TOITURE HT NP	1,72	2,20	78%
TOITURE HT C1	1,97	2,26	87%
TOITURE HT C2	2,30	2,79	82%
TOITURE HT CC	2,22	2,75	81%
TOITURE HT M1-M2	1,79	2,15	83%
Total	13,62	16,35	moyenne : 84%

Tableau 50 : L'efficience de l'état futur

Nous pouvons bien observer que :

- L'efficacité à augmenter de 74% à 84%.
- Le temps nécessaire à la fabrication de tous les produits étudiés à diminuer de 18.09 h à 16.35h

### 1.3 Au niveau de la surface:

Nous allons comparer dans cette partie la surface occupée par la zone de coupe et d'assemblage de l'état actuel et l'état futur.

#### a) Etat actuel :

La zone de coupe et la zone d'assemblage sont réparti entre deux étages de l'entreprise et occupent un espace très important de 210 m<sup>2</sup>.

Cette surface est la somme de la surface occupée par la zone de coupe qui est égale à 82 m<sup>2</sup> et la surface occupée par la zone d'assemblage qui est égale à 128m<sup>2</sup>.

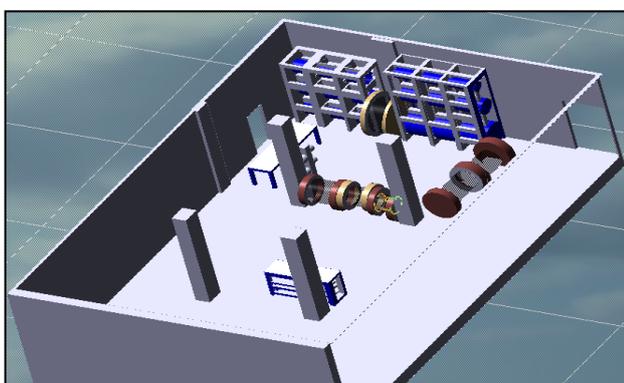


Figure 48: zone de coupe et d'assemblage de Sous plancher

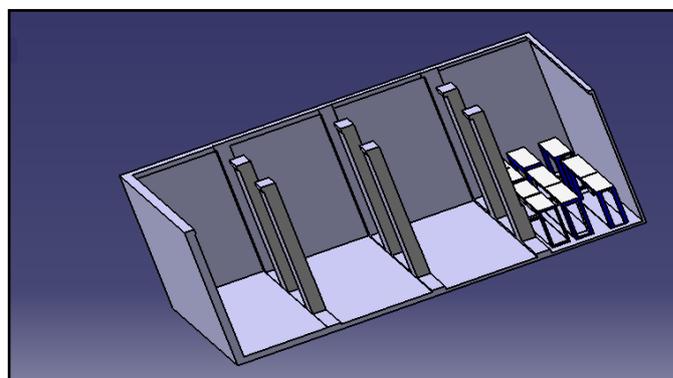


Figure 49: zone d'assemblage d'ONIX et SETIF

#### b) Etat futur :

Dans le but de rassembler les deux zones de coupe et d'assemblage des câbles de grosse section, la surface dédiée pour le processus des deux zones a été regroupé dans la zone de coupe comme il est représenté sur la figure suivante :

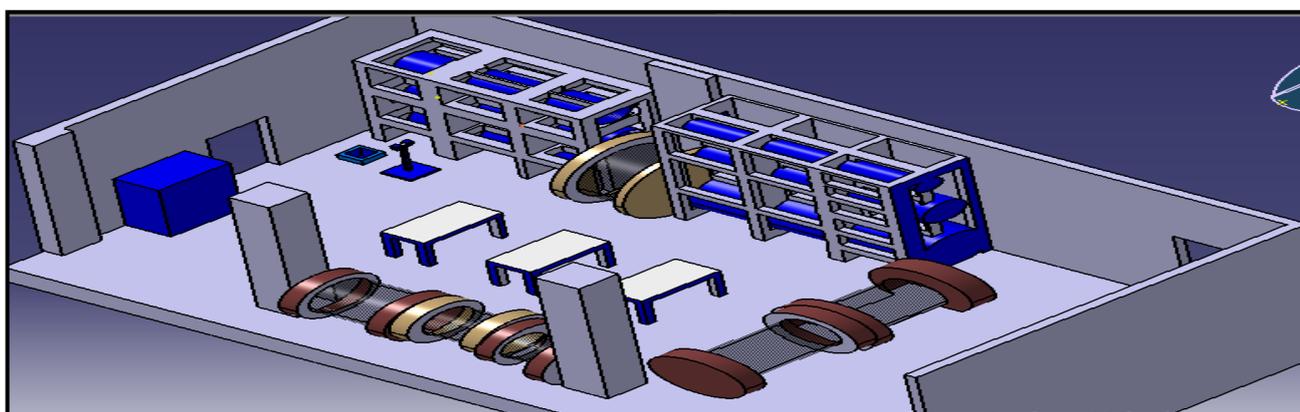


Figure 50 : La nouvelle zone de coupe et d'assemblage des câbles de grosse section

La surface de la nouvelle zone de coupe et d'assemblage des câbles de grosse section est égale à 82(m<sup>2</sup>).

## 2. Chiffrage des gains :

### 2.1 Méthode de calcul :

Nous avons calculé le gain selon la relation suivante :

$$\text{Gain (\%)} = \frac{\text{résultat actuel} - \text{résultat désiré}}{\text{résultat actuel}} * 100$$

### 2.2 Résultats :

Au niveau de temps de fabrication des faisceaux étudiés, nous avons trouvé un gain de 9.62% en sommant les temps de fabrication associés à ces faisceaux par unité :

	Etat actuel	Etat futur	Gain (%)
Lead time total de tous les produits étudiés(h)	18.09	16.35	9.62%

**Tableau 51 : Gain en temps par unité des produits**

Au niveau de surface et l'efficacité, les gains sont présentés dans le tableau suivant :

	Etat actuel	Etat futur	Gain (%)
Surface	210	82	61%
Efficacité	75%	84%	9%

**Tableau 52 : Gain en efficacité et en surface**

Il y a aussi un gain au niveau de matière à cause de :

- L'élimination de la deuxième opération de coupe au sein de la zone d'assemblage.
- Changement de procédé de coupe (l'utilisation de métresse) au sein de la zone de coupe.

### **Conclusion de la phase Contrôler:**

On constate d'après cette phase, que nous avons apporté des gains importants à l'entreprise et nous avons accompli le cahier de charge fixé par la direction d'ingénierie.

## Conclusion générale:

La mission que nous avons, à travers ces quatre mois de stage au sein de la société ALSTOM-Cablance Maroc, est l'optimisation de la zone de coupe et la zone d'assemblage des câbles de grosse section par Lean Six sigma.

Les objectifs fixés par la directrice générale de l'ingénierie était d'optimiser le temps, l'espace et d'augmenter l'efficacité de processus de fabrication des câbles de grosse section.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons effectué une étude par la méthode de Lean Six sigma afin d'éliminer tout type de gaspillage et d'optimiser le temps et l'espace de production. Nous avons utilisé la démarche DMAIC pour enchaîner notre travail.

Dans la phase 'Définir', nous avons défini la problématique, et le processus de fabrication des produits étudiés.

Dans la suite, nous avons entamé le chronométrage dans la phase 'Mesurer' afin de bien définir le temps actuel exacte de processus de production des faisceaux des câbles de grosses sections qui égale à 18.09h, ainsi que de mesurer le besoin en surface qui égale à 210(m<sup>2</sup>). Suite à ce chronométrage, nous avons cartographié le flux de processus de la situation actuelle avec les différentes opérations productives et non productives du processus, pour pouvoir les interpréter dans la phase d'analyse.

Dans la phase 'Analyser', nous avons étudiés les dysfonctionnements de processus actuel par l'application de l'analyse de déroulement et la méthode des cinq pourquoi afin de savoir ces causes racines, ces dysfonctionnements se regroupent dans le gaspillage de temps et d'espace, les déplacements inutiles et les stocks d'encours.

L'analyse de ces gaspillages nous a permis de passer à la phase 'Innover' sur laquelle nous avons proposé une solution qui permet de rassembler le processus de coupe et d'assemblage dans la zone de coupe.

Cette solution nous a apporté des gains au niveau d'espace avec un pourcentage de 61% ainsi qu'au niveau du temps avec un pourcentage de 10% sans oublier l'efficacité qui a augmenté de 74% à 84%. Ces gains ont été chiffrés dans la dernière phase de la démarche DMAIC « Contrôler ». Elle nous a imposé d'acheter des nouveaux outillages avec un budget de « 51791 DH ».

## *Annexe :*

### **Annexe 1 : Les outils utilisés au cours du projet**

#### **1. Le principe de la Lean six Sigma :**

Le Lean six sigma est l'alliance des deux concepts qui relient les notions de productivité, le «Lean manufacturing» et de qualité, le «Six Sigma» avec :

- **Le Lean manufacturing** : vise à éliminer les gaspillages non encore corrigés, les sept grandes catégories de gaspillage reconnues sont : la surproduction, les processus de fabrication, les stocks superflus, les opérations et mouvements inutiles, les temps d'attente, les transports, les rebuts et autres pièces défectueuses.  
La démarche Lean consiste à exploiter toutes les ressources de l'entreprise (matérielles, financières et humaines) pour générer des solutions optimisées. (1)\*
- **Le Six Sigma** est une méthodologie rigoureuse qui s'applique aux processus (et non pas seulement aux problèmes) dans le but de :
  - Diminuer la variabilité des processus afin de les fiabiliser, les rendre stables et prévisibles.
  - Assurer de la reproductibilité « parfaite » du processus pour tendre vers le zéro défaut et la satisfaction du client.

Le Lean Six Sigma est une application rigoureuse de la méthodologie DMAIC.

#### **2. Le principe de DMAIC :**

Le DMAIC est une approche destinée à cadrer la résolution de problèmes et l'amélioration des produits et services dans les organisations. Il est composé de cinq étapes ordonnancées selon une logique qui peut sembler de bon sens, bien que cet enchaînement ne soit pas toujours respecté spontanément dans les faits :

- Définir le problème, les objectifs du projet et les besoins des clients ;
- Mesurer les performances actuelles du processus et quantifier les problèmes ;
- Analyser le processus et identifier les causes profondes des défauts ;
- Améliorer (Innover) le processus en réduisant ou éliminant les défauts ;
- Contrôler et maintenir la performance du processus amélioré.

#### **3. Le principe d'AMDEC :**

La méthode AMDEC est l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités. C'est un outil utilisé dans la démarche qualité et dans le cadre de la sûreté de fonctionnement. L'AMDEC consiste à analyser :

- les défaillances,
- leurs causes,
- leurs effets.

Il y'a Cinq type d'AMDEC :

- **AMDEC Fonctionnelle** : sert à analyser les défaillances et de ses causes à l'étape de la conception.
- **AMDEC Produit** : sert à analyser les demandes des clients en termes de fiabilité.

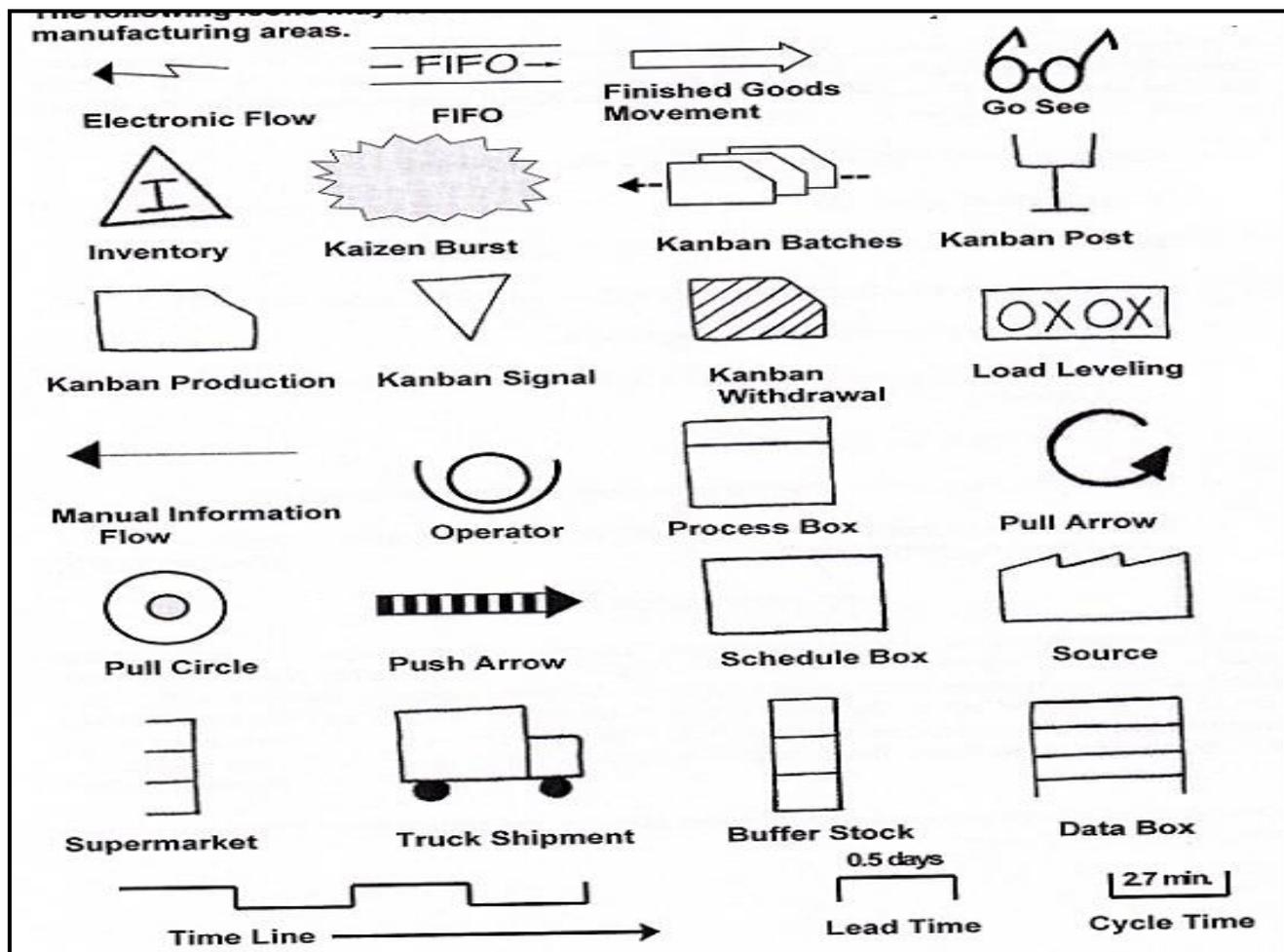
- **AMDEC Processus** : sert à analyser les risques liés aux défaillances d'un produit.
- **AMDEC Moyen de Production** : sert à analyser les risques liés aux défaillances de la chaîne de production.
- **AMDEC Flux**: sert à Analyser les risques liés à l'approvisionnement, le temps de réaction et de correction et leurs coûts. (2)\*

#### 4. Le principe de la VSM:

La cartographie VSM (Value Stream Mapping) consiste à retracer le flux physique des matières, pièces ou produits le long du processus, tel qu'il est, avec toutes les péripéties, aléas et déviations tels qu'ils apparaissent dans la réalité. Sur la même cartographie sera tracé le flux d'informations correspondant, qui peut se matérialiser par :

- \* ordres informatiques
- \* échanges d'e-mails
- \* passation de commandes
- \* échanges téléphoniques...

Les étapes, transferts, déplacements et échanges sont figurés par des pictogrammes qui les symbolisent, ce qui rend la lecture simple synthétique, rapide et offre une vision transversale et étendue de l'état actuel du processus. (3)\*



### 5. Poka Yoke :

Le Poka-Yoke est un outil très favorable à la démarche d'amélioration de la qualité, car il sert à détecter et corriger l'erreur commise, par le biais d'une inspection, avant que le produit ne soit acheminé au client. (4)\*

### 6. Charte projet :

La charte projet est un élément clef de la phase de construction d'un projet. Elle va présenter de manière synthétique le problème à résoudre, l'objectif à atteindre et le périmètre concerné. Elle va également définir les rôles et responsabilités du projet ainsi que les principaux jalons temporels. La méthode Six Sigma insiste à juste titre sur l'importance de ce document et de l'engagement de chaque membre du projet à porter le projet avec succès à son terme.

### 7. SIPOC:

Le diagramme SIPOC (FIPEC en français) permet de visualiser sur un seul support toutes les informations essentielles relatives à un processus d'apparence simple. Cet outil est l'un des plus puissants de la méthodologie Lean révélant souvent une visibilité inattendue.

- **S→ SUPPLIERS** : identification des fournisseurs internes et externes, délivrant des éléments en entrée.
- **I → INPUTS** : liste des entrées (informations, matières...) alimentant le processus et transformées par les activités à venir.
- **P→ PROCESSUS** : description des activités, étapes, tâches et opérations principales (sans entrer dans le détail) qui transforment les entrées en sorties.
- **O→OUTPUTS**: liste des sorties (résultats, productions, documentation...) à destination des clients (ou bien pour d'autres processus en aval).
- **C→CUSTOMERS** : repérage des clients internes et externes, intermédiaires et finaux.

### 8. QQQQCP :

La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. Elle adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique.

QQQQCP : Quoi? Qui? Où? Quand? Comment? Pourquoi? (5)\*

### 9. Diagramme d'affinité :

Le diagramme d'affinité est une méthode créative qui permet d'analyser des informations obtenues par remue-méninges, discussions, et autres moyens. Elle permet d'analyser un sujet par le classement d'idées (les affinités) issues de l'exercice lui-même afin de rechercher les solutions. (6)\*

## Annexe 2 : La méthode QQQQCP couplée à la méthode DMAIC

	QUI	Quoi	ou	Quand	Comment	Pourquoi
<b>DEFINIR</b>	Bureau de méthode	Choix des ateliers étudiés	Open space	Début de la tâche : S7 ↓	- Définir les zones de travail des câbles de grosse section (un diamètre supérieur à 16 mm <sup>2</sup> ) - SIPOC	Lancement du projet
	Bureau de méthode	Lancement de groupe projet	Open space		Réunion en salle	Présenter le projet, Fixer les objectifs et résultats attendus.
	Equipe de projet : Encadrant de la société : KHOULDI Mohamed & IRAQUI Anass Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Présentation en réunion devant le personnel	Terrain	Fin de la tâche : S8	Communication orale avec les opérateurs sur terrain	Communication et information auprès des opérateurs.
<b>MESURER</b>	Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Etablir les étapes de la coupe et d'assemblage des câbles de grosses sections et les chronométrer.	Terrain	Début de la tâche : S9 ↓	- Suivi et chronomètre Sur terrain (R & R) selon la fiche de chronométrage établie.	- Attribuer les temps moyens correspondant à chaque étape. - Repérer les déplacements inutiles.
	Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Etablir Le temps standard de la coupe et d'assemblage des produits des câbles de grosses sections.	Bureau	Fin de la tâche : S13	Réaliser la fiche de temps standard des produits à partir des gammes.	Attribuer les temps standards correspondant à chaque produit.
	Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Etude de la charge et de capacité du processus actuel selon le plan de production.	Bureau		Réaliser un tableau de calcul de charge et capacité sur Excel en se basant sur : - le plan de production - le tableau des temps standards. ]	- Savoir l'espace occupé par les produits des câbles de grosse section. - Savoir la capacité du processus actuel à répondre à la demande des clients au délai prévu.
<b>ANALYSER</b>	Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Repérer les gaspillages.	Bureau	Début de la tâche : S12 ↓	- Analyse de déroulement - Cinq pourquoi	Eliminer tout type de gaspillage.
		Donner le degré de fiabilité du processus actuel.	Bureau	Fin de la tâche : S14		Améliorer le Process Actuel.
<b>INNOVER</b>	Equipe de projet : Encadrant de la société : Iraqui Anass Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Chercher à éliminer les gaspillages et externaliser les étapes qui n'ont pas de valeur ajoutée.	Bureau	Début de la tâche : S14 ↓	En se basant sur l'analyse de processus étudié.	- Eliminer les gaspillages du temps, d'espace et de matière. - Améliorer l'efficacité.
	Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Réaliser les améliorations techniques et éliminer les dysfonctionnements au niveau de processus.	Bureau		- Répartir les tâches - Poka yoke	- Eviter toutes anomalies de fonctionnement pour continuer à réaliser un produit de qualité.
		Etablir les risques de processus désiré.	Bureau	Fin de la tâche : S15	- AMDEC	Donner des actions correctives.
<b>CONTROLLER</b>	Stagiaires : Adrouji Sara & Froud Sakina	Contrôler le nouveau processus proposé.	Bureau	-----	- Comparaison entre l'état actuel et désiré - Estimation des gains.	Tester la fiabilité des améliorations proposées pour les mettre en place.

\*ADROUJI SARA &amp; FROUD SAKINA\*

\* Rapport de PFE\*

### Annexe 3 : Les résultats de chronométrage de la zone de coupe

cheminement de câble	OP 1						OP 2						Facteur d'allure	X//	Temps normal		
	ech1	ech2	ech3	ech4	ech5	X/	ech 1	ech 2	ech3	ech4	ech5	X/			cmh	min	
Longueur des câbles (mm)	500	116	116	117	116	117	116	116	117	114	116	116	116	70%	116	81	0,05
	9300	968	951	916	973	972	956	920	978	972	920	972	952	70%	954	668	0,40
	4400	258	241	234	241	243	243	245	245	250	249	250	248	70%	246	172	0,10
	1750	215	217	210	212	211	213	215	219	216	215	217	217	70%	215	150	0,09
	2290	220	217	212	215	213	215	216	222	209	210	216	214	70%	215	150	0,09
	2240	206	214	213	214	209	211	211	206	216	208	210	210	70%	211	148	0,09
	620	127	109	113	110	109	113	117	129	111	115	117	118	70%	116	81	0,05
	10810	779	786	777	778	785	781	776	778	757	772	778	772	70%	777	544	0,33
<b>Moyenne</b>																249	0,15
Choisir type de bobine	OP 1						OP 2						Facteur d'allure	X//	Temps normal		
	ech1	ech2	ech3	ech4	ech5	X/	ech 1	ech 2	ech3	ech4	ech5	X/			cmh	min	
	345	346	347	345	346	346	300	309	300	302	308	304	70%	325	227	0,14	
Opération de coupe	OP 1						OP 2						Facteur d'allure	X//	Temps normal		
	ech1	ech2	ech3	ech4	ech5	X/	ech 1	ech 2	ech3	ech4	ech5	X/			cmh	min	
Section (mm <sup>2</sup> )	70	250	251	250	250	251	250	251	253	249	231	251	247	70%	249	174	0,10
	25	95	95	94	96	94	95	117	124	111	112	115	116	70%	105	74	0,04
	150	386	341	414	381	386	382	380	386	392	400	414	394	70%	388	272	0,16
	95	219	301	297	297	291	281	270	277	281	280	277	277	70%	279	195	0,12
	120	308	293	280	302	295	296	224	218	221	220	224	221	70%	258	181	0,11
<b>Moyenne</b>																179	0,11
Lovage des câbles	OP 1						OP 2						Facteur d'allure	X//	Temps normal		
	ech1	ech2	ech3	ech4	ech5	X/	ech 1	ech 2	ech3	ech4	ech5	X/			cmh	min	
Longueur des câbles (mm)	4200	278	354	263	278	354	305	297	278	308	279	300	292	70%	302	211	0,13
	4400	296	278	296	296	278	289	293	301	297	296	300	297	70%	292	204	0,12
	10810	803	874	918	874	918	878	864	861	889	884	864	872	70%	875	613	0,37
	6600	541	578	575	578	540	562	566	555	583	556	570	566	70%	564	395	0,24
	4600	376	347	356	347	356	356	363	389	350	380	356	368	70%	360	252	0,15
<b>Moyenne</b>																335	0,20
Mise en place des étiquettes	OP 1						OP 2						Facteur d'allure	X//	Temps normal		
	ech1	ech2	ech3	ech4	ech5	X/	ech 1	ech 2	ech3	ech4	ech5	X/			cmh	min	
	76	76	75	75	76	76	75	74	75	74	75	74	74	70%	75	53	0,03
Traçabilité	OP 1						OP 2						Facteur d'allure	X//	Temps normal		
	ech1	ech2	ech3	ech4	ech5	X/	ech 1	ech 2	ech3	ech4	ech5	X/			cmh	min	
	602	606	611	602	606	605	889	733	833	889	733	815	710	70%	710	497	0,30

## Annexe 4 : Les résultats de chronométrage de la zone d'assemblage

cheminement de câbles	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
longueur (mm)	89	91	93	86	96	90	173	167	174	165	176	170	70%	130	91	0,05
4800	76	72	83	69	77	75	166	167	166	161	167	165	70%	120	84	0,05
4600	173	161	166	167	171	167	547	550	542	544	548	546	70%	356	249	0,15
moyenne														141	0,08	
mise en place des manchons et autocontrôle	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	23	30	24	36	25	28	227	205	200	212	259	211	70%	120	84	0,05
Décollage des étiquettes	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	12	15	12	18	13	14	114	103	100	106	129	106	460%	60	275	0,17
Opération de coupe	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
Section (mm²)	211	223	221	225	221	220	222	223	221	225	221	223	70%	221	155	0,09
95	250	251	250	253	249	251	250	251	250	253	249	251	70%	251	176	0,11
120	137	120	94	124	111	118	137	120	94	124	111	118	70%	118	83	0,05
25	386	341	414	386	414	382	386	341	414	386	414	382	70%	382	267	0,16
150	308	293	196	218	221	254	308	293	196	218	221	254	70%	254	178	0,11
70	moyenne														172	0,10
dégainage	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
Longueur de dégainage(mm)	562	598	560	572	583	573	563	650	618	676	650	627	70%	600	420	0,25
33	547	555	534	533	543	542	439	441	441	439	445	440	70%	542	380	0,23
19	moyenne														400	0,24
chauffage des gaines	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	427	424	439	504	448	448	630	601	606	639	600	619	70%	534	374	0,22
Mise en place des gaines	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	173	175	171	176	173	174	173	173	294	220	238	215	70%	194	136	0,08
Sertissage	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	1175	1195	1188	1178	1184	1184	1645	1593	1672	1663	1333	1643	70%	1414	989	0,59
chauffage des manchons	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	446	450	449	439	444	446	448	551	437	521	434	489	70%	468	327	0,20
Mise en place des drapeaux	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	86	83	89	88	84	86	86	84	94	93	78	89	80%	88	70	0,04
Mise en place des bagues de couleurs (PVC)	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	43	41	45	44	42	43	43	42	47	46	39	45	70%	44	31	0,02
Mise en place des presses étoupes	OP 1						OP2						Facteur d'allure	X//	Temps normal	
	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/	ech 1	ech 2	ech 3	ech 4	ech 5	X/			cmh	min
	449	451	447	446	444	448	447	451	449	446	444	448	70%	448	314	0,19

## Annexe 5 : Les composants liés à chaque opération

	Nombre de changement de bobine	Nombre de câbles à couper	Nombre de gaines à chauffer	Nombre de presses étoupes	Nombre de câbles	Nombre de manchons à chauffer	Nombre de bague de couleur à mettre (PVC)	Nombre de contacts
Temps de choix de bobine	★							
Temps de cheminement					★			
Lovage des câbles					★			
Temps d'opération de coupe		★						
Temps de mise en place des étiquettes					★			
Temps de traçabilité					★			
Mise en place de Manchons et autocontrôle						★		
Décollage des étiquettes					★			
temps de dégainage								★
Temps de mise en place des presses étoupes				★				
Temps de chauffage de gaine			★					
Temps de mise en place des gaines			★					
Temps de sertissage								★
Temps de chauffage des manchons						★		
Temps de mise en place des PVC							★	
Temps de mise en place des drapeaux								★

## Annexe 6 : Tableau du temps standard de coupe

Temps (min)	SETIF					NG REGILOIS		ONIX
	SEC104AA	SEC204AA	SEM104AA	SECC04AA	SENP04AA	NGE116AA	NGE116AA	OXX202AC
Temps de préparation de table et choix de bobine	0,82	0,82	0,68	0,82	0,68	0,41	0,55	0,27
Temps de cheminement	4,19	4,79	3,89	4,94	4,49	3,14	2,99	2,69
Lovage des câbles	5,63	6,43	5,23	6,63	6,03	4,22	4,02	3,62
Temps d'opération de coupe	4,19	3,44	2,79	3,55	3,22	2,26	2,15	1,93
Temps de mise en place des étiquettes	5,63	1,01	0,82	1,04	0,95	0,66	0,63	0,57
Temps de traçabilité	0,88	9,55	7,76	9,85	8,95	6,27	5,97	5,37
Temps de cycle (min)	15,41	26,03	21,17	26,82	24,32	16,96	16,30	14,46
Facteur d'allocation	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Temps standard de coupe (min)	17,26	29,16	23,71	30,04	27,24	18,99	18,26	16,19

## Annexe 7 : Tableau du temps standard du processus d'assemblage

Temps (min) de :	SETIF : Toiture HT					NG REGILOIS : Sous Plancher		ONIX
	NP	C1	C2	CC	M1-M2	VE1	VE2	ONIX850 X02 HT
Cheminement de câble	2,38	2,71	2,21	2,80	2,55	1,78	1,70	1,53
Mise en place de Manchons et autocontrôle	2,82	3,22	2,61	3,32	1,51	2,11	2,01	1,81
Décollage des étiquettes	4,63	5,29	4,30	5,45	4,96	3,47	3,30	2,97
Opération de coupe	2,88	3,30	2,68	3,40	3,09	2,16	2,06	1,85
Le dégainage	13,43	15,35	12,47	15,83	14,39	10,07	9,59	8,63
La mise en place des presses étoupes	1,13	0,75	4,14	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Le sertissage	33,25	38,00	30,87	39,18	35,62	24,94	23,75	21,37
La mise en place des gaines	4,57	5,22	4,24	5,38	4,89	3,43	3,26	2,94
Le chauffage de gaine	12,55	14,35	11,66	14,79	13,45	9,41	8,97	8,07
Le chauffage des manchons	11,00	12,57	10,21	12,96	11,78	8,25	7,85	7,07
La mise en place des bagues de couleurs	1,01	1,73	0,85	1,36	0,50	0,20	0,20	0,00
La mise en place des drapeaux	2,36	2,69	2,19	2,78	2,52	1,77	1,68	1,51
La Traçabilité	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Temps de cycle	92,30	105,47	88,72	108,69	95,56	67,89	64,68	58,06
Facteur d'allocation	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Temps standard d'assemblage	103,37	118,13	99,37	121,73	107,03	76,04	72,45	65,03

## Annexe 8 : Le plan de production

DESIGNATION	Lancement de quantité de production par semaine													
	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19
ONIX850 X02 HT	4	4	4	4	4	8	8	8	8	0	9	0	6	0
SOUSPLANCHER VE1 A6.A0.C	1	1	1	0	2	1	0	1	2	0	1	1	1	0
SOUSPLANCHER VE2 A6.A0.B	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
TOITURE HT C1	4	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2
TOITURE HT C2	4	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2
TOITURE HT CC	5	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2
TOITURE HT M1-M2	8	2	2	4	2	4	2	2	2	4	2	4	2	4
TOITURE HT NP	4	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2

## Annexe 9 : Le tableau des câbles (WIRE LIST)

Produit	IDENT	WIRE	MARK	GAUGE	GAUGE2	COLOR	TYPE	LGT	DATE
NGC209AA	1	1001_5e	PA351U	95.0	95.0	BK	FU1001	5540	05/12/2012
NGC209AA	2	1002_5e	PA352V	95.0	95.0	BK	FU1001	5580	05/12/2012
NGC209AA	3	1003_5e	PA353W	95.0	95.0	BK	FU1001	5680	05/12/2012
NGC209AA	4	1004_5e	PA451U	95.0	95.0	BK	FU1001	5450	05/12/2012
NGC209AA	5	1005_5e	PA452V	95.0	95.0	BK	FU1001	5450	05/12/2012
NGC209AA	6	1006_5e	PA453W	95.0	95.0	BK	FU1001	5500	05/12/2012
NGE109AA	1	1001_19534	PA451U 20	95.0	95.0	BK	FU1001	4800	13/08/2012
NGE109AA	2	1002_19534	PA452V 20	95.0	95.0	BK	FU1001	4800	13/08/2012
NGE109AA	3	1003_19534	PA453W 20	95.0	95.0	BK	FU1001	4660	13/08/2012
NGE109AA	4	1004_19534	PA351U 40	95.0	95.0	BK	FU1001	4420	13/08/2012
NGE109AA	5	1005_19534	PA352V 40	95.0	95.0	BK	FU1001	4360	13/08/2012
NGE109AA	6	1006_19534	PA353W 40	95.0	95.0	BK	FU1001	4350	13/08/2012
NGE209AA	1	1001_19534	PA451U 20	95.0	95.0	BK	FU1001	4800	13/08/2012
NGE209AA	2	1002_19534	PA452V 20	95.0	95.0	BK	FU1001	4800	13/08/2012
NGE209AA	3	1003_19534	PA453W 20	95.0	95.0	BK	FU1001	4660	13/08/2012
NGE209AA	4	1004_19534	PA351U 40	95.0	95.0	BK	FU1001	4420	13/08/2012
NGE209AA	5	1005_19534	PA352V 40	95.0	95.0	BK	FU1001	4360	13/08/2012
NGE209AA	6	1006_19534	PA353W 40	95.0	95.0	BK	FU1001	4350	13/08/2012

### Annexe 10 : Le total d'heure par poste par semaine « RCCP de l'état futur »

Projet	Référence produit	Temps Standard (min)				Tsd total (h)	S6(min)				S7(min)							
		Coupe	P1	P2	P3		Coupe	P1	P2	P3	Coupe	P1	P2	P3				
Onix																		
ONIX850 X02 HT	OXX202AC	14,99	9,67	27,23	22,19	1,23	59,94	38,68	108,91	88,77	59,94	38,68	108,91	88,77				
NG : SPL																		
SOUSPLANCHER VE1 A6.A0.C	NGE116AA	17,58	15,35	31,77	25,84	1,51	17,58	15,35	31,77	25,84	17,58	15,35	31,77	25,84				
SOUSPLANCHER VE2 A6.A0.B	NGE216AA	16,92	14,81	30,25	24,62	1,44	16,92	14,81	30,25	24,62	0,00	0,00	0,00	0,00				
SETIF																		
TOITURE HT NP	SENP04AA	23,72	26,09	45,38	36,76	2,20	94,89	104,38	181,51	147,05	23,72	26,09	45,38	36,76				
TOITURE HT C1	SEC104AA	22,17	36,63	42,35	34,33	2,26	88,68	146,52	169,41	137,34	22,17	36,63	42,35	34,33				
TOITURE HT C2	SEC204AA	27,01	52,77	48,40	39,19	2,79	108,05	211,07	193,62	156,77	27,01	52,77	48,40	39,19				
TOITURE HT CC	SECC04AA	27,83	46,34	49,92	40,41	2,74	139,15	231,69	249,58	202,03	27,83	46,34	49,92	40,41				
TOITURE HT M1-M2	SEM104AA	21,97	35,60	39,33	31,91	2,15	175,74	284,84	314,62	255,25	43,94	71,21	78,66	63,81				
<b>Total</b>		<b>172,19</b>	<b>237,26</b>	<b>314,62</b>	<b>255,25</b>	<b>16,32</b>	<b>700,95</b>	<b>1047,33</b>	<b>1279,68</b>	<b>1037,67</b>	<b>222,19</b>	<b>287,07</b>	<b>405,38</b>	<b>329,12</b>				

S6(min)				S7(min)				S8(min)				S9(min)				S10(min)			
Coupe	P1	P2	P3	Coupe	P1	P2	P3	Coupe	P1	P2	P3	Coupe	P1	P2	P3	Coupe	P1	P2	P3
59,94	38,68	108,91	88,77	59,94	38,68	108,91	88,77	59,94	38,68	108,91	88,77	59,94	38,68	108,91	88,77	59,94	38,68	108,91	88,77
17,58	15,35	31,77	25,84	17,58	15,35	31,77	25,84	17,58	15,35	31,77	25,84	0,00	0,00	0,00	0,00	35,17	30,69	63,53	51,67
16,92	14,81	30,25	24,62	0,00	0,00	0,00	0,00	16,92	14,81	30,25	24,62	16,92	14,81	30,25	24,62	16,92	14,81	30,25	24,62
94,89	104,38	181,51	147,05	23,72	26,09	45,38	36,76	23,72	26,09	45,38	36,76	47,44	52,19	90,76	73,53	23,72	26,09	45,38	36,76
88,68	146,52	169,41	137,34	22,17	36,63	42,35	34,33	22,17	36,63	42,35	34,33	44,34	73,26	84,71	68,67	22,17	36,63	42,35	34,33
108,05	211,07	193,62	156,77	27,01	52,77	48,40	39,19	27,01	52,77	48,40	39,19	54,03	105,54	96,81	78,38	27,01	52,77	48,40	39,19
139,15	231,69	249,58	202,03	27,83	46,34	49,92	40,41	27,83	46,34	49,92	40,41	55,66	92,67	99,83	80,81	27,83	46,34	49,92	40,41
175,74	284,84	314,62	255,25	43,94	71,21	78,66	63,81	43,94	71,21	78,66	63,81	87,87	142,42	157,31	127,63	43,94	71,21	78,66	63,81
700,95	1047,33	1279,68	1037,67	222,19	287,07	405,38	329,12	239,11	301,88	435,63	353,74	366,20	519,57	668,58	542,41	256,70	317,22	467,40	379,57

S11(min)				S12(min)				S13(min)				S14(min)				S15(min)			
Coupe	P1	P2	P3																
119,88	77,36	217,82	177,55	119,88	77,36	217,82	177,55	119,88	77,36	217,82	177,55	119,88	77,36	217,82	177,55	0,00	0,00	0,00	0,00
17,58	15,35	31,77	25,84	0,00	0,00	0,00	0,00	17,58	15,35	31,77	25,84	29,97	19,34	54,45	44,39	0,00	0,00	0,00	0,00
16,92	14,81	30,25	24,62	16,92	14,81	30,25	24,62	16,92	14,81	30,25	24,62	0,00	0,00	0,00	0,00	16,92	0,00	0,00	0,00
47,44	52,19	90,76	73,53	23,72	26,09	45,38	36,76	23,72	26,09	45,38	36,76	23,72	26,09	45,38	36,76	47,44	52,19	90,76	73,53
44,34	73,26	84,71	68,67	22,17	36,63	42,35	34,33	22,17	36,63	42,35	34,33	22,17	36,63	42,35	34,33	44,34	73,26	84,71	68,67
54,03	105,54	96,81	78,38	27,01	52,77	48,40	39,19	27,01	52,77	48,40	39,19	27,01	52,77	48,40	39,19	54,03	105,54	96,81	78,38
55,66	92,67	99,83	80,81	27,83	46,34	49,92	40,41	27,83	46,34	49,92	40,41	27,83	46,34	49,92	40,41	55,66	92,67	99,83	80,81
87,87	142,42	157,31	127,63	43,94	71,21	78,66	63,81	43,94	71,21	78,66	63,81	43,94	71,21	78,66	63,81	87,87	142,42	157,31	127,63
443,72	573,60	809,25	657,02	281,47	325,21	512,78	416,68	299,05	340,56	544,54	442,51	294,52	329,74	536,98	436,44	306,26	466,08	529,42	429,02

## Annexe 11 : Le total d'heure par poste par semaine « RCCP de l'état futur »

S15(min)				S16(min)				S17(min)				S18(min)				S19(min)			
Coupe	P1	P2	P3																
0,00	0,00	0,00	0,00	134,87	87,03	245,04	199,74	0,00	0,00	0,00	0,00	89,91	58,02	163,36	133,16	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	17,58	15,35	31,77	25,84	17,58	15,35	31,77	25,84	17,58	15,35	31,77	25,84	0,00	0,00	0,00	0,00
16,92	0,00	0,00	0,00	16,92	14,81	30,25	24,62	16,92	14,81	30,25	24,62	16,92	14,81	30,25	24,62	17,58	15,35	31,77	25,84
47,44	52,19	90,76	73,53	23,72	26,09	45,38	36,76	47,44	52,19	90,76	73,53	23,72	26,09	45,38	36,76	47,44	52,19	90,76	73,53
44,34	73,26	84,71	68,67	22,17	36,63	42,35	34,33	44,34	73,26	84,71	68,67	22,17	36,63	42,35	34,33	44,34	73,26	84,71	68,67
54,03	105,54	96,81	78,38	27,01	52,77	48,40	39,19	54,03	105,54	96,81	78,38	27,01	52,77	48,40	39,19	54,03	105,54	96,81	78,38
55,66	92,67	99,83	80,81	27,83	46,34	49,92	40,41	55,66	92,67	99,83	80,81	27,83	46,34	49,92	40,41	55,66	92,67	99,83	80,81
87,87	142,42	157,31	127,63	43,94	71,21	78,66	63,81	87,87	142,42	157,31	127,63	43,94	71,21	78,66	63,81	87,87	142,42	157,31	127,63
306,26	466,08	529,42	429,02	314,04	350,23	571,77	464,70	323,84	496,23	591,43	479,47	269,08	321,22	490,09	398,12	306,92	481,43	561,18	454,85

## Annexe 12 : Composants et caractéristiques de l'outil de sertissage

Composant	Désignation
SOMMIER POUR MATRICE C12	U137C12
MATRICE DE SERTISSAGE	C12TN25
MATRICE DE SERTISSAGE	C12TN35
MATRICE DE SERTISSAGE	C12TN50
MATRICE DE SERTISSAGE	C12TN150
MATRICE HEXAGO. 185MM2	C12TN185
MATRICE HEXAGO. 240MM2	C12TN240
MATRICE DE SERTISSAGE	C12TN120
MATRICE PR ELP	ELP460
SOMMIER POUR MATRICE 460	U137-460
MATRICE POUR FLP	FLP460
TR1461 - Presse hydraulique	TR1461
TR1462 - Presse hydraulique	TR1462
Matrice TN70V20	TN70V20
Matrice TN25V20	TN25V20
Matrice TN150V20	TN150V20
Matrice TN120V20	TN120V20
Matrice ELS460	ELS460
ESU137K1BLCM	7519428

### OUTIL DE SERTISSAGE ÉLECTRO-HYDRAULIQUE COMPACT AUTONOME

- Force développée : 80 kN.
- Course du piston : 17 mm.
- Tête avec verrouillage positif pour les matrices originales du type C8 ...
- Capacité de sertissage : 300 mm<sup>2</sup> Cuivre.
- Capacité de sertissage : 240 mm<sup>2</sup> Aluminium
- Rotation de tête : 180°.
- Autonomie : 150 à 350 sertissages avec batterie 4 Ah, 18 V.
- Temps de sertissage : 3 à 5 s.
- Température d'utilisation : -10° C à + 40° C.
- Dimensions : 350 x 310 x 72 mm (avec batterie).
- Masse : 4,800 kg (avec batterie).
- Livrable avec courroie de cou en coffret métallique pouvant contenir un outil, deux batteries, un chargeur et 23 matrices.

# Webographie

---

(1)\*: <http://www.e-marketing.fr/Definitions-Glossaire/Lean-manufacturing-242149.htm#xg6l3sAAuoWom0xb.97>

(2)\*: <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>

(3)\*: <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/243-vsm-la-cartographie-des-flux>

(4)\*: <https://methodesqualite.wordpress.com/poka-yoke-groupe-mardi/>

(5)\*: <http://www.ouati.com/qoqcp.html>

(6)\*: <http://www.ep-c.fr/services-industriel/123-le-diagramme-affinite.html>

(8)\*: <https://www.qualite.qc.ca/centre-des-connaissances/fiches-outils-detaillees/etude-de-temps-et-mouvements/methodologie>

(\*\*): <http://www.glossaire-international.com/pages/tous-les-termes/lead-time.html#rjX86w99tzyEevs2.99>

(9)\*: <http://www.agrojob.com/dictionnaire/definition-planification-globale-des-capacites-3633.html>

(10)\*: <http://www.bluelean.fr/outilslean/lanalysedederoulement.html#rUmoVt4yH65bLUHp.99>

(11)\*: <http://www.qualiblog.fr/outils-et-methodes/la-methode-des-5-pourquoi-pour-eradiquer-vos-problemes/>

(12)\* : <file:///C:/Users/adm/Documents/dossier%20bureau/Diagramme%20d'affinites.pdf>

## *Bibliographie :*

**Cours de Mme Tajri « Gestion de la qualité »**

**Cours de Mr Chafi « gestion de production »**