

Faculté des sciences et techniques de Fès

Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Amélioration de l'efficacité de la zone de coupe au sein d'ALSTOM

Lieu : Société ALSTOM CABLIANCE FES.

Référence: 11/18GI



Préparé par :

- EL HAOUTI Assia
- TRICHA Chaimae

Soutenu le 06 Juin 2018 devant le jury composé de :

- Pr. H. BINE EL OUIDANE (Encadrant FST).
- Mr. F. MOUTAJ (Encadrant Société).
- Pr. D.SQALLI (Examineur).
- Pr. A.CHAMAT (Examineur).

Dédicace

Aux êtres les plus chers au monde;

Ma douce mère et mon adorable père qui m'ont beaucoup donné et qui ont toujours été à mes côtés malgré la distance ; Aucun mot et aucune expression ne pourront témoigner de ma reconnaissance et ma gratitude à votre égard, vos sacrifices abondants et votre soutien innombrable resteront à jamais gravés dans mon cœur et mon esprit.

À ma seule chère sœur Diae;

Pour son soutien moral et ses encouragements, ta joie de vivre et ton humour remplissent mon quotidien de bonheur et de joie. Ta présence dans ma vie m'aide à surmonter les moments difficiles et me redonne le sourire. Tu es loin de mes yeux, loin de moi, mais toujours près de mon cœur.

À toute personne, qui m'aime

À toute personne, qui a de près ou de loin contribué à ma formation.

TRICHA Chaïmae,

Je tiens à dédier ce rapport de stage de fin d'études à ma chère maman pour son amour infini, pour son soutien incomparable, pour sa compréhension qui n'a pas d'équivalent, avec mes sentiments d'amour et de respect les plus chaleureux.

À mon cher père, à qui je dois tant et tous, symbole du courage et du sacrifice, sa patience et son aide qui m'ont toujours encouragé et soutenu au cours de la période de mes études.

À mon petit frère Si Mohammed, mes sœurs et mes proches.

À tous ceux qui ont contribué au succès de ce travail, je vous remercie vivement pour votre soutien.

EL HAOUTI Assia,

Remerciement

Pour le tracé qu'il donne au chemin de notre vie, **ALLAH**, notre **Dieu**.

En préambule à ce stage, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail ainsi qu'à la réussite de cette formidable expérience professionnelle.

Commençons par remercier le corps administratif et Monsieur AUERT Stephan, le directeur général de la société ALSTOM Fès de nous avoir donné l'occasion d'effectuer ce stage au sein de son établissement.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrant de stage Monsieur MOUTAJ Faical, Responsable production de la société ALSTOM Fès qui a accepté d'encadrer notre travail et pour tout le temps qu'il a consacré durant toute la période du stage. Nous sommes très reconnaissantes pour son coaching, ses conseils qu'il n'a pas cessé de nous donner et nous guider, pour ses efforts et son intérêt pour que ce stage passe dans les meilleurs conditions.

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement et vivement notre professeur et notre encadrant de la FSTF, Monsieur BINE EL OUIDANE Hassan qui a dirigé et guidé ce travail avec toute compétence et patience. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude et nos sentiments de respects les plus distingués. Ses critiques constructives et son aide morale étaient indispensables à la réalisation de ce travail.

Nous remercions tous nos professeurs de la formation génie industriel pour leurs efforts et leurs veilles afin que l'enseignement passe dans les bonnes conditions.

Nous tenons tout spécialement à remercier les membres de jury Monsieur CHAMAT et Monsieur SQALLI qui ont accepté d'examiner notre travail

Comme nous avons le plaisir d'exprimer nos profonds remerciements et respects à Monsieur AJOUJ Abdellali superviseur de la zone de coupe, Monsieur STITOU Houcine ancien superviseur de la zone de coupe, MOUHIB Mohammed et MASSMOUDI Mohammed les Team leader de la zone de coupe, tous les opérateurs et à toute l'équipe ALSTOM Fès.

Liste Des Figures

Figure 1: Organigramme d'ALSTOM Fès	1
Figure 2: Processus de fabrication d'un faisceau électrique	1
Figure 3: Coupe automatique "KOMAX KAPP"	1
Figure 4: Table de coupe manuelle	1
Figure 5: Exemple étiquette câble	1
Figure 6: Exemple manchons câble.....	1
Figure 7: Exemple paquet.....	1
Figure 8: Cheminement du câble.....	1
Figure 9: Outils de sertissage	1
Figure 10: Emballage des faisceaux	1
Figure 11: Organigramme département production ALSTOM Fès	1
Figure 12: Efficience actuelle de la zone coupe	1
Figure 13: Comparaison entre l'objectif et la moyenne du temps réalisé.....	1
Figure 14: Différence entre l'objectif et le chronométrage réalisé	1
Figure 15: Différence entre le temps réalisé et l'objectif.....	1
Figure 16: Value Stream Mapping de la zone de coupe (coupe machine)	1
Figure 17 : Analyse Pareto de suivis des arrêts de la zone de coupe	1
Figure 18: Les sept MUDA	1
Figure 19: Camembert des temps des arrêts des équipements	1
Figure 20: Taux de défauts qualité de la zone coupe	1
Figure 21: Raison d'utilisation des gammes d'assemblage	1
Figure 22: Diagramme d'Ishikawa des MUDA de la zone de coupe.....	1
Figure 23 : Etat de la zone de coupe après l'amélioration	1
Figure 24: L'état de la zone de stockage après l'amélioration de la zone de coupe	1
Figure 25: (a) Etat avant, (b) Etat après	1
Figure 26: Machine électro-hydraulique	1
Figure 27: Différence entre la coupe manuelle et la machine électro-hydraulique.....	1
Figure 28: Mode opératoire de la machine électro-hydraulique.....	1
Figure 29: Exemple de Poka-Yoké.....	1
Figure 30 : Les caractéristique de l'enrouleuse choisi	1
Figure 32: Le levage des bobines	1
Figure 31: Chariot élévateur	1
Figure 33: Suivi de l'efficience durant la période de stage.....	1

Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche signalétique	1
Tableau 2: Les outils utilisés au cours du projet	1
Tableau 3: Description de la problématique via l'outil QQQQCP.....	1
Tableau 4: Processus de la coupe automatique	1
Tableau 5: Processus de la coupe manuelle	1
Tableau 6: Résultats du chronométrage de la préparation des bobines	1
Tableau 7: Résultats du chronométrage de déplacement des Bacs	1
Tableau 8: Résultats du chronométrage du remplissage de la traçabilité.....	1
Tableau 9: Résultats du chronométrage de deuxième opérateur	1
Tableau 10: Résultats du chronométrage de la préparation des Bobines	1
Tableau 11: Résultat du chronométrage du deuxième opérateur.....	1
Tableau 12 : Table des outils de la zone de coupe	1
Tableau 13: Liste de quelques défauts qualité de la zone coupe	1
Tableau 14: Analyse de la première MUDA de déplacement	1
Tableau 15: Analyse du deuxième MUDA de déplacement	1
Tableau 16: Les améliorations proposées.....	1
Tableau 17: L'état actuel de l'utilisation des gammes d'assemblage	1
Tableau 18: Le calcul technico-économique.....	1

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Introduction générale	1
Chapitre I : Cadre et contexte général du projet:	
Introduction	
I. Présentation d'ALSTOM Fès :	2
1. Introduction sur ALSTOM Fès :	2
1.1. Fiche signalétique de l'ALSTOM Maroc :	2
2. Structure hiérarchique:	3
II. Processus de l'entreprise :	3
III. Département d'accueil:	7
IV. Cadre conceptuel du projet:	7
1. Définition de l'efficience:	7
2. Problématique:	8
3. Cahier de charges:.....	8
4. Les acteurs du projet:	9
a. Maitre d'ouvrage:	9
b. Maitre d'œuvre:	9
5. Outils utilisés au cours du projet :	9
V. La phase Définir de la démarche DMAIC:	9
1. Définition du problème:	9
2. Processus de la zone de coupe:	10
i. Processus de la zone de coupe: Coupe automatique.....	10
ii. Processus de la zone de coupe: Coupe manuelle.....	12
Conclusion.....	12
Chapitre II : Diagnostique de l'existant :	
Introduction	
I. La phase "Mesurer" de la démarche DMAIC :	13
1. Méthode de chronométrage :.....	13

Table des matières

1.1. Définition :	13
a. Objectif du chronométrage :	13
b. Condition du chronométrage :	13
c. Nombre d'échantillons :	13
1.2. Résultat de chronométrage de la zone coupe:	13
1.2.1. Donnée d'entrée :	13
2. Coupe automatique:	14
a. Préparation bobine:	14
b. Déplacement des bacs:	15
c. Remplissage de la traçabilité:	15
d. Coupe des câbles simple/blindé:	16
3. Coupe manuelle:	17
a. Préparation bobine:	17
4. Cartographie de chaîne de valeur:	17
II. La phase "Analyser" de la démarche DMAIC:	19
1. Analyse Pareto :	19
2. Les sept MUDA :	19
a. MUDA de mouvement inutile:	20
b. MUDA de temps d'attente:	20
c. MUDA défauts qualité:	21
d. MUDA surproduction :	22
e. MUDA processus de fabrication: (Geste inutile) :	22
f. MUDA Sur-stockage:	23
g. MUDA de déplacement:	23
3. Diagramme d'Ishikawa:	24
Conclusion:	24
Chapitre III : Actions d'amélioration de la zone de coupe :	
Introduction	
I. Les phases "Améliorer" et "Contrôler" de la démarche DMAIC:	25
1. Propositions des solutions :	25
2. Actions d'amélioration :	26
a. Action d'amélioration sur la surcharge de l'espace :	26

Table des matières

b.	Action d'amélioration sur le problème des étiquettes et manchons : .	27
c.	Action d'amélioration sur le retard et la non efficacité de la coupe manuelle :	27
i.	Présentation de la machine électro-hydraulique :	27
ii.	Etude de la machine électro-hydraulique :	28
iii.	Etude technico-économique de la machine électro-hydraulique :	29
iv.	Etude des contraintes de non utilisation de la machine électro- hydraulique :	30
d.	Action d'amélioration sur le risque du changement des bobines :	31
3.	La variation de l'efficacité après l'application des améliorations:	33
	Conclusion :.....	33
	Conclusion générale:	34
	Bibliographie et Webographie :	
	Annexe :	

Introduction générale

Dans un environnement économique concurrentiel et incertain, la compétitivité est un objectif vital pour l'entreprise de demain. Le domaine ferroviaire est devenu aujourd'hui l'un des domaines les plus sensibles du monde, cette sensibilité est accrue par les grandes sommes d'argent investies afin de garantir la satisfaction du client en terme qualité, coût et délai.

Le groupe mondial français ALSTOM est parmi les leaders dans son domaine. Il essaye d'améliorer la performance et l'efficacité des processus de ces sites à travers le monde en les incitant à instaurer une démarche de progrès continue.

Réussir un tel objectif ne peut se faire qu'en supprimant tous éléments perturbateurs de la chaîne de valeur et réducteur de l'efficacité. C'est-à-dire, chasser toute sorte de gaspillage et rendre la chaîne de valeur ajoutée.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études intitulé : «**Amélioration de l'efficacité de la zone de coupe au sein d'ALSTOM**», qui vise à améliorer la capacité de cette zone.

Notre rapport sera articulé autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre fournira une présentation générale de la société, son activité ainsi que ses produits, il traitera aussi le cadre de la conduite du projet, le cahier de charges dans sa globalité avec ses objectifs, ses contraintes. Ainsi qu'il contient un contexte général du projet et la phase "définir" de la démarche **DMAIC**.
- Le deuxième chapitre porte sur la diagnostique de l'existant qui se répartie en deux phases, la première est la phase "mesurer" de la démarche **DMAIC**, auquel nous avons collecté des données et faire une modélisation du flux à travers une cartographie de la chaîne de valeur « VSM ». le deuxième sera consacré à la phase "Analyser" auquel nous allons traiter toutes sortes de gaspillages dans la ligne du projet.
- Le dernier chapitre porte sur la proposition d'un plan d'actions qui permet d'éliminer les causes racines de gaspillages.

Et une Conclusion général du projet.



CHAPITRE I:

Cadre et contexte général du projet



Introduction:

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter en premier temps l'entreprise ALSTOM Fès, définir l'organisme d'accueil, sa structure intérieure et le processus de production de l'entreprise. Dans un deuxième temps nous allons présenter le cadre conceptuel puis aborder la phase "définir" de la démarche DMAIC.

I. Présentation d'ALSTOM Fès:

1. Introduction sur ALSTOM Fès:

ALSTOM Fès est une entreprise créée en 8 Décembre 2011 et mise en route en 2012, située à Fès. Dédiée à la production des faisceaux de câbles ferroviaires et d'armoires électriques. Elle est le groupe numéro 1 mondial dans les centrales électriques, les turbines et alternateurs hydroélectriques, les trains à très grande vitesse (TGV) et les tramways.

ALSTOM Fès compte aujourd'hui environ 250 employés et elle a réalisé en 2015 un chiffre d'affaires de 13,7 millions d'euros, 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 destinés à l'électrification de trains, selon ALSTOM.

1.1. Fiche signalétique d'ALSTOM Fès :

Le tableau 1 représente la fiche signalétique d'ALSTOM :

Date de Création	2011
Siège Social	Lot 106 Zone industrielle Ain CHKEF 30122 Fès
Capital social	65 000 000 MAD
Directeur Général	Stephan AUERT
Actionnaires	100% ALSTOM
Effectif	250 personnes
Statut Juridique	Société Anonyme
Téléphone	(+212) 535 72 42 00
Site Internet	www.alstom.com
Logo	

Tableau 1: Fiche signalétique

2. Structure hiérarchique:

L'Organigramme d'ALSTOM Fès est illustré dans la figure 1:

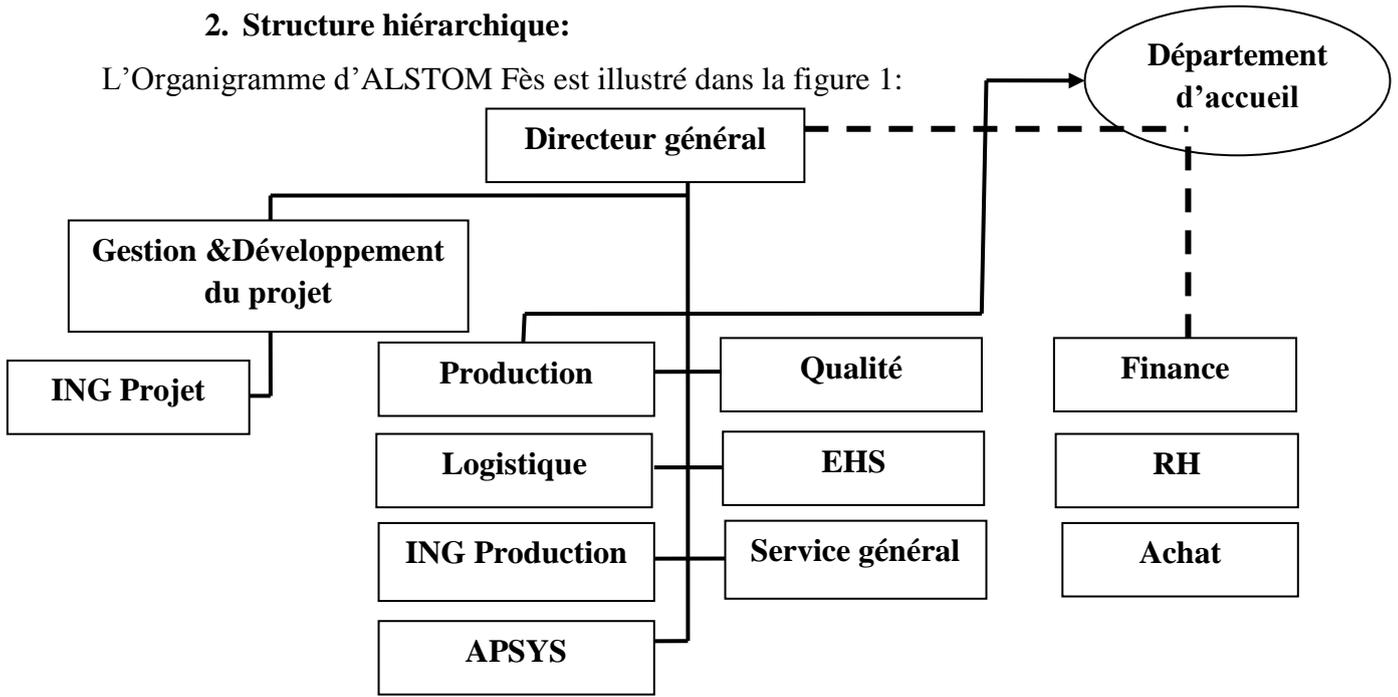


Figure 1: Organigramme d'ALSTOM Fès

II. Processus de production :

La production des faisceaux passe par plusieurs étapes, donc par plusieurs zones de production: magasin des matières premières, la zone de coupe et préparation paquets, la zone d'assemblage et finalement le magasin des produits finis (figure 2). [1]

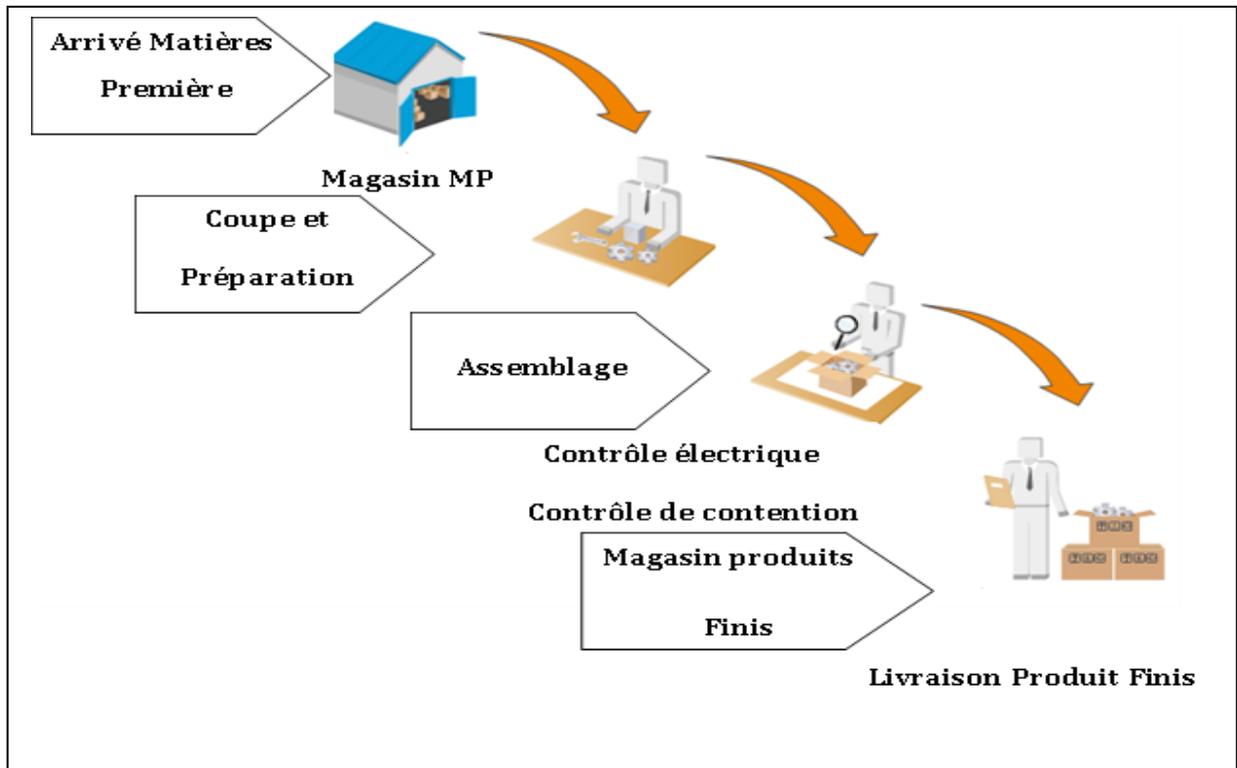


Figure 2: Processus de fabrication d'un faisceau électrique

✓ 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 la fiche de traçabilité sont préparé par la même occasion.

✓ La coupe des câbles:

La coupe des câbles se fait de deux manières différentes:

- La première consiste à couper les câbles de petites sections (section inférieure à 16 mm²) automatiquement par la machine 'KOMAX KAPP' (figure 3).
- La deuxième consiste à couper les câbles de grosses sections (section entre 16 mm² et 240 mm²) manuellement sur une table de 5m² de longueur, en utilisant une pince de coupe (figure 4).



Figure 4: Table de coupe manuelle



Figure 3: Coupe automatique "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 envoyé à la zone d'assemblage.

✓ Dénudage et sertissage des fils:

Le dénudage du câble est une étape très importante du procédé de sertissage. Le dénudage à retirer une partie de la gaine de câble, sans endommager le conducteur ou le reste de l'isolation. Les câbles utilisés dans les différentes applications peuvent varier considérablement, et les procédures de dénudage dépendent de la nature du câble.

Le sertissage est le fait de fixer la connexion avec le fil, en vue de garantir une résistance à une certaine force d'arrachement avec un outil bien déterminé, pneumatique, électrique ou hydraulique.

Pour les deux opérations citées précédemment, l'opérateur s'appuie sur un manuel de sertissage pour déterminer la longueur de dénudage ainsi que l'outil à utiliser pour le sertissage de la connexion convenable (figure 9).



Figure 9: Outils de sertissage

✓ Montage des connecteurs:

Le montage des connecteurs est une opération qui permet d'assembler les câbles 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 pour valider sa conformité avant le contrôle final puis l'emballage. Avant l'achat du testeur automatique, les tests étaient réduits à un seul test qui est le test fil à fil, ce dernier consiste à tester la continuité des faisceaux électriques par un multimètre en liant les deux extrémités de chaque câble par le multimètre, si ce dernier ne sonne pas cela implique qu'il y a une inversion dans le montage qu'il faut réparer et noter dans le rapport de contrôle.

✓ Contrôle final :

Cette opération consiste à vérifier la conformité du câblage par rapport aux documents exigés par le client.

✓ Emballage et expédition du produit final :

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 10).



Figure 10: Emballage des faisceaux

III. Département d'accueil :

La figure 11 donne un aperçu sur la hiérarchie du département dans lequel nous avons effectué notre stage.

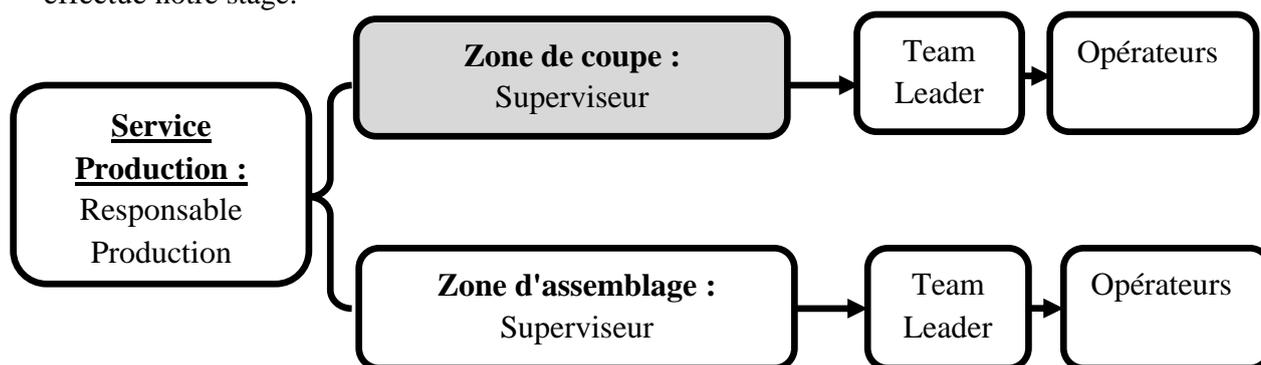


Figure 11: Organigramme département production ALSTOM Fès

Le présent projet a été réalisé au sein du département production, les fonctions au sein de ce département sont réparties en deux grandes catégories: la zone d'assemblage et la zone de coupe où nous avons effectué notre stage.

La zone de coupe se décompose en deux parties, la coupe automatique et manuelle.

IV. Cadre conceptuel du projet :

1. Définition de l'efficacité :

Efficacité est un composant important de la mesure de la performance. C'est l'optimisation de la consommation des ressources utilisées (intrants) dans la production d'un résultat (extrant). Elle se mesure à partir de rapports entre les résultats obtenus et les ressources utilisés. [2]

Le calcul de cette efficacité est posé par le service production par la formule suivante:

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Charge}}{\text{Effectif} \times \text{Heure de travail net / mois}}$$

2. Problématique :

La valeur actuelle de l'efficacité dans la zone de coupe est de 20,08% en moyenne. Elle est inférieure au niveau 30% souhaité par le service production au sien de l'entreprise.

Le diagramme sur la figure 12 représente le suivi de l'efficacité au cours des huit semaines du mois Février et Mars 2018. En effet le pourcentage de l'efficacité qu'elle varie entre 15% et 24%, pour une moyenne de 20,08 %.

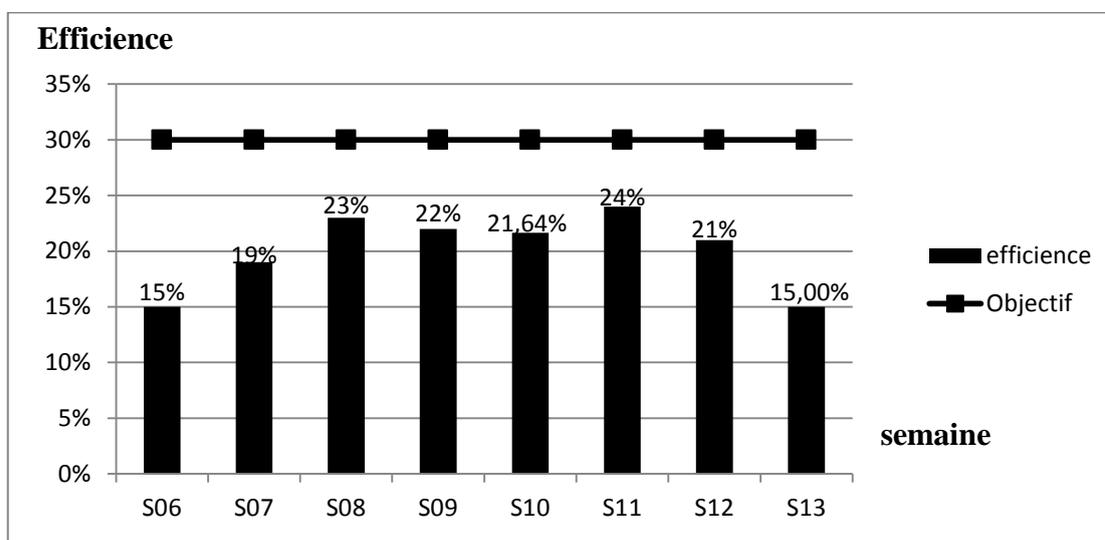


Figure 12: Efficacité actuelle de la zone coupe

De même que le nombre des câbles produits n'atteignent pas son objectif de 7200 pour une moyenne de 26 ordres de fabrication "OF" par jour, fixé par le service production.

3. Cahier de charges :

Face aux contraintes vécues par la zone de coupe, la société ALSTOM Fès a décidé de faire une étude globale pour savoir les causes racines de ce problème.

Pour se faire et pour atteindre ses objectifs, la société nous a confié la mission de préparer une démarche basée sur, tout d'abord :

- Etude du Lieu.
- Diagnostic de l'existant :
 1. Fixer les objectifs.
 2. Analyser la situation actuelle.
 3. Coordonner les actions.

4. Suivre les actions.

– Actions d'amélioration :

1. Proposer des actions d'amélioration
2. Etude des propositions d'amélioration.

4. Les acteurs du projet :

a. Maitre d'ouvrage :

Le maitre d'ouvrage est la société ALSTOM Fès, 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 TRICHA Chaimae et EL HAOUTI Assia, de Licence Génie Industriel, et encadré par :

- M. BINE EL OUIDANE Hassan Encadrant pédagogique.
- M. MOUTAJ Faical Encadrant de l'entreprise Responsable Production chez ALSTOM Fès.

5. Outils utilisés au cours du projet:

Les outils à utiliser durant notre projet sont (tableau2) :

La démarche DMAIC	
QOOQCP	POKA YOKE
SIPOC	La carte VSM (Value Stream Mapping)

Tableau 2: Les outils utilisés au cours du projet

I. La phase “Définir” de la démarche DMAIC :

Dans cette partie nous allons définir la première phase de la méthodologie DMAIC, sur laquelle nous nous basons 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 QOOQCP, présenté dans le tableau ci-dessous (tableau 3):

Qui: Qui est concerné par le problème ?	Département d'ALSTOM Fès Service de Production
Quoi: C'est quoi le problème ?	Faible efficacité au niveau de la zone de coupe
Où: Où le problème a-t-il lieu ?	Zone de coupe
Quand : Quand apparaît le problème ?	Dès la forte demande des produits de la part des clients.
Comment : Comment mesurer le problème et ses solutions ?	<ul style="list-style-type: none"> • Définir le problème. • Etablir des chronométrages sur le flux de coupe pour avoir des mesures. • Analyser les données de mesure. • Proposer des solutions et les appliquer. • Vérification des résultats
Pourquoi : Pourquoi faut-il résoudre ce problème ?	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiser le temps et l'espace. • Garantir la qualité des produits. • Améliorer l'efficacité.

Tableau 3: Description de la problématique via l'outil QQQCP

2. Processus de la zone coupe:

Pour mieux comprendre le fonctionnement de la zone de coupe, nous avons utilisé le diagramme SIPOC:

i. Processus de la coupe automatique :

Le processus de coupe des câbles de petite section par la machine KOMAX est le suivant :

Le magasin qui représente un fournisseur pour la zone de coupe dont les produits d'entrées sont les bobines, étiquettes, manchons et machines KOMAK, suivons un processus qui commence par la préparation bobine jusqu'à la préparation des bacs pour avoir des bacs des câbles coupés comme produit fini destinés à la zone d'assemblage qui représente un client pour la zone coupe. (Tableau 4)

Fournisseur	Entrée	Processus	Sortie	Client
Magasin	<p><u>Matières premières:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bobines de câbles. - Etiquettes - Manchons <p><u>Outils:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Deux machines KOMAX 	<pre> graph TD A[Préparation Bobine] --> B[Coupe câble] B --> C[Remplir la traçabilité] C --> D[Roulement du câble] D --> E[Mettre étiquette] E --> F[Déroulement câble] F --> G[Mettre Manchons & couleurs] G --> H[Roulement câble] H --> I[Préparation des Bacs] I --> J[Déplacement] J --> K[Zone de Stock] K --> J </pre>	Bac des câbles coupés d'une référence de produits	Zone d'assemblage

Tableau 4: Processus de la coupe automatique

ii. Processus de la coupe Manuelle :

Pareil pour la coupe des câbles de grande section manuellement dont son processus se présente dans tableau 5 :

Fournisseur	Entrée	Processus	Sortie	Client
Magasin	<p><u>Matières premières:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bobines de câbles. - Etiquettes et les manchons. <p><u>Outils:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Pince de coupe -Table de coupe 	<pre> graph TD A[Préparation de la bobine] --> B[Remplissage de la traçabilité] B --> C[Cheminement de câble] C --> D[Coupe du câble] D --> E[Roulement du câble] E --> F[Mettre l'étiquette] F --> G[Préparation des bacs] G --> H[Déplacement] H --> I[Zone de Stockage] I --> J[Déplacement] J --> G </pre>	Bac des câbles coupés d'une référence de produits	Zone d'assemblage

Tableau 5: Processus de la coupe manuelle

Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu global sur la société ALSTOM et traité la problématique que nous avons détaillé dans la phase définir de la démarche DMAIC.



CHAPITRE II:

Diagnostic de l'existant



Introduction :

Ce chapitre va comporter le résultat des deux phases de la méthode DMAIC à savoir Mesurer et analyser :

- Phase Mesurer : dans laquelle nous allons se focaliser sur la collecte des informations, le chronométrage des opérations ainsi que la modélisation de l'état actuel avec une VSM.
- Phase Analyser : dans laquelle nous allons détailler les causes majeures du gaspillage par le déploiement d'une analyse par les sept MUDA.

I. La phase “ Mesurer” de la démarche DMAIC :

Après avoir défini la problématique, nous passons à la deuxième phase “ Mesurer” dans laquelle nous allons réaliser un chronométrage sur le processus de la zone de coupe, afin de déterminer les postes goulot.

1. Méthode du chronométrage :

Cette méthode nous a permis de suivre les étapes suivantes :

1.1. Définition :

a. Objectif du chronométrage

L'objectif de chronométrage est de définir le temps de production pouvant être tenue par l'ensemble de la population active pour une activité donnée et les comparer avec le chronométrage réalisé par l'entreprise il y'a deux ans.

b. Conditions du chronométrage

Avant de prendre les mesures, nous informons 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 ennuyeuses.

c. Nombre d'échantillons

Pour éviter d'avoir une influence sur la validité à accorder au résultat, et en absence de calcul, nous mesurons la durée de chaque opération avec un minimum de 5 mesures.

1.2. Résultat du chronométrage de la zone coupe :

Nous allons présenter les chronométrages des postes qui influencent sur la procédure de coupe avec l'objectif fixé par le bureau méthode, les autres résultats sont ramenés à l'annexe 2 et 3.

2.2.1. Données d'entrée :

- \bar{X} : La moyenne de mesure d'une opération par rapport à chaque opérateur.
- OP : Opérateur
- $\underline{\bar{X}}$: La moyenne des moyennes de mesure des deux opérateurs.
- ECH : échantillons
- Chrono: Chronométrage
- Ch : Centième d'heure, sachant que $1 \text{ Ch} = 0,0006 \text{ min} = 0.036 \text{ s}$

Le facteur **allure** (Jugement visuel donné par un expert) est pris en considération dans le calcul du temps normal de production de chaque opérateur.

2. Coupe automatique:

a. Préparation bobine :

Le tableau 6 représente le résultat de chronométrage de la préparation de la bobine.

OP1			OP2			\bar{X}	Objectif
Référence Bobine	Chrono (Ch)	ALLURE	Référence Bobine	Chrono (Ch)	ALLURE		
FR0011	88,89	70%	FS0011	98,06	90%	93,47	91,73
FR0006	95,56	70%	FS0006	97,22	90%	96,38	91,73
FR0005	96,65	70%	FR0005	93,29	90%	94,97	91,73
FR0003	145,56	70%	FR0003	153,61	90%	149,58	91,73
FS0009	92,71	70%	FR0009	95,83	90%	94,27	91,73

Tableau 6: Résultats du chronométrage de la préparation des bobines

Le résultat est défini dans la figure 13 :

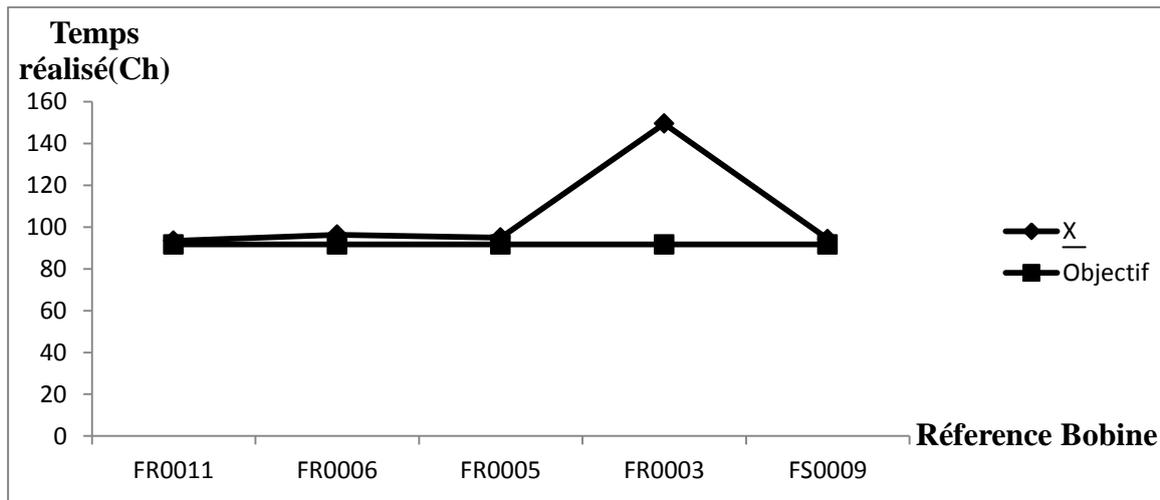


Figure 13: Comparaison entre l'objectif et la moyenne du temps réalisé

Interprétation :

D'après le chronométrage de la préparation bobine, nous remarquons que la moyenne du temps réalisé par les opérateurs dépasse l'objectif fixé par le département méthode.

Déplacement des bacs:

Le tableau 7 représente le résultat de chronométrage de déplacement des bacs.

Déplacement des bacs	OP								Moyenne *Allure	Objectif
	ECH1	ECH2	ECH 3	ECH4	ECH5	ALLURE	\bar{X}			
Chrono (Ch)	3750	7600	5750	3900	7417	90%	5683	5115	4600	

Tableau 7: Résultats du chronométrage de déplacement des Bacs

Le résultat est défini dans la figure 14 :

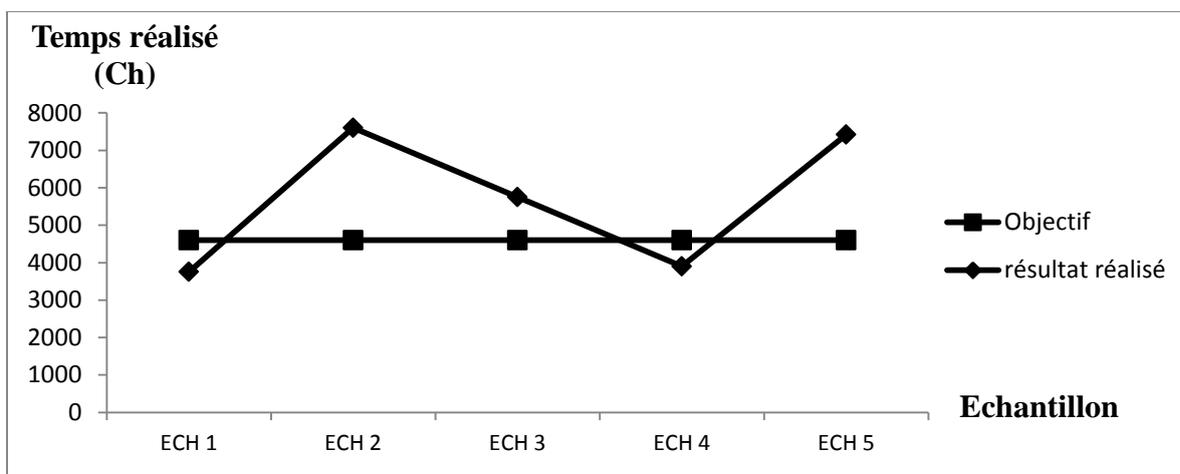


Figure 14: Différence entre l'objectif et le chronométrage réalisé

Interprétation :

Nous remarquons que le déplacement des bacs dépasse l'objectif et représente l'une des plus grandes MUDA, celle du déplacement.

a. Remplissage de la traçabilité :

Le tableau 8 représente le résultat du chronométrage du remplissage de la traçabilité par l'opérateur.

Traçabilité	OP								Moyenne *Allure	Objectif
	ECH 1	ECH 2	ECH 3	ECH 4	ECH 5	ALLURE	\bar{X}			
Chrono(Ch)	345	368	266	483	283	90%	349	314,1	277	

Tableau 8: Résultats du chronométrage du remplissage de la traçabilité

Même chose pour le deuxième opérateur (tableau 9):

Traçabilité	OP2			
	ALLURE	\bar{X}	Moyenne*Allure	Objectif
Chrono(Ch)	70%	500,56	350,39	277

Tableau 9: Résultats du chronométrage de deuxième opérateur

Interprétation :

Nous constatons que le remplissage de la traçabilité est une tâche qui dépasse la durée recommandé.

b. Coupe des câbles simple /blindé :

Nous avons réalisé un chronométrage de la coupe automatique des fils, la figure 15 illustre le temps effectué et l'objectif à réaliser.

NB : l'axe des abscisses contient certain longueurs choisis par le service méthode puisqu'ils sont les plus demandés par le client.

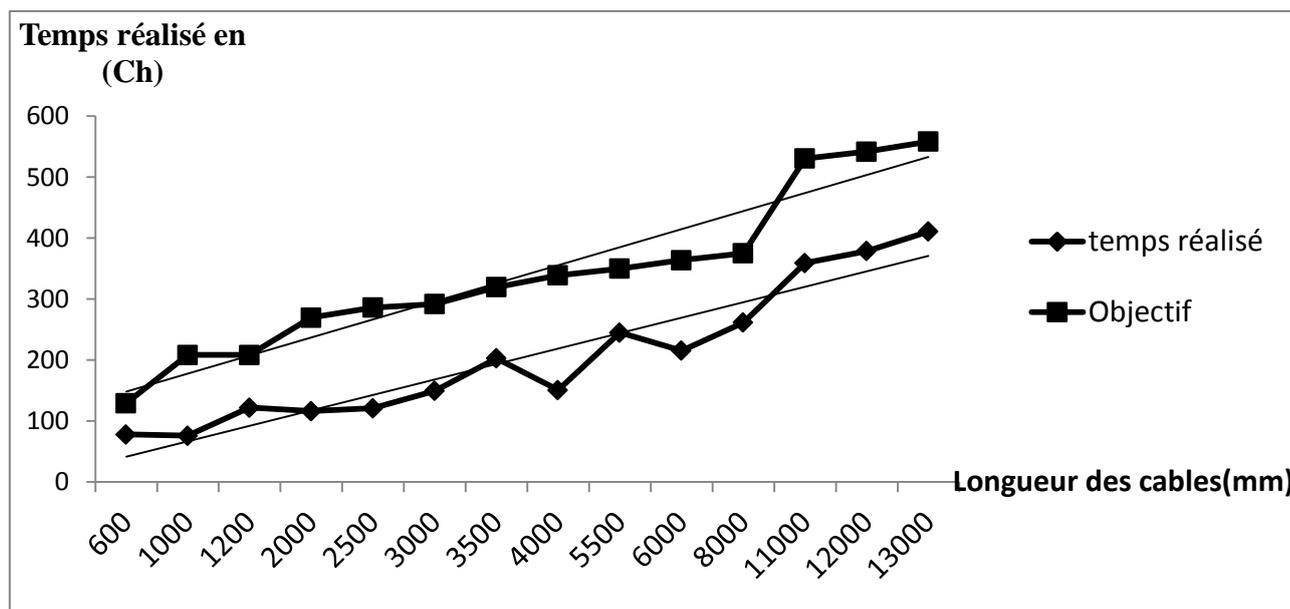


Figure 15: Différence entre le temps réalisé et l'objectif

Interprétation :

Nous remarquons que l'opération de coupe des câbles respecte l'objectif pour les différentes longueurs des câbles.

3. Coupe manuelle :

a. Préparation bobine :

Le tableau 10 représente le résultat du chronométrage de la préparation des bobines pour la coupe manuelle.

Choix de bobine (Ch)	OP 1								Objectif
	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ALLURE	\bar{X}	Moyenne * Allure	
Chrono(Ch)	338	354	344	341	346	70%	344,6	241,22	300

Tableau 10: Résultats du chronométrage de la préparation des Bobines

Même chose pour le deuxième opérateur (tableau 11) :

Choix de bobine (Ch)	OP2			
	ALLURE	\bar{X}	Moyenne * Allure	Objectif
Chrono(Ch)	90%	300,8	270,72	300

Tableau 11: Résultat du chronométrage du deuxième opérateur

Interprétation :

- Nous remarquons que la préparation des bobines pour les grandes sections représente un risque et une perte du temps pour les opérateurs, puisque certaines bobines ne sont pas bien positionnées avec la table de coupe.
- En ce qui concerne les autres opérations de coupe manuelle le déplacement des bacs et le remplissage de la traçabilité dépassent l'objectif fixé par le bureau méthode.

4. Cartographie de chaîne de valeur :

Dans le but de présenter le flux physique d'une manière simplifiée et plus formelle, nous avons utilisé une VSM pour cartographier la chaîne de valeur.

Le but de ce travail est de pouvoir l'analyser afin de mettre en lumière les différents dysfonctionnements de la zone coupe. Cette analyse de l'état actuel est ce qui nous permet de créer par la suite un état futur où nos améliorations seront mises en avant. La **VSM** est donnée par la figure 16, alors que celle de la coupe manuelle se trouve dans l'annexe 5.

✓ Coupe automatique :

La figure 16 représente la VSM de processus de la coupe automatique par la machine KOMAX des produits les plus demandés par le client.

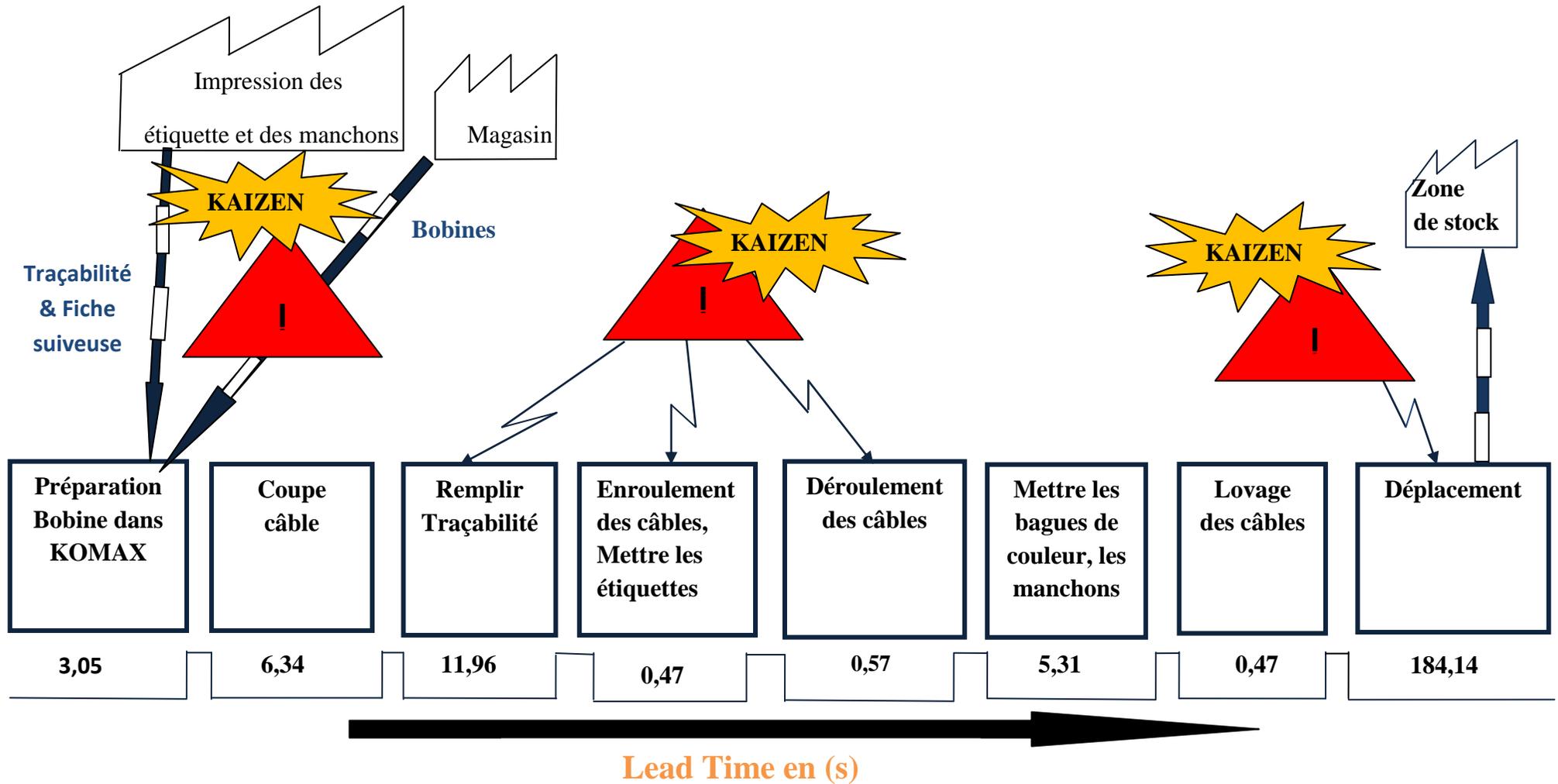


Figure 16: Value Stream Mapping de la zone de coupe (coupe machine)

II. La phase " Analyser" de la démarche DMAIC :

1. Analyse Pareto :

Le diagramme Pareto sur la figure 17 représente les problèmes les plus critiques à la zone de coupe d'après le suivi des arrêts au cours du mois Mars et Avril 2018. En effet la figure ci-dessous montre la fréquence de chaque problème, ainsi que le cumule des fréquences.

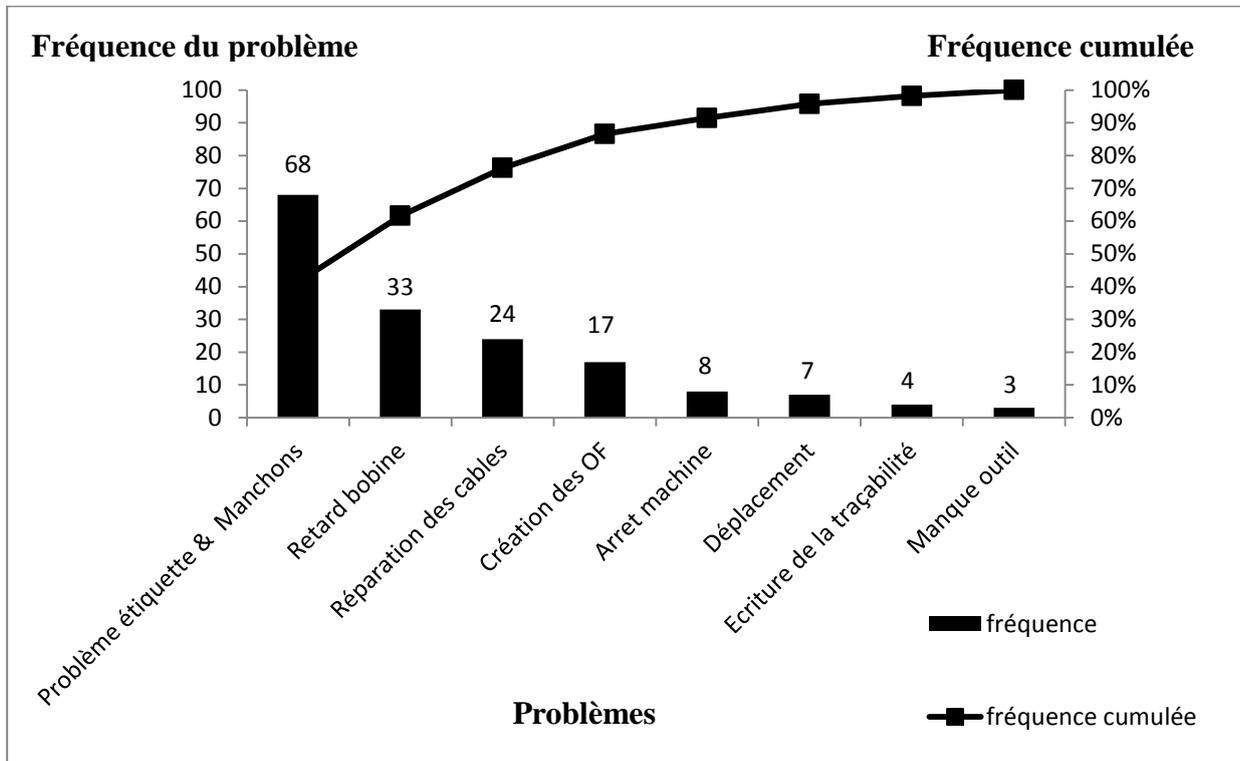


Figure 17 : Analyse Pareto de suivis des arrêts de la zone de coupe

Interprétation :

Le Diagramme Pareto réalisé nous a permis de déterminer les problèmes majeurs sur lesquelles nous devons réagir dans la phase 'Améliorer', afin d'augmenter l'efficacité: le problème des manchons et des étiquettes, dont les informations sont incomplètes ou non existantes, et le retard des bobines demandées qui ne sont pas présentes sur le site.

2. Les sept MUDA :

En analysant la cartographie de l'état actuel de la VSM, nous avons détecté plusieurs anomalies dans le fonctionnement de la chaîne de valeur de cette zone.

Dans une entreprise, quelle que soit sa taille, il y a de nombreuses sources de gaspillages potentiels (figure 18).

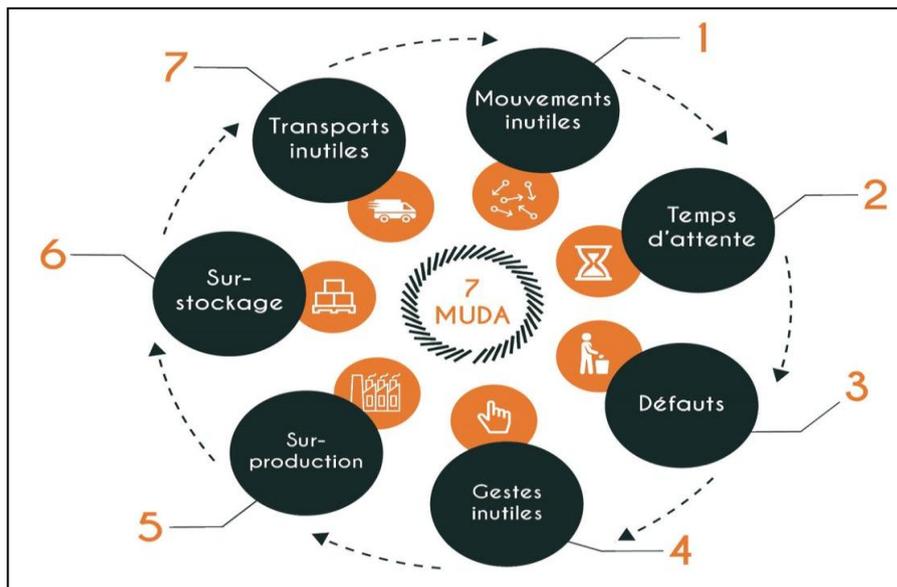


Figure 18: Les sept MUDA

a. **MUDA des mouvements inutile :**

Lors de nos visites réalisées au terrain, nous avons visualisé toutes les opérations exécutées par les opérateurs afin de détecter les gestes inutiles qu'ils effectuent.

Parmi les gestes inutiles que nous avons remarqué : la répétition du roulement et de déroulement des câbles.

b. **MUDA de Temps d'attente :**

- **Charge non équilibré :** le non équilibrage de la charge entre les opérateurs, oblige certain de ces derniers à attendre les postes qui leurs précèdent de finir leurs opérations.
- **Attente d'équipements :** Les temps d'attente sont aussi causés par l'indisponibilité de la matière première (bobine) et des moyens de travail, leurs arrêts et leurs usures. L'analyse Pareto nous a permis de savoir que 6.71% des arrêts de la zone de coupe sont causé par les pannes des équipements, la figure 19 illustre en pourcentage l'arrêt des équipements du mois Mars et Avril de l'année 2018.

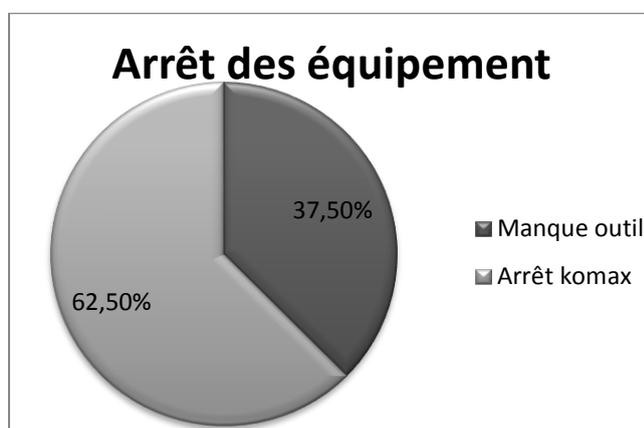


Figure 19: Camembert des temps des arrêts des équipements

Le tableau 12 représente la liste des outils utilisés pour les deux types de coupe [3]:

Outil	Photo outillage
Weidmüller KT55 (Pince Orange)	 (WEIDMULLER KT12)
Garant	 (Garant 73107054)
Pince Rouge	
Double Mètre et ciseaux	

Tableau 12 : Table des outils de la zone de coupe

c. **MUDA de défauts qualités :**

La qualité, la précision et la fiabilité des câbles coupés conditionnent la sécurité de la vie humaine. Confrontée à des procédés de plus en plus complexes, la zone de coupe fait face à plusieurs contraintes.

Le suivi des défauts qualité du mois Février et Mars de l'année courante nous a permis de savoir que le nombre des défauts dépassent souvent le seuil défini par le département qualité, qui est zéro défaut (figure 20).

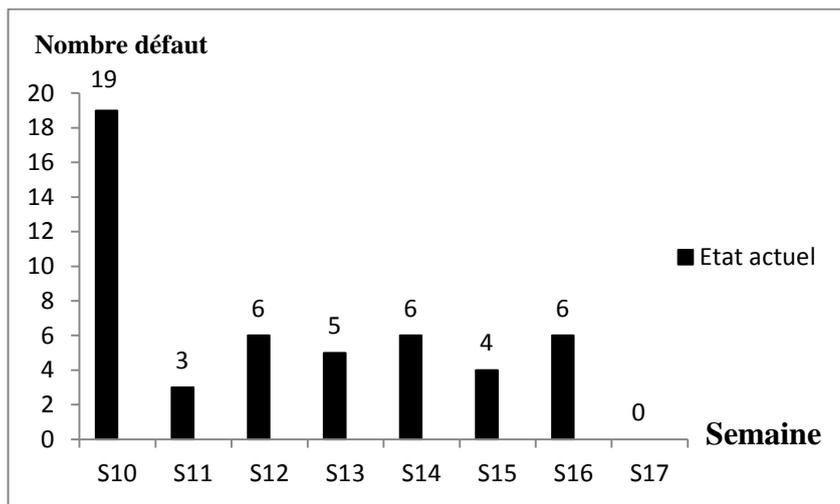


Figure 20: Taux de défauts qualité de la zone coupe

Le tableau 13 représente les différents défauts qualité affichés dans la figure 20 :

Les défauts qualités de la coupe
Câble court/long
Câble pincé
Manque information sur l'étiquette et manchons
Non existence des manchons et étiquette sur le câble

Tableau 13: Liste de quelques défauts qualité de la zone coupe

d. MUDA de Surproduction :

Les gaspillages engendrés par la surproduction sont présents au niveau de cette zone. En effet les étiquettes et les manchons doubles entraînent souvent un nombre de câbles produits plus grand à celui demandé. Cela provoque une perte de matière première.

e. MUDA Processus de fabrication (Geste inutile):

L'opération de coupe de 5 références des différents projets dure longtemps, car il oblige l'opérateur à utiliser la **gamme d'assemblage** [4] pour vérifier des informations en relation avec le câble à couper, la chose qui lui fait perdre du temps (figure 21).

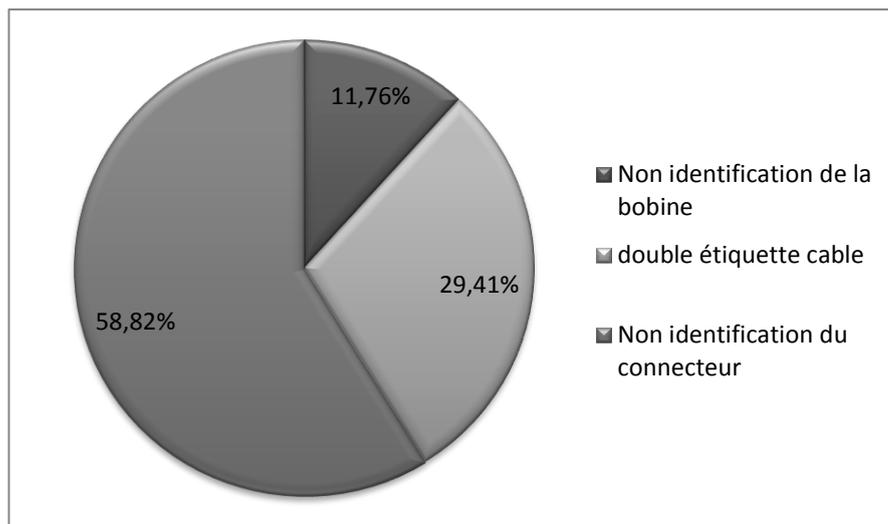


Figure 21: Raison d'utilisation des gammes d'assemblage

f. MUDA de sur-stockage :

Lors de la réalisation de la VSM actuelle nous avons constaté les symptômes qui nous ont permis d'identifier ce type de gaspillage :

- **La mauvaise exploitation de l'espace** : au niveau du poste goulot, nous avons remarqué un encombrement de la matière, des bobines et des bacs de paquets. Ces dernières servent comme produit fini pas encore destinés à la zone d'assemblage ce qui implique une occupation d'espace, donc une utilisation n'ont flexible de la table de coupe.

g. MUDA de déplacement :

Le déplacement inutile de l'opérateur est parmi les premiers gaspillages à éliminer. D'après nos observations, nous avons constaté deux types de déplacements inutiles: le déplacement de la table de coupe (tableau 14) et le déplacement des bacs et des bobines (tableau 15).

Pourquoi le déplacement de la table de coupe ?

Pourquoi ?	La table de coupe d'une surface de 5 m ² occupe un espace important dans la zone de coupe manuelle.
Cause racine	déplacement des bobines de grand poids d'une distance de 16 pas.

Tableau 14: Analyse de la première MUDA de déplacement

Pourquoi le déplacement des bacs (kitting câble) et des bobines?

Pourquoi ?	La distance entre la zone de coupe, poste manchons et le magasin est de 44 pas.
Cause racine	Implantation au niveau des moyennes.

Tableau 15: Analyse du deuxième MUDA de déplacement

3. Diagramme d'Ishikawa :

La figure 22 illustre le diagramme d'Ishikawa qui regroupe tout les MUDA détecté précédemment :

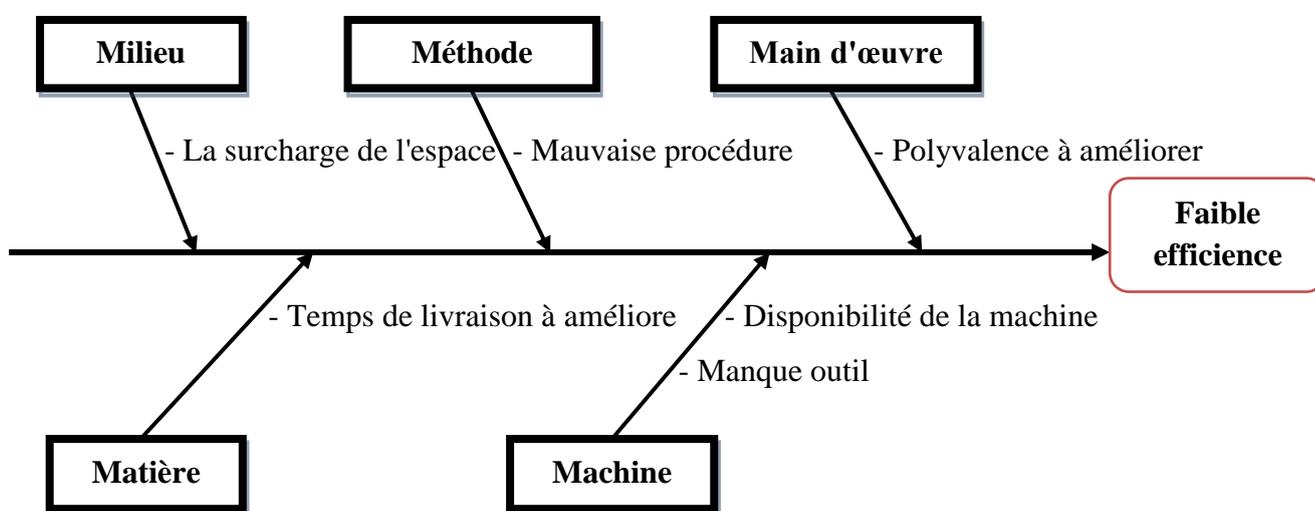


Figure 22: Diagramme d'Ishikawa des MUDA de la zone de coupe

Conclusion :

Le chronométrage réalisé, le Pareto et l'analyse des MUDA nous a permis de savoir que la faible efficacité de la zone de coupe est la cumule de plusieurs problèmes. Ces résultats seront mise à profit dans les phases "Innover" et Contrôler ", où nous allons présenter les problèmes majeurs avec leurs solutions proposées.



CHAPITRE III :

Actions d'amélioration de la zone de coupe



Introduction :

Ce chapitre va détailler les actions d'amélioration effectuées pour augmenter la production et diminuer les gaspillages cités précédemment, Aussi donner une vision sur le fruit de notre travail. Cela en respectant les deux dernières étapes de la démarche DMAIC.

- Phase Innover (Améliorer) : Cette étape sera dédiée à la présentation des plans d'actions élaborés pour résoudre chacun des gaspillages trouvés dans la phase d'analyse.
- Phase Contrôler : Dans laquelle nous allons faire un suivi des actions implémentées et mesurer leurs impacts au niveau de l'efficience.

I. Les phases "Améliorer" et "Contrôler" de la démarche DMAIC:

Dans cette partie nous avons proposé des solutions pour les problèmes découvrir avant.

1. Proposition des solutions :

Le tableau 16 représente les propositions d'amélioration de la zone de coupe :

Problèmes	Solutions proposées
Problème manchons et étiquette	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Faire une étude sur tous les problèmes qui oblige l'opérateur à revenir consulter la gamme d'assemblage, puis faire un brainstorming avec l'équipe méthode pour annuler l'utilisation de ces derniers. ✓ Comparaison des étiquettes et des manchons dans la gamme avec celle dans le système, pour éviter la surproduction.
Manque Bobine	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planifier le besoin dans un moyen terme, et préparer une liste des bobines les plus utilisé pour les avoir en stock.
Surcharge sur l'espace et stockage des encours des câbles	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réimplantation de la zone coupe. ✓ Bénéficier de l'espace de 25 m² en ajoutant des rayonnages dans la zone de coupe manuelle pour ranger les bacs ✓ Déplacer les bobines les moins utilisées en magasin, et garder les plus utilisées.
Répétition du mouvement du roulement des câbles dans la coupe automatique	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminer le second roulement qui se répète dans l'opération de coupe automatique.
Retard et la non efficacité de la coupe manuelle	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilisation de la machine électro-hydraulique dans l'opération de coupe des câbles de grande section.
Manque d'outil	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réserver les outils juste pour la zone de coupe, et non pas l'échanger avec la zone d'assemblage. ✓ Ajouter un cadre d'outils pour savoir le manque.
Risque de changement de bobine sur le rayonnage (RACK)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fixation des sabots sur les fourches avec la chaîne métallique du chariot élévateur.

Tableau 16: Les améliorations proposées

2. Actions d'amélioration :

a. Action d'amélioration sur la surcharge de l'espace

Vu l'encombrement de la matière et l'espace gaspillé dans le poste goulot l'action que nous avons planifiée est de créer une nouvelle zone de stock dans le magasin pour stocker les bacs au lieu de les garder dans la zone de coupe manuelle (figure 23), ainsi que de réserver des rayonnages vides pour stocker le reste des bacs (figure 24).

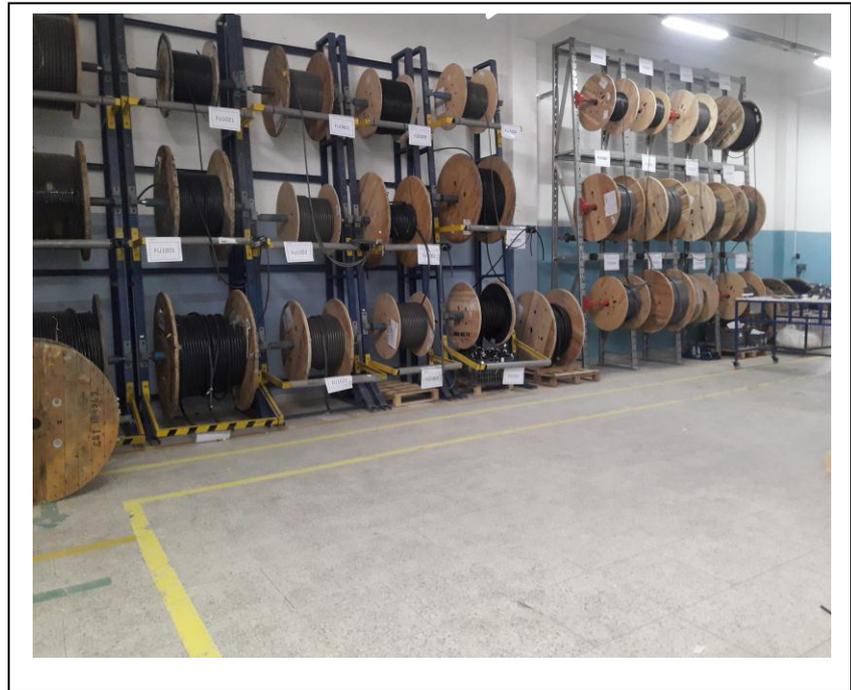


Figure 23 : Etat de la zone de coupe après l'amélioration



Figure 24: L'état de la zone de stockage après l'amélioration de la zone de coupe

a. Action d'amélioration sur le problème des étiquettes et Manchons

Comme nous l'avons déjà relevé dans la phase 'Analyser', le problème manchons et étiquette est un problème majeur pour les opérateurs, qui se trouvent obligés de revenir vérifier la gamme d'assemblage. Pour cela nous avons fait un tri des références qui nécessite l'utilisation de cette dernière en accompagnée du superviseur et notre encadrant responsable production qui a remonté le sujet au service méthode pour prendre la responsabilité d'annuler l'utilisation de la gamme.

La résolution de ce MUDA nous a permis d'éliminer d'autres problèmes comme la réparation des câbles qui entre dans les défauts qualité (tableau 17).

Nombre des références qui nécessitent l'utilisation des gammes au début du stage	5
Nombre des références qui nécessitent l'utilisation des gammes à la fin du stage	0

Tableau 17: L'état actuel de l'utilisation des gammes d'assemblage



Figure 25: (a) Etat avant, (b) Etat après

b. Action d'amélioration sur le retard et la non efficacité de la coupe manuelle:

i. Présentation de la machine électro-hydraulique :

La machine électro-hydraulique c'est une machine semi-automatique qui a pour objectif de faciliter la procédure de coupage des câbles (figure 26).

Cette machine est composé de :

- Tête Tube ou flexible hydraulique.
- Moteur électro-hydraulique SPT 20-586 KCM.
- Contre partie de guidage.

- Bouton poussoir de commande.
- Arrêt d'urgence.
- Tête de coupe c'est un ensemble de vérin hydraulique.

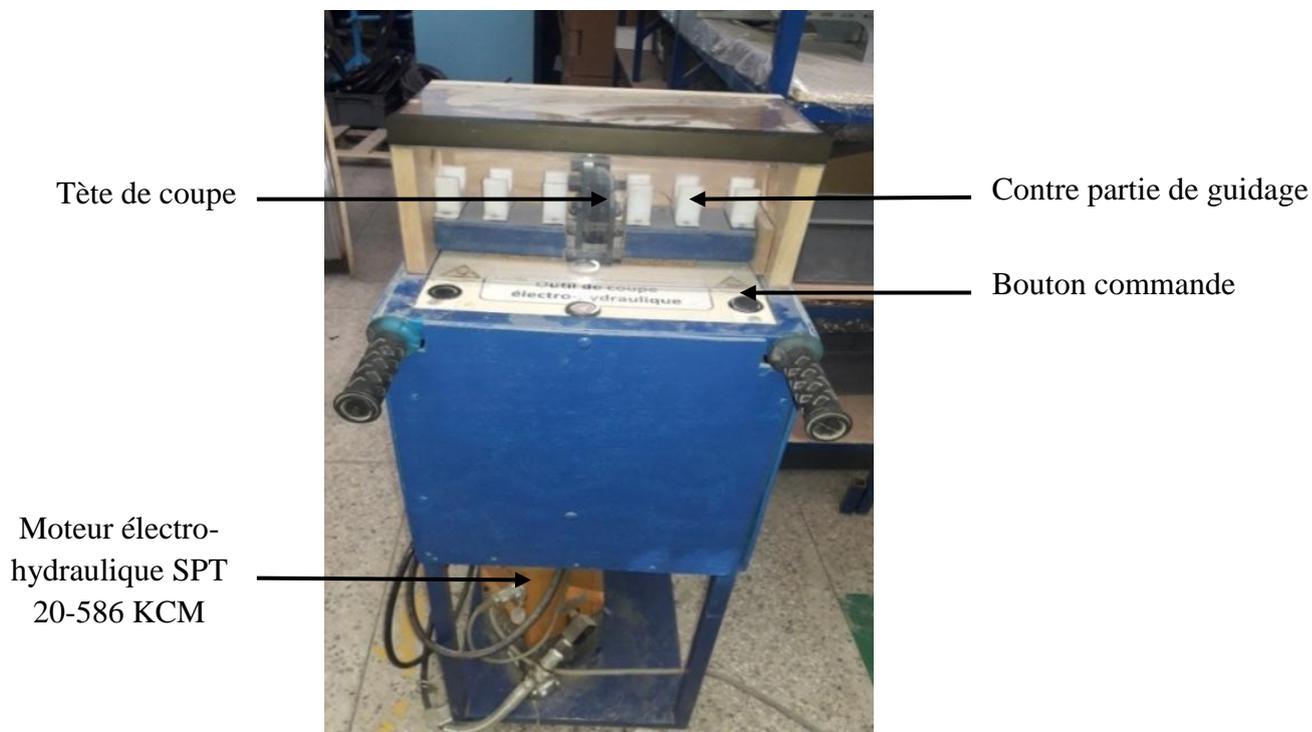


Figure 26: Machine électro-hydraulique

ii. Étude de la machine électro-hydraulique :

Une comparaison entre le chronométrage réalisé de coupe manuelle et celui réalisé à l'aide de la machine électro-hydraulique nous a montré l'efficacité de cette dernière, avec 95 mm² et 150 mm² sont des sections choisit :

- La différence entre les deux types de coupe, a été présentée dans le tableau 17:

Opération de coupe			
Section (mm ²)	Table de coupe en (s)	Machine électro-hydraulique en (s)	différence en (s)
95	7,01	3,76	3,25
150	9,51	4,45	5,06
Moyenne	8,26	4,10	4,15

Tableau 17: Différence entre la coupe manuelle et la machine électro-hydraulique

Les données du tableau 17 sont bien présentées dans la figure 27 :

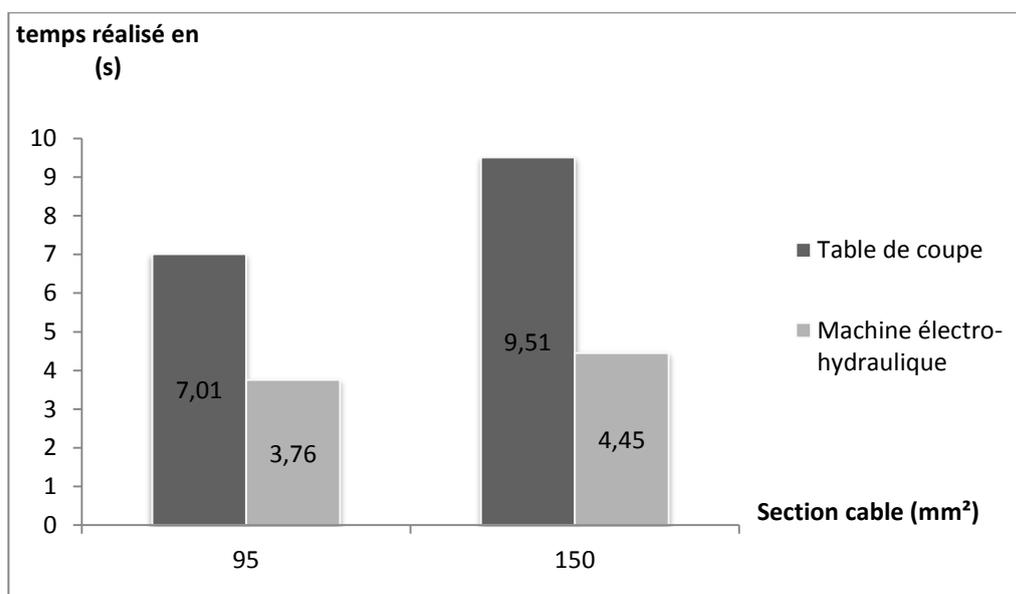


Figure 27: Différence entre la coupe manuelle et la machine électro-hydraulique

Interprétation :

D'après les résultats illustrés dans le tableau 17, nous remarquons que la coupe à l'aide de la machine électro-hydraulique permet de réduire le temps de cette opération.

iii. Etude technico-économique de la machine électro-hydraulique:

La moyenne des câbles coupés par semaine est de : 4168

Sachant que le prix de travail d'un opérateur est 13.49Dh / h

Nous avons réalisés un calcul qui permette de savoir le gain gagner lors de l'utilisation de la machine électro-hydraulique (tableau 18):

Nombre câbles		4168
Prix / heure		13,49 Dh/h → 0,00374 Dh/s
Temps réalisé (s)	Machine	4168*4,10= 17088,8 s
	Table	4168*8,26=34427,68 s
Prix / seconde de la semaine	Machine	0,00374*17088,8 = 63,91 Dh/s
	Table	0,00374*34427,68 = 128,75 Dh/s
Gain (%)		50%

Tableau 18: Le calcul technico-économique

Le calcul de gain est donné par la formule suivante :

$$\text{Gain} = \frac{\text{Résultat actuel} - \text{Résultat désiré}}{\text{Résultat actuel}} * 100\%$$

iv. Etude des contraintes de non utilisation de la machine électro-hydraulique :

➤ Contraint 1 :

Personnel non formé



Existence d'un Mode opératoires [5], qui permette d'avoir des informations sur l'utilisation de la machine (figure 28).

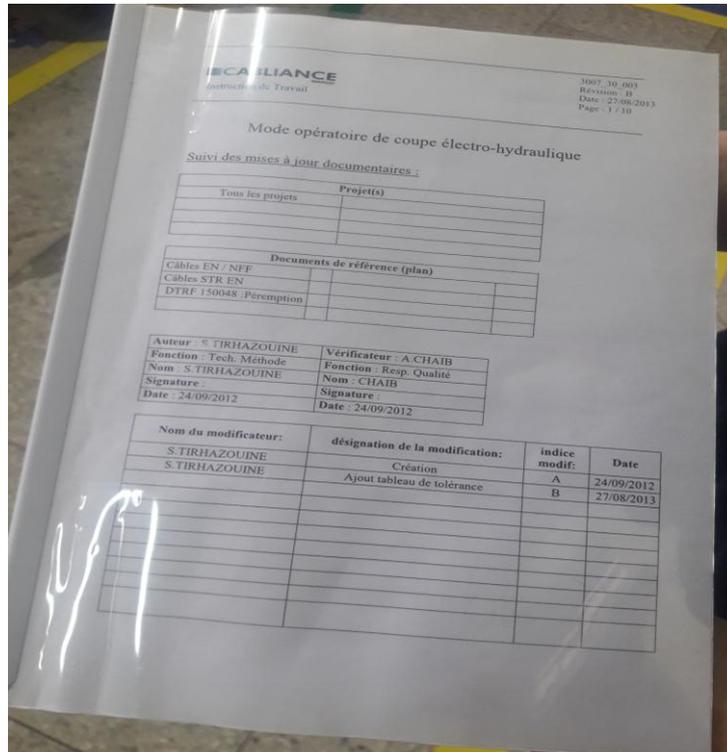


Figure 28: Mode opératoire de la machine électro-hydraulique

➤ Contraint 2 :

Risque de ne pas cliqué sur les deux boutons à la fois



Les deux boutons sont montés en série, ce qui rendre l'opérateur obliger de cliquer sur les deux au même temps. Pour se faire nous avons proposé la réalisation d'un Poka-Yoké (figure 29), et **montés un détecteur qui allume une LED verte si ça fonctionne sinon rouge.**



Figure 29: Exemple de Poka-Yoké

➤ **Contraint 3 :**

Positionnement de la table n'est pas conforme avec la machine de coupe.



Proposition d'achat d'une enrouleuse qui s'occupe de rouler le câble et de calculer les mètres a coupe, cette enrouleuse sera montée avec la machine électro-hydraulique (figure 30).

Caractéristique de l'enrouleuse :

- ✓ Longueur maximal : 15m.
- ✓ Diamètre extérieur : de 400 mm à 800 mm.
- ✓ Diamètre intérieur par écart de six branches verticales.
- ✓ Prix : de 795€ à 1405€.
- ✓ Métreuse : de 1mm à 50mm.



Figure 30 : Les caractéristique de l'enrouleuse choisi

c. **Action d'amélioration sur le risque du changement des bobines sur le rayonnage (rack) :**

Lors du risque au moment de changement des bobines vides sur le rack par des nouvelles bobines à l'aide d'un chariot élévateur (figure 31), nous avons proposés comme solution d'utiliser des sabots de guidage sur les fourches avec la chaîne métallique. Cette opération est connue comme '**Levage des bobines**' (figure 32).

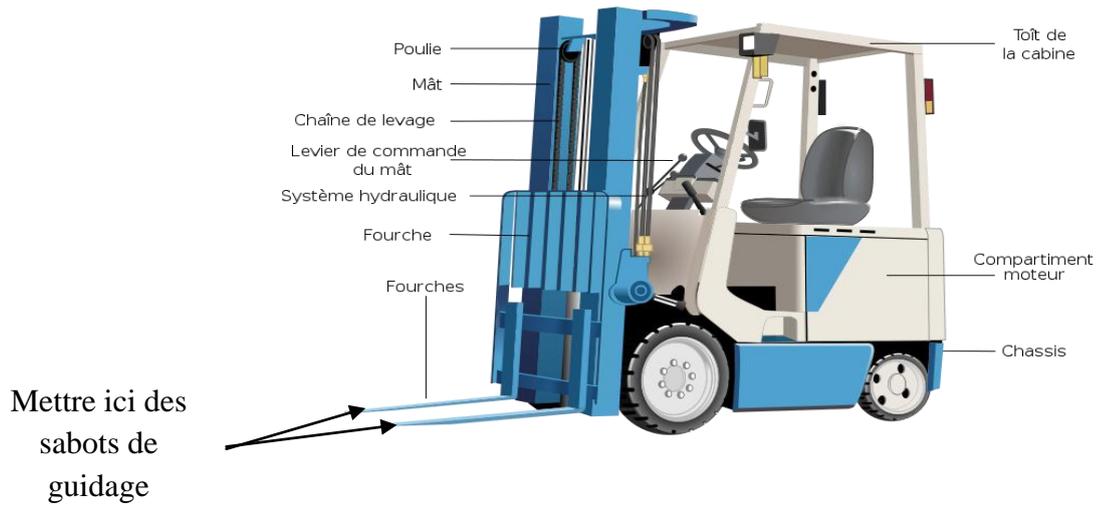


Figure 32: Chariot élévateur



Figure 31: Le levage des bobines

3. La variation de l'efficacité après l'application des améliorations :

En appliquant la formule de calcul de l'efficacité citée dans la phase Mesurer de la démarche DMAIC, nous avons suivis l'évolution des valeurs de l'efficacité résultante par semaine réalisé par le superviseur de la zone coupe après l'implémentation des actions proposées. Nous présentons ci-dessous un graphe illustrant cette évolution. En effet ce graphe démontre que la valeur de l'efficacité s'est augmenté, elle a en fait la valeur la plus grande par rapport à ses valeurs avant l'implémentation des actions (figure 33).

S14 : représente la semaine de notre début de stage 02/04/2018

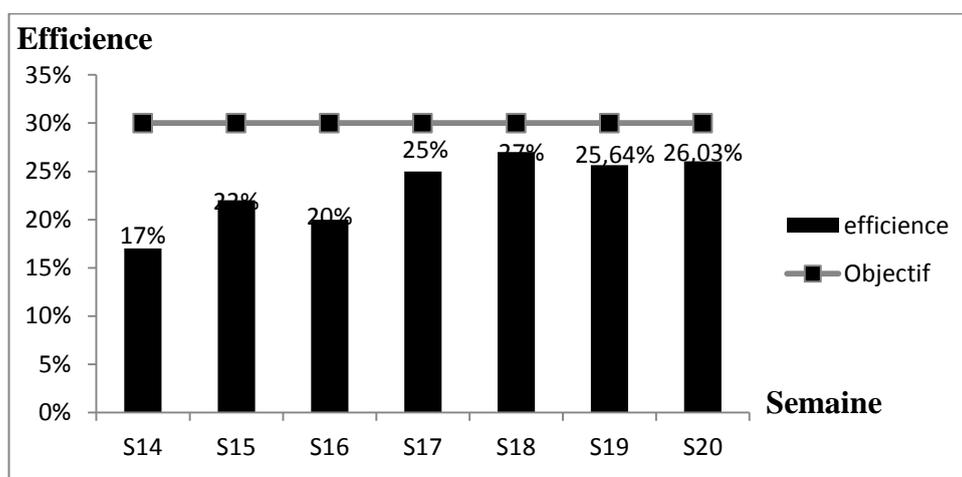


Figure 33: Suivi de l'efficacité durant la période de stage

Remarquons à ce point que grâce aux actions d'améliorations proposées, l'efficacité s'est augmentée à 27 % pour un objectif de 30% pour le mois Mai 2018.

Conclusion

Ce chapitre a été dédié à l'élaboration et la mise en place des plans d'action concernant toutes les sources de gaspillage détectées dans la zone de coupe afin de diminuer les temps d'attente, l'équilibrage des postes de travail, optimiser l'espace de 25 m², réduire les gestes inutiles et améliorer le retard et la non efficacité de la zone de coupe manuelle par l'utilisation de la machine électro-hydraulique qui génère un gain de 50%.

Conclusion générale

Ce rapport est le résumé de deux mois de stage effectué au sein de la société ALSTOM Fès ; notre travail dans la société adresse le sujet de l'amélioration de l'efficacité de la zone de coupe à travers une démarche de résolution de problème DMAIC.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons effectué un diagnostic de l'état de lieu dans lequel nous avons élaboré une VSM qui schématise les différents points de dysfonctionnement.

Une fois la cartographie de l'état actuel est terminée nous avons entamé une analyse basée sur la détection des sept types de MUDA, établi les priorités et déterminé les outils à mettre en œuvre afin d'éliminer les causes racines des gaspillages dénoncés les plus critiques.

Plusieurs outils et analyses ont été déployés pour pallier les problèmes trouvés afin d'élaborer des plans d'actions adéquats à chaque situation. Parmi ces dernières, nous avons proposé d'utiliser la machine électro-hydraulique qui permettra de générer un gain de **50%** et un prix en seconde qui égale **63,91DH /s** au lieu de **128,75 DH/s**, utiliser des sabots de guidage pour le chariot élévateur pour la sécurité des agents de coupe et finalement la réorganisation de l'espace.

Ces solutions proposées ont permis d'atteindre une efficacité de **27%** qui est très proche de l'objectif souhaité de **30%**.

Bibliographie

- [1] Cahier de formation ALSTOM.
- [3] Mode opératoire des outils de la coupe.
- [5] Mode opératoire de la machine électro-hydraulique.

Webographie

- [2]: <https://www.piloter.org.six-sigma/methode-six-sigma.htm#ameliorer>
- [4]: https://www.fr.m.wikipedia.org/wiki/Gamme_de_fabrication
- [6]: <https://chohmann.free.fr/lean/vsm.html>
- [7]: <https://www.pinterest.com/pin/398287160774382561>
- [8]: <https://non-qualite.over-blog.com/article-comment-eviter-les-erreurs-dues-a-un-dysfonctionnement-machine-47993623>
- [9]: <https://christian-hohman.free.fr/index.php/six-sigma/six-sigma-les-basiques/173-sipoc>
- [10]: <https://chohmann.free.fr/pareto.htm>
- [11]: <https://www.isd-community.com/competitivite/kaizen/>
- [12]: <https://www.Ouati.com/qqoqcp.html>
- [13]: <https://www.glossaire-international.com/pages/tous-les-termes/lead-time.htmlb>

ANNEXE

Annexe 1 : Définition

1. La démarche DMAIC :

DMAIC, une méthode clé du projet six sigma, est fondée sur l'analyse des données afin d'optimiser puis de stabiliser les processus de l'entreprise. Chacune des lettres du sigle se réfère à une étape bien spécifique de la démarche. La philosophie de cette démarche est aussi utilisable dans d'autres contextes que le cadre de projet Six Sigma. [6]

1. **Définir** : Quel est le problème ?
2. **Mesurer** : Quelle est la capacité du processus considéré ?
3. **Analyser** : Quand, ou, comment se produisent les défauts ?
4. **Innover(Améliorer)** : Quelles sont les solutions d'améliorations ?
5. **Contrôler**: Comment piloter les variables clé pour conserver l'avantage ?

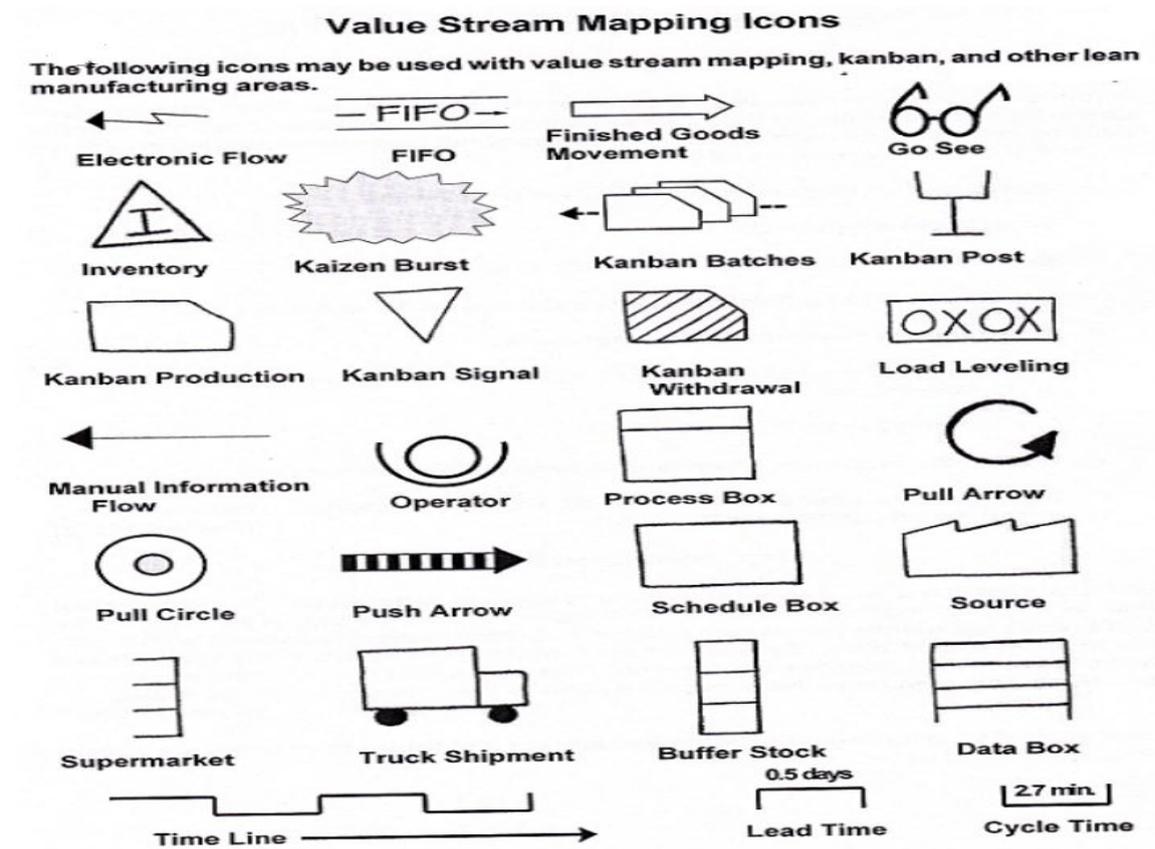
2. Le principe VSM (Value Stream Mapping):

Le Value Stream Mapping est une cartographie descriptive des flux dans le processus étudié, qui dans l'idéal couvre le supply chain entière; de l'approvisionnement des matières à la livraison au client consommateur. [6]

Cette cartographie sert à :

- Visualiser le flux de création de valeur dans le processus.
- Discriminer les tâches à valeur ajoutée des tâches à non valeur ajoutée, planifier des chantiers Kaizen ou Hoshin, et par conséquent identifier les sources de gaspillage, de non performance du processus actuel,
- Réduire les stocks et encours et améliorer les temps de traversée.

Elle utilise des symboles (pictogrammes) simples dont la connaissance permet une lecture aisée, une compréhension du processus et l'identification immédiate des points à améliorer. Elle offre la possibilité aux participants de différents services d'une entreprise de partager la vision et la compréhension de l'ensemble des flux d'informations et flux physique. [7]



3. Poka-Yoké :

Le Poka-Yoké est un concept lancé par l'ingénieur Shigeo Shingo chez Toyota. Son idée à de mettre en place un système qui empêche l'erreur de se réaliser. Le but du Poka-Yoké est d'éviter aussi bien les erreurs humaines ou dysfonctionnements machines. L'avantage du système est de faire apparaître l'erreur et d'éviter toutes anomalies de fonctionnements et de continuer à réaliser un produit de qualité. La mise en place d'un Poka-Yoké doit être simple et peu couteux. [8]

4. SIPOC :

SIPOC (Supplier Inputs Processus Outputs Costumer) est un des outils Six Sigma. Utilisé dès la première étape 'Définir' du cycle DMAIC, pour cerner et décrire le périmètre sur lequel il faut agir. [9]

Le SIPOC permet de :

Comprendre les activités de l'organisation et les principaux processus mis en œuvre

- Identifier le(s) processus à améliorer et en faire une description sommaire.
- Décrire les interactions (entrées et sorties) ainsi que les parties prenantes (fournisseurs et clients) de ce(s) processus.

5. Le diagramme Pareto:

Le diagramme Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de

nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision. [10]

6. KAIZEN :

KAIZEN veut dire Amélioration continue, Amélioration Progressives par petite pas, de chacun à tout les niveaux de l'entreprise, pour : [11]

- Améliorer la productivité tout en valorisant les individués sur leur poste de travail.
- Produire plus de valeur avec les ressources dont on dispose.

7. QQQQCP :

La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions des problèmes, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels.

Elle adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique. [12]

QQQQCP : Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?

8. Lead Time :

Le 'Lead Time' est en fait le temps qui s'écoule entre le début d'un processus et sa fin. Dans le cadre du commerce international, on peut dire que c'est le délai de mise à disposition pour la consommation d'un produit à partir du moment où celui-ci été commandé. Concrètement le Lead Time devrait inclure le temps de passations de commande, sa fabrication, le temps de transport et de transit éventuel, le temps de réception (contrôle et emballage). [13]

Annexe 2 : Résultat du chronométrage de la coupe automatique

Traçabilité	OP								
	ECH 1	ECH 2	ECH 3	ECH 4	ECH 5	ALLURE	\bar{X}	Moyenne *Allure	Objectif
Chrono(Ch)	355,56	516,67	461,11	383,33	786,11	70%	500,56	350,39	277

Mettre Manchons & couleur	OP								
	ECH 1	ECH 2	ECH 3	ECH 4	ECH 5	ALLURE	\bar{X}	Moyenne *Allure	
Chrono (Ch)	197,78	206,94	156,667	174,72	83,889	90%	163,99	147,59	

Roulement du câble & mettre l'étiquette		
Chrono (Ch)	OP1	OP2
ALLURE	90%	70%
ECH1	3,0556	3,3333
ECH2	5,8333	33,05
ECH3	5,2778	13,889
ECH4	38,333	13,889
ECH5	36,667	6,6667
<u>X</u>	17,833	14,166
Moyenne *Allure	16,05	9,9159
Moyenne	15,99	

Déroutement du câble		
Chrono (Ch)	OP1	OP2
ALLURE	90%	70%
ECH1	19,444	33,056
ECH2	2,7778	27,778
ECH3	7,7778	12,222
ECH4	30,278	10,833
ECH5	41,389	10,556
<u>X</u>	20,333	18,889
Moyenne *Allure	18,3	13,222
Moyenne	19,61	

Chrono coupe câble en (Ch)	Longueur du câble														
	600	1000	1200	2000	2500	3000	3500	4000	5500	6000	8000	11000	12000	13000	
OP1	ECH1	75	80,56	107,22	160	163,61	192,78	207,22	129,17	2705,56	234,44	245	330,28	436,11	426,67
	ECH2	58,33	90,28	19,22	6,47	56,67	96,94	201,67	101,94	252,78	294,17	288,61	309,17	397,78	413,06
	ECH3	67,5	63,89	150,83	70,83	105,28	112,5	230,56	143,61	290,56	248,06	297,5	316,39	378,33	391,39
	ECH4	54,44	61,94	147,22	49,17	63,61	149,17	216,11	185,28	250,28	145,56	238,33	342,5	368,61	415,83
	ECH5	50	83,89	52,78	38,61	161,67	176,39	165,83	225,56	279,72	174,17	256,39	357,5	386,11	410
	ALLURE	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
	<u>X</u>	61,06	76,11	95,46	65,02	110,17	145,56	204,28	157,11	755,78	219,28	265,17	331,17	393,39	411,39
	Moyenne *Allure	42,74	53,28	66,82	45,51	77,12	101,89	142,99	109,98	529,04	153,49	185,62	231,82	275,37	287,97
OP2	ECH1	173,89	80	109,17	168,61	185,28	165,28	230,56	151,39	206,94	257,78	294,44	471,67	388,06	422,78
	ECH2	90,28	87,78	96,11	175,83	114,44	109,17	219,72	156,39	246,67	174,17	319,44	380,56	384,72	427,78
	ECH3	45,56	63,89	125,56	155,83	94,72	185,56	168,61	145,28	201,39	211,67	223,89	363,33	363,33	388,06
	ECH4	134,44	61,94	136,39	149,17	85,56	152,78	218,33	152,22	224,72	222,22	259,44	358,61	333,33	384,72
	ECH5	27,78	83,89	100,28	129,17	178,06	154,17	168,89	116,11	226,39	192,22	192,22	359,72	349,44	427,22
	ALLURE	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	<u>X</u>	94,39	75,5	113,5	155,72	131,61	153,39	201,22	144,28	221,22	211,61	257,89	386,78	363,78	410,11
	Moyenne *Allure	84,95	67,95	102,15	140,15	118,45	138,05	181,1	129,85	199,1	190,45	232,1	348,1	327,4	369,1
	Moyenne	77,72	75,81	104,48	110,37	120,89	149,47	202,75	150,69	488,5	215,44	261,53	358,97	378,58	410,75
	Objectif	129	208	208	269	286,1	291,6	319,4	338,8	350	363,8	375	530,5	541,6	558,3

Annexe 3: Résultat du chronométrage de la coupe manuelle

Choisir type de bobine	OP 2							
	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ALLURE	<u>X</u>	Moyenne*Allure
Chrono (Ch)	301	307	297	296	303	90%	300,8	270,72

Mise en place des étiquettes en (Ch)		Chrono(Ch)	Mise en place des étiquettes en (Ch)		Chrono(Ch)
OP 1	ECH1	76	OP 2	ECH1	75
	ECH2	75		ECH2	74
	ECH3	69		ECH3	75
	ECH4	75		ECH4	74
	ECH5	76		ECH5	75
	Allure	70%		Allure	90%
	<u>X</u>	74,2		<u>X</u>	74,6
	Moyenne *Allure	51,94		Moyenne *Allure	67,14
					74,4

Cheminement du câble en (Ch)		Longueur du câble							
		500	9300	4400	1750	2290	2240	620	10810
OP 1	ECH1	116,67	100	266,67	216,67	220,00	210,00	126,67	778,33
	ECH2	120,00	1016,67	233,33	217,00	210,00	213,33	108,33	785,00
	ECH3	125,00	900,00	233,33	210,00	211,67	211,67	111,67	776,67
	ECH4	116,67	966,67	233,33	211,67	216,67	213,33	111,67	776,67
	ECH5	117,00	1050	250,00	210,00	218,33	208,33	108,33	785,00
	Allure	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
	<u>X</u>	119,07	806,67	243,33	213,07	215,33	211,33	113,33	780,33
	Moyenne *Allure	83,35	564,67	170,33	149,15	150,73	147,93	79,33	546,23
OP 2	ECH1	115,00	930,00	240,00	216,00	217,00	210,00	115,00	778,00
	ECH2	116,00	980,00	240,00	220,00	221,00	204,00	130,00	780,00
	ECH3	115,00	975,00	246,00	217,00	206,00	215,00	112,00	760,00
	ECH4	117,00	930,00	250,00	217,00	211,00	204,00	116,00	775,00
	ECH5	116,00	960,00	250,00	219,00	215,00	206,00	119,00	780,00
	Allure	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90,00%	90%
	<u>X</u>	115,80	955,00	245,20	217,80	214,00	207,80	118,40	774,60
	Moyenne *Allure	104,22	859,50	220,68	196,02	192,60	187,02	106,56	697,14
<u>X</u>	117,43	880,83	244,27	215,43	214,67	209,57	115,87	777,47	

Opération de coupe en (Ch)		Section du câble				
		70	25	150	95	120
OP1	ECH1	249	94	385	218	307
	ECH2	249	93	339	299	291
	ECH3	247	91	411	296	276
	ECH4	246	92	377	293	295
	ECH5	244	89	376	285	290
	ALLURE	70%	70%	70%	70%	70%
	<u>X</u>	247	91,8	377,6	278,2	291,8
	Moyenne *Allure	172,9	64,26	264,32	194,74	204,26
OP2	ECH1	250	116	379	269	223
	ECH2	251	122	384	275	216
	ECH3	246	109	389	278	209
	ECH4	227	107	396	276	216
	ECH5	245	110	409	272	219
	ALLURE	90%	90%	90%	90%	90%
	<u>X</u>	243,8	112,8	391,4	274	216,6
	Moyenne *Allure	219,42	101,52	352,26	246,6	194,94
<u>X</u>	245,4	102,3	384,5	276,1	254,2	

Roulement des câbles en (Ch)		Longueur du câble				
		4200	4400	10810	6600	4600
OP 1	ECH1	277	294	800	537	371
	ECH2	353	276	871	574	342
	ECH3	262	294	915	571	351
	ECH4	277	294	871	574	342
	ECH5	353	276	915	537	351
	Allure	70%	70%	70%	70%	70%
	<u>X</u>	304,4	286,8	874,4	558,6	351,4
	Moyenne *Allure	213,08	200,76	612,08	391,02	245,98
OP 2	ECH1	297	293	864	566	363
	ECH2	278	301	861	555	389
	ECH3	308	297	889	583	350
	ECH4	279	296	884	556	380
	ECH5	300	300	864	570	356
	Allure	90%	90%	90%	90%	90%
	<u>X</u>	292,4	297,4	872,4	566	367,6
	Moyenne *Allure	263,16	267,66	785,16	509,4	330,84
<u>X</u>	252,74	249,08	742,24	478,51	306,79	

Traçabilité		Chrono(Ch)	Traçabilité		Chrono(Ch)
OP 1	ECH 1	345	OP 2	ECH 1	355,56
	ECH 2	368		ECH 2	516,67
	ECH 3	266		ECH 3	461,11
	ECH 4	483		ECH 4	383,33
	ECH 5	283		ECH 5	786,11
	ALLURE	90%		ALLURE	70%
	<u>X</u>	349		<u>X</u>	500,56
	Moyenne*Allure	314,10		Moyenne*Allure	350,39
Objectif		277			

Annexe 4 : Résultat du chronométrage coupe machine électro-hydraulique

opération de coupe (s)		Section du câble	
		95	150
OP 1	ECH1	7,85	11,93
	ECH2	10,76	10,28
	ECH3	10,66	12,83
	ECH4	10,55	11,64
	ECH5	10,26	11,64
	Allure	70%	70%
	<u>X</u>	10,02	11,66
	Moyenne *Allure	7,01	8,16

Annexe 5 : VSM de processus de la coupe manuelle

