Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques
www.fst-usmba.ac.ma

Année Universitaire : 2014-2015

Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Titre

Amélioration de la productivité du câble famille ARVFV

Lieu : FSTF
Référence : 17 /15-MGI

Présenté par:

MARDI Achraf
DESDES Fettah

Soutenu Le 27 Juin 2015 devant le jury composé de:

- **Pr. B.RZINE (encadrante FST)**
- **Mr. M.JADRA (encadrant Société)**
- **Pr. A.CHAMAT (examinateur)**
- **Pr. D.TAHRI (examinateur)**

Stage effectué à : LES CABELERIES DU MAROC Casablanca.

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

Nom et prénom: MARDI Achraf & DESDES Fettah.

Année Universitaire : 2014/2015

Titre: Amélioration de la productivité du câble famille ARVFV.

Résumé

Le travail présenté dans ce rapport a pour but l'amélioration de la productivité des postes au sein de l'entreprise <<LES CABELERIES DU MAROC>>.

Afin de mener à bien cette mission, nous avons jugé utile de commencer par une analyse des problèmes liés à la production des câbles au sein de la société et nous avons procédé à l'identification et l'analyse de leurs causes potentielles en se basant sur les principes de la démarche SMED dont le but est de minimiser les temps de préparation.

Enfin, nous avons conçu et validé des solutions optimales pour améliorer les temps de production, afin d'atteindre l'objectif en performance, Nous avons réussi cette amélioration en travaillant sur les facteurs principaux : Les vitesses de production, Les temps d'arrêt, 5S.

En conclusion, ce projet de Fin d'Etudes qui a duré trois mois, nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et de les appliquer dans des cas réels et concrets. Il nous a également permis d'améliorer nos capacités relationnelles et professionnelles, ceci malgré les difficultés rencontrées, telles que la recherche de l'information, la gestion de flux d'information, la fiabilisation et les mises à jour des documents.

Mots clés: Productivité, SMED, 5S, Les vitesse de production, ARVFV.

Dédicace

Je dédie ce travail

A nos chers parents : Aucune dédicace ne saurait exprimer le dévouement, le respect et l'amour que je porte à vous. Vous pouvez être fières d'avoir réussi votre mission dans la vie.

A nos sœurs.

A nos frères.

A nos encadrants pour leur serviabilité, leur soutien, leurs orientations et leurs encouragements.

A tous nos collègues, les élèves Master en Génie Industriel de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ainsi qu'à tout le personnel de l'usine LES CABELERIES DU MAROC de Casablanca.

MARDI Achraf

DESDES Fettah

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier La Faculté Des Sciences Et Techniques de Fès, ainsi que tout son corps professoral. Nous remercions également l'entreprise LES CABELERIES DU MAROC pour nous avoir accueillis et permis d'effectuer notre stage de fin d'études au sein de son site de production à Casablanca.

Il nous serait difficile d'établir une liste exhaustive des personnes ayant, d'une façon ou d'une autre, contribué à la réalisation de notre projet de fin d'études. L'absence d'une référence explicite à chacun d'eux ne saurait, en aucun cas, être interprétée comme un manque de reconnaissance.

Cependant, nous tenons nommément à remercier notre encadrant Mr. Mohammed JADRA, Directeur développement & Qualité, et Mme. Bouchra RZINE, notre tuteur à l'école. Nous les remercions pour nous avoir permis de réaliser notre stage, et pour le soutien qu'ils nous ont apporté pendant cette période. Nous les remercions également pour leur disponibilité, leur modestie, ainsi que pour les connaissances et l'expérience qu'ils nous ont fait partager.

Plus particulièrement, nous remercions les conducteurs des machines et nos collègues pour l'aide et les conseils qu'ils nous ont apportés.

Pour conclure, nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner notre reconnaissance à nos familles et à tous nos amis, qui nous ont soutenus tout au long de notre parcours académique, ses hauts et ses bas. Merci à vous.

Liste des Figures

Figure 1 : L'organigramme de l'entreprise LES CABELERIES DU MAROC. 12
Figure 2 :L'opération d'Isolation des fils. 13
Figure 3 : L'opération d'assemblage des conducteurs. 13
Figure 4 : L'opération du Bourrage des conducteurs. 14
Figure 5 : L'opération d'Armage du câble. 14
Figure 6 : L'opération de Gainage2 du câble. 15
Figure 7 : Câble U500 SV. 16
Figure 8 : Câble SE1V. 16
Figure 9 : Câble MTH. 16
Figure 10 : Câble U500V. 17
Figure 11 : Câble VGV/Capothene. 17
Figure 12 : Câble RO2V. 17
Figure 13 : Câble RVFV. 18
Figure 14 : Câble HO7RN-F. 18
Figure 15 : Câble de réseau. 19
Figure 16 : Câble de branchement. 19
Figure 17 : Cuivre nu. 19
Figure 18 : Câble AGS. 20
Figure 19 : Câble 98-99. 20
Figure 20 : Chronogramme de changement de série du Tréfilage (section 3*240). 26
Figure 21 : Chronogramme de changement de série du Tréfilage (section 95). 26
Figure 22 : Chronogramme de changement de série du Câblage (section 3*240). 27
Figure 23: Chronogramme de changement de série du Câblage (section 95). 27
Figure 24 : Chronogramme de changement de série d'Isolation (section 3*240). 28
Figure 25: Chronogramme de changement de série d'Isolation (section 95). 28
Figure 26: Chronogramme de changement de série d'Assemblage. 29
Figure 27: Chronogramme de changement de série de la Gaine1. 29
Figure 28: Chronogramme de changement de série d'Armage. 30
Figure 29: Chronogramme de changement de série de la Gaine2. 31
Figure 30: Diagramme Ishikawa pour les pertes du temps au cours des changements de série. 33
Figure 31: Analyse ABC des postes critiques. 36
Figure 32: Chronogramme du Câblage (3*240) après SMED. 41
Figure 33: Chronogramme du Câblage (95) après SMED. 41
Figure 34: Chronogramme d'Assemblage après SMED. 42
Figure 35: Chronogramme du Tréfilage (3*240) après SMED. 42
Figure 36: Chronogramme du Tréfilage (95) après SMED. 42
Figure 37: Chronogramme d'Assemblage après l'application réelle du SMED. 43

*Figure 38: Chronogramme du Câblage (3*240) après l'application réelle du SMED. 43*
Figure 39: Chronogramme du Câblage (95) après l'application réelle du SMED. 44
*Figure 40: Chronogramme du Tréfilage (3*240) après l'application réelle du SMED. 44*
Figure 41: Chronogramme du Tréfilage (95) après l'application réelle du SMED. 44
Figure 42: Analyse ABC des temps de production de chaque poste. 49
Figure 43: Fiche de vitesse pour le poste d'Isolation. 56
Figure 44: Fiche de vitesse pour le poste du Gainage. 56
Figure 45: Fiche de vitesse pour le poste du Tréfilage. 56
Figure 47: processus de maintenance. 58
Figure 48: Exemple extrait de la GMAO. 59
Figure 49 : Demande d'approvisionnement des pièces de rechange. 60
Figure 50: Etat du magasin avant 5S. 61
Figure 51: Classification magasin. 63
Figure 52: Classification ABC des postes selon leurs temps d'arrêt. 64
Figure 53: Classification catégories. 64
Figure 54: état du magasin après les 5S. 68

Liste des Tableaux

Tableau 1: Fiche technique de l'entreprise LES CABELERIES DU MAROC. 12
Tableau 2: Durées des changements de série (en min). 24
Tableau 3: Durées, types d'interventions et opérateurs. 25
Tableau 4: Analyse ABC sur les durées de changements de série. 36
Tableau 5: Distinction des opérations internes et externes. 39
Tableau 6: Temps de production pour les postes. 48
Tableau 7: Analyse ABC des temps de production de chaque poste. 49
Tableau 8: vitesse de production du tréfilage. 50
Tableau 9: vitesse de production d'isolation. 51
Tableau 10: vitesse de production du gainage 1. 51
Tableau 11: vitesse de production du gainage 2. 52
Tableau 12: Vitesses standards pour le Tréfilage. 53
Tableau 13: Vitesses standards pour l'Isolation. 54
Tableau 14: vitesses standards pour le gainage. 55
Tableau 15: Temps de production avant amélioration. 57
Tableau 16: Temps de production après amélioration. 57
Tableau 17: analyse ABC des temps d'arrêt pour les postes. 63

Table des matières

Dédicace 1

Remerciements 2

Liste des Figures 3

Liste des Tableaux 5

Introduction générale : 9

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil & problématique. 10

I. Introduction : 11

II. Organisme d'accueil : 11

1. Historique : 11
2. Fiche technique : 11
3. Organigramme : 12

III. Processus et gamme des principaux produits fabriqués : 13

1. Processus de fabrication : 13
2. Gammes de fabrication : 15

IV. Problématique : 21

1. Contraintes du projet : 22
2. Démarche de travail : 22

Chapitre II: Amélioration du temps de préparation du câble famille ARVFV. 23

I. Introduction : 24

1. Analyse de l'existant : 24

II. Etude des temps de préparation : 25

1. Chronogrammes : 25
2. Problèmes observés : 31

III. Application de SMED et élaboration des actions amélioratives : 32

1. Diagramme Ishikawa : 32
1.1. Méthodologie : 32
1.2. Application : 33
2. Méthode 5 Pourquoi : 33
2.1. Objectif : 33
2.2. Méthodologie : 34
2.3. Application de la méthode : 34
2.4. Solutions proposées : 34
3. Détermination des postes critiques : analyse ABC. 35
3.1. Méthodologie : 35
3.2. Mise en œuvre de la méthode : 35
4. La démarche SMED : 37
4.1. Objectifs de la méthode SMED : 37
4.2. Etapes de la méthode SMED. 38
4.3. Application de la méthode SMED : 38
IV. Valeurs ajoutées sur les temps du changement de série: 40
1. Valeurs ajoutées réelles : 43
V. Conclusion : 45
Chapitre III : Amélioration du temps de la production du câble famille ARVFV: 46
I. Introduction : 47
II. Amélioration de la cadence de production: 47
1. Analyse de l'existant: 47
1.1. Mise en œuvre de la méthode : 49
2. Vitesse réelle de production : 50
2.1. Solutions proposées : 52
3. Mise en place des fiches de vitesses : 52
III. Valeur ajoutée sur les temps de production : 57
IV. Remise à niveau des 5S dans le magasin des pièces de rechanges: 57
1. Gestion des pièces de rechange : 58

2.1. Politique actuelle de la gestion des pièces : 58
2.2. Réaménagement de magasin des pièces de rechange : 60
3. Remise à niveau des 5S : 61
3.1. Introduction : 61
3.2. Présentation de la démarche 5S : 61
3.3. Application des 5S : 62
3.4. Propositions pour la mise à niveau des 5S : 65
V. Résultats obtenus : 67
VI. Conclusion : 69
Conclusion générale : 70

Introduction générale :

Dans un contexte économique de plus en plus difficile, les clients exigeant des réductions de prix et la concurrence imposant une compétition accrue, ce qui fait l'entreprise essaie de maintenir ses marges. L'amélioration de la productivité est de plus en plus nécessaire pour maintenir sa compétitivité.

La démarche pour améliorer la productivité est basée sur la méthode, l'affectation de ressources et le management de ces ressources. Elle permet d'optimiser le pilotage des processus majeurs, de réduire notablement les disfonctionnements internes, de diminuer les gaspillages et d'améliorer la productivité globale de l'entreprise. Elle contribue à améliorer la qualité du produit ou du service livré, à accroître la valeur perçue par le client et sa satisfaction, et ainsi, à mieux le fidéliser.

Le principal défi est l'amélioration de la production du câble famille ARVFV.

Notre projet consiste à améliorer la productivité du câble famille ARVFV. Pour ce faire nous avons appliqué plusieurs méthodes améliorative pour analyser la situation actuelle, et pour éliminer toute sorte de gaspillage. Suites à ces améliorations, la productivité de l'entreprise augmentera.

Le présent travail se réparti selon le plan suivant :

Le premier chapitre présente l'organisme d'accueil, ses différentes activités, le processus de fabrication et la gamme des produits. Ensuite une description de la problématique générale du projet.

Le deuxième chapitre concerne l'étude du temps de changement de série, où nous appliquerons les méthodes SMED, Ishikawa, 5 Pourquoi et l'analyse ABC, afin de détecter toutes formes de gaspillage et résoudre ces problèmes en proposant plusieurs solutions.

Le troisième chapitre concerne l'amélioration de la productivité, en se basant sur l'augmentation de la cadence de production par la formation des opérateurs et la mise en place des documents nécessaires. Nous allons aussi appliquer un chantier 5S afin d'organiser le magasin des pièces de rechanges, et éliminer le temps perdu lors de la recherches des outils.

Pour conclure, nous avons présenté les résultats obtenus après l'application des actions améliorative.

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil & problématique.

Ce premier chapitre contient une présentation détaillée sur l'organisme d'accueil, son historique, les processus et les gammes de fabrication.

I. Introduction :

Dans le cadre de développement économique et organisationnel de la production, nous avons mené un projet d'amélioration de la performance de lignes de production à travers notre stage de fin d'étude au sein de la LES CABELERIES DU MAROC.

II. Organisme d'accueil :

1. Historique :

Créé en 1962 par Mr. Tayeb TAGMOUTI, la société LES CÂBLERIES DU MAROC a connu une amélioration de ses performances et a su fidéliser ses clients qui sont de plus en plus exigeants. LES CÂBLERIES DU MAROC présente une large gamme de câbles électriques allant des câbles basse tension pour les installations domestiques et câbles industriels basse, moyenne et haute tension en cuivre, aluminium et almélec au fil émaillé pour la construction électrique. En 1998 la société LES CÂBLERIES DU MAROC a élargi sa gamme des produits pour couvrir les câbles téléphoniques pour raccordement d'abonnés, pour réseau souterrain et aérien et câbles d'installation. La présence des produits de la société LES CÂBLERIES DU MAROC depuis plus de trente ans dans des milliers de logements, installations industrielles, électrification rurale etc.… atteste une fiabilité qui résiste au temps. C'est par la maîtrise de cette qualité couronnée par la certification ISO 9002 depuis 1999 que la société LES CÂBLERIES DU MAROC s'impose face à ses concurrents. Aujourd'hui, et pour fidéliser de plus en plus sa clientèle, la société LES CÂBLERIES DU MAROC s'engage dans une démarche d'amélioration continue basée sur un système de management de la qualité lié à la norme ISO 9001 version.

2. Fiche technique :

Raison social	**LES CABELERIES DU MAROC**
Statut juridique	**Société anonyme**
Capital social	**92.500.000DH**
Directeur général	**Mr. khalilTagmouti**
Directeur commercial	**Mr. Said AZEM**
Registre de commerce	**CASABLANCA 28.583**
Identification fiscale	**02500455**

Patente N°	**32666400**
CNSS	**1709320**
Effectifs	**28 cadres 40 agents de maitrises 261 employés**
Adresse	**14, Bd Hassan El Alaoui- Ain Borja- CASABLANCA**
Téléphone	**212 5 62 10 70 _ 212 5 62 02 67**
Fax	**+212 5 22 62 15 13**
Email	cabmaroc@iam.net.ma
Site web	www.cableriesdumaroc.ma

Tableau 1: Fiche technique de l'entreprise LES CABELERIES DU MAROC.

3. Organigramme :

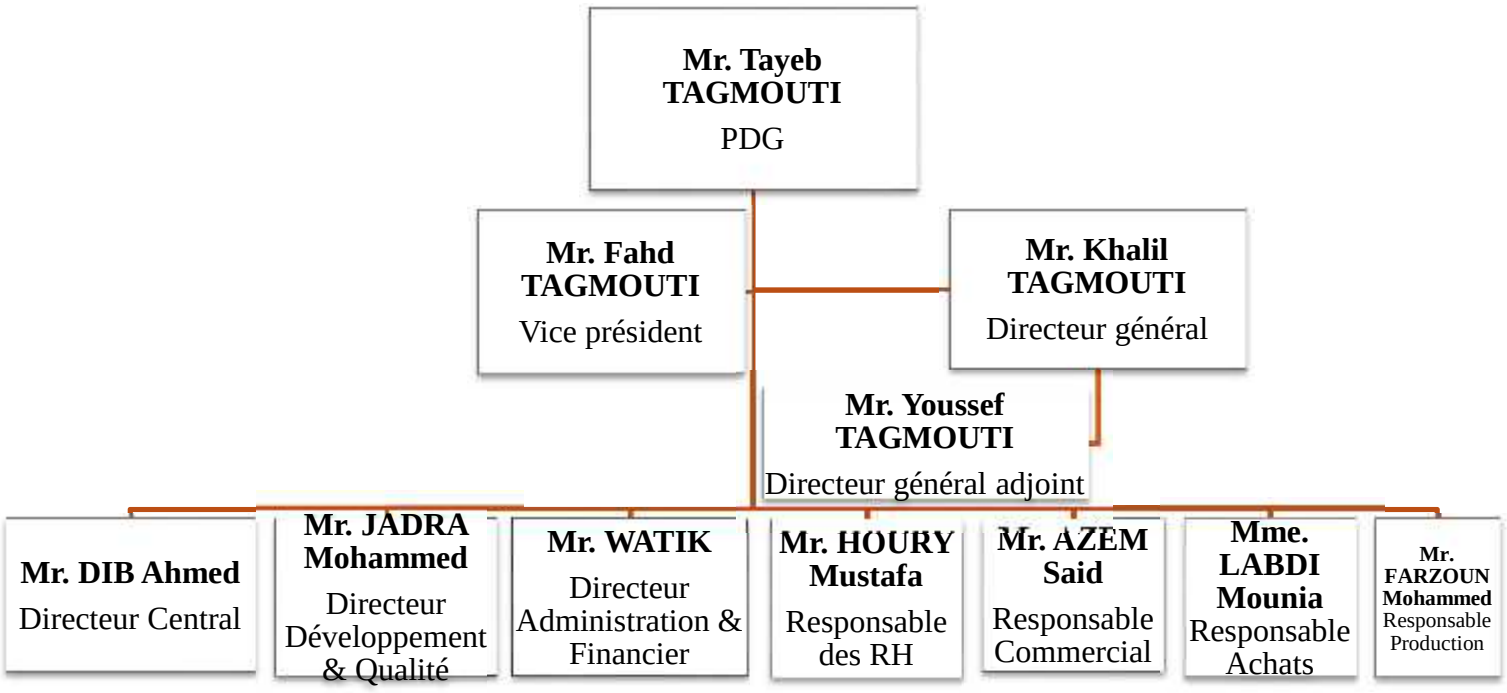

Figure 1 : L'organigramme de l'entreprise LES CABELERIES DU MAROC.

III. Processus et gamme des principaux produits fabriqués :

1. Processus de fabrication :

Tous les produits du Câbleries du Maroc selon leurs types (Cuivre, aluminium, AGS) passent par le cycle suivant :

- **Le tréfilage** : Est le premier processus de fabrication d'un câble. C'est une opération qui consiste à réduire le diamètre de la matière première de manière progressive jusqu'au diamètre final désiré.
- **Le câblage** : Est l'assemblage de plusieurs fils tréfilés qui nous donne par la suite ce qu'on appelle des âmes.
- **L'isolation** : Consiste à passer un revêtement des fils (l'isolant) sur l'âme pour avoir un conducteur (figure 2).

Figure 2 :L'opération d'Isolation des fils.

- **L'assemblage** : Fait tenir le groupement des conducteurs (figure 3).

Figure 3 : L'opération d'assemblage des conducteurs.

- **Bourrage et gainage1** : Le bourrage a pour but de remplir les interstices entre les conducteurs afin de donner au câble une forme cylindrique (figure 4).

Figure 4 : L'opération du Bourrage des conducteurs.

- **Armage** : Les câbles RVFV possèdent une armure pour les enterrés sans autre protection. Cet armage est fabriqué en feuillard pour protéger le câble contre les agressions externes telles que l'humidité de la terre, les chocs (figure 5).

Figure 5 : L'opération d'Armage du câble.

➢ **Gainage2** : Enveloppe finale du produit (figure 6).

Figure 6 : L'opération de Gainage2 du câble.

Afin de garantir les hautes exigences de qualité requises par ses clients, LES CABELERIES DU MAROC vérifie la qualité de tous ses câbles en effectuant des contrôles rigoureux avant la commercialisation.

Et finalement les câbles sont conditionnés dans des Tourets stocké au niveau du dépôt selon leurs tailles et leurs natures.

2. Gammes de fabrication :

Au niveau du dépôt du CABLERIES DU MAROC, on trouve plusieurs natures de câble de différents usage et de différentes tailles, à savoir :

- Gamme domestique.
- Gammes industrielles.
- Câbles nus.
- Gamme téléphonique.
- Gamme moyenne tension.

Gamme domestique :

Dans la gamme domestique on distingue deux types de câbles : un souple et autre rigide.

La gamme souple est constituée de :

- **U500 SV** : Ces câbles sont destinés à la filerie et au câblage des tableaux et appareils électriques. Ils sont destinés également aux équipements des locaux domestiques (voir figure 7).

Figure 7 : Câble U500 SV.

- **SE1V :** Câble pour alimentation de petits appareils mobiles ou semi fixes (figure 8).

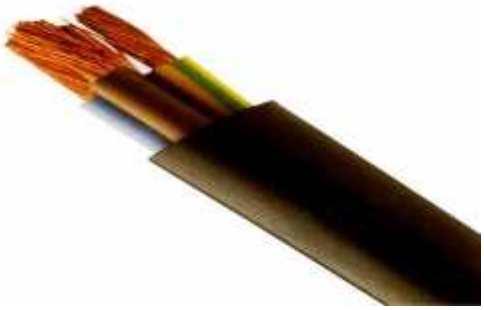

Figure 8 : Câble SE1V.

- **MTH :** Câble méplat pour alimentation de petits appareils domestiques (figure 9).

Figure 9 : Câble MTH.

La gamme rigide se compose de :

- **U500 V :** Equipement des circuits des logements et de bureaux (figure 10).

Figure 10 : Câble U500V.

- **VGV/Capothene :** Ce câble est très général et essentiellement destiné à l'équipement des locaux domestiques (figure 11).

Figure 11 : Câble VGV/Capothene.

Gamme Industrielle :

- **RO2V :** C'est un câble avec double gaine, pour les grandes sections. Est un câble d'alimentation électrique rigide composé de conducteurs en cuivre massif et d'une gaine protectrice en PVC de couleur noir. Il est utilisé pour les installations fixes ou industrielles (figure 12).

Figure 12 : Câble RO2V.

- **RVFV :** Est un câble industriel rigide armé par un feuillard en acier, il est considéré comme la version renforcé du RO2V. Il est utilisé pour des

installations industrielles. Il peut aussi être utilisé enterré sans protection mécanique complémentaire. Le câble RVFV peut également être utilisé à l'air libre, posé sur chemin de câbles (figure 13).

Figure 13 : Câble RVFV.

- **HO7 RN-F :** Câble flexible, utilisé dans la manutention, alimentations mobiles et des chantiers (figure 14).

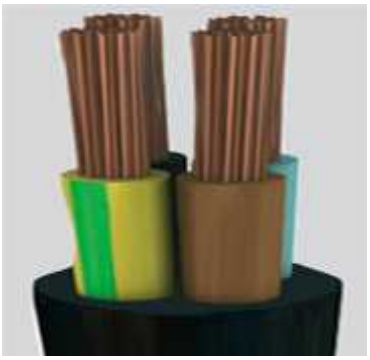

Figure 14 : Câble HO7RN-F.

- **Torsade :** Ils sont destinés à la distribution d'électricité, composé de câble de branchement et de réseau :

-Câble de réseau : Composés de 3 conducteurs de phases + câble porteur + câble pour éclairage public. Du 3X35+PX16 AU 3X150+PX2+16 (figure 15).

***3X35 :** C'est avec le quel on alimente le secteur.

***P :** Le câble porteur de 54,6 de diamètre.

***16 :** Câble d'éclairage public.

Figure 15 : Câble de réseau.

-**Câble de branchement :** C'est un câble sans câble porteur, l'alimentation déjà faite on ne fait que le branchement (figure 16).

Figure 16 : Câble de branchement.

Câbles nus :

- **Cuivre nu :** Utilisé dans les lignes aériennes pour le transport ou la distribution de l'énergie. Il est aussi mis à la terre pour les petites sections (14,1 ; 22 et 29,3) (figure 17).

Figure 17 : Cuivre nu.

- **Almélec ACIER :** Destiné aux lignes aériennes moyenne et haute tension et lignes hautes montagnes.
- **AGS :** Pour lignes aériennes moyenne, haute et très haute tension (figure 18).

Figure 18 : Câble AGS.

Gamme téléphonique :

Regroupent l'ensemble des câbles de télécommunication utiles pour les habitations ou les immeubles.

- **78-88 :** constitués d'une âme en cuivre, sont destinés à la réalisation de liaisons extérieures et souterraines dans les réseaux locaux de télécommunication.
- **98-99 :** Câble de réseaux locaux, entre armoire et immeuble (figure 19).

Figure 19 : Câble 98-99.

- **LYB-LYBA :** Principalement utilisé dans les installations téléphoniques d'interphones.

Gamme Moyenne Tension :

- **S22 :** Câble de distribution publique, industrielle et installation fixes posé avec protection mécanique.
- **S26 :** ce câble est destiné à la réalisation de liaison MT dans des villes et les zones rurales et aussi dans l'industrie.

IV. Problématique :

Dans le contexte économique actuel, le secteur industriel est soumis à une très forte pression concurrentielle. Dans le cadre d'une politique générale visant à augmenter sa part de marché, l'entreprise LES CABELERIES DU MAROC, doit améliorer sa productivité pour atteindre les objectifs visés, qui correspondent principalement à la satisfaction clients dans les meilleurs délais et cela passe par l'amélioration du temps de cycle produit.

Etant donné que plusieurs projets sont en phase de démarrage, l'apparition d'un ensemble d'anomalies est inévitable. L'état actuel de la zone couture montre un manque d'accoutumance des opérateurs, une mauvaise implantation et organisation des postes de travail. Ainsi que de mauvaises conditions ergonomiques de travail, tous ces problèmes pèsent lourdement sur la productivité.

Notre projet consiste à améliorer la productivité du câble famille ARVFV, pour cela nous avons décomposé ce projet en deux parties :

La première consiste à diminuer le temps de préparation ou de changements de série par l'application de la méthode SMED, Diagramme Ishikawa, l'analyse ABC et la méthode des 5 pourquoi.

La deuxième partie consiste à réduire le temps de production par la mise en place de la démarche 5S et par l'augmentation de la cadence de production par la formation des opérateurs et la mise en place des documents nécessaires.

Le choix du câble famille ARVFV n'était pas aléatoire, d'après la direction, cette famille de câble est la plus demandée, la plus produite et la plus critique.

1. Contraintes du projet :

La réalisation de ce projet doit tenir compte d'un certain nombre de contraintes détaillées ci-dessous :

- Le respect de la période fixée pour la finalisation du projet.
- Le travail réalisé dans chaque partie du projet doit être validé par les responsables.
- Les données issues des études réalisées ainsi que les documents internes de la société sont à titre confidentiel, leur utilisation doit être limitée aux finalités du projet.

2. Démarche de travail :

Pour la réalisation du projet et en vue d'accomplir notre mission, nous avons opté pour la démarche qui suit :

1. Diagnostique et analyse de l'existant.
2. Chronométrage des opérations de changements de série.
3. Identification des postes critiques par l'application de l'Analyse ABC.
4. Détection des éléments non maitrisables en utilisant le Diagramme Ishikawa et la méthode 5 Pourquoi.
5. Proposition des solutions d'améliorations et leurs mises en place en suivant la démarche SMED et en appliquant les 5S.
6. Présentation des résultats.

Chapitre II: Amélioration du temps de préparation du câble famille ARVFV.

Dans ce deuxième chapitre nous nous intéresserons à l'étude de changement de série, en présentant ses différents problèmes et les améliorations proposées.

I. Introduction :

L'entreprise LES CABELERIES DU MAROC, vu les défis qu'elle confronte, se trouve incitée à faire une étude sur le temps du changement de séries de sa ligne de production. Cette étude a pour objectif d'améliorer sa productivité et d'éliminer toutes sortes de gaspillages avec un minimum d'investissements.

1. Analyse de l'existant :

Le changement de série est la tâche la plus critique parmi les différentes opérations des arrêts programmés, car la majorité de ses opérations sont des réglages manuels.

Durant les deux premier mois nous avons chronométré les opérations de changement de série pour chaque section de câble.

Le tableau ci-dessous présente les durées des réglages et des changements effectués :

Postes / Sections(mm²)	Tréfilage (min/Km)	Câblage (min/Km)	Isolation (min/Km)	Assemblage (min/Km)	Gaine1 (min/Km)	Armage (min/Km)	Gaine2 (min/Km)	**Total** (min/Km)
3*240	45	188	46	105	28	39	28	657
95	52	96	30					
3*150	48	75	61	96	35	40	35	565
70	57	96	22					
3*95	52	96	30	100	57	56	57	571
50	45	36	42					
3*70	57	96	22	80	29	40	29	476
50	45	36	42					
3*185	52	184	95	100	23	59	23	711
70	57	96	22					
3*120	45	96	57	85	19	50	19	546
70	57	96	22					
2*16	68	90	20	23				201
4*16	68	90	20	43				221
3*35	52	30	40	88				536
54,6	48	75	25					
16	68	90	20					
3*50	45	36	42	76				525
54,6	48	75	25					
16	68	90	20					
3*70	57	96	22	90				591
54,6	48	75	25					
16	68	90	20					

Tableau 2: Durées des changements de série (en min).

Nous avons pris le cas des câbles dont la section (3*240+95) par ce qu'elle est parmi les plus critiques et la plus fabriquée.

NB : La section (3* 240+95) selon la désignation la société présente 3 câble de section 240 mm² et un câble de section 95mm².

Voici un tableau qui résume la durée des réglages et des changements effectués, ainsi que le nombre des opérateurs sur chaque secteur pour la section (3*240+95) :

Postes	Type d'intervention	Durée (min)	Nombre d'opérateurs
Tréfilage	Changements d'outillages + réglages	97	1 personne
Câblage	Changements d'outillages + réglages	284	1 personne
Isolation	réglages	76	1 personne
Assemblage	réglages	105	1 personne
Gaine1	Changements d'outillages + réglages	28	1 personne
Armage	réglages	39	1 personne
Gaine2	réglages	28	1 personne

Tableau 3: Durées, types d'interventions et opérateurs.

II. Etude des temps de préparation :

Nous avons fait un suivi sur chaque poste pour déterminer la répartition du temps concernant le changement de série.

1. Chronogrammes :

Les chronogrammes ci-dessus montrent l'enchainement des opérations du changement de série.

Avant de poser les différents problèmes rencontrés pendant le changement de série, nous avons détaillé les opérations de changement effectuées sur chaque poste comme suit :

✓ Au niveau du Tréfilage :

- Pour la section 3*240 :

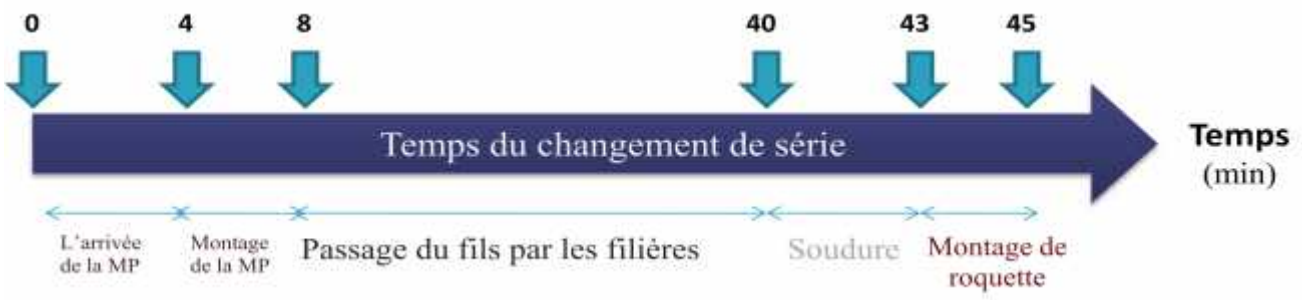

*Figure 20 : Chronogramme de changement de série du Tréfilage (section 3*240).*

La répartition du temps de changement de série au niveau du Tréfilage pour la section (3*240) est la suivante (figure 20) :

- L'arrivée de la matière première : 4 min.
- Montage de la matière première : 4 min.
- Passage du fils par les filières : 32 min.
- Soudure : 3 min.
- Montage de la roquette : 2 min.

- Pour la section 95 :

Figure 21 : Chronogramme de changement de série du Tréfilage (section 95).

La répartition du temps de changement de série au niveau du Tréfilage pour la section (95) est la suivante (figure 21) :

- L'arrivée de la matière première : 4 min.
- Montage de la matière première : 4 min.
- Passage du fils par les filières : 39.5 min.
- Soudure : 2.5 min.
- Montage de la roquette : 2 min.

✓ Au niveau du Câblage :

- Pour la section 3*240 :

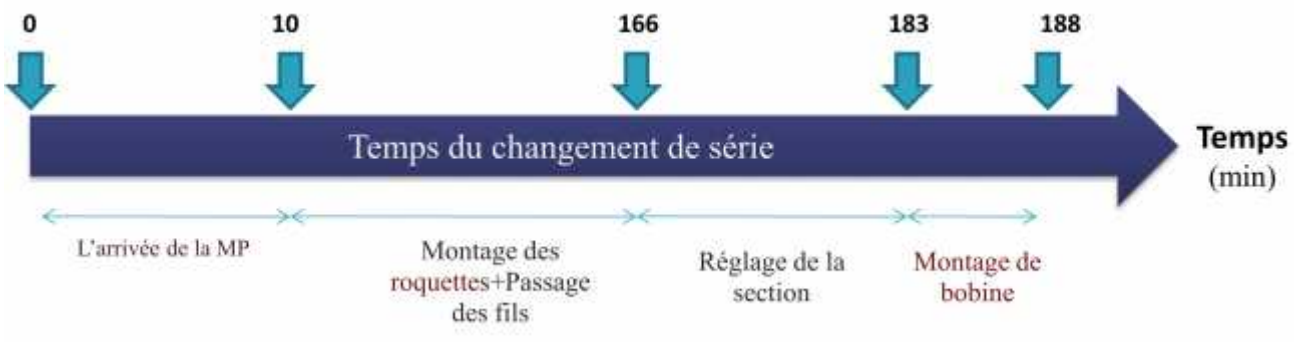

*Figure 22 : Chronogramme de changement de série du Câblage (section 3*240).*

La répartition du temps de changement de série au niveau du Câblage pour la section (3*240) est la suivante (figure 22) :

- L'arrivée de la matière première : 10 min.
- Montage des roquettes : 156 min.
- Réglage de la section : 17 min.
- Montage de la bobine : 5 min.

- Pour la section 95 :

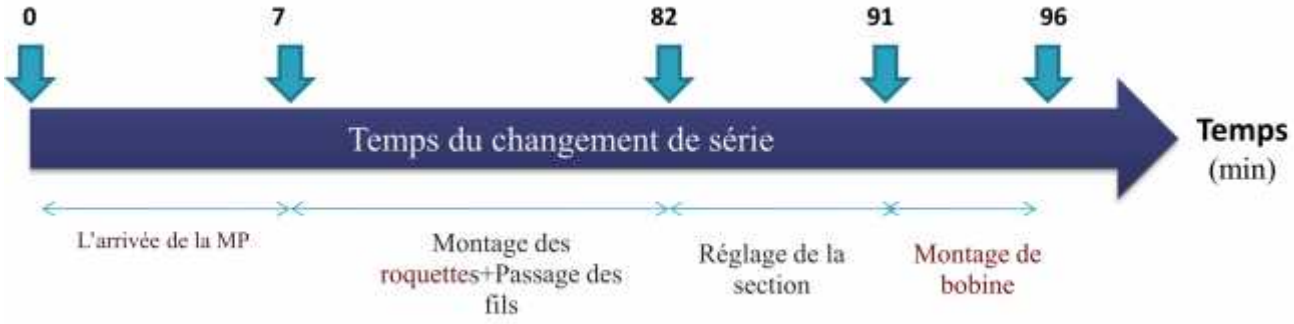

Figure 23: Chronogramme de changement de série du Câblage (section 95).

La répartition du temps de changement de série au niveau du Câblage pour la section (95) est la suivante (figure 23) :

- L'arrivée de la matière première : 7 min.
- Montage des roquettes : 75 min.
- Réglage de la section : 9 min.
- Montage de la bobine : 5 min.

✓ Au niveau d'Isolation :

- Pour la section 3*240 :

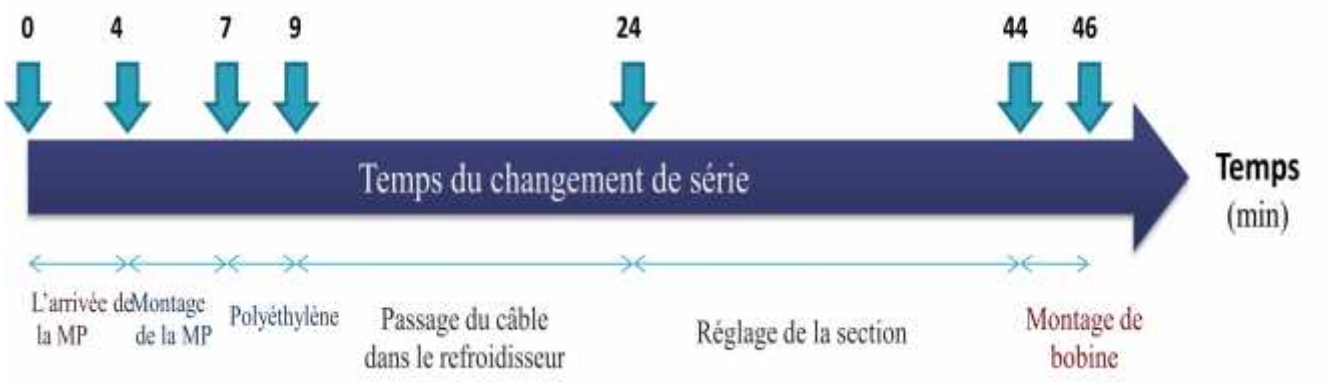

*Figure 24 : Chronogramme de changement de série d'Isolation (section 3*240).*

La répartition du temps de changement de série au niveau d'Isolation pour la section (3*240) est la suivante (figure 24) :

- L'arrivée de la matière première : 4 min.
- Montage de la matière première : 3 min.
- Mettre le polyéthylène : 2 min.
- Passage du fils dans la ligne de refroidissement : 15 min.
- Réglage de la section : 20 min.
- Montage de la bobine : 2 min.

- Pour la section 95 :

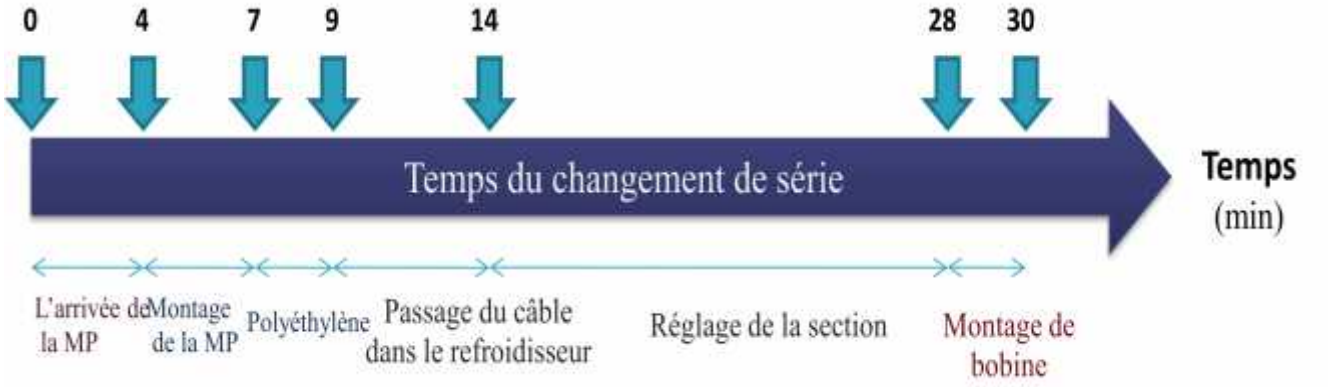

Figure 25: Chronogramme de changement de série d'Isolation (section 95).

La répartition du temps de changement de série au niveau d'Isolation pour la section (95) est la suivante (figure 25) :

- L'arrivée de la matière première : 4 min.
- Montage la matière première : 3 min.
- Mettre le polyéthylène : 2 min.
- Passage du fils dans la ligne de refroidissement : 5 min.
- Réglage de la section : 14 min.
- Montage de la bobine : 2 min.

✓ Au niveau d'Assemblage :

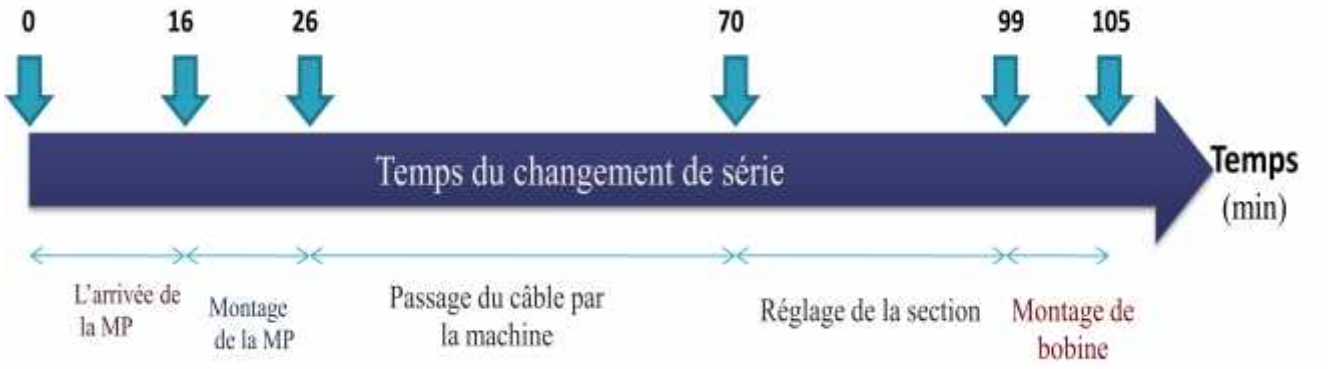

Figure 26: Chronogramme de changement de série d'Assemblage.

La répartition du temps de changement de série au niveau d'Assemblage est la suivante (figure 26) :

- L'arrivée de la matière première : 16 min.
- Montage de la matière première : 10 min.
- Passage du câble : 44 min.
- Réglage de la section : 29 min.
- Montage de la bobine : 6 min.

✓ Au niveau du Gaine1 :

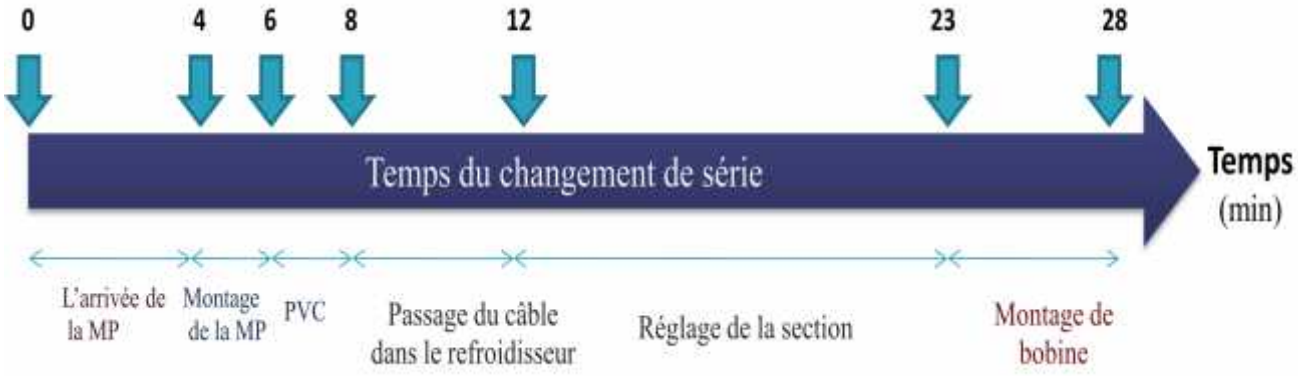

Figure 27: Chronogramme de changement de série de la Gaine1.

La répartition du temps de changement de série au niveau du Gaine1 est la suivante (figure 27) :

- L'arrivée de la matière première : 4 min.
- Montage de la matière première : 2
- Mettre le PVC : 2 min.
- Passage du câble : 4 min.
- Réglage de la section : 11 min.
- Montage de la bobine : 5 min.

✓ Au niveau d'Armage :

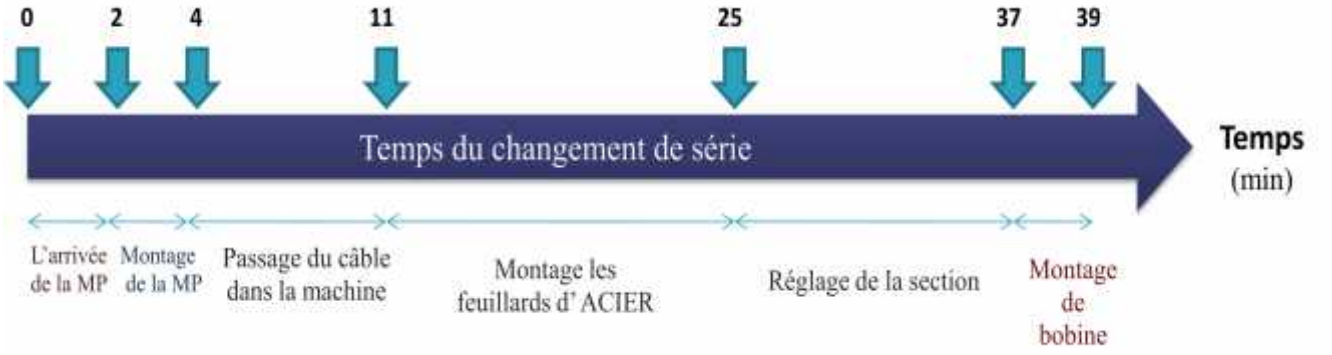

Figure 28: Chronogramme de changement de série d'Armage.

La répartition du temps de changement de série au niveau d'Armage est la suivante (figure 28) :

- L'arrivée de la matière première : 2 min.
- Montage de la matière première : 2 min.
- Passage du câble : 7 min.
- Montage les feuille d'aluminium : 14 min.
- Réglage de la section : 12 min.
- Montage de la bobine : 2 min.

✓ Au niveau du Gaine2 :

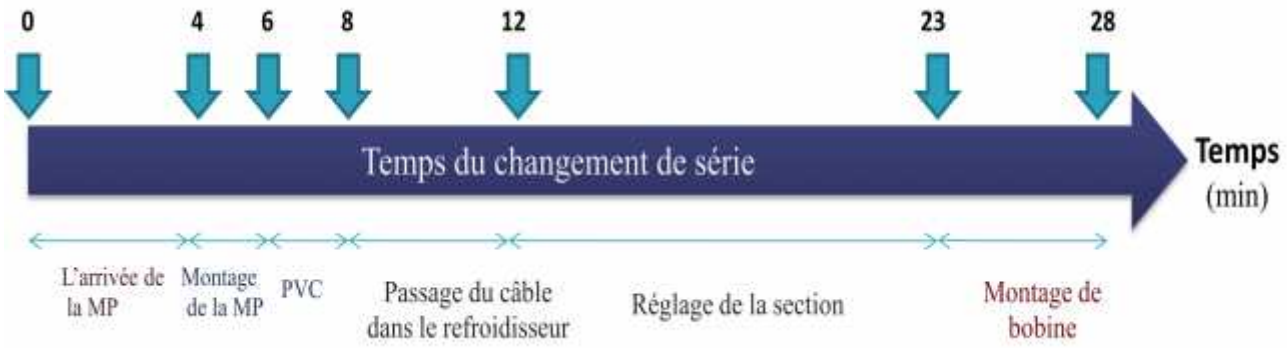

Figure 29: Chronogramme de changement de série de la Gaine2.

La répartition du temps de changement de série au niveau du Gaine2 est la suivante (figure 29) :

- L'arrivée de la matière première : 4 min.
- Montage de la matière première : 2 min.
- Mettre le PVC : 2 min.
- Passage du câble : 4 min.
- Réglage de la section : 11 min.
- Montage de la bobine : 5 min.

2. Problèmes observés :

Durant la période de notre stage, nous avons assisté à plusieurs changements de série. Suite à notre observation nous avons extrait les problèmes suivants :

- Plusieurs déplacements des opérateurs (des « va et vient » en rien).
- Plusieurs déplacements (des outils, des matériels…) inutiles.
- Plusieurs pertes de temps (Temps d'attente inutile).
- De même pour le temps de réglage : plusieurs essais, plusieurs manipulations inutiles.
- L'opérateur qui travaille réellement sur la machine, s'occupe d'autres choses qui ne sont plus urgentes.
- Absence d'un stock de matériels dans les lignes de production.
- Mauvais ordonnancement des taches.

III. Application de SMED et élaboration des actions amélioratives :

Avant de proposer les solutions pour les problèmes cités précédemment nous avons fait une analyse basée sur le Diagramme Ishikawa pour déterminer les causes de ces problèmes.

1. Diagramme Ishikawa :

Le diagramme d'Ishikawa ou le diagramme de causes-effet, également connu sous le nom de diagramme a arêtes de poisson est un outil utilisé pour la présentation par famille de toutes les causes possibles d'un problème sous forme graphique. La réalisation du diagramme d'Ishikawa se fait généralement par un groupe de travail pluridisciplinaire afin d'apporter des points de vue complémentaires et d'affiner l'identification des causes.

1.1. Méthodologie :

Pour appliquer le Diagramme Ishikawa il faut suivre les étapes suivantes :

- Etape 1 : identifier le problème en termes d'effet,
- Etape 2 : lister les causes (à mettre en œuvre avec la méthode des 5 pourquoi?).
- Etape 3 : tracer l'arête de poisson,
- Etape 4 : faire le tri, regrouper les causes équivalentes, supprimer les « solutions déguisées » ou fausses causes.
- Etape 5 : classer les causes suivant les 5 M : méthode - milieu - machine - main d'œuvre - matières premières,
- Etape 6 : tracer le diagramme (arête de poisson).

1.2. Application :

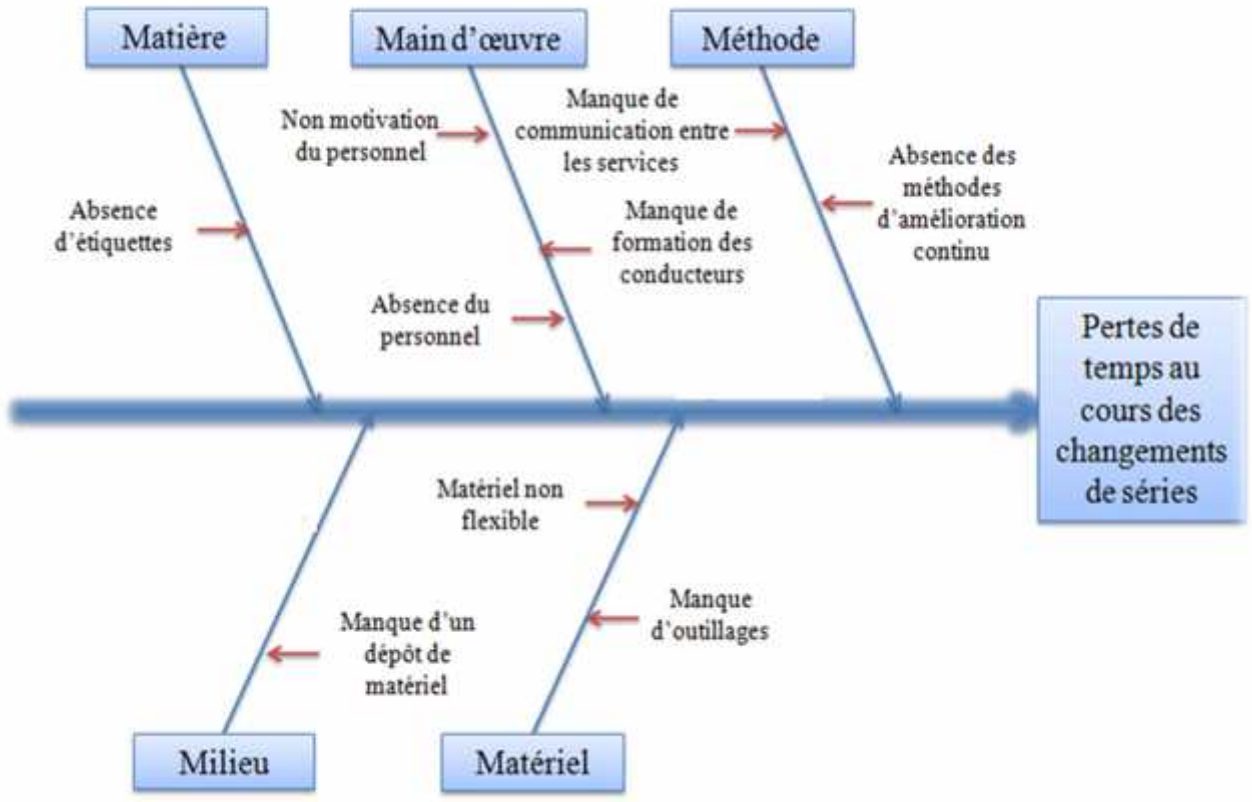

Figure 30: Diagramme Ishikawa pour les pertes du temps au cours des changements de série.

Après avoir classé et regroupé les causes potentielles de ce défaut selon les 5 M dans le diagramme Ishikawa, nous allons procéder à une analyse 5 Pourquoi pour remonter aux causes racines du problème et ainsi y remédier.

2. Méthode 5 Pourquoi :

2.1. Objectif :

Cette méthode d'analyse permet de rechercher les causes d'un problème, d'un disfonctionnement…

Elle repose sur un questionnement systématique destiné à remonter aux causes premières possibles d'une situation, d'un phénomène observé.

La plupart des problèmes sont entièrement résolues en mois de cinq questions.

2.2. Méthodologie :

La démarche consiste à se poser la question pourquoi au moins 5 fois de suite pour être sûr de remonter à la cause première du problème .Il suffit ensuite de visualiser les cinq niveaux sous forme d'arborescence.

Puis énoncer clairement le problème (s'attacher au fait, c'est-à-dire aux actions ou événements qui se sont réellement déroulés et décrire de façon objectif et précise)

Ensuite répondre à la question pourquoi et la réponse donnée devient un nouveau problème à résoudre et ainsi de suite.

Enfin apporter la solution.

2.3. Application de la méthode :

Nous avons appliqué la méthode 5 Pourquoi pour connaitre la cause racine des pertes de temps pendant l'opération de changement de série :

- Pourquoi il y a des pertes de temps pendant l'opération du changement de séries ?
  - ✓ Parce qu'il y a une mauvaise réalisation des taches de cette opération.
- Pourquoi il y a une mauvaise réalisation des tâches du changement de séries ?
  - ✓ Parce que plusieurs opérations et déplacements des opérateurs sont inutiles.
- Pourquoi il y a des opérations et déplacements qui sont inutiles ?
  - ✓ Parce qu'il ya une mauvaise planification.
- Pourquoi il ya une mauvaise planification ?
  - ✓ Parce que la méthode SMED n'est pas bien appliquée.
- Pourquoi la méthode SMED n'est pas bien appliquée ?
  - ✓ Parce que les opérateurs sont mal formés et non motivés.

2.4. Solutions proposées :

Après l'application de la méthode 5 Pourquoi on a trouvé que la cause racine du retard et des pertes du temps pendant l'opération du changement de séries est le manque de formation des opérateurs ainsi que l'absence de motivations et de soutien pour les encourager à donner leurs mieux .

Dans ce cadre, nous avons proposé plusieurs solutions qui se résument comme suit :

- Organiser des séances de formation pour sensibiliser les opérateurs de l'importance de l'utilisation des méthodes SMED… dans le développement de leur travail.
- Faire appel à l'audit pendant les opérations de changement de série pour éviter les retards du travail.
- Motiver les opérateurs par des primes supplémentaires au cas où le rendement de la ligne atteint la valeur demandée.
- Pénaliser les opérateurs en cas de non respect des consignes ou en cas de retard pendant la réalisation des tâches.

3. Détermination des postes critiques : analyse ABC.

Il sera utile pour déterminer sur quels secteurs nous devons agir en priorité pour améliorer de façon significative la situation.

Le diagramme de Pareto est un outil simple qui permet d'exposer les causes sur lesquelles il faut agir pour résoudre le problème.

3.1. Méthodologie :

Pour établir une analyse ABC il faut suivre les étapes suivantes :

- Répartir les données dans les catégories.
- Les catégories sont classées dans l'ordre décroissant.
- Faire le total des données.
- Calculer les pourcentages pour chaque catégorie.
- Déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique.
- Placer les colonnes (les barres) sur le graphique, en commençant par la plus grande à gauche.
- Lorsque les barres y sont toutes, tracer la courbe des pourcentages cumulés.

3.2. Mise en œuvre de la méthode :

Pour opter à cette analyse ABC, nous avons commencé par chronométrer les durées de changements pour chaque poste. Ces données sont classées par catégorie et par ordre décroissant. A la fin, nous avons calculé le pourcentage et le cumul pour chacune de ces postes. Le tableau ci-dessous présente l'analyse ABC des temps de changement de série pour chaque poste.

Postes	Durées (min)	Pourcentage des fréquences relatives	Cumul (%)
Câblage	284	43,23	43,23
Assemblage	105	15,98	59,21
Tréfilage	97	14,76	73,98
Isolation	76	11,57	85,54
Armage	39	5,94	91,48
Gaine1	28	4,26	95,74
Gaine2	28	4,26	100,00
	657		

Tableau 4: Analyse ABC sur les durées de changements de série.

A partir du tableau ci-dessus nous avons obtenus le graphe suivant :

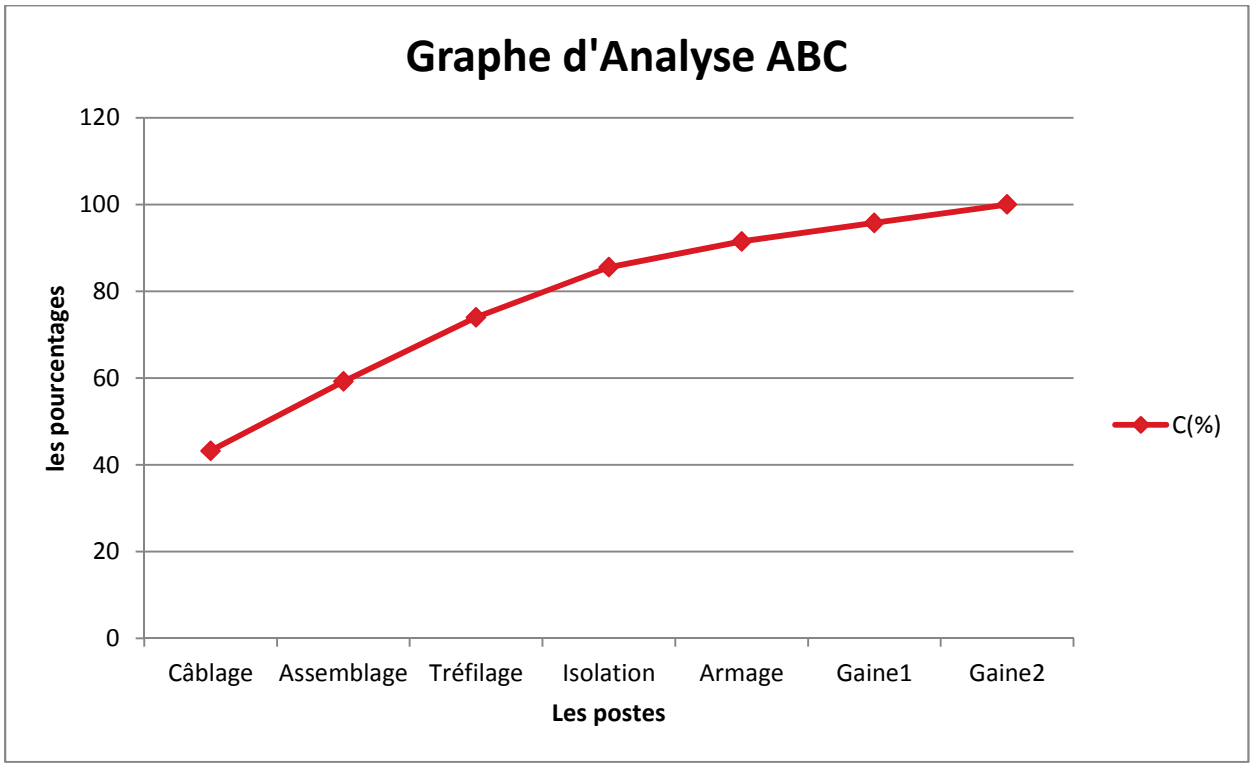

Figure 31: Analyse ABC des postes critiques.

D'après ce diagramme, nous devons mener des actions en priorité sur les postes suivants :

- Câblage.
- Assemblage.
- Tréfilage.

Pour faire réduire les durées de changements de série pour ces postes critiques nous avons appliqué la méthode SMED.

4. La démarche SMED :

SMED : Single Minute Exchange of Die, signifie en langue française (Système de modification rapide des réglages des machines). C'est une méthode d'organisation dont le but consiste à réduire de façon systématique le temps de changement d'outils à moins de 10 minutes.

Suivant le processus de fabrication, la méthode SMED s'applique essentiellement dans les industries où la production est organisée par fonction (Job shop). Le type de production qui s'y pratique est la production discontinue et en série.

Il s'agit de la fabrication de différents produits finis par lots homogènes et dans une même chaîne de production. Tous ne pouvant être fabriqués simultanément, on lance à tour de rôle une fabrication par lot suivie du stockage. Le cycle de production dans un tel cas peut avoir la configuration suivante : durant les deux premiers jours de chaque semaine, on réalise la fabrication du produit A. Le troisième et le quatrième jour, les outils de travail et les machines sont nettoyés, réglés puis on lance la fabrication du produit B et ainsi de suite.

Pour passer de la fabrication d'un produit à l'autre, on opère d'abord un changement d'outils dans les machines et postes de travail. C'est à ces temps de changement de série que s'intéresse la méthode SMED.

4.1. Objectifs de la méthode SMED :

La méthode SMED a été pour la première fois mise au point par ShigeoShingo à l'usine Toyota. Les temps de changement des outils avec arrêt de travail sont des temps improductifs. Réduire systématiquement ces derniers procure donc :

- **Un gain de temps :** opérer les changements d'outils en unité de temps d'un seul chiffre (1 à 9 minutes) ;
- **Un gain de productivité** : flexibiliser les machines et postes de travail. C'est-à-dire, améliorer leur capacité à changer rapidement de fabrication, réduire l'arrêt pour le changement des outils et si possible l'éliminer ;

- **Un gain d'argent** : réduire la taille de lot minimale. En effet, si les temps de changement de série deviennent nuls, on peut alors envisager une fabrication à l'unité sans augmenter les coûts. Moins de dépense pour le changement d'outils et plus de production en unité.

Au sens du SMED, le changement de fabrication est la durée qui s'écoule entre la dernière pièce bonne de la série précédente et la première pièce bonne de la série suivante. Durant cette période de temps improductive, des opérateurs reconfigurent les machines / postes de travail en exécutant un ensemble de tâches.

Une action SMED, consiste donc à diminuer ce temps consacré au réglage, afin d'obtenir des changements d'outils rapides ou des réglages instantanés.

4.2. Etapes de la méthode SMED.

La méthode SMED s'applique en trois principales étapes :

- **Etape 1** : Distinction / séparation des opérations internes et des opérations externes. Les opérations externes sont les opérations qui peuvent être effectué pendant le fonctionnement de la machine par contre les opérations internes s'effectuent seulement lors de l'arrêt de la machine.
- **Etape 2** : Conversion d'un maximum d'opérations internes en opérations externes.
- **Etape 3** : Rationalisation de toutes les opérations de réglage.

4.3. Application de la méthode SMED :

L'application de la méthode SMED passe par les étapes suivantes :

- 1ére étape : Distinction des opérations internes et externes :

Le tableau ci-dessous présente les opérations internes et externes pour chaque poste :

Description de la tâche		Opération	
		Interne	Externe
Déplacements de matériels		✓	
Câblage	Montage des roquettes	✓	
	Passage des fils	✓	
	Réglage de la section	✓	
	Montage de la bobine	✓	
Assemblage	Montage de la matière première	✓	
	Passage des câbles	✓	
	Réglage de la section	✓	
	Montage de la bobine	✓	
Tréfilage	Montage de la matière première	✓	
	Passage du fils	✓	
	Soudure	✓	
	Montage de roquette	✓	

Tableau 5: Distinction des opérations internes et externes.

➢ 2éme étape : La conversion des taches internes en opérations externes lors de changement de série:

- Conversion du déplacement de matériels en tache externe en effectuant les opérations de déplacement des outillages et des objets avant l'arrêt de la machine.
- Pour le reste des taches, nous ne pouvons pas les convertir en taches externes pour des raisons de sécurité.

➢ 3éme étape : Rationalisation de toutes les opérations de réglage :

✓ Au niveau du Câblage :

- Travailler sur les opérations du réglage de la section considérée et le montage de la bobine, parallèlement avec le montage des roquettes et l'arrive de la matière première.
- Augmenter l'effectif des opérateurs pendant le changement de série.
- Déplacer les matériels utilisés avant le début de changement de série.

✓ Au niveau de l'Assemblage :

- Travailler en parallèle sur les opérations du montage de la matière première et le montage des roquettes avec le réglage de la section et le montage de la bobine.
- Déplacer les matériaux qu'on va utiliser avant le début de changement.
- Augmenter l'effectif des opérateurs pendant le changement de série.

✓ Au niveau de Tréfilage :

- Travailler sur les opérations du montage de la bobine en parallèle avec le montage de la matière première.
- Déplacer les matériaux qu'on va utiliser avant le début de changement.
- Augmenter l'effectif des opérateurs pendant le changement de série.

IV. Valeurs ajoutées sur les temps du changement de série:

Après l'application de la méthode SMED nous avons prévu des réductions du temps de changement de série suivantes :

L'application des actions améliorative d'une façon optimale va donner des résultats performants, les chronogrammes suivants montrent les résultats souhaités avant l'application des propositions :

- Réduction du temps de changement de série du Câblage pour la section (3*240) à 156 min (188 min avant).

*Figure 32: Chronogramme du Câblage (3*240) après SMED.*

- Réduction du temps de changement de série du Câblage pour la section (95) à 75 min (96 min avant).

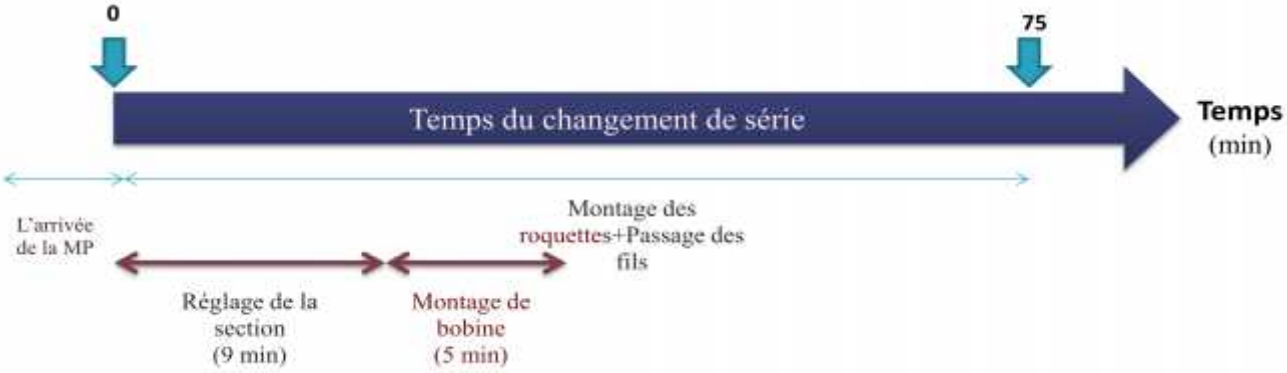

Figure 33: Chronogramme du Câblage (95) après SMED.

- Réduction du temps de changement de série d'Assemblage à 54 min (105 min avant).

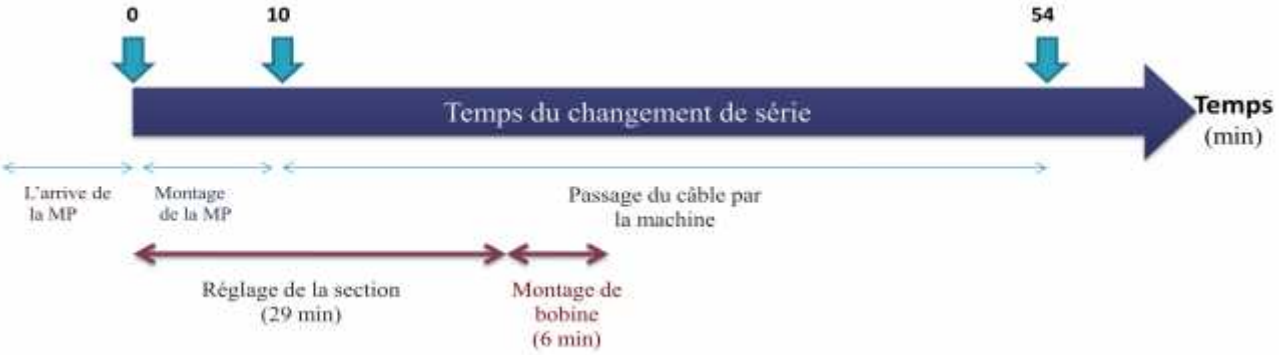

Figure 34: Chronogramme d'Assemblage après SMED.

- Réduction du temps de changement de série du Tréfilage pour la section (3*240) à 39 min (45 min avant).

*Figure 35: Chronogramme du Tréfilage (3*240) après SMED.*

- Réduction du temps de changement de série du Tréfilage pour la section (95) à 46 min (52 min avant).

Figure 36: Chronogramme du Tréfilage (95) après SMED.

Apres avoir proposé les actions amélioratives à Mr. M.JEDRA le directeur de Développement & Qualité. Il nous exige de les appliquées.

1. Valeurs ajoutées réelles :

L'application de ces méthodes sur les lignes de production Tréfilage, Câblage et l'Assemblage a donné les résultats suivants :

- Réduction du temps de changement de série d'Assemblage à 83 min (105 min avant) en parallélisant le changement de la bobine avec le réglage de la section et en éliminant le temps de déplacements de la matière première.

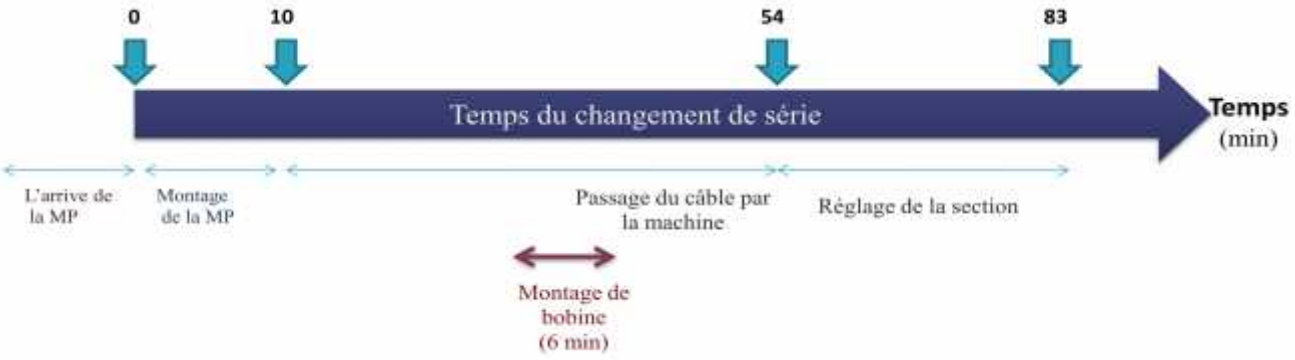

Figure 37: Chronogramme d'Assemblage après l'application réelle du SMED.

- Réduction du temps de changement de série du Câblage pour la section (3*240) à 173 min (188 min avant) en parallélisant le changement de la bobine avec le réglage de la section et en éliminant le temps de déplacements de la matière première.

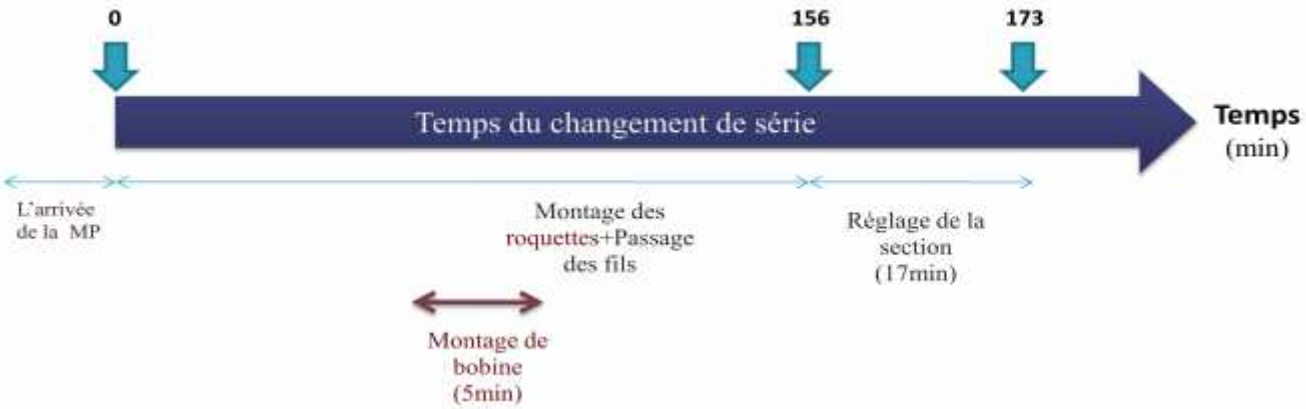

*Figure 38: Chronogramme du Câblage (3*240) après l'application réelle du SMED.*

- Réduction du temps de changement de série du Câblage pour la section (95) à 84 min (96 min avant) en parallélisant le changement de la bobine avec le réglage de la section et en éliminant le temps de déplacements de la matière première.

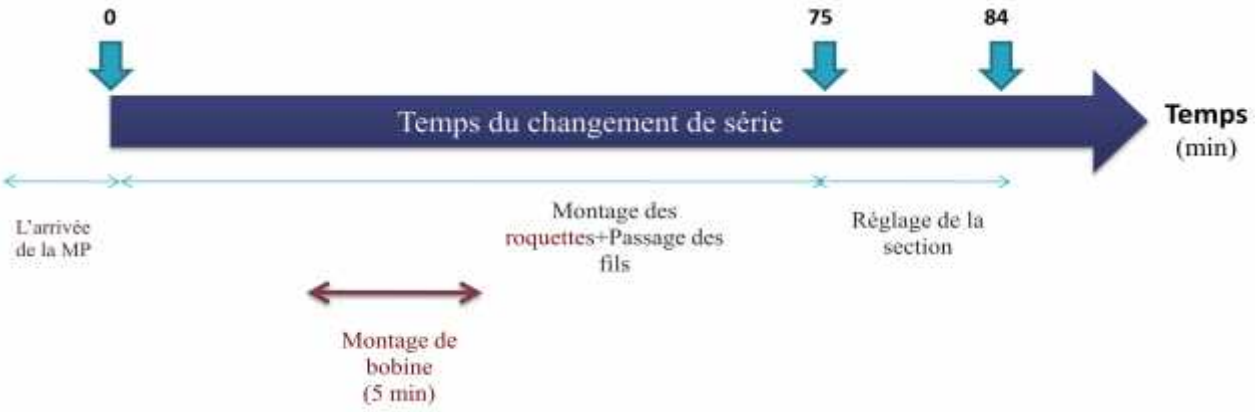

Figure 39: Chronogramme du Câblage (95) après l'application réelle du SMED.

- Réduction du temps de changement de série du Tréfilage pour la section (3*240) à 39 min (45 min avant) en parallélisant le changement de la bobine avec le montage de la matière première et en éliminant le temps de déplacements de la matière première.

*Figure 40: Chronogramme du Tréfilage (3*240) après l'application réelle du SMED.*

- Réduction du temps de changement de série du Câblage pour la section (95) à 46 min (52 min avant) en parallélisant le changement de la bobine avec le montage de la matière première et en éliminant le temps de déplacements de la matière première.

Figure 41: Chronogramme du Tréfilage (95) après l'application réelle du SMED.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de déterminer les causes principales des pertes de temps pour chaque poste, en utilisant les méthodes 5 Pourquoi, Diagramme ISHIKAWA et l'analyses ABC, et qu'on peut les résumer en : un mode de changement de série non optimisé, un mauvais système de communication et un manque de formation des opérateurs.

Pour remédier à ces problèmes, nous avons appliqué la méthode SMED sur les changements de série, en parallélisant les tâches internes de chaque poste, en effectuant les opérations de changement de série des machines pendant le temps masqué et en éliminant le temps de déplacements des matériels utilisés.

Nous n'avons pas pu mettre en œuvre toutes les solutions proposées, vu que le temps n'était pas suffisant et la non-disponibilité des opérateurs et des moyens.

La méthode SMED pour la section (3* 240+95) a menée à une diminution du temps de changement d'une valeur de 61 min (9.28%).

Chapitre III : Amélioration du temps de la production du câble famille ARVFV:

Dans ce troisième chapitre, nous nous intéresserons à l'étude des temps de production pour chaque poste, en présentant ses différents problèmes et les améliorations proposées.

I. Introduction :

Nous nous sommes intervenus dans un contexte de développement de la productivité du câble famille ARVFV. Afin de répondre à ce besoin nous étions amenés à augmenter la cadence de production de la chaine avec un minimum de recrutement humain. De plus, l'un des plus grands problèmes au sein de l'atelier est la perte de temps dû aux déplacements des opérateurs et les pertes de temps à cause de la recherche des pièces de rechange. Donc notre projet dans ce cadre consiste, dans un premier temps l'amélioration de la cadence, dans un deuxième temps il consiste à s'intéresser aux opérateurs et les former et minimiser les temps d'arrêts par l'application de la démarche 5S.

II. Amélioration de la cadence de production:

1. Analyse de l'existant:

Les câbleries du Maroc vu les défis qu'elle confronte est invitée à améliorer sa cadence de production afin de rester en concurrence et gagner d'autres part de marché.

Pendant notre durée de stage nous avons fait un suivi afin de déterminer le temps nécessaire pour produire chaque type de câble.

Le tableau suivant présente les temps de production de la famille ARVFV *:*

Postes / Sections(mm²)	Tréfilage (min/Km)	Câblage (min/km)	Isolation (min/Km)	Assemblage (min/Km)	Gaine1 (min/Km)	Armage (min/Km)	Gaine2 (min/Km)	Total (min/Km)
3*240	516,44	185,29	220,99	73,16	280,66	150,19	280,66	1851,49
95	56,44	21	66,66					
3*150	229,82	75	428,57	71,43	100	181,81	100	1291,12
70	49,83	40,38	14,28					
3*95	169,2	63	200	23,8	142,85	181,81	142,85	1036,08
50	30,81	61,76	20					
3*70	149,49	121,15	42,84	25	66,66	142,85	66,66	727,22
50	30,81	61,76	20					
3*185	325,24	157,5	300	50	169,83	181,81	169,83	1458,7
70	49,83	40,38	14,28					
3*120	262,05	185,29	300	27,77	100	181,81	100	1261,41
70	49,83	40,38	14,28					
2*16	64	95,45	25	16,66	-	-	-	201,11
4*16	128	190,9	50	20	-	-	-	388,9
3*35	37,29	121,15	42,85	17,85	-	-	-	430,44
54,6	31,24	65,62	22,22					
16	32	47,72	12,5					
3*50	92,43	185,28	60	23,25	-	-	-	572,26
54,6	31,24	65,62	22,22					
16	32	47,72	12,5					
3*70	149,49	121,14	42,84	40	-	-	-	564,77
54,6	31,24	65,62	22,22					
16	32	47,72	12,5					

Tableau 6: Temps de production pour les postes.

Dans notre projet, nous nous intéresserons sur la famille ARVFV, parce qu'elle passe par toutes les opérations dans le flux de production.

Nous allons travailler sur la section (3*240 + 95) parce qu'elle la plus critique parmi toutes les sections, elle dure 1851min 30sec.

Nous devons déterminer les postes les plus critique dans la fabrication du câble (3*240 + 95), pour cela nous avons choisi l'analyse ABC que nous allons appliquer sur cette section.

1.1. Mise en œuvre de la méthode :

Pour une analyse ABC, nous avons commencé par chronométrer les durées nécessaires pour chaque poste. Ces données sont classées par catégorie et par ordre décroissant. A la fin, nous avons calculé le pourcentage et le cumul pour chacune de ces postes :

Poste	Temps (min)	%	%cumulé
Tréfilage	572,88	30,94	**30,94**
Isolation	287,65	15,53	**46,47**
Gainage	280,66	15,15	**61,63**
Gainage	280,66	15,15	**76,79**
Câblage	206,29	11,14	**87,93**
Armage	150,19	8,11	**96,04**
Assemblage	73,16	3,95	**100**
	1851,49		

Tableau 7: Analyse ABC des temps de production de chaque poste.

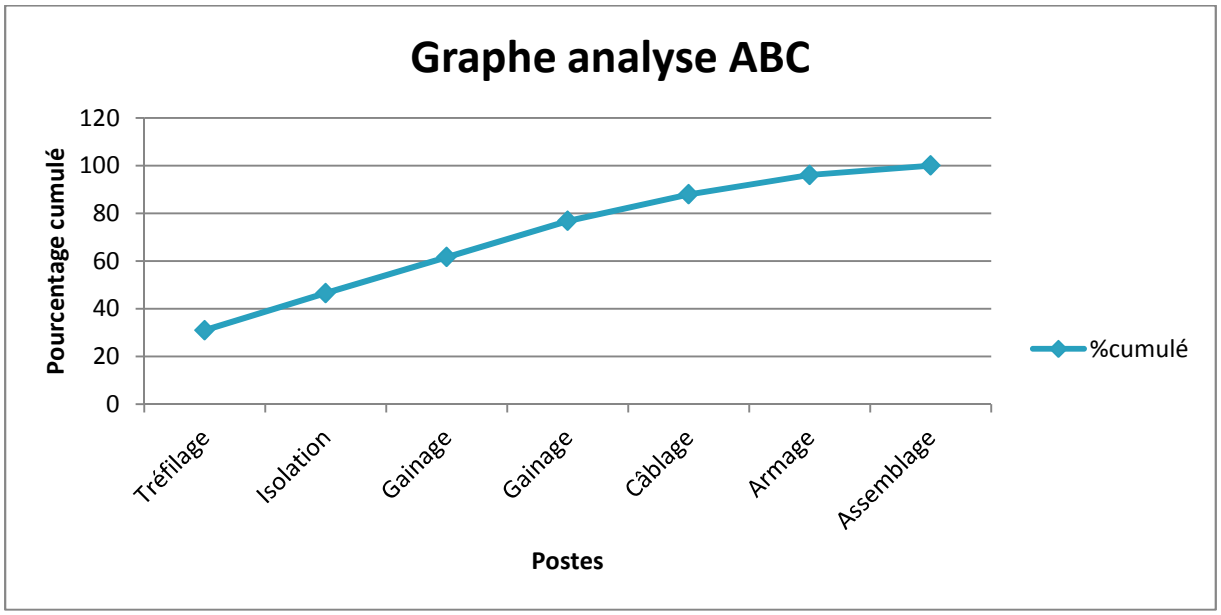

Figure 42: Analyse ABC des temps de production de chaque poste.

D'après l'analyse ABC, les postes sur lesquels nous devons agir en priorité sont :

- Le Tréfilage.
- Isolation.
- Gainage1.
- Gainage2.

Pour chaque poste et selon le diamètre ou la section traitée, il existe une vitesse standard de production mais les opérateurs ne les respects pas donc il une vitesse de production réelle.

2. Vitesse réelle de production :

Le tableau ci-dessous présente les vitesses actuelles, les vitesses de constructeurs et les vitesses standards demandées aux opérateurs.

- Au niveau du tréfilage :

Diamètre (mm)	Vitesse constructeur (m/min)	Vitesse standard (m/min)	Vitesse réelle (m/min)
2,5	750	600	373
2,7	650	500	380
2,92	600	430	392
3,15	1200	700	337

Tableau 8: vitesse de production du tréfilage.

- Au niveau de l'isolation :

Sections (mm²)	Vitesse constructeur (m/min)	Vitesse standards (m/min)	Vitesse réelle (m/min)
150	15	10	7
240	25	20	15
70	45	38	30
120	30	20	10
95	30	25	15
50	80	70	50
185	30	20	10

Tableau 9: vitesse de production d'isolation.

- Au niveau du gainage1:

Sections (mm²)	Vitesse constructeur (m/min)	Vitesse standard (m/min)	Vitesse réelle (m/min)
3*240+95	10	6	3,75
3*95+50	10	6	7
3*150+70	25	20	10
3*70+50	25	20	15
3*120+70	25	20	10
3*185+70	10	6	6

Tableau 10: vitesse de production du gainage 1.

- Au niveau du gainage 2 :

Pour le gainage 2, les vitesses utilisées sont les mêmes vitesses utilisées pour le gainage 1 :

Sections (mm^2)	Vitesse constructeur (m/min)	Vitesse standard (m/min)	Vitesse réelle (m/min)
3*240+95	10	6	3,75
3*95+50	10	6	7
3*150+70	25	20	10
3*70+50	25	20	15
3*120+70	25	20	10
3*185+70	10	6	6

Tableau 11: vitesse de production du gainage 2.

D'après les données suivantes, nous remarquons que les vitesses standards ne sont pas respectées par les opérateurs, cela est dû aux problèmes suivants :

- Mauvaise formation des opérateurs.
- Vieillissement des machines.
- Absence d'un control quotidien de la production.
- Démotivation des opérateurs.

2.1. Solutions proposées :

- Motiver les opérateurs par des primes supplémentaires au cas où le rendement de la ligne atteint la valeur demandée.
- Faire appel à un contrôle quotidien de la production.
- Pénaliser les opérateurs en cas de non-respect des consignes.
- Mettre en place sur chaque poste les vitesses standard pour chaque diamètre et chaque section.
- Organiser des séances de formation pour les opérateurs afin de les sensibiliser de l'importance de l'amélioration de production.

3. Mise en place des fiches de vitesses :

Le non-respect des vitesses standard demandées par la direction engendre des pertes de temps dans la production et la livraison du produit fini, ce qui cause la non-satisfaction du client et ainsi la perte d'une part de marché.

Afin de remédier à ces problèmes nous avons mis en place sur chaque poste les vitesses à respecter pour chaque diamètre et chaque section.

a) Tréfilage :

Le tableau ci-dessus présente les vitesses standards appliquées sur le poste de tréfilage.

Diamètres (mm^2)	**Vitesses standards (m/min)**
1,7	950
2,15	670
2,5	600
2,7	500
2,92	430
3,15	700

Tableau 12: Vitesses standards pour le Tréfilage.

b) Isolation :

Le tableau ci-dessous présente les vitesses standards appliquées au poste d'isolation :

Sections (mm^2)	Vitesse standard (m/min)
150	10
240	20
25	120
70	38
35	95
120	20
95	25
50	70
185	20
54,6	60
16	110

Tableau 13: Vitesses standards pour l'Isolation.

c) Gainage 1 :

Le tableau ci-dessus présente les vitesses standards appliquées sur du poste de Gainage.

Sections (mm^2)	Vitesse standard (m/min)
4*35	20
3*240+95	6
4*50	20
3*95+50	6
3*150+70	20
3*70+50	20
3*120+70	20
3*185+70	6
2*16	6
4*16	6

Tableau 14: vitesses standards pour le gainage.

NB : les vitesses du gainage 1 et 2 restent les mêmes et il s'effectue dans le même poste.

Les figures ci-dessous montrent la mise en place des fiches de vitesses standards sur chaque poste et pour chaque section :

Figure 43: Fiche de vitesse pour le poste d'Isolation.

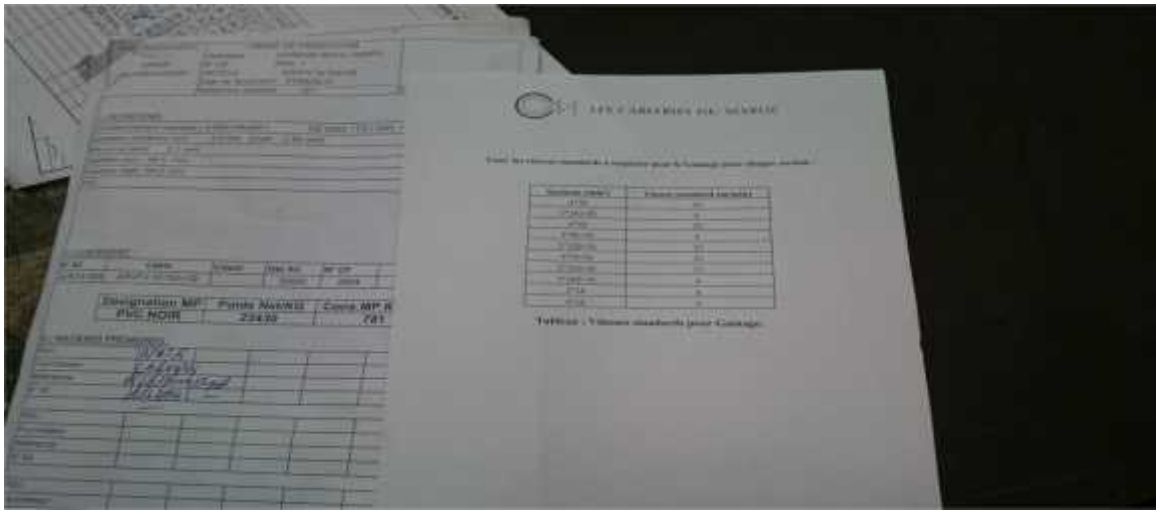

Figure 44: Fiche de vitesse pour le poste du Gainage.

Figure 45: Fiche de vitesse pour le poste du Tréfilage.

III. Valeur ajoutée sur les temps de production :

Après la mise en place des fiches de vitesses de chaque poste, le temps de production du câble ARVFV section (3 x 240 + 95) s'est bien diminué, le tableau suivant montre le temps gagné par chaque poste :

- Avant :

Postes / Sections	Tréfilage (min)	Câblage (min)	Isolation (min)	Assemblage (min)	Gaine1 (min)	Armage (min)	Gaine2 (min)	**Total (min/Km)**
3*240	516,44	185,29	220,99	73,16	280,66	150,19	280,66	1851,49
95	56,44	21	66,66					

Tableau 15: Temps de production avant amélioration.

- Apres :

Postes / Sections	Tréfilage (min)	Câblage (min)	Isolation (min)	Assemblage (min)	Gaine1 (min)	Armage (min)	Gaine2 (min)	**Total (min/Km)**
3*240	491,42	185,29	169,98	73,16	180,66	150,19	180,66	1547,97
95	55,61	21	40					

Tableau 16: Temps de production après amélioration.

Après la mise en œuvre de la proposition, nous avons pu diminuer le temps de production de 16,40%, est donc un gain de temps de 303min 31sec pour 1Km.

L'application de la proposition sur chaque poste donnerait des résultats plus agréables et des gains en termes de temps.

IV. Remise à niveau des 5S dans le magasin des pièces de rechanges:

Pendant la production, il existe aussi des pertes de temps au niveau de la maintenance curative, cela est dû dans la majorité des cas à l'indisponibilité des pièces de rechanges ou bien à la mauvaise organisation du magasin.

Pour remédier à ce problème la mise en place d'un chantier 5S dans le magasin des pièces de rechanges pour assurer la disponibilité des outils et matériaux nécessaires avant chaque opération de maintenance curative.

1. Gestion des pièces de rechange :

La gestion de stock des pièces de rechange à « Les câbleries du Maroc » est jugée par le responsable logistique et développement, non fiable car elle n'est pas basée sur une démarche scientifique en déterminant les quantités minimales pour chaque référence, ainsi que l'organisation des pièces de rechanges dans le magasin est aléatoire.

2.1. Politique actuelle de la gestion des pièces :

Lors d'une demande d'intervention de maintenance curvative, on passe par le processus suivant :

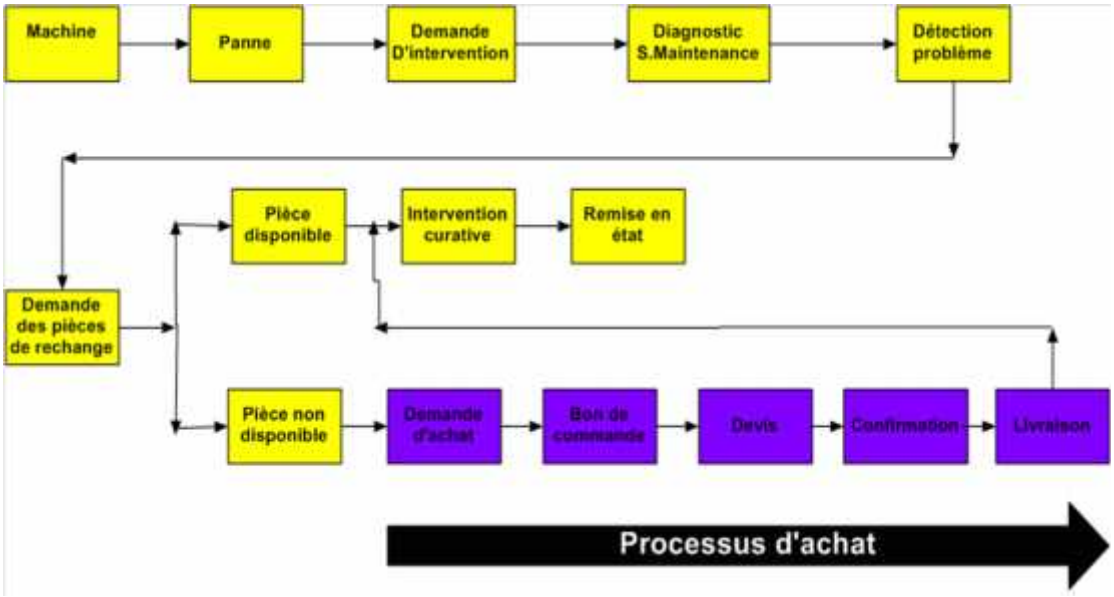

Figure 46: processus de maintenance.

Le schéma ci-dessus décrit le processus de service de la maintenance, après chaque panne machine une demande d'intervention est faite par le service de production le plus vite possible pour remettre la machine en marche et pour ce faire un diagnostic préliminaire est primordial pour évaluer l'état et détecter les éventuels problèmes.

Après le diagnostic le service maintenance est amené à faire une demande des pièces de rechange nécessaires à l'opération curative auprès du magasinier, à ce stade deux scénarios sont possibles :

- La pièce de rechange demandée est disponible dans le magasin alors nous passons directement à l'intervention curative et puis la remise en marche de la machine

- La pièce de rechange demandée n'est pas en stock, alors nous passons la demande au service d'achat pour l'assurer.

Le deuxième cas signifie un gaspillage important en termes de temps d'attente que causera un arrêt de production au niveau de la machine concernée que peut s'étaler parfois à des jours.

Pour cela nous avons jugé important d'appliquer un atelier 5S au sein du magasin des pièces de rechange pour assurer un climat adéquat au travail et éviter et proposer un réaménagement optimal pour faciliter l'opération de la recherche des pièces.

Pour illustrer le problème de la disponibilité des pièces de rechange, nous proposons l'exemple suivant:

Figure 47: Exemple extrait de la GMAO.

On remarque d'après cet exemple que la demande d'intervention a été faite le 04/03/2015 23 :00, mais l'intervention curative a été réalisée le 06/03/2015 08 :30, et ce décalage d'un jour et 14.5 heures est due au manque de certaines pièces de rechange dans le stock, Or, pour éviter ce genre des problème il faut suivre une gestion d'approvisionnement optimale et efficace.

Figure 48 : Demande d'approvisionnement des pièces de rechange.

La figure ci-dessus montre une liste des pièces faisant l'objet d'une demande d'approvisionnement qui était la cause derrière le retard d'une intervention curative.

2.2. Réaménagement de magasin des pièces de rechange :

Avant d'aborder n'importe quel projet dans le milieu industriel il faut assurer un environnement convenable au travail afin d'améliorer le rendement, et pour cette raison nous avons décidé de faire un réaménagement radical pour le magasin des pièces de rechange, en réalisant un chantier 5S.

L'état de magasin était désagréable en termes d'organisation, propreté et d'aménagement.

Pour mieux illustrer l'état des lieux, on s'est servi des photos (voir figure ci-dessous) car elles permettent de traduire un état qui est difficile à mesurer et quantifier. L'opérateur trouve des difficultés dans la recherche d'outillages nécessaire ainsi que les pièces de rechanges.

Figure 49: Etat du magasin avant 5S.

3. Remise à niveau des 5S :

3.1. Introduction :

Les 5S, avec leurs méthodes et leurs outils, doivent permettre à l'entreprise de développer son avantage concurrentiel.

Les 5 S sont les cinq initiales de mots japonais qui ont pour objectif de systématiser les activités de rangement, de mise en ordre et de nettoyage dans les lieux de travail. De plus, la démarche 5 S met tout en œuvre pour maintenir et améliorer l'état actuel de la situation. On part du principe, qu'éliminer les pertes constitue un gain. Il n'y a pas d'amélioration réelle de productivité ou de qualité si, par ailleurs, subsistent des gaspillages.

3.2. Présentation de la démarche 5S :

Les 5 étapes à suivre pour appliquer les **5S** (initiales de 5 mots japonais) sont :

- *SEIRI* : Débarrasser (éliminer ce qui est inutile).

- *SEITON* : Ranger (classer, ordonner ce qui est utile).
- *SEISO* : Nettoyer et inspecter (tenir propre les outils, les équipements, l'atelier ...).
- *SEIKETSU* : Standardiser (établir et formaliser des règles).
- *SHITSUKE* : Respecter, faire respecter ce standard et progresser (respecter les règles).

Les objectifs des 5S sont :

- Minimiser les pertes de temps à chercher un outil, un objet ou un document.
- Réduire le nombre de pannes et réagir en temps réel.
- Rendre évidentes les conditions de bon fonctionnement et mettre en lumière les dysfonctionnements.
- Vivre mieux :
- Améliorer les conditions de travail (obtenir la propreté, diminuer le nombre d'accidents...)
- Transformer physiquement l'environnement du poste de travail, car il agit profondément sur l'état d'esprit et le comportement de chacun quel que soit son niveau hiérarchique.
- Favoriser l'esprit d'équipe.

3.3. Application des 5S :

1er S : Débarrasser

Trier les éléments du poste de travail ce qui est strictement nécessaire et qui doit être conservé en éliminant le reste.

- Eliminer tous les pièces de rechanges ayant dépassées leurs durées de fonctionnement.
- Eliminer tous les matériaux qui ne fonctionnent plus ou bien défaillants.
- Les cartons doivent être dégagées du poste de travail juste après leur utilisation.
- Consacrer une zone pour les rebuts.

2éme S : Ranger

Aménager en réduisant les gestes inutiles, efforts et pertes de temps : une place pour chaque chose et chaque chose à sa place.

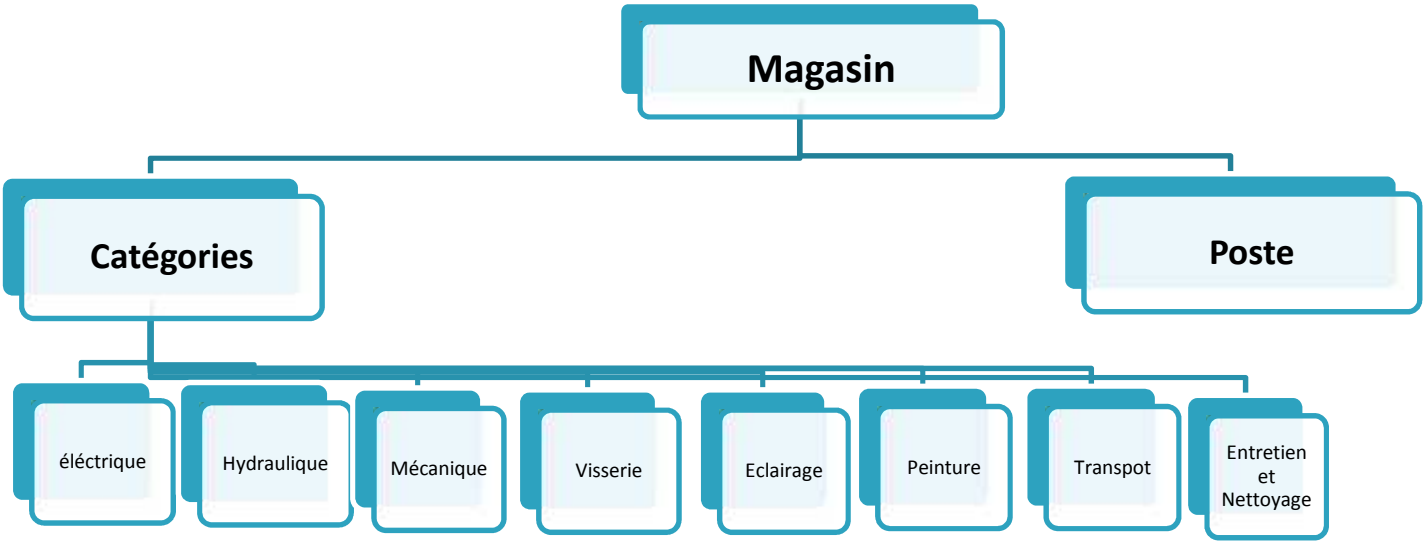

Figure 50: Classification magasin.

Nous avons subdivisé le magasin en deux grandes parties, dans la première partie nous avons catégorisé les pièces par nature (électrique, mécanique, hydraulique..), or dans la deuxième, la classification a été faite par machine, car dans le stock se trouvent des pièces consacrées à des machines précises.

- Classification par poste :

Nous avons opté pour la méthode ABC pour classifier les postes selon leurs taux d'arrêt (tableau 17) :

Opérations	Temps d'arrêt (min)	%	%cumulé
Tréfilage	192,52	50,66	50,66
Câblage	95,42	25,11	75,76
Isolation	54,04	14,22	89,98
Assemblage	16,02	4,22	94,20
Armage	8,87	2,33	96,53
Gainage1	6,59	1,73	98,27
Gainage2	6,59	1,73	100,00
	380,05		

Tableau 17: analyse ABC des temps d'arrêt pour les postes.

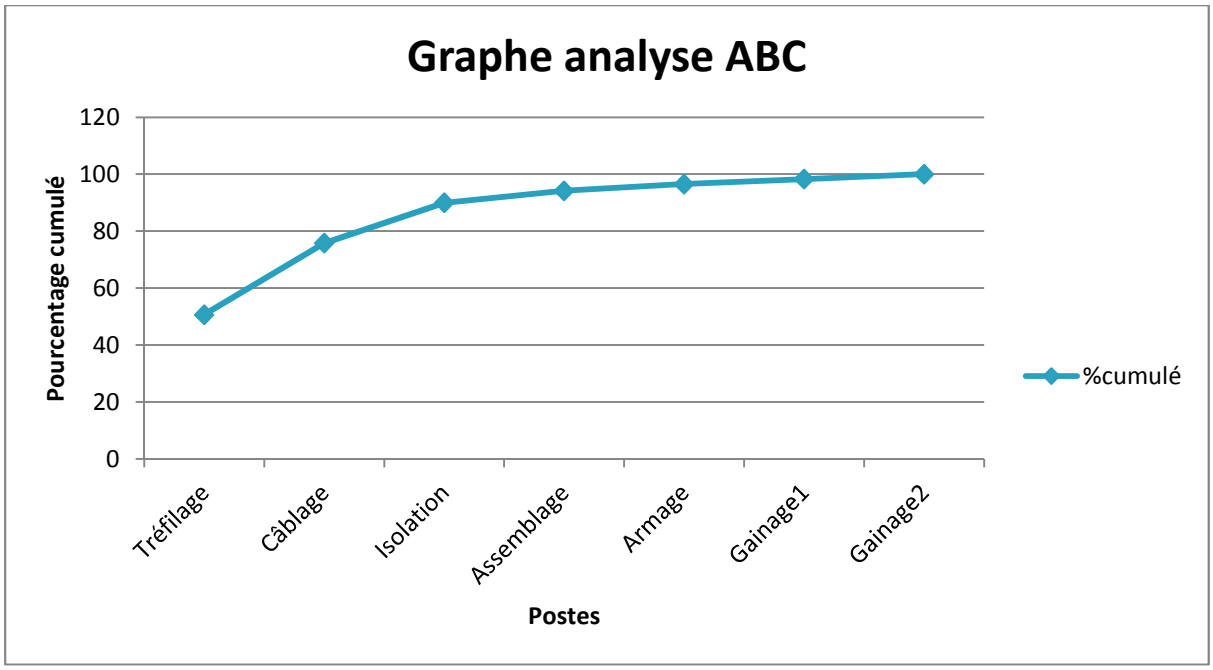

Figure 51: Classification ABC des postes selon leurs temps d'arrêt.

Après avoir déterminé les classes, nous avons mis les pièces concernant les postes qui tombent souvent en panne au milieu du rayonnage (Classe A), suivi des pièces qui tombent du temps à autre en panne (Classe B) et au-dessous celles des postes qui tombent rarement en panne.

- Classification par catégories :

Dans la première partie du magasin, nous trouvons les pièces de rechange standards (qui peuvent appartenir à plusieurs machines) mises en place sous des catégories (électrique, mécanique, hydraulique…).

Nous avons identifié les catégories des pièces de rechange et leur ordre selon le degré de rotation des pièces.

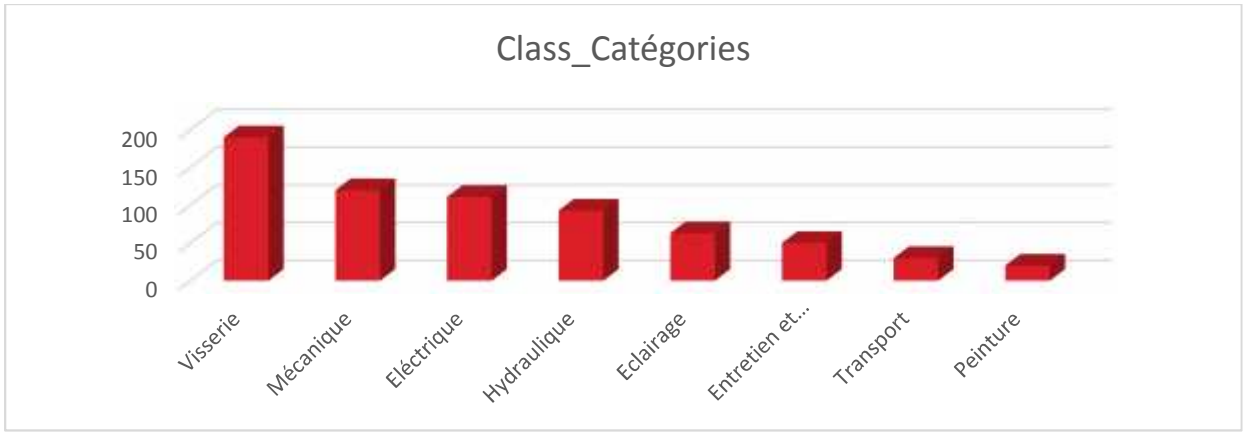

Figure 52: Classification catégories.

3ème S : Nettoyer

Assurer la propreté du poste de travail en luttant contre les salissures et ainsi permettre d'inspecter les machines afin de détecter les anomalies et usures prématurées.

- Nettoyer les matériels et s'assurer qu'ils fonctionnent correctement et qu'ils n'ont pas des effets sur la qualité des produits, sur le fonctionnement des machines et même sur la sécurité des opérateurs.
- Détecter et corriger les anomalies des outils.
- Nettoyer et repeindre l'atelier.

4ème S : standardiser

Définir les règles par lesquelles le poste de travail restera débarrassé des objets inutiles, rangé, nettoyé et inspecté en précisant les moyens d'éliminer les causes de salissures ou de désordre.

- Définir des règles simples et efficaces pour se conformer, et pour faciliter la communication entre les ingénieurs, les chefs d'équipes et les opérateurs.
- placer chaque outil dans sa case et le nommer afin de permettre à l'opérateur de reconnaître ou discriminer l'outil dont il a besoin.

5éme S : Respecter, faire respecter et progresser

Du ressort du management, se fixer pour but le maintien des bonnes habitudes en soutenant et en encourageant les collaborateurs à adhérer et à respecter les règles.

- Chercher toujours à développer le projet (enrichissement constant).
- Être audité par un auditeur indépendant (qualité ...).
- L'existence et le respect des standards (élimination, rangement et nettoyage - inspection,).

3.4. Propositions pour la mise à niveau des 5S :

Afin d'assurer toujours la mise à niveau des 5S nous avons proposé la démarche suivantes :

- Nommer un chef de projet 5S, connaissant la méthodologie et convaincu de l'intérêt des 5 S, et qui a pour rôle :
  - La collecte des informations existantes sur le sujet.
  - Choix d'un ou plusieurs chantiers pilotes.
  - La formation et l'accompagnement des pilotes de ces zones.
  - Le respect de la méthodologie 5 S telle que définie précédemment du 1er

au 5ème S.

- L'élaboration des propositions de déploiement.

➢ Présenter au Comité de Direction et aux Responsables :

- Les résultats des 5 zones sensibles.
- La proposition de déploiement de la méthode 5S à l'ensemble du site.

➢ Par zone, nommer un animateur (choisi par la hiérarchie) et un parrain (indépendant de la zone).

✓ Le parrain apporte:

❖ Aux animateurs :

- Un renforcement en réalisant conjointement l'inspection du secteur, une vision nouvelle et de l'écoute.
- Un levier pour débloquer la situation sur place en pilotant les demandes éventuelles de moyens.

❖ Aux équipes :

- L'exemplarité en s'impliquant dans la démarche. Il prouve ainsi que chaque collaborateur est concerné.

❖ A sa propre équipe :

- Une autre vision des 5S (Benchmarking).

✓ L'animateur apporte :

- Une attention quotidienne.
- Une implication.

Formez, avec des sessions courtes et à dates flexibles, les animateurs et les parrains sur la méthodologie et la finalité des 5 S ainsi que sur leurs missions respectives et le référentiel d'auto-évaluation.

V. Résultats obtenus :

Apres la mise en place du chantier 5S, nous avons pu organiser le magasin de pièces de rechanges.

La mise en place de chaque élément dans sa place et la classification de chaque outil selon sa catégorie ou son poste permettrait de gagner un temps non-négligeable dans la maintenance curative.

Les images suivantes prises après la mise en place du chantier 5S montre la valeur ajoutée sur le magasin des pièces de rechanges :

Figure 53: état du magasin après les 5S.

L'application de la méthode 5S a donné les résultats suivants :

- Réduction des pertes de temps pour la recherche des outils
- Amélioration de la sécurité au travail et réduction des risques de pollution.
- Elimination du temps des réglages et des essais inutiles.

VI. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à l'amélioration de la productivité de la ligne en prenant l'exemple du câble ARVFV.

Pour cela nous avons proposé d'organiser des séances de formations aux opérateurs, car la majorité des pertes de temps sont dues à la mauvaise formation des opérateurs, cela nous permettra d'améliorer la productivité et ainsi la qualité des produits fabriqués par l'entreprise.

Nous avons aussi mis en place les fiches de vitesses standards demandés par la direction sur chaque poste vu que les vitesses standards ne sont pas respectées par les opérateurs.

Cette action nous a permis de réduire le temps de production d'une valeur de 16,40% et donc un gain de 303min30sec pour chaque Kilomètre.

Nous avons aussi appliqué un chantier 5S dans le magasin des pièces de rechanges pour réduire les pertes de temps dus à la recherche des outils nécessaires et ainsi pour assurer la propreté du magasin.

L'application des 5S va permettre de réduire les temps gaspillé lors de la recherche d'outils nécessaires, récupération des espaces de stockage, amélioration des conditions de travail et un gain de temps dans la manutention.

Conclusion générale :

Le travail présenté dans ce rapport a pour but l'amélioration de la productivité des postes au sein de l'entreprise <<LES CABELERIES DU MAROC>>.

Le premier volet était l'amélioration du temps de préparation du câble famille ARVFV, que nous avons effectué grâce à l'application de la méthode SMED, Ishikawa, Analyse ABC. Le résultat de ces méthodes pour la section (3* 240+95) a donnée à une diminution du temps de changement d'une valeur de 61 min (9.28%) pour chaque Kilomètre.

Le second volet, consiste à améliorer les temps de production, afin d'atteindre l'objectif en performance. Nous avons réussi cette amélioration en travaillant sur les facteurs principaux : Les vitesses de production, la formation des opérateurs, les temps d'arrêt. Pour remédier a ses problèmes nous avons mis en place des fiches de vitesses, proposé une formation pour les opérateurs, et une application du chantier 5S. Ces actions nous ont permis de réduire le temps de production d'une valeur de 16,40% et donc un gain de 303min30sec pour chaque Kilomètre.

Malheureusement nous n'avons pas pu mis en œuvre toutes les solutions proposées, si non les résultats pouvaient plus agréables.

En conclusion, ce projet de Fin d'Etudes qui a duré trois mois, nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et de les appliquer dans des cas réels et concrets. Il nous a également permis d'améliorer nos capacités relationnelles et professionnelles, ceci malgré les difficultés rencontrées, telles que la recherche de l'information, la gestion de flux d'information, la fiabilisation et les mises à jour des documents.