

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Études

L'amélioration du contrôle qualité de la
zone d'assemblage du projet RGV

Lieu : ALSTOM

Référence : 24/17GI

Préparé par :

-EDDAFIR Meryem

- EL MOUTAANI Fatima Zohra

Soutenu le 9 Juin 2017 devant le jury composé de :

- Pr Mohamed EL HAMMOUMI (Encadrant FST)

- Pr Mouna ABARKANE (Examinatrice)

- Pr Bouchra RZINE (Examinatrice)

- Mr. Ahmed CHAIB (Encadrant Société)

Remerciements

Nos remerciements les plus sincères à Monsieur le Doyen le **Professeur Mustapha Ijjaali** et à l'ensemble du corps enseignant ; professeurs et Administrateurs de la **Faculté de Sciences et Techniques de Fès (F .S.T. Fès)**.

Nos remerciements les plus profonds à tous nos professeurs du département du génie industriel, à ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation et à la réussite de trois années d'études au sein de la **F.S.T.**

Nous adressons également toute notre reconnaissance et notre gratitude à nos encadrants pour la réalisation du présent rapport à :

- Monsieur **Mohamed EL HAMMOUMI (Encadrant à FST)**.
- Monsieur **Ahmed CHAIB (Encadrant à Alstom)**.

Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance à l'ensemble de l'équipe de la société **Alstom**, pour nous avoir ouvert les portes de cette société sans aucune limite, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles nous ont fait vivre durant deux mois de stage.

Nous souhaitons déclarer au membre du jury que nous sommes flattées et honorées par leur présence de :

- **Monsieur Mohamed EL HAMMOUMI ;**
- **Madame Bouchra RZINE ;**
- **Madame Mouna ABARKANE ;**

Une pensée particulière est adressée tout spécialement à nos parents, nos frères, sœurs et amis respectifs qui nous ont toujours encouragés et soutenus lors de nos choix.

Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

Résumé

Dans le but de promouvoir l'amélioration continue de Alstom, spécialiste dans la fabrication des faisceaux et des armoires électriques, nous avons travaillé sur le projet le plus névralgique du service qualité : le projet RGV, dont la principale mission était d'améliorer le contrôle qualité à partir de l'analyse des données existantes et cela via la démarche DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler) de Six Sigma. Au cours de cette démarche, nous avons utilisé un ensemble d'outils de la qualité afin d'analyser et d'identifier les causes spécifiques qui affectent la qualité des produits.

Notre étude a révélé que 47% des défauts détectés par le contrôle qualité depuis le démarrage du projet en Avril 2015 sont occasionnés par l'opération du sertissage.

Afin de remédier à cette problématique, nous avons proposé une panoplie de recommandations visant la réduction de ces défauts et l'amélioration du contrôle de la qualité dont l'objectif est de réduire les réclamations client.

Table des matières

| | |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Remerciements</i> | 2 |
| <i>Résumé</i> | 3 |
| Liste des tableaux | 7 |
| Liste des Figures..... | 8 |
| Liste des Abréviations | 10 |
| <i>Introduction générale</i> | 11 |
| Chapitre 1 : PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ | 12 |
| I. Présentation de l'organisme d'accueil | 13 |
| 1. Groupe ALSTOM | 13 |
| 1.1. ALSTOM en bref | 13 |
| 1.2. ALSTOM en chiffre..... | 14 |
| 1.3. Valeurs d'ALSTOM | 14 |
| 1.4. Stratégie d'ALSTOM..... | 15 |
| 2. ALSTOM CABLIANCE Maroc | 16 |
| 2.1. ALSTOM CABLIANCE Maroc en bref..... | 16 |
| 2.2. Carte d'identité..... | 17 |
| 2.3. Organigramme | 18 |
| 2.4. Description des départements ALSTOM CABLIANCE Maroc | 19 |
| II. Présentation du métier du câblage ferroviaire..... | 20 |
| 1. Présentation du câblage ferroviaire | 20 |
| 1.1. Particularité du câblage ferroviaire | 20 |
| 1.2. Définition d'un faisceau électrique | 20 |
| 1.3. Composants d'un faisceau électrique..... | 20 |
| 2. Processus de fabrication des faisceaux..... | 24 |
| 2.1. Réception et stockage de la matière première..... | 25 |

| | | |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 2.2. | La coupe de fils | 25 |
| 2.3. | Préparation des paquets..... | 25 |
| 2.4. | Cheminement des câbles | 26 |
| 2.5. | Dénudage et sertissage des fils..... | 26 |
| 2.6. | Montage des connecteurs | 27 |
| 2.7. | Test électrique | 27 |
| 2.8. | Contrôle final | 27 |
| 2.9. | Emballage et expédition du produit final | 27 |
| Chapitre 2: PRÉSENTATION DU SUJET | | 28 |
| I. | Sujet | 29 |
| II. | Cahier de charge..... | 29 |
| 1. | Acteurs du projet | 29 |
| 2. | Contexte pédagogique | 29 |
| 3. | Objectif du projet | 29 |
| 4. | Missions | 29 |
| 5. | Contraintes à respecter : | 30 |
| III. | Stratégie et démarche adoptées : | 30 |
| 1. | Stratégie du projet : | 30 |
| 2. | Démarche adoptée : | 31 |
| 2.1. | Démarche : | 31 |
| 3. | Équipe de travail..... | 32 |
| 4. | Gestion des risques : | 32 |
| Chapitre 3 : DIAGNOSTIC ET ANALYSE DE L'EXISTANT | | 33 |
| I. | Phase 1 « Définir » : | 34 |
| 1. | Description du projet RGV : | 34 |
| 2. | Définir la problématique : | 34 |
| 2.1. | Le taux de non-conformité : | 34 |

| | | |
|------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2. | L’historique des défauts | 35 |
| 2.3. | Conclusion | 36 |
| 2.4. | Description de la problématique | 36 |
| 3. | Présentation du BLOC MOTEUR BT : | 37 |
| II. | Phase 2 « Mesurer » : | 37 |
| 1. | La mesure des défauts détectés durant les phases du contrôle | 38 |
| 1.1. | Diagramme de Pareto de résultat du suivi | 38 |
| 1.2. | Représentation des données de l’historique | 39 |
| 2. | Le temps moyen du contrôle : | 41 |
| 3. | Conclusion : | 43 |
| III. | Phase 3 « analyser » : | 43 |
| 1. | Introduction | 43 |
| 2. | Détails du sertissage : | 43 |
| 2.1. | Recherche des causes des défauts : | 44 |
| 2.2. | Recherche de la faiblesse du contrôle | 46 |
| 3. | Conclusion de la phase d’analyse : | 47 |
| | Chapitre 4 : PLAN D’ACTION | 49 |
| I. | Phase 4 « Innover » | 50 |
| II. | Phase 5 « contrôler » | 53 |
| | <i>Conclusion</i> | 55 |
| | BIBLIOGRAPHIE et WEBOGRAPHIE | 56 |
| | <i>Annexe</i> | 57 |

Liste des tableaux

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Fiche technique-ALSTOM CABLIANCE Maroc | 17 |
| Tableau 2 : Démarche suivie | 31 |
| Tableau 3 : Risques & Alternatives du projet | 32 |
| Tableau 4 : Description de la problématique étudiée via l’outil QQQQCP | 36 |
| Tableau 5 : Les défauts détectés durant le suivi | 38 |
| Tableau 6 : Temps moyen du test électrique d’un faisceau du Bloc Moteur BT | 41 |
| Tableau 7 : Temps moyen du MQ d’un faisceau du Bloc Moteur BT | 42 |
| Tableau 8 : Temps d’assemblage d’un faisceau du Bloc Moteur BT | 42 |
| Tableau 9 : Détails du défaut du sertissage | 44 |
| Tableau 10 : Méthode de contrôle | 46 |

Liste des Figures

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : L'activité du groupe Alstom au Maroc..... | 13 |
| Figure 2 : Alstom-Exercice 2015/2016 | 14 |
| Figure 3 : Les piliers de la stratégie d'Alstom | 16 |
| Figure 4 : Organigramme de Alstom Cabliance Maroc | 18 |
| Figure 5 : Faisceau électrique..... | 20 |
| Figure 6 : Câble unifilaire | 21 |
| Figure 7 : câble multifilaire..... | 21 |
| Figure 8 : câble coaxiale..... | 22 |
| Figure 9 : Exemples de connexions..... | 22 |
| Figure 10 : Exemples de connecteurs..... | 22 |
| Figure 11 : Gaines et agrafes de fixation..... | 23 |
| Figure 12 : Processus de fabrication des faisceaux | 24 |
| Figure 13 : Préparation des paquets | 25 |
| Figure 14 : Gabarit de cheminement..... | 26 |
| Figure 15 : Quelques outils de sertissage | 26 |
| Figure 16 : Emballage des faisceaux..... | 27 |
| Figure 17 : Planification Dynamique Stratégique du projet..... | 30 |
| Figure 18 : Taux de faisceau de non qualité..... | 35 |
| Figure 19 : Histogramme de l'historique des défauts | 35 |
| Figure 20 : câblage Bloc Moteur BT..... | 37 |
| Figure 21 : Diagramme de Pareto du suivi..... | 39 |
| Figure 22 : Pareto de l'historique..... | 40 |
| Figure 23 : Les défauts des réclamations clients..... | 40 |
| Figure 24 : Câble dénudé | 43 |
| Figure 25 : Exemple d'opération de dénudage..... | 43 |
| Figure 26 : Opération de sertissage | 44 |
| Figure 27 : Outils de sertissage | 44 |
| Figure 28 : Les causes du défaut du sertissage..... | 45 |
| Figure 29 : Les causes de la faiblesse de contrôle devant le défaut de sertissage..... | 47 |
| Figure 30 : Exemple des outils réglable & réglette de la dénudeuse | 48 |
| Figure 31 : Exemple d'échange des outils..... | 50 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 32 : La trousse des outils d'un opérateur | 50 |
| Figure 33 : L'ajout de l'outil de sertissage convenable à chaque connexion..... | 51 |
| Figure 34 : Planche sans désignation de l'outil..... | 51 |
| Figure 35 : Panneau de formation | 52 |
| Figure 36 : La matrice d'Auto-qualité après l'amélioration du contrôle qualité | 53 |
| Figure 37 : La matrice d'Auto-qualité avant l'amélioration du contrôle qualité | 53 |

Liste des Abréviations

DMAIC: Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler

Ma: temps moyen d'assemblage

Mc: temps moyen du cheminement

Mmc: temps moyen du montage des connecteurs

MP: Matière première

MQ: Mur Qualité (contrôle final)

Ms: temps moyen du sertissage

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

TE: Test Électrique

Introduction générale

La qualité du produit fini c'est un degré donné d'uniformité et de fiabilité ; elle prouve que le système de production est conforme, que le produit résultant répond correctement aux spécifications. De ce fait, la satisfaction des clients et l'amélioration de l'image de la marque fournie doivent figurer au cœur de préoccupations majeures d'ALSTOM.

Il est donc préférable que le sujet choisi devra correspondre à un haut degré de priorité dans la politique générale de l'entreprise, il s'agit bien d'affiner et de rectifier le processus de production des faisceaux électriques du projet RGV.

Après avoir orienté notre problématique vers l'analyse des défauts et l'amélioration du contrôle qualité, en tenant compte les contraintes temporelles liées au projet, voir aussi le grand nombre des défauts constituant la zone d'assemblage, et pour que notre intervention soit plus efficace nous allons se focaliser sur la référence du projet qui contient le plus grand nombre des défauts puis sur le défaut présentant plus de problèmes.

Ainsi, le présent rapport s'articule autour de quatre chapitres qui révèlent la démarche suivie. Le premier chapitre de notre projet a été consacré à la présentation d'ALSTOM ainsi que le métier de câblage ferroviaire.

Dans le deuxième chapitre, nous avons projeté la lumière sur la méthode des Six Sigmas ainsi qu'un ensemble d'outils de la qualité sur lesquels nous nous sommes basées pour la réalisation de notre projet. Ce chapitre a été aussi dédié pour définir le contexte général du projet.

Le troisième chapitre représente dans un premier temps un diagnostic et une analyse de l'état actuel, à l'aide d'un suivi de production et de contrôle de 3 faisceaux, et qui nous a permis d'avoir une idée sur les défauts qui peuvent être produits au cours d'assemblage. Dans un deuxième temps une analyse détaillée a été élaborée afin de déterminer les causes racines des défauts détectés

Finalement, nous avons consacré le quatrième chapitre pour les solutions proposées à la problématique qui nous a été confiée, et enfin une conclusion clôturera ce travail.

Chapitre 1 : **PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ**

Ce chapitre se décompose en deux parties principales.

La première est consacrée à la présentation générale de l'organisme d'accueil lieu de déroulement de notre projet de fin d'études : **ALSTOM**,
et une partie sur la description du processus de fabrication des produits

I. Présentation de l'organisme d'accueil

1. Groupe ALSTOM

1.1. ALSTOM en bref

Spécialiste mondial des solutions de transport et promoteur de la mobilité durable, ALSTOM conçoit et propose des systèmes, équipements et services pour le secteur ferroviaire.

Aujourd'hui entièrement dédié, principalement, au transport ferroviaire, ALSTOM offre la gamme de solutions la plus large du marché. Des trains à grande vitesse aux métros et tramways et des services personnalisés (maintenance, modernisation,...) ainsi que des solutions d'infrastructure et de signalisation. Alstom se positionne comme un leader mondial des systèmes ferroviaires intégrés.

Avant d'être présent à Fès, le groupe ALSTOM est un ancien partenaire dans les projets d'infrastructures au Maroc.

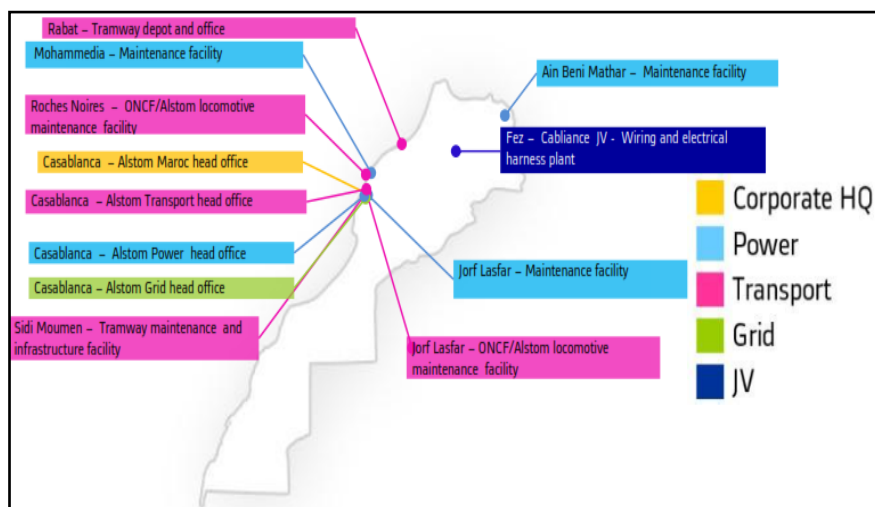


Figure 1 : L'activité du groupe Alstom au Maroc

1.2. ALSTOM en chiffre

En 2015/16, l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaires de 6,9 milliards d'euros et enregistré pour 10,6 milliards d'euros de commandes. Alstom, dont le siège est basé en France, est présent dans plus de 60 pays et emploie actuellement 31 000 collaborateurs.



Figure 2 : Alstom-Exercice 2015/2016

1.3. Valeurs d'ALSTOM

1.3.1. L'esprit d'équipe

Alstom est une entreprise de projets qui exige une discipline et des efforts collectifs consacrés à leur réussite, ainsi qu'un travail en réseau permettant de tirer le meilleur parti de toutes les compétences disponibles. Cet esprit d'équipe, soutenu par la volonté de développer les compétences de chaque collaborateur, s'étend à la coopération avec ses partenaires et ses clients.

1.3.2. La confiance

La confiance mutuelle est essentielle au bon fonctionnement général et à la maîtrise de ses projets.

La confiance repose sur la responsabilité de chaque décideur à son niveau, sur la délégation et sur la conviction que chacun a de l'importance de son rôle dans le développement d'ALSTOM. Elle se construit sur l'ouverture à son environnement professionnel qui garantit la transparence.

1.3.3. Le sens de l'action

Alstom s'engage auprès de ses clients à leur fournir les produits et services qu'ils demandent. Cet engagement repose sur la priorité donnée à l'action.

Le sens de l'action, qui repose sur une adhésion à la stratégie, est sous-tendu par l'attention portée au client chaque jour et dans chaque projet, par le sens des priorités ; la vitesse d'exécution, qui feront la différence avec ses concurrents, et la capacité de contrôle garantissant l'atteinte de ses objectifs économiques. Le leadership est essentiel à la conduite de l'action.

1.4. Stratégie d'ALSTOM

- **Devenir le partenaire privilégié de ses clients**

Alstom a pour ambition de devenir le partenaire privilégié de ses clients pour leurs solutions de transport dans le monde entier et sur tous les segments de marché.

Grâce à une organisation mondiale centrée sur les besoins de ses clients, Alstom propose une gamme complète de solutions et élabore une politique d'innovation continue, source de création de valeur.

Alstom fait aussi de sa performance opérationnelle et environnementale une priorité et fonde son succès sur la diversité et l'esprit d'entrepreneuriat de ses équipes à travers le monde.

- **Les 5 piliers de la stratégie d'Alstom**

La stratégie d'Alstom repose sur 5 piliers :

- Une organisation tournée vers le client,
- Une gamme complète de solutions,
- L'innovation au cœur de la création de valeur,
- L'excellence opérationnelle et environnementale,
- Une culture d'entreprise fondée sur la diversité et l'entrepreneuriat.

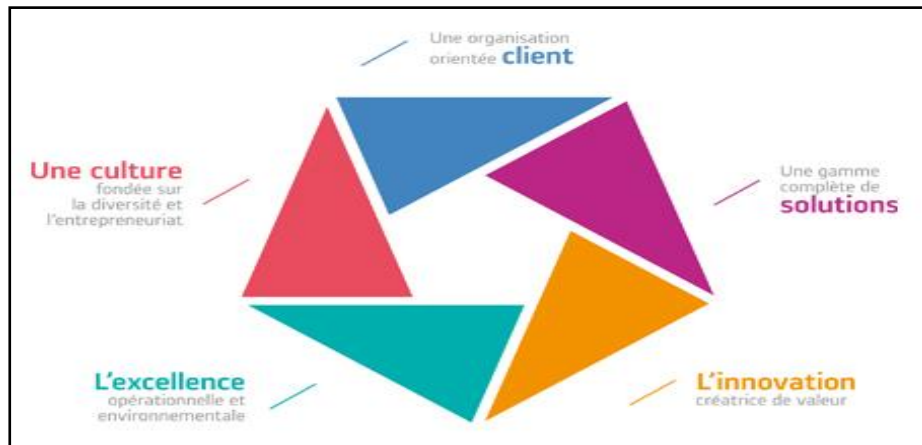


Figure 3 : Les piliers de la stratégie d'Alstom

2. ALSTOM CABLIANCE Maroc

2.1. ALSTOM CABLIANCE Maroc en bref

La société CABLIANCE Maroc est spécialisée dans la production des faisceaux et des armoires électriques pour l'industrie ferroviaire, elle est créée pour accompagner, tous les projets en cours et futur d'ALSTOM, dont le train à grande vitesse (TGV), reliant Casablanca Tanger, le train REGIOLIS de France, le train PKP de Pologne, ...etc.

Créé le 08 Décembre 2011, CABLIANCE Maroc est le fruit d'une détention à parts égales entre le géant ALSTOM, le groupe numéro 1 mondial dans (les centrales électriques, les turbines et alternateurs hydroélectriques, Les trains à très grande vitesse (TGV), les tramways...), et NEXANS, le groupe leader mondial dans l'industrie du câble.

L'usine est opérationnelle depuis début 2012 situé à la zone Ain CHKEF Fès, pour produire notamment le câblage électrique des tramways marocains. La société a développé en effet dans un premier temps des faisceaux de câbles et des armoires électriques (sous-ensembles intégrés dans le système nerveux des trains) qui équipent certains des matériels roulants d'Alstom destinés au marché marocain tels que les tramways. Dans un second temps, l'usine a diversifié ses activités pour se lancer progressivement dans la production de faisceaux de câbles et d'armoire électrique ferroviaires destinés essentiellement à l'export, afin de satisfaire d'autres clients ferroviaires et des clients d'autres secteurs.

Après cinq années de collaboration, ALSTOM a racheté les parts de NEXANS pour devenir le propriétaire exclusif de la société Cabliance.


Début 2017, l'usine comptait environ 240 employés, un effectif qui va doubler d'ici la fin de l'année 2017 avant d'atteindre 650 emplois en 2018 afin de permettre une capacité de production optimale à la fois pour le marché local et l'export.

Rappelons que cet investissement est le premier objectif défini dans la convention de partenariat industriel stratégique entre Alstom et le Maroc signée en janvier 2011 et qui prévoit l'engagement actif d'ALSTOM aux côtés du Maroc pour développer la filière ferroviaire du pays.

2.2. Carte d'identité

Le tableau (1) montre la fiche technique d'ALSTOM CABLIANCE Maroc :

Tableau 1 : Fiche technique-ALSTOM CABLIANCE Maroc

| | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Date de création | Décembre 2011 |
| Forme juridique | Société Anonyme (S.A.) |
| Activité | Production des faisceaux et des armoires électriques pour l'industrie ferroviaire |
| Siège social | Lot 106 Zone industrielle Ain CHKEF 30122 Fès |
| Téléphone | (+212) 535 72 42 00 |
| Fax | (+212) 535 72 42 40 |
| Effectif | 250 personnes |
| Superficie | 3000 m ² sur 3 ateliers de 1000 m ² |
| Capital social | 27 000 000 MAD |
| Chiffre d'affaires | 13,7 millions d'euros en 2015 |
| Logo |  |

2.3. Organigramme

L'organigramme illustré dans la figure 4 représente la structure hiérarchique d'ALSTOM CABLIANCE Maroc :

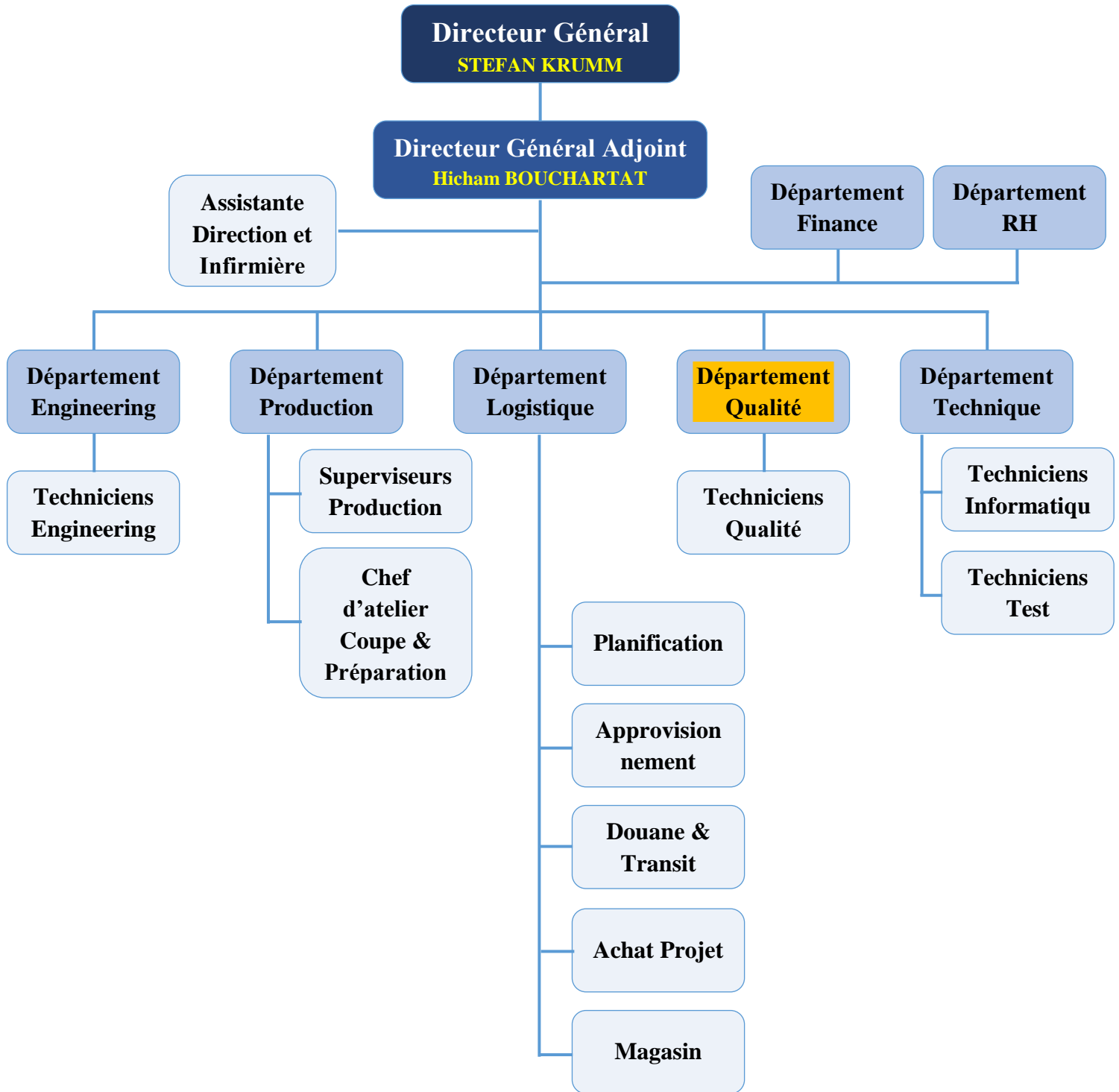


Figure 4 : Organigramme de Alstom Cabliance Maroc

Nous avons effectué notre stage de fin d'études au sein du département qualité.

2.4. Description des départements ALSTOM CABLIANCE Maroc

2.4.1. Le département finance

Il assure les fonctions financières et comptables de l'entreprise, il développe et implante les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie tout en veillant à la préservation du patrimoine financier de l'entreprise.

2.4.2. Le département des ressources humaines

Il a pour mission de disposer à temps des effectifs suffisants et assurer une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation. Il joue aussi le rôle de facilitateur et accompagnateur en social afin d'atteindre des objectifs fixés par le groupe en matière de ressources humaines.

2.4.3. Le département engineering

Il a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par la spécification.

2.4.4. Le département logistique

Son rôle est d'optimiser la mise en place et le lancement des programmes de fabrication tout en assurant une gestion optimale du stock et une expédition à temps aux clients.

2.4.5. Le département production

Il a pour principale mission la réalisation des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.

2.4.6. Le département qualité

C'est le garant de la politique de l'entreprise à travers l'implantation d'un système qualité fiable qui répond aux exigences des clients afin d'atteindre le niveau de qualité escomptée sur le plan du processus et des produits.

2.4.7. Le département technique

Il assure l'installation et la maintenance de tous les équipements de l'usine avec une fiabilité optimale et une efficacité maximale d'équipement d'ALSTOM CABLIANCE Maroc.

II. Présentation du métier du câblage ferroviaire

1. Présentation du câblage ferroviaire

1.1. Particularité du câblage ferroviaire

La fabrication des faisceaux et des armoires électriques dédiés à l'industrie ferroviaire est effectuée à la main et via des outils mécaniques ou pneumatiques de coupe et de sertissage, en respectant les normes de sécurité.

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

1.2. Définition d'un faisceau électrique

Un faisceau électrique (Voir Figure 5) est un ensemble de câbles électriques raccordés entre eux via des boîtiers (Connecteurs). Son rôle est d'assurer :

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

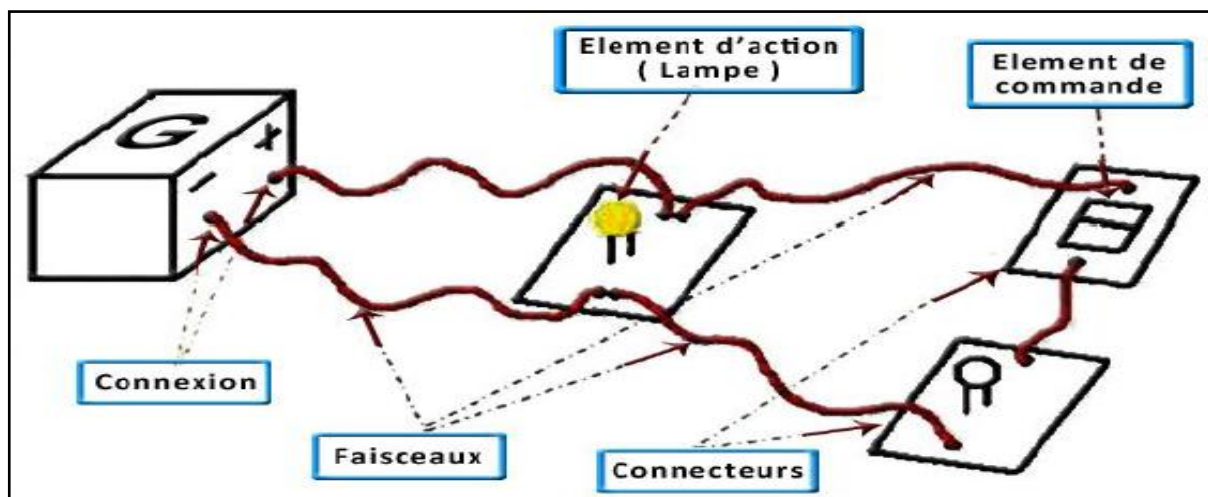


Figure 5 : Faisceau électrique

1.3. Composants d'un faisceau électrique

Le faisceau est composé principalement de :

1.3.1. Câbles électriques

C'est un ensemble de brins métalliques twisté et isolé linéairement par du plastique, son rôle est d'assurer le passage de courant électrique. Les câbles électriques existent sous plusieurs types citons par exemple :

1.3.2. Câble unifilaire

C'est un câble qui est constitué de deux parties (Voir Figure 6) : une partie constituée par un ensemble de conducteurs isolés appelés brins et une partie isolante appelée PVC qui permet la protection de ces conducteurs.

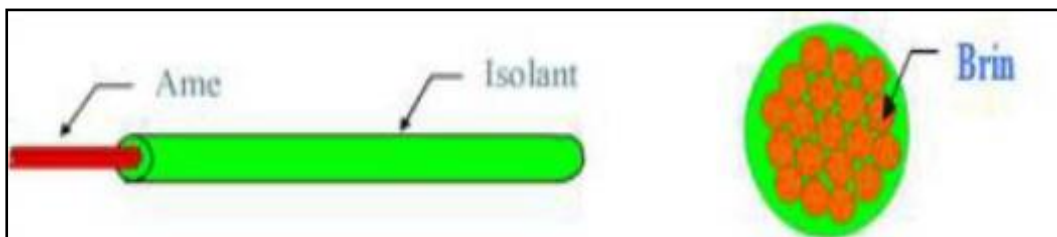


Figure 6 : Câble unifilaire

1.3.3. Câble multifilaire

Le câble multifilaire (Voir Figure 7) est un ensemble de câbles unifilaires qui sont eux-mêmes protégés par une gaine PVC.

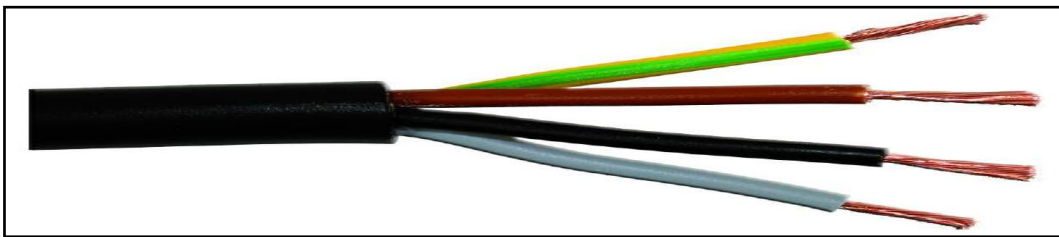


Figure 7 : câble multifilaire

1.3.4. Câble coaxial

Les câbles coaxiaux (Voir Figure 8) sont généralement constitués d'un conducteur central (âme), d'une enveloppe isolante (Gaine) et d'un conducteur extérieur (tresse).

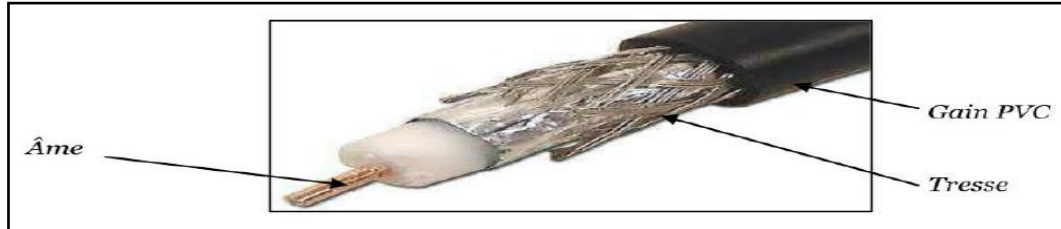


Figure 8 : câble coaxiale

1.3.5. Connexion

C'est un élément métallique qui s'accroche au bout d'un fil pour permettre sa jonction à un connecteur (Voir Figure 9) :



Figure 9 : Exemples de connexions

1.3.6. Connecteur

C'est un boîtier en plastique ou en métal composé de cavités où se connectent un ou plusieurs fils. Il est nécessaire soit pour les raccordements fil à fils, soit sur appareil, il peut être monovoie ou multivoie à simple verrouillage (couvercle).

Nous distinguons plusieurs types de connecteurs la figure 10 montre quelques exemples :



Figure 10 : Exemples de connecteurs

1.3.7. Éléments de protection

Les éléments de protections utilisés dans un faisceau (Voir Figure 11) sont :

- Les gaines : rassemblent les fils et assurent leur étanchéité.
- Les agrafes : permettent de positionner rapidement le faisceau et le maintien des câbles et des gaines.



Figure 11 : Gaines et agrafes de fixation

2. Processus de fabrication des faisceaux

La figure 12 représente le processus qu'adopte ALSTOM CABLIANCE Maroc pour la fabrication des faisceaux :

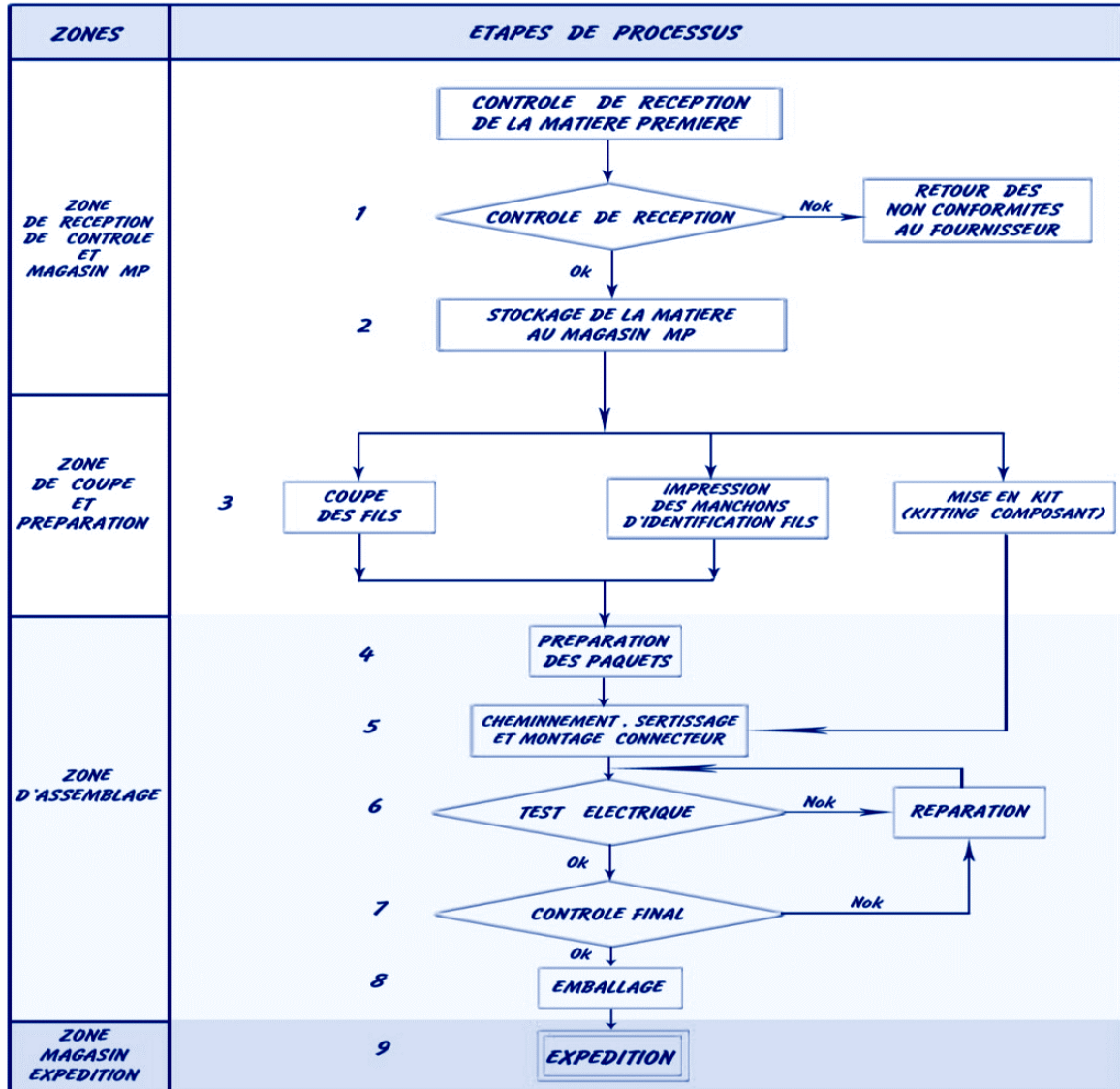


Figure 12 : Processus de fabrication des faisceaux

2.1. Réception et stockage de la matière première

Après avoir reçu la matière première qui est généralement des bobines de fils, des connecteurs et des connexions, les contrôleurs font un contrôle de réception avant le stockage de cette matière dans le magasin de la société.

2.2. La coupe de fils

La coupe des fils se fait soit manuellement sur des tables spéciales pour la coupe, soit automatiquement sur des machines spéciales pour les petites sections.

Les machines de coupe assurent selon le programme les applications suivantes :

- Coupe à longueur voulue ;
- Le marquage continu du fil à l'aide d'une imprimante.

2.3. Préparation des paquets

Les fils ou les câbles coupés sont destinés à se regrouper, suivant un document préparé par le bureau de méthode, pour être assemblé sur la planche d'assemblage.

Les moyens utilisés dans le poste de préparation (Voir Figure 13) sont :

- Les manchons : utiles pour définir les extrémités du câble (tenant/aboutissant).
- Le scotch déchirable : utilisé pour fixer la partie tenant d'un paquet.

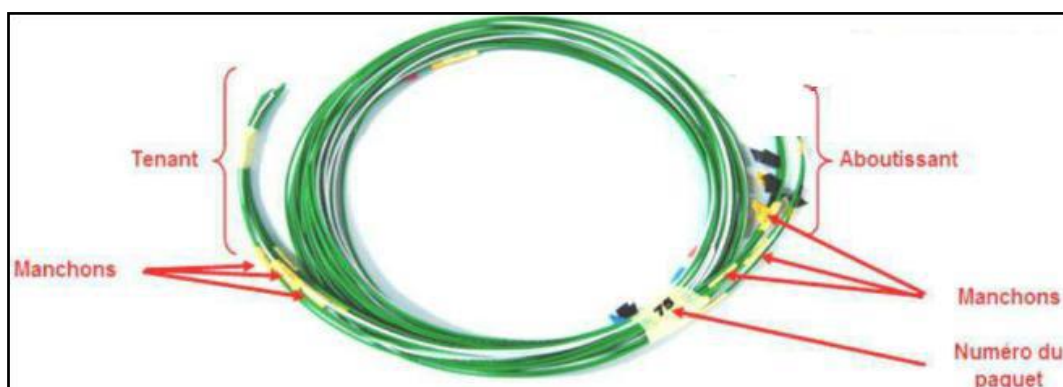


Figure 13 : Préparation des paquets

2.4. Cheminement des câbles

Le cheminement des paquets est défini comme étant la mise en place de ces derniers sur la planche (Voir Figure 14) suivant le plan de câblage et cela en partant de la première extrémité du câble (tenant) qui porte le numéro de paquet et le repère électrique en passant par une trajectoire bien définie sur la planche jusqu'à atteindre la deuxième extrémité (aboutissant).

L'opération de cheminement se fait selon des classes, chacune de ces classes contient un nombre déterminé de paquets.

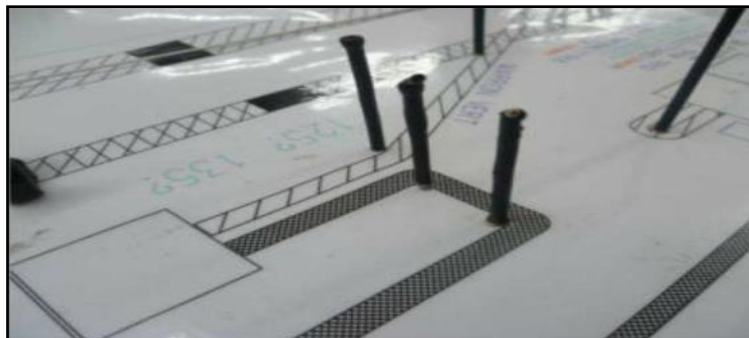


Figure 14 : Gabarit de cheminement

2.5. 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.



Figure 15 : Quelques outils de sertissage

2.6. 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.

2.7. 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.

2.8. Contrôle final

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

2.9. 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 (Voir Figure 16).



Figure 16 : Emballage des faisceaux

Chapitre 2: **PRÉSENTATION DU SUJET**

Le présent chapitre expose le contexte général du projet en définissant le cahier des charges, la démarche de travail et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs, prescrits de ce stage.

Vous trouvez dans ce chapitre :

- + Sujet et cahier de charge ;
- + Démarche suivie ;
- + Les outils utilisés ;

I. Sujet

Notre projet est : Amélioration du contrôle qualité de la zone d'assemblage du projet RGV.

II. Cahier de charge

1. Acteurs du projet

Le maître d'ouvrage est : Alstom qui est une société de fabrication de faisceaux électriques installée à Fès.

La Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF), Département Génie Industriel, LST Filière Génie Industriel, présenté par EDDAFIR Meryem et EL MOUTAANI Fatima Zohra avec le suivi et l'encadrement de :

- ✓ Mr. Mohamed EL HAMMOUMI (Professeur à la FST de Fès) ;
- ✓ Mr Ahmed CHAIB (Responsable qualité à ALSTOM) ;

2. Contexte pédagogique

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études indispensable pour l'obtention du diplôme de la licence délivrée par La Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF).

3. Objectif du projet

Dans une recherche de performance maximale et durable de la qualité des faisceaux électriques, ce projet a visé l'amélioration du contrôle qualité afin de réduire les réclamations clients.

4. Missions

- ✓ La recherche des défauts majeurs ;
- ✓ La recherche des causes de ces défauts ;
- ✓ La vérification du traitement de ces problèmes dans le contrôle qualité ;
- ✓ Recherche et mise en place des actions efficaces ;

5. Contraintes à respecter :

- ✓ Les solutions proposées doivent être rentables et efficaces.
- ✓ Les solutions proposées doivent avoir des résultats à court terme et durables.
- ✓ L'investissement demandé pour mettre en place la solution doit être réduit le maximum possible.

III. Stratégie et démarche adoptées :

1. Stratégie du projet :

Les objectifs mesurables, les livrables et la stratégie du projet ont pu être définis à l'aide de la PDS (Planification Dynamique Stratégique) :

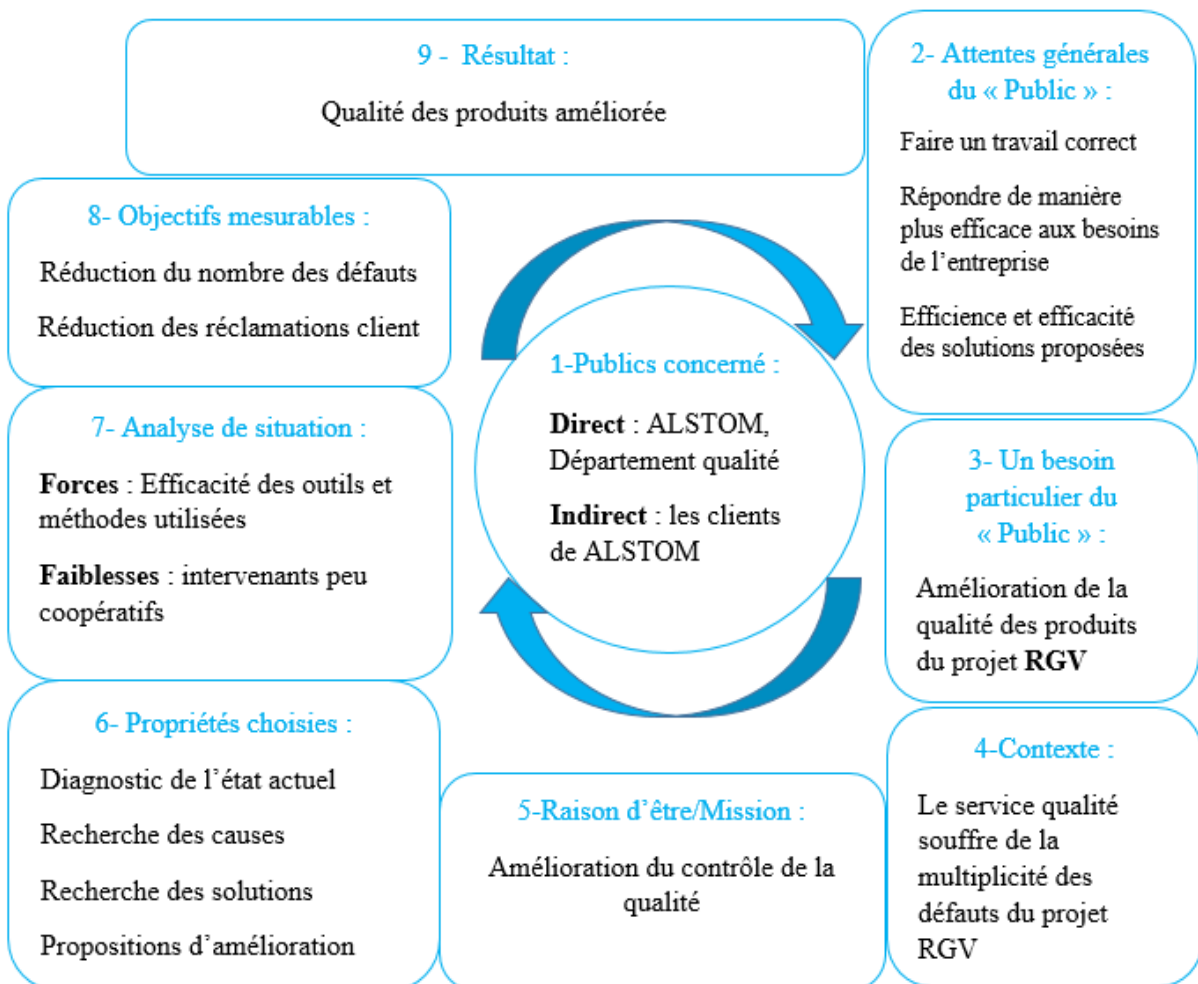


Figure 17 : Planification Dynamique Stratégique du projet

2. Démarche adoptée :

2.1. Démarche :

Dans notre projet de fin d'études on a adopté la démarche DMAIC, basée sur un ensemble de tâches présentées dans le tableau (2) :

Tableau 2 : Démarche suivie

| Donnée d'entrée : Mauvaise qualité | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Étapes | Problème | Tâches |
| Définir | Comprendre le problème | Décrire le projet RGV |
| | | Définir la problématique |
| | | Fixer l'objectif |
| Mesurer | Recueillir les données nécessaires | Mesurer les défauts de l'état actuel |
| | | Mesurer le temps du contrôle |
| Analyser | Analyser les données relatives au problème | Analyser les défauts et la méthode du contrôle |
| Innové | Trouver des solutions au problème | Ajouter l'autocontrôle |
| | | Ajouter un contrôle de sertissage CS |
| contrôler | Calculer le gain | |
| Donnée de sortie : Qualité améliorée | | |

2.1.1. Outils de travail :

La démarche qualité propose toute une panoplie d'outils d'aide (méthode, analyse, statistique, suivi-contrôle). L'atteinte de notre objectif, nous a nécessité de s'armer des bons outils qui facilitent la gestion du projet. Dans notre cas, les outils qu'on a adoptés sont les suivants :

- Démarche DMAIC
- Histogramme
- Diagramme de Pareto
- Le QQQCC
- Le Brainstorming
- Diagramme de causes et effets
- Matrice d'auto-qualité

3. Équipe de travail

Vu que notre projet avait pour but l'amélioration du contrôle qualité des produits, le groupe de travail regroupait le personnel du département qualité :

- ✓ Mr. Ahmed CHAIB : Responsable qualité.
- ✓ Mr. Rachid METTATE : Formateur.
- ✓ Mme Rajae TIJJANI : collaboratrice qualité.
- ✓ Mlle Salma AIT MBARK : collaboratrice qualité.
- ✓ Mr Mohamed HAJJI : collaborateur qualité.

4. Gestion des risques :

Pour une meilleure gestion du projet, il faut effectuer une étude des risques possibles afin de définir des propositions pour les éviter.

Tableau 3 : Risques & Alternatives du projet

| Risques | Alternatives |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise interprétation des besoins de l'entreprise. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Garder une trace des notes de toutes ; les informations recueillies. ✓ Chercher attentivement l'information. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise collection des données. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se renseigner à l'avance du service (i.e. Personnes) auprès duquel on récupère l'information. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mauvais choix des solutions proposées. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Demander l'avis des encadrants. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise implication des opérateurs. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Amélioration des conditions du travail et de l'ergonomie des postes. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Non collaboration et mauvaise réactivité des opérateurs. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Créer une sensation d'appartenance et un bon positionnement au sein du projet. ✓ Motiver/Transmettre de l'énergie. |

Chapitre 3 : DIAGNOSTIC ET ANALYSE DE L'EXISTANT

Dans ce chapitre, nous allons collecter les données existantes et effectuer une analyse approfondie et globale de la situation actuelle dont l'objectif de savoir les causes générant ces défauts et améliorer la méthode de contrôle qualité.

Vous trouverez dans ce chapitre :

- ✚ Phase 1 : Définir ;
- ✚ Phase 2 : Mesurer ;
- ✚ Phase 3 : Analyser ;

Introduction :

L'apparition des problèmes qualité engendre des pertes de productivité, de temps voire d'insatisfactions clients non négligeables.

Il est donc important pour les entreprises d'être très réactives face à ces problèmes et de pouvoir les résoudre rapidement et de manière efficace.

Or, la résolution des problèmes ne peut pas être conduite sans une étude afin de savoir les points défaillants du projet. Le diagnostic de ce projet va nous permettre de relever ces problèmes majeurs qui affectent la qualité de ses produits.

I. Phase 1 « Définir » :

Objectif : cette phase va nous permettre de définir la problématique, les objectifs du projet, le processus du projet et les ressources nécessaires pour commencer notre étude.

1. Description du projet RGV :

Le projet **RGV (Rame à Grande Vitesse)** a commencé la production en Avril 2015, composé de 4 références :

- ✓ Bloc Moteur BT
- ✓ Bloc Moteur HT
- ✓ Bloc Commun BT
- ✓ V12 VIUFR HT Intercasse.

2. Définir la problématique :

Le nombre des réclamations client que connaît le projet RGV ainsi que les immenses défauts détectés par le contrôle qualité de fabrication, ont poussé le service qualité d'Alstom de lancer une étude pour rationaliser les causes de ces défauts afin de les empêcher d'aller jusqu'au client.

2.1. Le taux de non-conformité :

La figure ci-dessous représente le taux de faisceaux non conformes pour les mois Janvier, Février, et Mars 2017 :

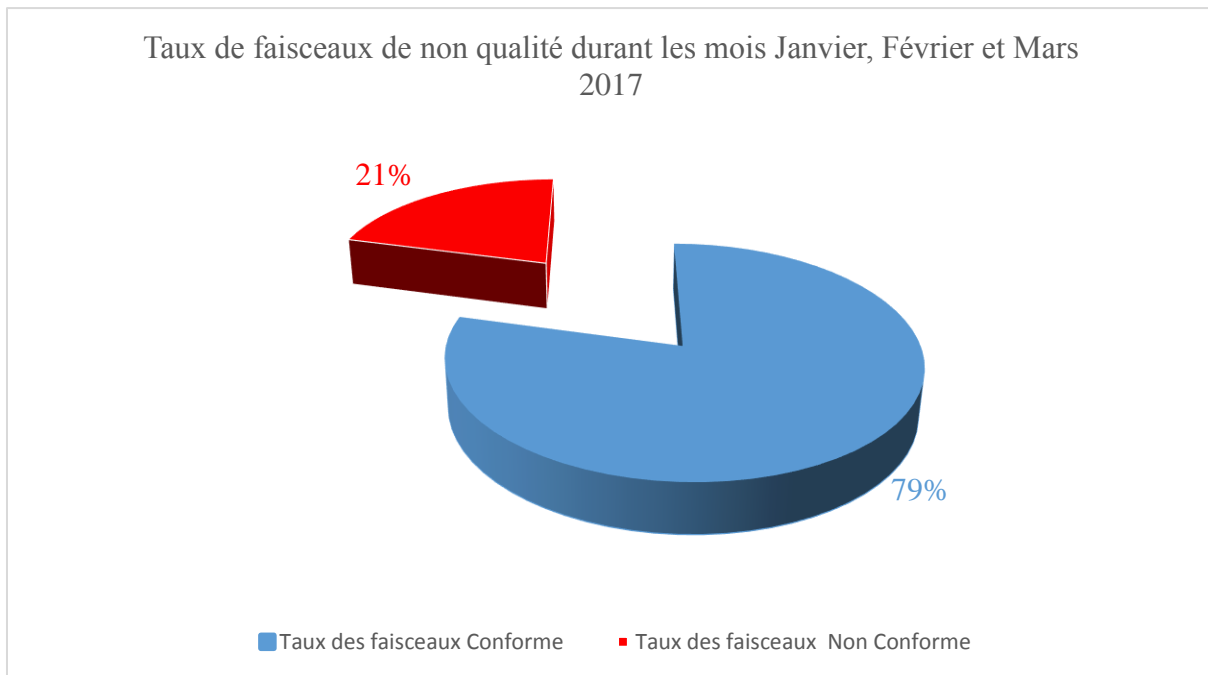


Figure 18 : Taux de faisceau de non qualité

Un taux de 21% des faisceaux non conforme pèse lourdement sur l’image de l’entreprise.

2.2. L’historique des défauts

La figure suivante représente l’historique des défauts détectés par les opérateurs du contrôle qualité dans chaque référence depuis le démarrage du projet RGV :

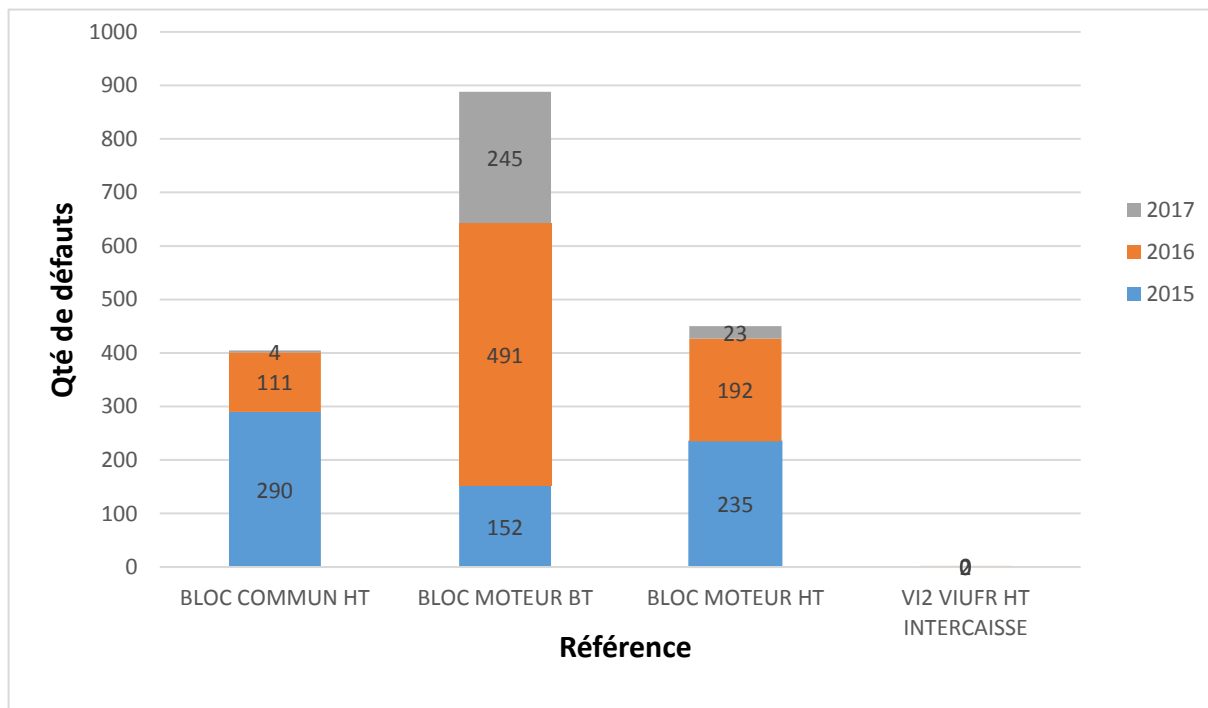


Figure 19 : Histogramme de l’historique des défauts

Une simple observation nous permet de dire que les défauts détectés dans la référence Bloc Moteur BT sont en augmentation continue par rapport aux autres références.

2.3. Conclusion

Vu le nombre des défauts que connaît la référence Bloc Moteur BT, nous allons focaliser notre étude sur celle-ci afin d'identifier ses défauts et de savoir où se situe la faiblesse du contrôle qualité.

2.4. Description de la problématique

Dans le but de décrire d'une manière structurée notre problématique, nous avons utilisé les principales questions et réponses de l'outil QQQQCP décrit dans le tableau :

Tableau 4 : Description de la problématique étudiée via l'outil QQQQCP

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qui ? : Qui est concerné par le problème ? | Le département qualité d'Alstom |
| Quoi ? : c'est quoi le problème ? | un taux élevé des faisceaux non conforme |
| Où ? Où apparaît le problème ? | Le projet RGV |
| Quand ? : Quand apparaît le problème ? | -Au moment du contrôle -Au moment où le client envoie des réclamations |
| Comment ? : Comment mesurer le problème et ses solutions | - Se baser sur la démarche Six Sigma suivant les étapes de DMAIC. -Eude du défaut qui fait l'objet de la plus part des réclamations -Eude de l'efficacité du contrôle qualité par rapport à ce défaut |
| Pourquoi ? : Pourquoi faut-il résoudre le problème ? | -Rapprocher la détectabilité des défauts -Réduire les réparations -Réduire le temps du contrôle final -Réduire les réclamations client |

Des réponses plus détaillées aux questions QQQQCP sont formulées dans ce qui suit :

Qui ? Qui est concerné par la problématique ? Le département qualité d'Alstom.

Quoi ? C'est quoi le problème ? Le contrôle de la qualité détecte un nombre de défauts non négligeable. Or le client aussi détecte un ensemble de défauts et envoie des réclamations ce qui affecte l'image de l'entreprise.

Où ? Où apparaît le problème ? Le projet RGV exactement la référence Bloc Moteur BT

Quand ? Quand est-ce qu'apparaît le problème? Les différentes phases de contrôle aussi chez le client.

Comment ? Comment mesurer le problème et ses solutions ? Par l'analyse de la base des données des défauts.

Pourquoi ? Pourquoi il faut résoudre ce problème ? Améliorer le contrôle de la qualité et rapprocher la détectabilité des défauts.

3. Présentation du BLOC MOTEUR BT :

La figure suivante représente le produit fini du câblage Bloc Moteur BT :

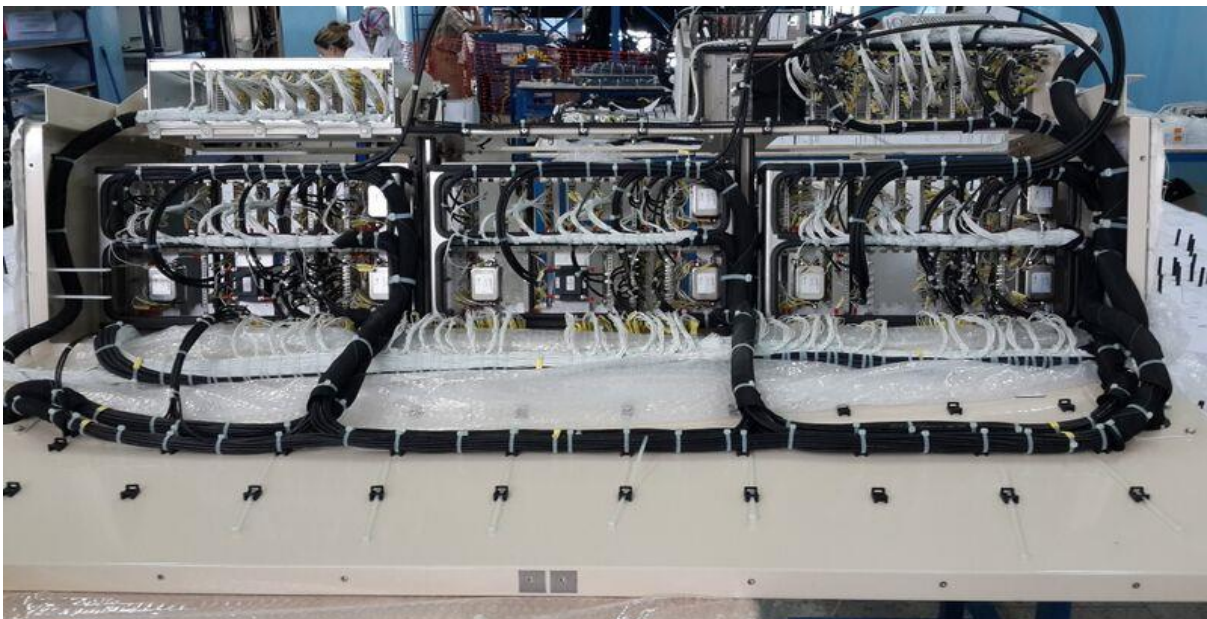


Figure 20 : câblage Bloc Moteur BT

II. Phase 2 « Mesurer » :

Objectif : cette phase consiste à collecter les données et mesurer la performance du contrôle qualité. La mesure et la collecte des données doivent se faire de manière critique pour obtenir des résultats fiables afin de nous permettre de choisir le défaut qui mérite d'être étudié en priorité.

Pour se faire, nous avons effectué un suivi de la production de 3 faisceaux en compagnie des opérateurs du contrôle. Les résultats de ce suivi sont présentés en ce qui suit :

1. La mesure des défauts détectés durant les phases du contrôle

D'après le suivi que nous avons effectué pour 3 faisceaux de la référence Bloc Moteur BT qui a duré 10 jours, nous avons pu collecter les défauts suivants :

Tableau 5 : Les défauts détectés durant le suivi

| N° du faisceau | Défauts | Détails |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 | sertissage non conforme | 5 câbles dénudés mais non sertis |
| 1 | Chauffage | barrette thermo mal positionnée |
| 1 | Habillage | gaine courte |
| 1 | Chauffage | câble brulé |
| 1 | câble non conforme | 2 fils mal cheminés |
| 2 | sertissage non conforme | La connexion n'est pas bien sertie pour 20 câbles |
| 2 | sertissage non conforme | dépassement des brins pour 9 câbles |
| 2 | dégainage | dégainage long |
| 2 | Chauffage | drapeau d'auto soudure déformé |
| 2 | codage erroné | connexion montée au sens contraire |
| 3 | sertissage non conforme | l'isolant reculé pour 7 câbles |
| 3 | sertissage non conforme | Le sertissage n'est pas fait avec la connexion demandée pour 40 |
| 3 | serrage au couple | manque de serrage |
| 3 | serrage au couple | manque de marquage |

1.1. Diagramme de Pareto de résultat du suivi

Après la collecte des données et afin de mieux visualiser la problématique, nous avons opté à utiliser l'outil « diagramme de Pareto » qui permet de classer les données par catégorie et par ordre de grandeur.

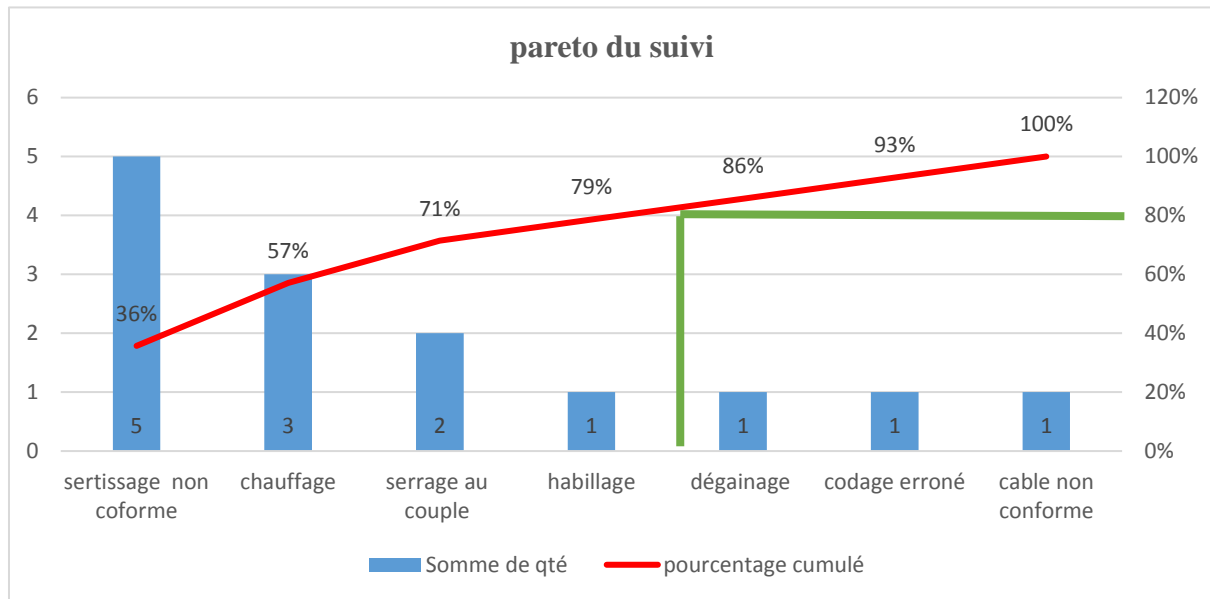


Figure 21 : Diagramme de Pareto du suivi

Interprétation :

Une simple observation nous permet de dire que les défauts les plus importants sont : Sertissage non conforme, chauffage, serrage au couple et habillage.

Or, cette petite mesure ne nous permet pas de généraliser que le sertissage non conforme qui a la priorité d’être profondément étudié. Pour relever celui qui a cette priorité, nous devons voir les mesures à long terme. Pour cela on va s’appuyer sur l’historique des défauts détectés par les opérateurs du contrôle qualité tout au long de l’année 2016 et par le client dans les mois Janvier, Février et Mars 2017.

1.2. Représentation des données de l’historique

La Figure (22) représente le diagramme de Pareto des défauts détectés par les opérateurs du contrôle tout au long de l’année 2016 :

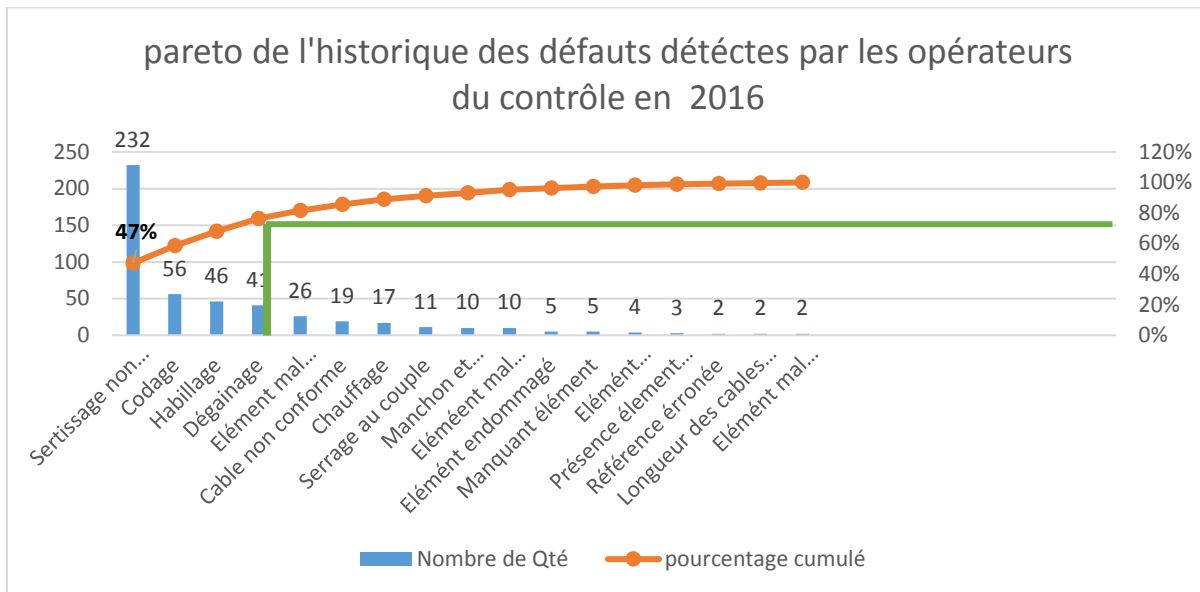


Figure 22 : Pareto de l'historique

Interprétation :

Le diagramme de Pareto montre que les défauts les plus importants sont : sertissage non conforme, codage erroné, habillage et dégainage.

La figure (23) présente les défauts détectés par le client durant les mois Janvier, Février, Mars 2017:

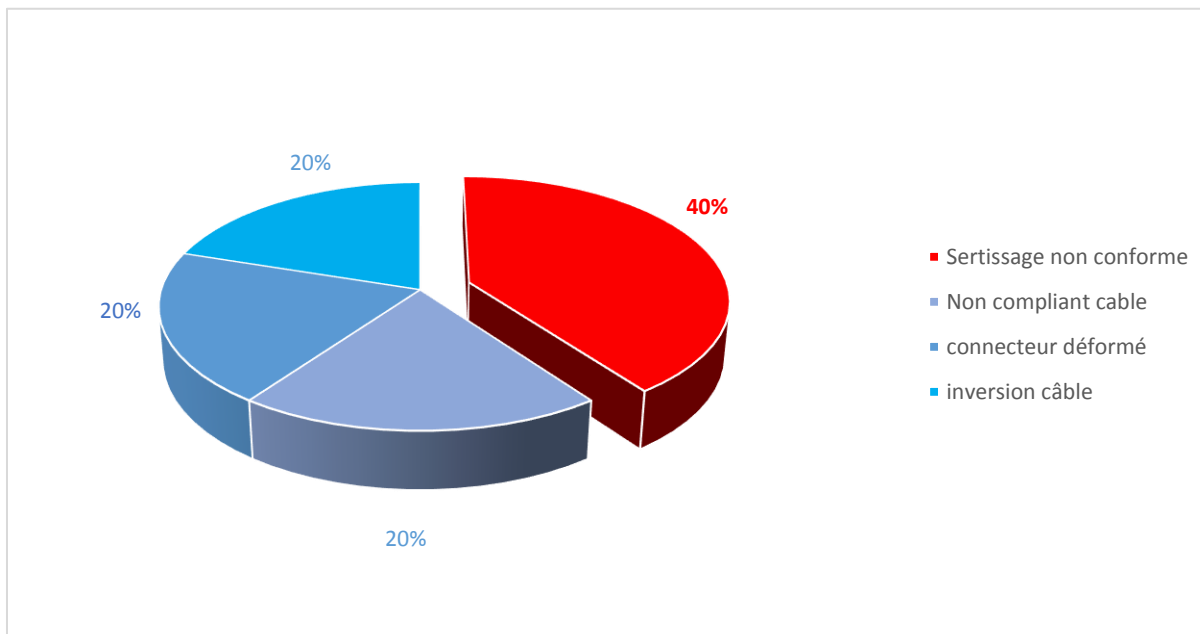


Figure 23 : Les défauts des réclamations clients

Interprétation :

Cette figure montre que 40% des réclamations client sont dus aux défauts du sertissage.

D'après tout ces graphiques, on peut aisément affirmer que le défaut du sertissage non conforme est le défaut essentiel parmi les nombreux divers. Si on résout donc ce problème cela va sans doute améliorer la qualité des produits.

2. Le temps moyen du contrôle :

Pour avoir une idée générale sur la méthode de contrôle dans la zone d'assemblage, nous avons effectué un suivi de 3 faisceaux durant les deux phases du contrôle de la qualité, ainsi on a chronométré le temps total de celui-ci. Pour cela nous allons utiliser l'analyse répétabilité et reproductibilité (R&R) dans le cadre de la fidélisation de la mesure.

L'analyse répétabilité et reproductibilité aura la mission suivante :

- La répétabilité, qui décrit la variation des résultats de mesure due à l'instrument de mesure.
- La reproductibilité, qui décrit la variation des résultats de mesure due aux opérateurs.

Temps moyen du test électrique (TE) :

Tableau 6 : Temps moyen du test électrique d'un faisceau du Bloc Moteur BT

| | Test électrique | | |
|--------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Numéro du faisceau | Opérateur1 | Opérateur 2 | Opérateur 3 |
| Faisceau 1 | 8 h | 8 h | 8,5 h |
| Faisceau 2 | 7,5 h | 8,5 h | 8 h |
| Faisceau 3 | 8 h | 7,5 h | 7,5 |
| Moyenne | 7,83 h | 8 h | 8 h |

TM du contrôle du test électrique est de $M_1 \approx 7,94$ heures

Temps moyen du MUR qualité (MQ)

Tableau 7 : temps moyen du MQ d'un faisceau du Bloc Moteur BT

| Numéro du faisceau | Mur Qualité | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Opérateur1 | Opérateur 2 | Opérateur 3 |
| Faisceau 1 | 2,5 h | 3h | 2,5h |
| Faisceau 2 | 3 h | 3,5 h | 3 h |
| Faisceau 3 | 2,15 h | 2,45 h | 2,45 h |
| Moyenne | 2 ,55 h | 2,98 h | 2,65 h |

TM du contrôle du test électrique est de $M_2 \approx 2,72$ heures

Temps moyen du contrôle qualité

Le temps moyen du contrôle d'un seul faisceau de la référence BLOC Moteur BT :

$$\begin{aligned}
 M &= M_1 + M_2 \\
 &= 7,94 + 2,72 \\
 &= 10,66 \text{ heures}
 \end{aligned}$$

Sachant que le chronométrage du temps d'assemblage des 3 faisceaux a donné :

Tableau 8 : Temps d'assemblage d'un faisceau du Bloc Moteur BT

| | Cheminement (heure) | Sertissage (heure) | Montage des connecteurs (heure) |
|------------|------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Faisceau 1 | 20 | 32 | 24 |
| Faisceau 2 | 26 | 30 | 24 |
| Faisceau 3 | 18 | 33 | 22 |
| Moyenne | 21,33 | 31,67 | 23,33 |

Le temps moyen de fabrication $M_a = M_c + M_s + M_{mc}$

$$\begin{aligned}
 &= 21,33 + 31,67 + 23,33 \\
 &= 76,33 \text{ heures}
 \end{aligned}$$

En comparant le temps moyen du contrôle de la qualité avec celui d'assemblage, on trouve que : $M = 13,96 \% Ma$ qui est un temps non négligeable.

3. Conclusion :

Suite aux différentes étapes de contrôle et par rapport au nombre élevé de réclamations des clients, nous avons constaté que le sertissage présente un taux élevé de non-conformité. Pour cette raison nous allons détailler et analyser les causes de non-conformité de sertissage.

III. Phase 3 « analyser » :

1. Introduction

Arrivés à ce stade, nous allons chercher les causes réelles du défaut du sertissage afin de lui trouver des solutions.

2. Détails du sertissage :

Le sertissage nécessite une attention particulière car chaque type de connexion doit être serti avec un outillage approprié et avec des mesures bien déterminées.

Comme il est mentionné avant, l'opération de sertissage se précède par le dénudage des fils.

- **Dénuder** : Il s'agit de retirer la partie isolante d'un conducteur sur une longueur définie.



Figure 25 : Exemple d'opération de dénudage



Figure 24 : Câble dénudé

- **Sertir** : Opération consistant à fixer une connexion sur un conducteur. Le sertissage se fait de différentes manières : soit manuellement à l'aide d'outils adaptés (pince, pistolet ...) soit avec une presse hydraulique.



Figure 27 : Outils de sertissage



Figure 26 : Opération de sertissage

Un sertissage non conforme se produit si l'une des étapes est non conforme.

Des défauts du sertissage non détectés ni par le contrôle ni par le client peuvent causer une résistance surhaussée avec une augmentation de la température jusqu'à l'incendie.

2.1. Recherche des causes des défauts :

Pour savoir les causes réelles des défauts du sertissage détectés durant le suivi qu'on a effectué de 3 faisceaux, On a pu remplir le tableau suivant :

Tableau 9 : Détails du défaut du sertissage

| Détails du défaut | La cause | Explication |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 câbles dénudés mais non sertis | Manque d'attention | La connexion est petite, elle ressemble aux brins |
| La connexion n'est pas bien sertie pour 20 câbles | Le sertissage de cette connexion n'est pas fait avec l'outil de sertissage approprié | L'opératrice est en cours de formation. Elle n'a pas encore examiné les outils |
| Dépassement des brins pour 9 câbles | L'outil de sertissage n'est pas bien réglé | Beaucoup d'opérateurs utilisent le même outil à la fois et le réglage se diffère selon la référence de la connexion |
| L'isolant reculé pour 7 câbles | La dénudeuse n'est pas bien réglée | Beaucoup d'opérateurs utilisent le même outil à la fois et le réglage se diffère selon la section du câble |
| Le sertissage n'est pas fait avec la connexion demandée pour 40 câbles | Le sertissage est demandé avec la référence 16, il est fait avec la référence 17 | Les 2 références se ressemblent entre eux |

Un brainstorming avec l'équipe qualité ainsi que les opérateurs s'avère très bénéfique. En effet, il nous a permis de dégager et de recenser toutes les causes qui peuvent être à l'origine de ce défaut.

Ces causes ont été classés selon les 5M (Méthode, Milieu, Main d'œuvre, Matière, Machine) du diagramme en arête de poisson et qui illustré dans la figure (28).

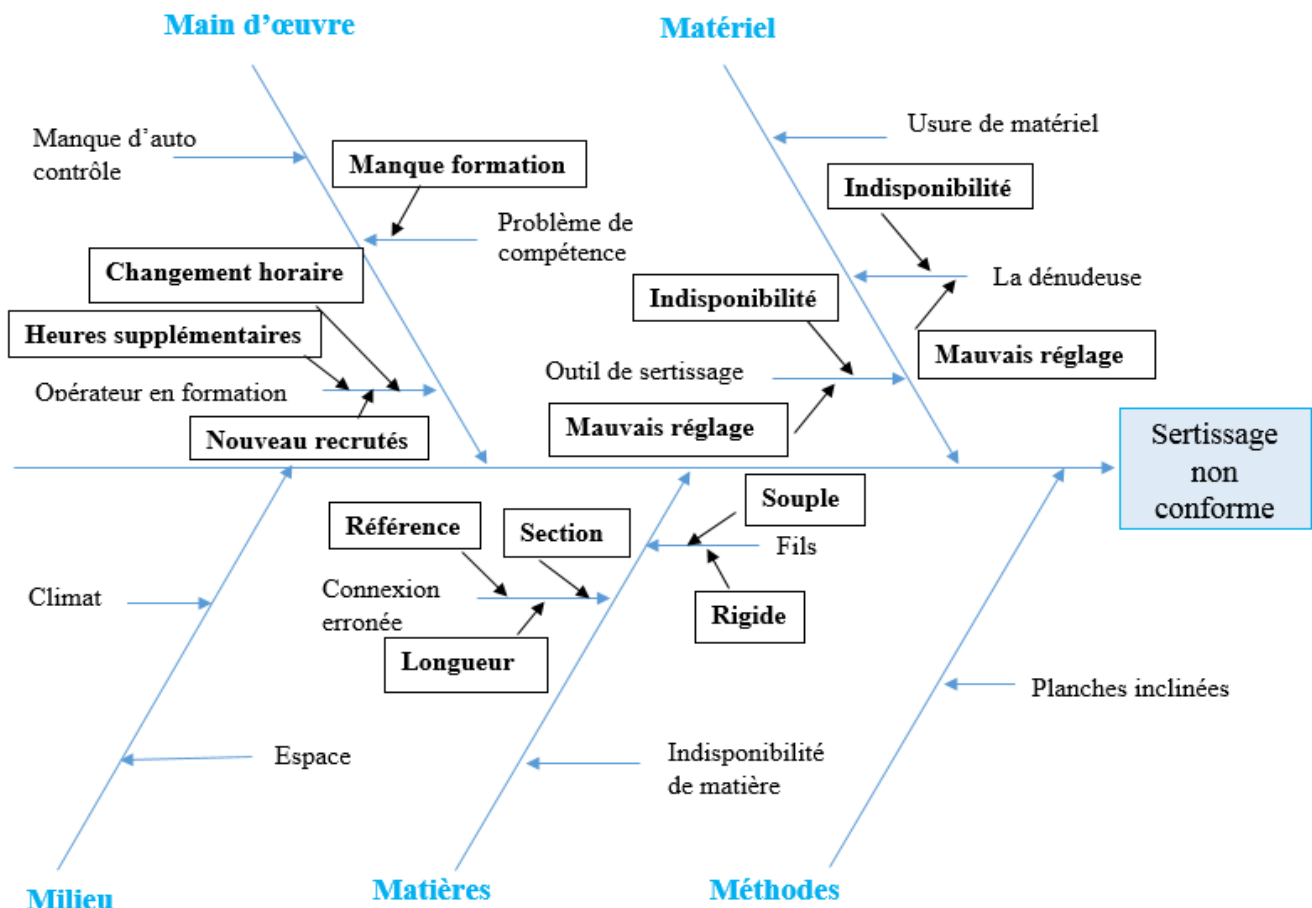

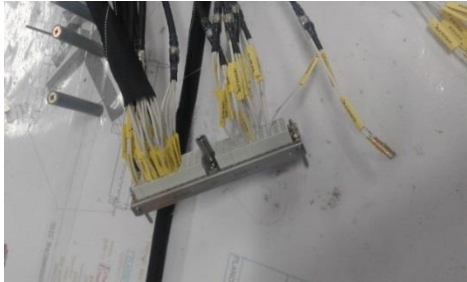
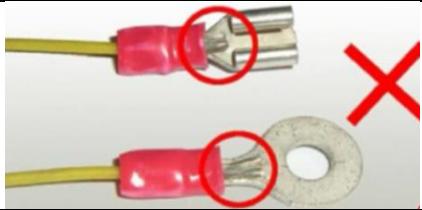




Figure 28 : Les causes du défaut du sertissage

2.2. Recherche de la faiblesse du contrôle

Durant le suivi que nous avons effectué, nous avons collecté dans le tableau suivant les méthodes par lesquelles les défauts du sertissage sont détectés :

Tableau 10 : Méthode de contrôle

| Détails du défaut | Type de contrôle | Méthode | Photo |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 câbles dénudés mais non sertis | MQ | Visuellement |  |
| La connexion n'est pas bien sertie pour 20 câbles | MQ | Les câbles ont été déjà sertis dans un connecteur le contrôleur a appliqué une certaine force d'arrachement sur les câbles les connexions se sont simplement arrachés |  |
| Dépassement des brins pour 9 câbles | MQ | Visuellement |  |
| L'isolant reculé pour 7 câbles | MQ | Visuellement |  |
| Le sertissage n'est pas fait avec la connexion demandée pour 40 câbles | MQ | Visuellement |  |

Interprétation :

La détection des défauts du sertissage s’appuie sur le contrôle visuel ce qui rend la mission difficile.

2.2.1. Ishikawa du contrôle

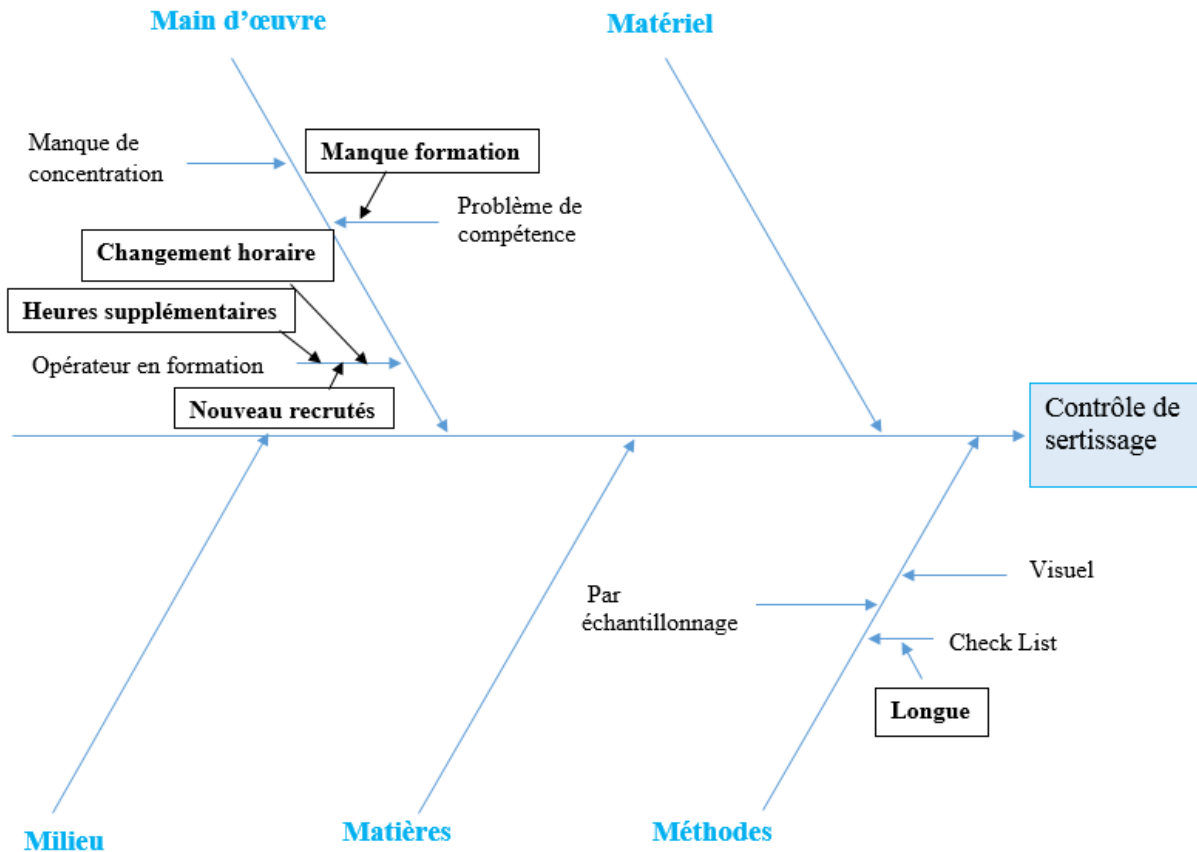


Figure 29 : Les causes de la faiblesse de contrôle devant le défaut de sertissage

3. Conclusion de la phase d’analyse :

Après l’analyse des défauts détectés lors du suivi effectué, nous avons trouvé que les défauts du sertissage sont dus à un ensemble des causes :

- ✚ Le manque des outils de dénudage et de sertissage : les opérateurs (de même projet /de projets différents) échangent les outils entre eux or le calibrage et le paramétrage de ces outils changent selon la section du câble et la référence de la connexion demandée ce qui nécessite une forte attention de leur part.

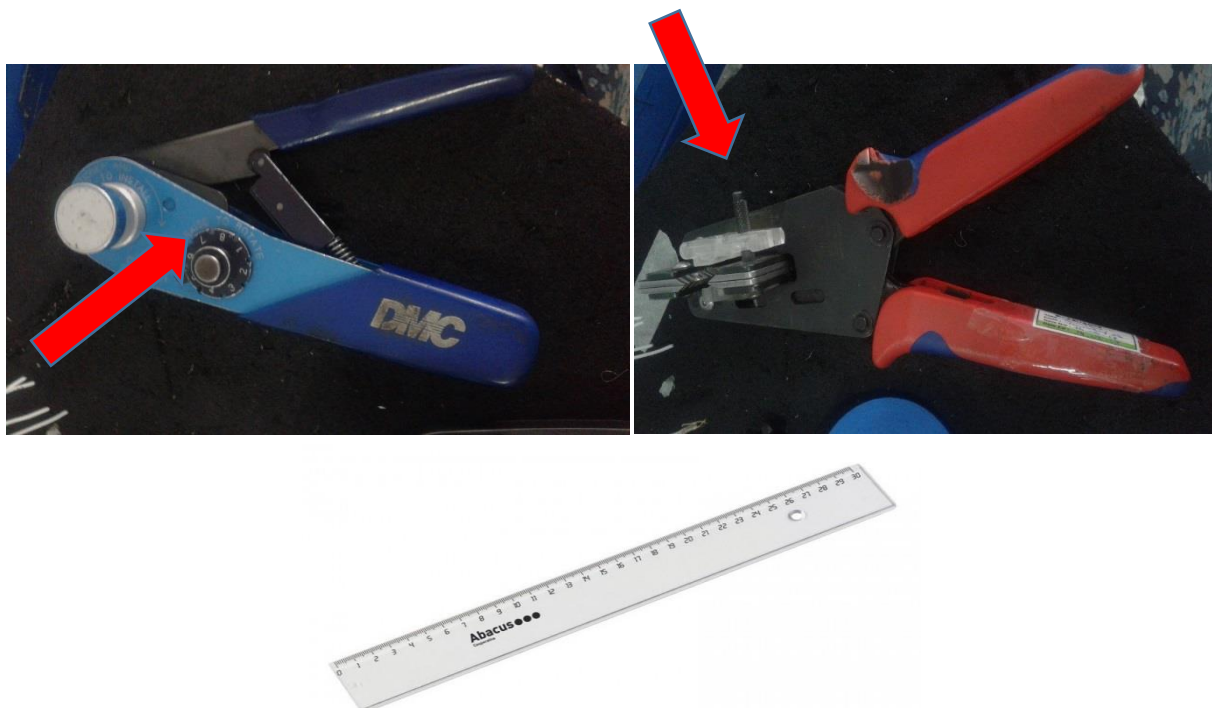


Figure 30 : Exemple des outils réglable & règlette de la dénudeuse



- ✚ Le manque de formation : les nouveaux recrutés ne s'adaptent pas facilement avec l'utilisation des outils de sertissage et leurs paramétrages.
- ✚ Le manque d'un contrôle efficace qui détecte le défaut :
 - Dans le Test Électrique : Le défaut ne se détecte pas.
 - Dans le Mur Qualité (contrôle final) : le contrôle se fait visuellement et par échantillonnage or la plupart des câbles se sont déjà enfichés dans les connecteurs.

Chapitre 4 : **PLAN D'ACTION**

Le chapitre précédent nous a permis de déterminer les causes racines des problèmes rencontrés.

Dans ce chapitre nous allons proposer quelques solutions ainsi qu'un plan d'action pour résoudre la problématique.

Vous trouverez dans ce chapitre :

-  Phase 4 : Innover
-  Phase 5: Contrôler

I. Phase 4 « Innover »

L'objectif de Cette étape permet de passer de la théorie à l'application et de mettre en place des solutions aux anomalies détectées dans la phase d'analyse.

L'opération de sertissage est qualifiée comme une opération critique puisque toute la production s'arrête sur sa qualité et qu'il n'y a pas des outils permettant de mesurer sa conformité ce qui laisse le défaut passer facilement au client.

Dans notre plan d'action on va agir sur 2 côtés :

Diminuer les causes qui augmentent la probabilité d'apparition de ce défaut

- Pour le manque des outils du dénudage et du sertissage:

L'équipe engagée à la production dans cette référence est constituée de 2 opérateurs, pour éviter le problème de rechange et les défauts qui en résultent.

Nous avons demandé à chacun des opérateurs sa propre dénudeuse.

Nous avons demandé l'ensemble des outils du sertissage utilisés dans cette référence pour que l'équipe ait ses outils indépendamment des autres.



Figure 31 : Exemple d'échange des outils



Figure 32 : La trousse des outils d'un opérateur

- Pour le manque de formation :

Pour aider les nouveaux recrutés à s'adapter avec les connexions et les outils de sertissage appropriés, nous avons demandé aux ingénieurs méthode d'ajouter sur la planche devant chaque connexion demandée l'outil du sertissage convenable.

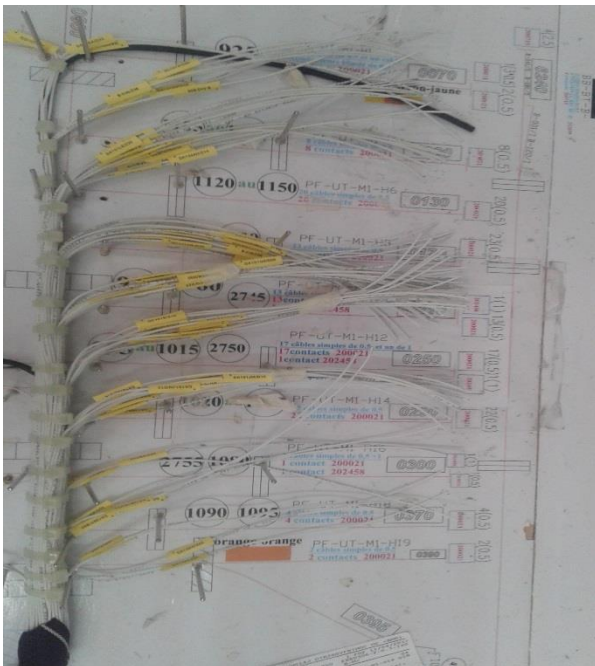


Figure 34 : Planche sans désignation de l'outil

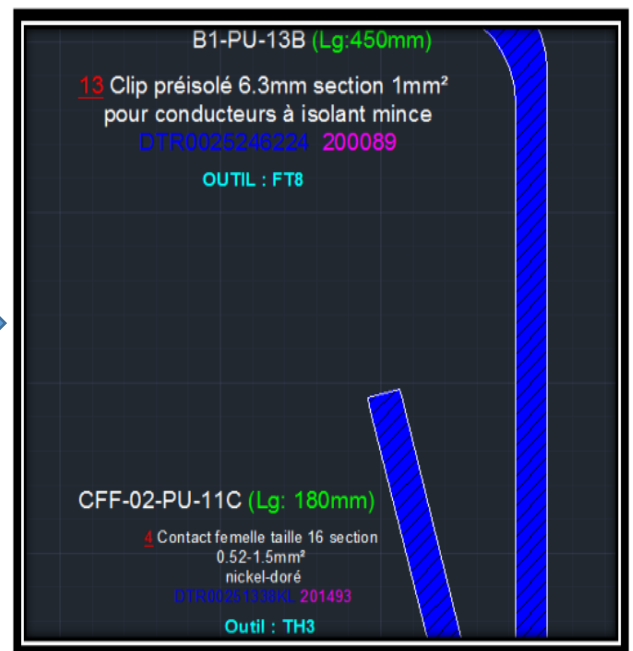


Figure 33 : L'ajout de l'outil de sertissage convenable à chaque connexion

Améliorer le contrôle pour détecter le défaut le plus tôt possible

- La mise en place de l'autocontrôle :

Pour que le défaut du sertissage ne s'étende pas dans les phases de fabrication avales, nous avons pensé de procéder avec le principe d'Auto qualité : « Faire bon du premier coup » en employant l'autocontrôle.

La mise en place de l'autocontrôle entraîne une modification importante de la façon de travailler. Il faut donc informer les opérateurs sur la démarche.

Cette formation, on a préféré de la faire sous forme des illustrations désignant les différents points qu'il faut contrôler après chaque opération du sertissage :



Figure 35 : Panneau de formation

Pour avoir une preuve et s'assurer que ce contrôle sera fait et respecté, on a créé une check liste contenant les points les plus critiques qui garantissent la conformité du sertissage et que l'opérateur doit vérifier au cours de la réalisation de son travail. **(Voir l'annexe).**

- La mise en place d'un contrôle du sertissage :

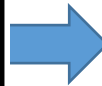
Un défaut du sertissage non détecté par l'autocontrôle et détecté jusqu'à le contrôle final, il sera trop tard pour la production, c'est dans ce sens qu'on a pensé de renforcer la détectabilité par un contrôle du sertissage (le CS) exécuté par un opérateur de contrôle, ce contrôle vient juste après l'opération du sertissage, afin de garantir que les produits transmis au poste aval sont conformes aux spécifications.

II. Phase 5 « contrôler »

- ✓ Détecter les défaillances le plus tôt possible :

L'autocontrôle et le CS permettent de détecter les éventuels défauts du sertissage très tôt. Dès leur apparition, la cause sera immédiatement recherchée et une solution rapide sera trouvée pour remédier au problème.

| | | Défaut introduit |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Opérations du processus | Phase de création | Sertissage non conforme |
| | Phase de détection possible | |
| | 1-sertissage | ● |
| | 2-Montage des connecteurs | ↓ |
| | 3-Test Electrique | ↓ |
| | 4-Contrôle final | + |
| | 5-Emballage | |
| | 6-Expedition | |
| | 7-Utilisation par le client | + |



| | | Défaut introduit |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Opérations du processus | Phase de création | Sertissage non conforme |
| | Phase de détection possible | |
| | 1-sertissage | ● |
| | 2-autocontrôle | ↓ |
| | 3-contrôle du sertissage | + |
| | 4-Montage des connecteurs | |
| | 5-Test Electrique | |
| | 6-Contrôle final | + |
| | 7-Emballage | |
| | 8-Expedition | |
| 9-Utilisation par le client | + | |

Figure 37 : La matrice d'Auto-qualité avant l'amélioration du contrôle qualité

Figure 36 : La matrice d'Auto-qualité après l'amélioration du contrôle qualité

Cela aura un impact financier évident puisqu'aucune valeur ajoutée inutile ne sera apportée à un produit défectueux.

- ✓ Impliquer l'opérateur dans son travail :

Le fait de donner à l'opérateur le rôle de contrôler ses propres pièces le responsabilise. En effet, s'il fournit au poste aval des pièces non conformes, il se sentira concerné par la défaillance et fera tout pour éviter que cela se renouvelle.

De plus l'opérateur voit immédiatement le résultat de sa production. S'il constate qu'il produit des pièces bonnes il en résultera, à juste titre, une satisfaction personnelle qui le motivera davantage dans son travail. Cela lui permettra aussi de montrer la qualité de son travail et d'en apporter des preuves.

Conclusion :

Le sujet qui nous a été proposé était l'amélioration du contrôle qualité de la zone d'assemblage du projet RGV.

Pour satisfaire la problématique, nous avons effectué une analyse en se basant sur les outils de la qualité afin de définir les défauts qui nuisent la qualité du produit. Nous avons utilisé la démarche DMAIC comme méthode de résolution de problème.

Nous avons commencé par un diagnostic et une analyse de l'existant, cette étape était décisive, elle nous a permis de savoir que les défauts résultant de l'opération du sertissage sont les plus critiques du côté de la production et du contrôle. Ils représentent 40% des réclamations client et 47% des défauts détectés par le contrôle qualité.

Pour chercher les causes racines de ces défauts, nous avons effectué un suivi de 3 faisceaux. Suite à ce suivi, plusieurs causes ont été relevées :

En ce qui concerne la production : l'échange des outils réglables, le manque de formation et la difficulté de la maîtrise des outils du sertissage et du dénudage.

En ce qui concerne le contrôle : le manque d'un contrôle efficace qui détecte le défaut à 100%.

À la fin de notre travail, nous avons proposé des solutions pour les problèmes rencontrés : une demande des outils utilisés pour éviter les problèmes de réglage, modification de la planche et l'ajout de la référence de chaque outil, la mise en place d'autocontrôle et d'un contrôle CS afin de renforcer et rapprocher la détectabilité des défauts.

Une check liste d'autocontrôle a été aussi proposée pour s'assurer que l'opérateur a contrôlé son produit.

BIBLIOGRAPHIE et WEBOGRAPHIE :

- La boîte à outils du responsable qualité-Florence Gille,Goinard &Bernard Senola-DUNOD-Paris-2009.
- La gestion de la qualité-Kaouru Ishikawa-DUNOD-Paris-2002,2007.
- <http://www.alstom.com/fr/decouvrez-nous>

Annexe

Check liste d'Autocontrôle du sertissage

RGV

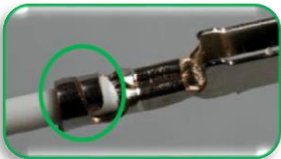

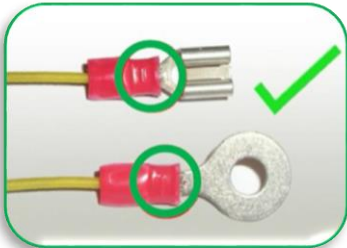

BLOC MOTEUR BT

Produit :

OF :

Référence de la connexion :

N° Opérateur :

| Points de contrôle | Validation | Référentiel |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vérifier la référence de la connexion à utiliser avec celle demandée | |     |
| Vérifier la longueur du dénudage demandée | | |
| Vérifier que le frettage est bien fermé | | |
| S'assurer que dans la zone de sertissage : aucun brin visible ou échappé | | |
| S'assurer que dans la zone fenêtre : les brins et l'isolant sont visibles | | |
| S'assurer que dans le trou d'inspection : les brins sont visibles | | |