



## MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du

Diplôme Master Sciences et Techniques

Spécialité : **Génie Mécanique et Productique**

Sous le thème :

**Modélisation et automatisation des CHECK-LIST de contrôle de la qualité des produits finis et mis en place d'un tableau de bord interactif**

Présenté par :

CHAYEB Mahdi

Encadré par :

- BELATIK Mourad, Enseignant département Génie Mécanique, FST Fès
- HAJJI Mohammed, Encadrant de la société ALSTOM

Effectué à **ALSTOM**

Soutenue le : 11/06/2018

Devant le jury :

- A. EL BARKANY
- A. JABRI

Année universitaire : 2017 – 2018

## Dédicace

---

À mes parents qui ont sacrifié  
pour leur petite famille ;

À mes frères qui m'ont toujours  
supporté ;

À mes collègues qui m'ont toujours  
motivé ;

À tous les gens qui partagent  
leurs connaissances ;

## Remerciement

Je remercie tout d'abord **Allah** le miséricordieux pour la santé, la force et le courage qu'il m'a donné afin de parvenir à l'accomplissement de ce stage de fin d'étude.

Je tiens à présenter mon très sincère remerciement à mon maître de stage Monsieur **Mohamed HAJI**, pour le temps de formation qu'il m'a alloué, sa prise en main pour faciliter mon intégration, sa gratitude, son savoir-faire. Ainsi, il a su me donner la méthodologie du travail tout en me laissant libre et autonome sur la façon de faire avancer le travail.

Je présente aussi toute ma reconnaissance et ma gratitude à mon encadrant pédagogique Monsieur **Mourad BELATIK** pour ses conseils, ses remarques, sa disponibilité et son soutien tout au long de la période du stage.

J'adresse mes remerciements à l'ensemble des professeurs de la **Faculté des Sciences et Techniques à Fès**, et précisément du département de **Génie Mécanique**, que je tiens à leur adresser mon profond respect pour leur soutien, assistance et partage de connaissances durant tout mon cursus de formation à l'FST-Fès.

Aussi, je tiens à remercier Monsieur **Ahmad CHAIB** et toute l'équipe du groupe **ALSTOM** de bien vouloir m'accepter et m'accorder ce stage de fin d'étude et pour l'expérience professionnelle enrichissante qu'elle nous ont fait vivre lors de ces cinq mois de stage.

Je remercie également Madame **Rajae ITTIJANI** pour son accompagnement tout au long de ma période de stage et de m'avoir apporté les outils nécessaires pour réaliser le travail et toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à l'accomplissement de ce travail.

Je témoigne mes profondes grâtes aux membres de jury : **A. JABRI** et **A. EL BARKANY**, qui ont accepté de juger mon travail, qu'ils trouvent dans ce travail le modeste témoignage de ma haute considération et sincère reconnaissance.

## Résumé

---

Dans un milieu très exigeant en terme de qualité, c'est évidant que l'entreprise doit être capable d'affronter les différentes problématiques de travail. C'est le cas de l'entreprise ALSTOM qui fabrique tous les composants ferroviaires qui entrent dans le domaine du transport urbain.

Les produits fabriqués par l'entreprise doivent respecter les exigences strictes imposées par le client. C'est la mission principale du service qualité qui intervient pour garantir un produit propre sans aucun défaut ; d'où ce présent PFE qui a pour objectif de mettre en œuvre des CHECK-LIST de contrôle ainsi qu'un tableau de bord interactif pour faciliter la manipulation.

De plus, ce travail compte sur la modélisation de deux principaux types de CHECK-LIST de contrôle ; le premier modèle a pour objectif de faciliter la tâche de contrôle en respectant la séquence de fabrication des produits sous forme de faisceaux ; le deuxième modèle est pour les produits qui sont des coffrets, armoires, panneaux ..., dont le contrôle se fait par section (connecteur, bornier, relais...).

Finalement, la réalisation d'un tableau de bord interactif qui sera l'interface dynamique à travers lequel les actions de création, modification, navigation seront plus souples et plus intuitives.

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| CHAPITRE 1 : Présentation de l'organisme d'accueil .....      | 14 |
| I. Présentation de l'entreprise d'accueil <b>ALSTOM</b> ..... | 15 |
| 1. Présentation d'ALSTOM Maroc : .....                        | 15 |
| 2. Fiche signalétique : .....                                 | 16 |
| 3. Historique d'ALSOM Maroc .....                             | 16 |
| 4. Organigramme d'ALSTOM .....                                | 17 |
| 5. Services d'ALSTOM.....                                     | 18 |
| 5.1. Service des ressources humaines .....                    | 18 |
| 5.2. Service financière.....                                  | 18 |
| 5.3. Service logistique .....                                 | 18 |
| 5.4. Service qualité.....                                     | 18 |
| 5.5. Service engineering .....                                | 18 |
| 5.6. Service production.....                                  | 19 |
| 5.7. Service maintenance .....                                | 19 |
| 6. Les certifications obtenues par l'entreprise ALSTOM .....  | 19 |
| 6.1. ISO 9001 : 2008.....                                     | 19 |
| 6.2. La norme IRIS .....                                      | 20 |
| II. Présentation des activités du câblage ferroviaire.....    | 20 |
| 1. Particularité du câblage ferroviaire .....                 | 20 |
| 2. Définition du faisceau électrique .....                    | 20 |
| 3. Définition d'armoire électrique .....                      | 21 |
| 4. Composants d'un faisceau électrique .....                  | 22 |
| 4.1. Câbles électriques.....                                  | 22 |
| 4.2. Câble unifilaire .....                                   | 22 |
| 4.2.1. Câble multifilaire .....                               | 22 |
| 4.2.2. Câble coaxial.....                                     | 22 |
| 4.3. Connexion .....  | 23 |
| 4.4. Connecteurs .....  | 23 |
| 4.5. Les éléments de protection.....                          | 23 |

|   |    |
|---|----|
| 5. Processus de fabrication des faisceaux.....          | 24 |
| 5.1. Réception et stockage de la matière première ..... | 24 |
| 5.2. La coupe de fils .....                             | 24 |
| 5.3. Préparation des paquets .....                      | 24 |
| 5.4. Cheminement des câbles .....                       | 25 |
| 5.5. Dénudage .....                                     | 25 |
| 5.6. Sertissage des fils .....                          | 26 |
| 5.7. Montage des connecteurs .....                      | 26 |
| 5.8. Test électrique .....                              | 26 |
| 5.9. Contrôle final .....                               | 27 |
| 5.10. Emballage.....                                    | 27 |
| 6. Conclusion .....                                     | 27 |
| CHAPITRE 2 : Contexte général du projet.....            | 29 |
| I. Cadrage du projet.....                               | 30 |
| 1. Introduction.....                                    | 30 |
| 2. Objectif du projet .....                             | 30 |
| 3. Contexte pédagogique .....                           | 30 |
| 4. Démarche du projet .....                             | 31 |
| 5. Planning .....                                       | 31 |
| II. Cartographie des processus de l'entreprise .....    | 32 |
| 1. Définition : approche processus.....                 | 32 |
| 1.1. Cartographie des processus .....                   | 32 |
| 1.2. Les processus .....                                | 33 |
| 2. Cartographie des macro-processus.....                | 33 |
| 3. Présentation d'ALSTOM en macro-processus .....       | 34 |
| 4. Cartographie service qualité.....                    | 37 |
| III. Contexte général .....                             | 38 |
| 1. Définition de la Problématique (Définir).....        | 38 |
| 1.1. Service qualité.....                               | 38 |
| 1.2. Le contrôle qualité.....                           | 38 |

|  |    |
|--|----|
| 1.3. Mission .....   | 38 |
| 1.4. QQQQCP.....   | 39 |
| 2. Conclusion .....  | 40 |
| CHAPITRE 3 : Analyse de la situation existante .....                           | 42 |
| I. Etude d'environnement (Mesurer) .....                                       | 43 |
| 1. Introduction.....   | 43 |
| 2. Définition et objectifs de management visuel.....                           | 43 |
| 2.1. Définition de management visuel.....                                      | 43 |
| 2.2. Les objectifs de Management Visuel .....                                  | 43 |
| 3. Démarrage des projets SYDNEY et ALGERIE .....                               | 44 |
| 4. Historique des défauts.....   | 45 |
| 4.1. Défauts SYDNEY et ALGERIE .....   | 46 |
| 4.1.1. SYDNEY.....   | 46 |
| 4.1.2. ALGERIE.....  | 46 |
| 5. Le temps moyen du contrôle.....   | 49 |
| 5.1. Coffre BT.....  | 49 |
| 6. Temps moyen du mur qualité .....  | 50 |
| 7. Conclusion .....  | 51 |
| II. Analyse de la situation .....  | 51 |
| 1. Introduction.....   | 51 |
| 2. Le processus du contrôle final (Analyser) .....                             | 52 |
| 2.1. Diagramme d'ISHIKAWA du non conformité .....                              | 53 |
| 2.2. Démarche de QRQC et PDCA .....  | 54 |
| 2.3. Diagramme ISHIKAWA du non détection .....                                 | 54 |
| 3. Conclusion .....  | 56 |
| CHAPITRE 4 : modélisation des CLC et la mise en place du tableau de bord ..... | 58 |
| I. L'amélioration continue (Innover).....                                      | 59 |
| 1. Introduction.....   | 59 |
| 2. Kaizen.....   | 59 |
| 3. Objectif et vision estimée .....  | 59 |

|  |    |
|--|----|
| II. Modélisation .....   | 60 |
| 1. Données d'entrée.....   | 61 |
| 1.1.1. Lay-out .....   | 61 |
| 1.1.2. Liste des appareils .....                                       | 63 |
| 2. Réalisation de la Check-List .....                                  | 64 |
| 2.1. Phases du contrôle .....  | 64 |
| 2.2. Organisation dans Excel .....                                     | 64 |
| 2.3. Validation des données .....                                      | 65 |
| 2.3.1. Type du défaut .....  | 65 |
| 3. Tableau de bord .....   | 66 |
| III. Evaluation d'efficacité des Check-List (Contrôler/Matriser) ..... | 69 |
| 1. Défauts de SYDNEY et ALGERIE .....                                  | 69 |
| 2. Temps moyen du mur qualité .....                                    | 70 |
| 3. La matrice d'auto qualité .....                                     | 71 |
| 4. Conclusion .....  | 73 |



## Liste des tableau

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1: fiche signalétique .....                         | 16 |
| Tableau 2: Historique .....                                 | 16 |
| Tableau 3: Questionnaire QQQQCP .....                       | 40 |
| Tableau 4: Proportion des défauts SYDNEY mur qualité .....  | 48 |
| Tableau 5: Proportion des défauts ALGERIE mur qualité ..... | 48 |
| Tableau 6: Temps moyen du test .....                        | 50 |
| Tableau 7: Temps moyen du mur qualité .....                 | 50 |
| Tableau 8: Temps moyen du mur qualité .....                 | 71 |

## Liste des figures

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Figure 1: Site ALSTOM.....                                      | 15                                  |
| Figure 2: la norme IRIS .....                                   | 20                                  |
| Figure 3: faisceau bloc moteur commun HT .....                  | 21                                  |
| Figure 4 : armoire électrique .....                             | 21                                  |
| Figure 5 : Câble unifilaire .....                               | 22                                  |
| Figure 6: Câble multifilaire.....                               | 22                                  |
| Figure 7 : Câble coaxial .....                                  | 23                                  |
| Figure 8 : Exemple de connexions.....                           | 23                                  |
| Figure 9 : Exemple de connecteurs .....                         | 23                                  |
| Figure 10 : Exemple de gaines et agrafes de fixation.....       | 24                                  |
| Figure 11 : préparation des paquets.....                        | 25                                  |
| Figure 12: emballage des faisceaux et armoires électrique ..... | 27                                  |
| Figure 13: représentation de processus .....                    | 34                                  |
| Figure 14: ALSTOM comme processus.....                          | 35                                  |
| Figure 15: Cartographie des processus ALSTOM.....               | 36                                  |
| Figure 16: Cartographie service qualité .....                   | 37                                  |
| Figure 17: Diagramme de GANTT .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figure 18: Détection des défauts par procédure .....            | 45                                  |
| Figure 19: Totale des défauts du projet SYDNEY .....            | 46                                  |
| Figure 20: Totale des défauts du projet ALGERIE .....           | 47                                  |
| Figure 21: Défauts mur qualité SYDNEY.....                      | 47                                  |
| Figure 22: Défauts mur qualité ALAGERIE .....                   | 48                                  |
| Figure 23: Produit fini coffre BT .....                         | 49                                  |
| Figure 24: Faisceau en attente du contrôle .....                | 52                                  |
| Figure 25: Diagramme d'ISHIKAWA .....                           | 53                                  |

|  |    |
|--|----|
| Figure 26: Diagramme d'ISHIKAWA du contrôle .....                    | 55 |
| Figure 27: planche 2D de travail.....                                | 60 |
| Figure 28: Vue 3D du câblage intégré .....                           | 61 |
| Figure 29: Données connecteur .....                                  | 61 |
| Figure 30: Canevas de liaisons.....                                  | 62 |
| Figure 31: connecteur XRM03+ELC_D .....                              | 63 |
| Figure 32: Liste des appareils .....                                 | 63 |
| Figure 33: feuille de stockage des données.....                      | 64 |
| Figure 34: forme de la Check-List.....                               | 65 |
| Figure 35: Annexe du tableau de bord .....                           | 66 |
| Figure 36: références du projet SYDNEY.....                          | 67 |
| Figure 37: Suivi de création et vérification des CLC .....           | 68 |
| Figure 38: Suivi de création et vérification des CLC .....           | 68 |
| Figure 39: Défauts mur qualité SYDNEY.....                           | 69 |
| Figure 40: Défauts mur qualité ALGERIE.....                          | 70 |
| Figure 41: la matrice d'auto qualité avant la création des CLC ..... | 72 |
| Figure 42: la matrice d'auto qualité après la création des CLC ..... | 72 |

### Liste des acronymes :

CLC : Check-list de contrôle

QRQC : quick response, quick change

TNC : traitement des non conformes

R&R : répétabilité et reproductibilité.

Le groupe **ALSTOM** est le leader au marché mondial dans le secteur ferroviaire. On observe une forte croissance dans le secteur grâce à la bonne tenue de la demande, aussi bien intérieur qu'extérieur. Il cherche constamment à améliorer la qualité de ses produits, ses performances et son système de production dont le but est d'augmenter la productivité avec efficience.

Ce rapport comporte les étapes de développement de mon travail dans le cadre du projet de fin d'études, effectué à l'entreprise ALSTOM, dont le thème est la modélisation et automatisation des CHECK-LIST de contrôle de la qualité des produits finis et la mise en place d'un tableau de bord interactif.

Le premier chapitre contient trois parties donnant un aperçu général sur l'organisme d'accueil, présentation du métier câblage ferroviaire ainsi que le processus de fabrication, l'énoncé de la problématique et le cahier de charge.

Le deuxième chapitre a pour objectif de créer une cartographie des processus services de l'ensemble de l'entreprise dans la première partie, et pour la deuxième partie, nous avons créé une cartographie des processus du service qualité afin de décrire les différentes activités de ce service.

Le troisième chapitre est consacré à une analyse de la situation existante au sein de la société en appliquant les deux phases de la DMAIC : Mesurer et Analyser pour décrire le périmètre et les objectifs du projet.

Le quatrième chapitre vient dans le cadre de l'amélioration continue en se basant sur le module Kaizen destiné au service qualité, partant d'un premier modèle (prototype) et le valider pour passer à la création des CLC pour les projets en démarrage (SYDNEY & ALGERIE), ainsi que la mise en place d'un tableau de bord interactif pour gérer la documentation et pour suivre l'état d'évolution et d'avancement générale.



# CHAPITRE I

Ce chapitre contient deux parties :

- I- **Présentation de l'entreprise d'accueil ALSTOM** : Cette partie est dédiée à la présentation générale de l'organisme de l'entreprise d'accueil et sa structure intérieure.
- II- **Présentation des activités du câblage ferroviaire** : dans cette partie nous allons décrire les activités du câblage, puis le processus de fabrication des faisceaux électriques ainsi que les armoires électriques au sein d'ALSTOM.

## I. Présentation de l'entreprise d'accueil **ALSTOM**

### 1. Présentation d'ALSTOM Maroc :

CABLIANCE Maroc est créé en 2011. C'est le 08 Décembre 2012 où CAMA est devenu une seule société intégré d'une détention à parts égales entre 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.

Après cinq ans de collaboration, Nexans et Alstom ont signé le 13 avril 2016 un accord fixant les modalités d'une nouvelle gouvernance. En effet Alstom rachète les parts de Nexans pour devenir le propriétaire exclusif de la société CABLIANCE.

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



Figure 1: Site ALSTOM

## 2. Fiche signalétique :

|                   |  |
|-------------------|--|
| date de création  | 2011   |
| Siège local       | Lot 106 Zone industrielle Ain Chkef 30122 Fès                                      |
| Capital social    | 27 000 000 MAD   |
| Directeur général | Stephane HAUERT  |
| Actionnaires      | ALSTOM   |
| Effectif          | 200 personnes  |
| Statut juridique  | S.A  |
| Téléphone         | 00212 535 72 42 00   |
| Site internet     | <a href="http://www.alstom.com">www.alstom.com</a>                                 |
| LOGO              |  |

Tableau 1: fiche signalétique

## 3. Historique d'ALSOM Maroc

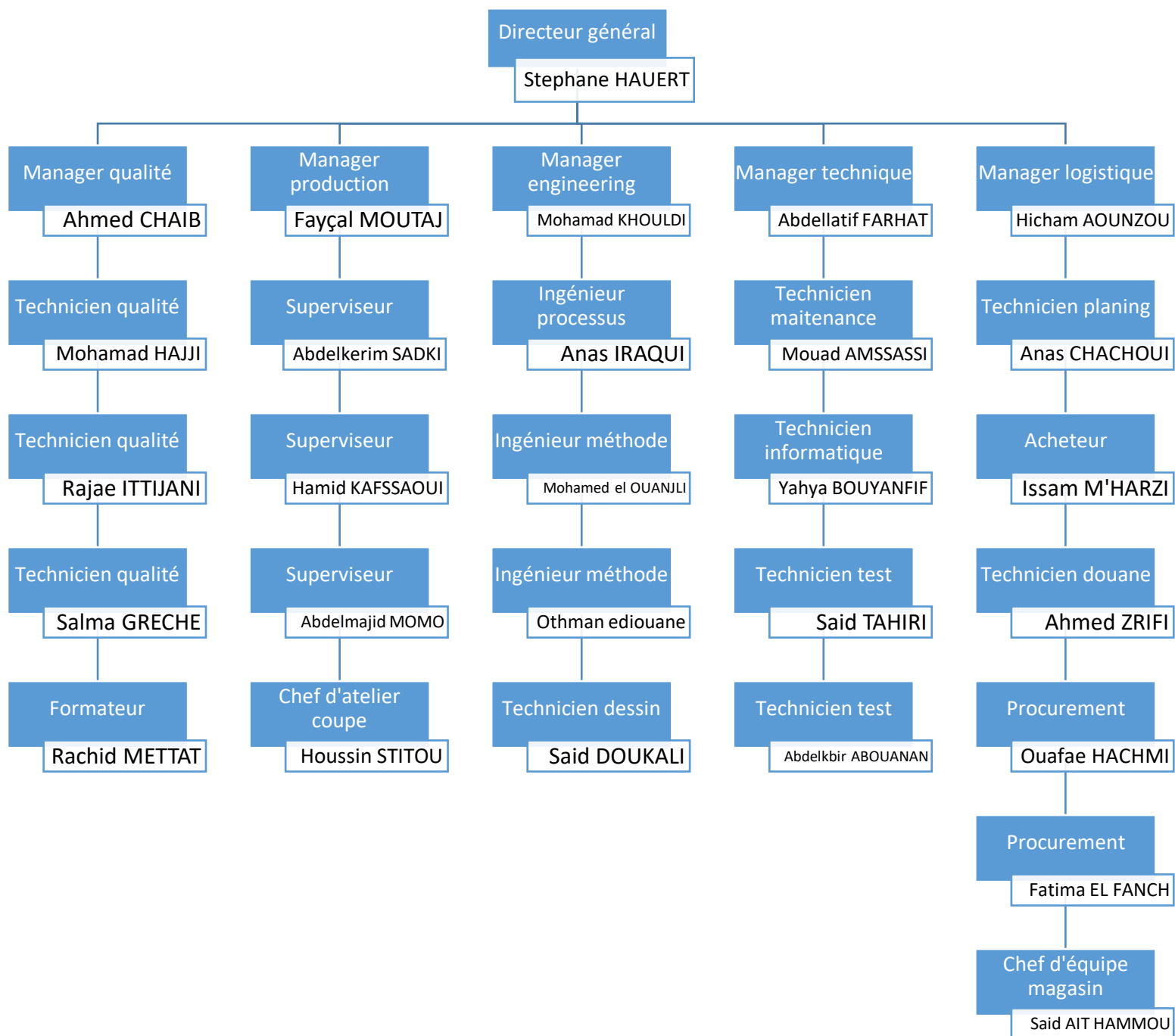
Le tableau ci-dessous représente l'historique de la société ALSTOM Maroc :

|                  |   |
|------------------|---|
| 10 Décembre 2011 | Signature de l'accord ALSTOM ONCF pour le MGVTanger Casablanca.         |
| 08 Juin 2011     | Signature de l'accord pour la création de la JV entre ALSTOM et NEXANS. |
| 22 Décembre 2011 | Création de la Société.   |
| 02 Janvier 2012  | Lancement des travaux de rénovation de l'Usine.                         |
| 05 Février 2012  | Lancement de la formation du Management en Slovaquie.                   |
| 08 Mars 2012     | Intégration du 1er groupe des opératrices/opérateurs.                   |
| 26 Mars 2012     | Lancement production sur faisceaux Test CITADIS.                        |
| 03 Juillet 2012  | Audit Processus   |
| 14 Juillet 2012  | Expédition de la 1ère Rame du CITADIS                                   |

Tableau 2: Historique



#### 4. Organigramme d'ALSTOM



## 5. Services d'ALSTOM

### 5.1. Service des ressources humaines

Le département RH met en place les différents dispositifs réglementaires et normatifs de gestion du personnel, développe les outils adéquats de gestion du personnel, met en place les outils de gestion de carrières, de développement de compétences, de motivation et d'adhésion du personnel et les dispositifs de sécurité au travail.

### 5.2. Service financière

Le département financier est appelé pour assurer la rentabilité des investissements, à appliquer les outils et standards groupe, à respecter la réglementation et la législation en vigueur, à assurer la saisie optimale des opportunités offertes par le pays aux investisseurs, à piloter les projets et chantiers d'optimisation des coûts et à l'optimisation de la gestion de la trésorerie et de la gestion fiscale de la société.

### 5.3. Service 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.

### 5.4. Service qualité

Le service qualité est le service responsable à garantir la conformité du produit tout en respectant les normes et exigences imposés par le client afin d'atteindre le niveau de la qualité escompté sur le plan du processus et des produits.

### 5.5. Service engineering

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

## 5.6. Service production

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

## 5.7. Service maintenance

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.

# 6. Les certifications obtenues par l'entreprise ALSTOM

## 6.1. ISO 9001 : 2008

Les normes ISO constituent le référentiel international reconnu mondialement en raison des règles définies pour leur élaboration et leur approbation.

La norme ISO 9001 donne les exigences organisationnelles requises pour l'existence d'un système de gestion de la qualité.

L'ISO 9001 :2008 est la norme qui fournit l'ensemble des exigences pour un système de management de la qualité.

Les objectifs d'ISO 9001 sont :

- Rendre plus efficace son système de gestion de la qualité en le structurant ;
- Donner confiance à ses partenaires en démontrant le niveau d'efficacité de sa gestion de la qualité ;
- Motiver ses agents en leur donnant un défi : obtenir la certification ;
- Garantir le maintien d'un niveau d'efficacité de gestion de la qualité.

Cette certification a été obtenue par CABLIANCE Maroc le 16/12/2013.

## 6.2. La norme IRIS

RIS (International Railway Industry Standard) est un référentiel créé à l'initiative de quatre grands équipementiers du secteur des transports ferroviaires (Bombardier, Siemens, Alstom et AnsaldoBreda) et qui s'adresse aux entreprises dépendantes de ce domaine industriel, tel que les intégrateurs de système et les fabricants d'équipement.

L'entreprise CABLIANCE Maroc a obtenu cette certification au 21/11/2014.



Figure 2: la norme IRIS

## II. Présentation des activités du câblage ferroviaire

### 1. Particularité du câblage ferroviaire

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

En effet, le câblage ferroviaire doit respecter la Classe 1 de niveau de sécurité à la différence du câblage automobile qui obéit aux exigences de la classe 2 en termes de sécurité.

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

### 2. Définition du faisceau électrique

Un faisceau électrique 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.

La figure ci-contre illustre l'aspect d'un faisceau électrique :



Figure 3: faisceau bloc moteur commun HT

### 3. Définition d'armoire électrique

Une armoire électrique est composée d'un bâti dormant et d'une porte, dont le faisceau électrique sera intégré par la suite, l'armoire est soumise à une préparation mécanique avant l'intégration, c'est la phase qui assure que les différents composants électriques sont bien installés tel que les contacteurs, les micro-disjoncteurs,...



Figure 4 : armoire électrique

## 4. Composants d'un faisceau électrique

### 4.1. 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 :

#### 4.2. Câble unifilaire

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

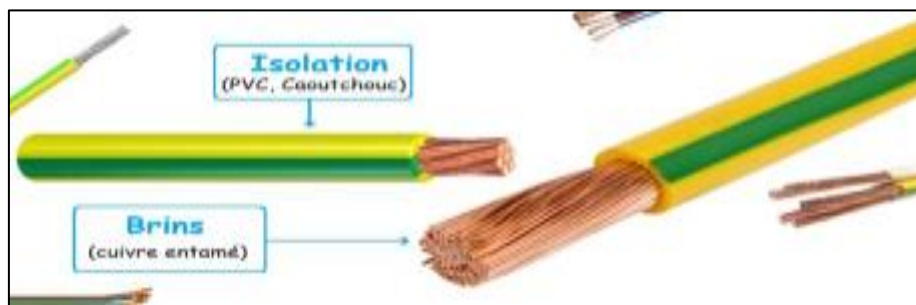


Figure 5 : Câble unifilaire

#### 4.2.1. Câble multifilaire

Le câble multifilaire est un ensemble de câbles unifilaires qui sont eux-mêmes protégés par un ruban séparateur et une gaine PVC.

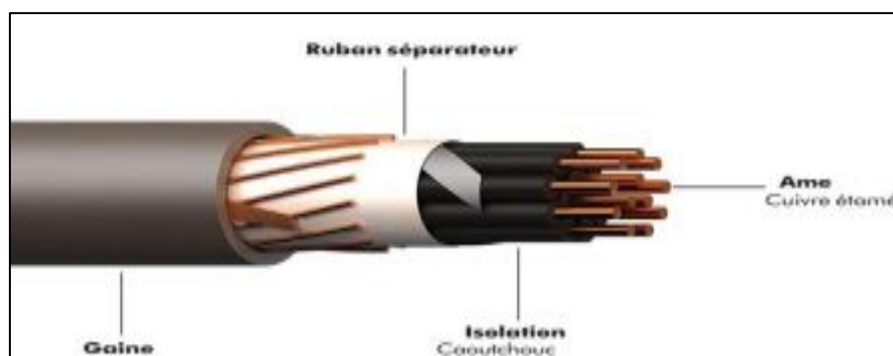


Figure 6: Câble multifilaire

#### 4.2.2. Câble coaxial

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

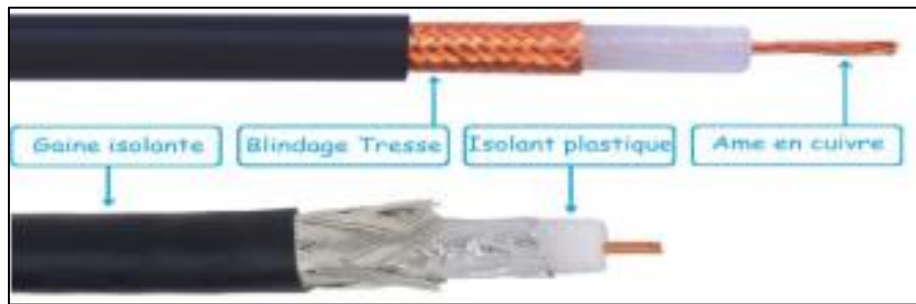


Figure 7 : Câble coaxial

#### 4.3. Connexion

C'est un élément métallique qui s'accroche au bout d'un fil pour permettre sa jonction à un connecteur.



Figure 8 : Exemple de connexions

#### 4.4. Connecteurs

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).



Figure 9 : Exemple de connecteurs

#### 4.5. Les éléments de protection

Les éléments de protection utilisés dans un faisceau sont :

- Les gaines : rassemblent les fils et assurent leurs étanchéités.

- Les agrafes : permettent de positionner rapidement le faisceau et le maintien des câbles et des gaines



Figure 10 : Exemple de gaines et agrafes de fixation

## 5. Processus de fabrication des faisceaux

### 5.1. Réception et stockage de la matière première

Après avoir reçu la matière première qui est généralement des bobines des 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.

### 5.2. 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 des application suivantes :

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

### 5.3. 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 sont :

- Les manchons : utiles pour définir les extrémités du câble (tenant/aboutissant).



- Le ruban adhésif : utilisé pour fixer la partie tenant d'un paquet et pour identifier chaque classe (Numéro de paquet ou numéro de toron).
- Les bagues de couleurs : placé du côté aboutissant et ils sont nécessaires pour faciliter le cheminement des paquets sur la planche d'assemblage.

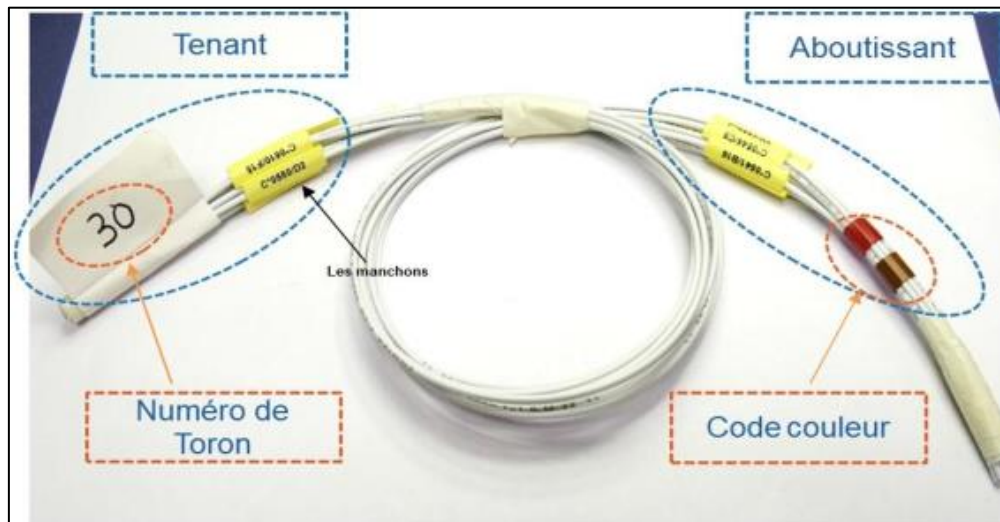


Figure 11 : préparation des paquets

#### 5.4. Cheminement des câbles

Le cheminement des paquets est défini comme étant la mise en place de ces derniers sur la planche 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.

#### 5.5. Dénudage

Le dénudage du câble est une étape très importante du procédé de sertissage. Le dénudage consiste 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.

#### 5.6. Sertissage des fils

Le sertissage est une technique permettant le raccordement électrique permanent entre un contact à sertir et un ou deux conducteurs (fil). Donc il permet la liaison entre un ou deux fils et une connexion.

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

#### 5.7. 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.

#### 5.8. 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.

### 5.9. Contrôle final

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

### 5.10. Emballage

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

La Figure 12 présente trois images montrant les outils utilisés pour emballer le faisceau ou l'armoire électrique.



Figure 12: emballage des faisceaux et armoires électrique

## 6. Conclusion

Durant les deux premières semaines du stage, l'organisme d'accueil nous a offert une formation globale dans les différents domaines d'activités de la société dans chaque département, ainsi que la maîtrise du processus de fabrication des faisceaux et armoires électriques, c'était une formation enrichissante dans le secteur de production ferroviaire.

# CHAPITRE II

Ce chapitre contient deux parties :

- I. **Cartographie de processus de département qualité** : Dans cette partie on va réaliser la première étape de la mise en œuvre de l'approche processus dans tous ses niveaux, en partant des services de l'entreprise comme macro processus, aux tâches de chaque procédure.
- II. **Présentation de département qualité** : cette partie sera consacrée à la description de département qualité, ses activités, sa démarche de traitement des problèmes et le processus d'intervention et solution proposés.

## I. Cadrage du projet

### 1. Introduction

L'entreprise doit d'abord détecter ses processus clés : ceux dont l'optimisation aura l'effet de levier le plus puissant sur la réussite des stratégies et ceux qui ont des déficits de performance. Par ailleurs l'élaboration de l'approche processus et de maîtrise des interfaces répond parfaitement aux exigences de la version 2000 de la norme ISO et elle permet d'apporter des solutions à de nombreuses questions. Elle est à la base de l'identification des processus importants, elle est utile pour préparer les programmes d'audits internes, elle aide aussi à la mise en place des dispositifs de mesure et de surveillance tel que le tableau de bord et elle peut servir à mettre en œuvre les programmes d'amélioration. Dans cette optique la mise en œuvre de l'approche processus sera faite afin de réaliser une cartographie qui consiste à restituer l'identification des processus de l'entreprise et leur interaction.

### 2. Objectif du projet

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

### 3. Contexte pédagogique

Dans le cadre de la préparation du projet de fin d'étude, l'étudiant doit passer un stage dans le milieu industriel pour appliquer les compétences techniques et théoriques acquises durant le cursus universitaire au niveau de l'industrie, en outre, le stage réalisé donne une valeur ajoutée au profile de l'étudiant pour qu'il soit capable de déposer sa candidature dans le marché vu l'expérience qu'il a acquise.

#### 4. Démarche du projet

Pour donner au projet une démarche bien structurée composée de plusieurs phases successives, nous allons aborder l'approche DMAIC qui est une démarche souvent utilisée pour structurer les différentes phases de travail et d'analyse des projets qui ont une vision d'amélioration. Elle est décomposée en cinq tâches principales :

- Définir : la phase définir a comme but la définition du problème, du périmètre étudié et des objectifs associés (en termes de performance, attente utilisateurs...). ;
- Mesurer : la phase de mesure est tout au sujet de s'assurer qu'on peut mesurer le problème et de comprendre la performance actuelle du processus avant de commencer à l'améliorer ;
- Analyser : c'est l'étape qui permet d'exploiter les données collectées pour identifier les causes racines du problème ;
- Innover/Améliorer : après avoir établi la cause du problème, en outre, la phase d'amélioration est basée sur le développement des solutions et de les mettre en œuvre ;
- Contrôler : la dernière phase est de suivre l'état et l'efficacité des solutions proposées, mis en place d'indicateurs de performance pour s'assurer que le process est sous contrôle.

#### 5. Planning

Pour que le projet soit bien planifié, c'est judicieux de mettre un planning à suivre durant la période de stage, c'est pour cela qu'on a utilisé le diagramme de GANTT pour illustrer l'enchaînement des tâches à réaliser.

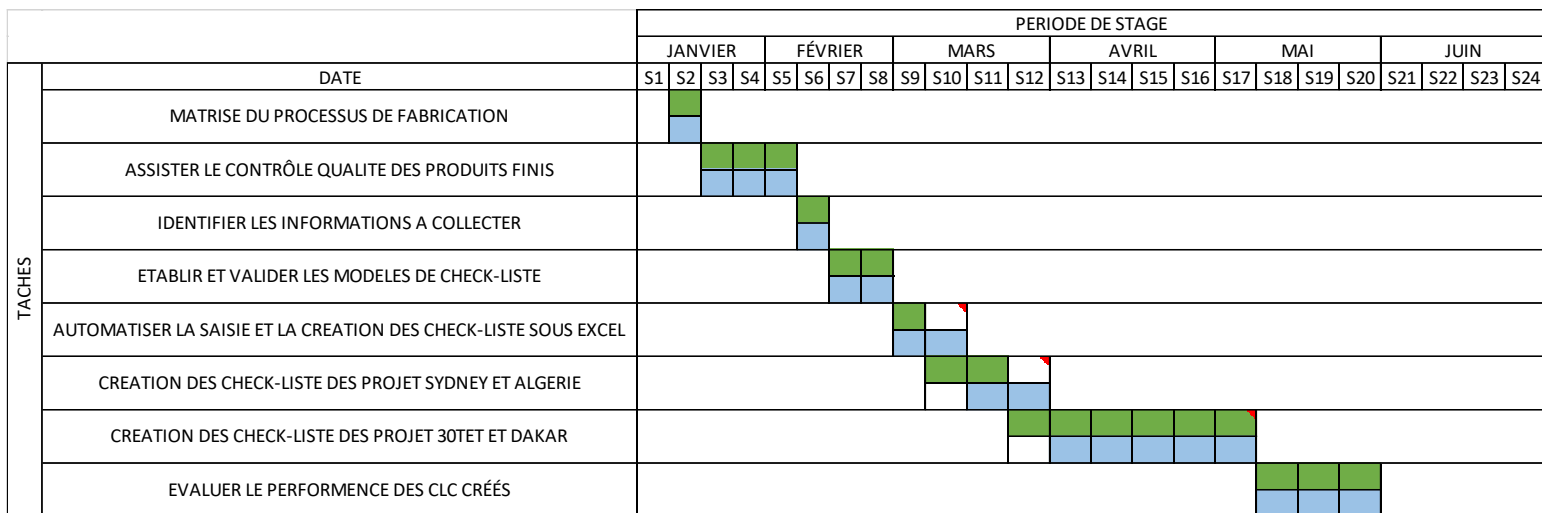


Figure 13: Diagramme de GANTT

## II. Cartographie des processus de l'entreprise

### 1. Définition : approche processus

L'approche processus est une méthode d'analyse ou de modélisation, dont l'enchaînement des actions constituant la manière de faire et de fabriquer en se basant sur un schéma précis qui décrit la succession d'opérations afin d'élaborer un produit fini.

La méthode est relativement simple. Dans cette partie, il faut que nous commençons par identifier l'enchaînement des activités (que l'on va appeler processus) que l'entreprise doit réaliser pour transformer la demande du client en produit ou prestation qui satisfait cette demande. Ensuite, Nous déterminons, processus par processus, l'organisation et les moyens nécessaires dont il a besoin.

#### 1.1. Cartographie des processus

La cartographie des processus d'une entreprise ou d'une organisation est une façon graphique de restituer l'identification des processus et leur interaction.

Les cartographies sont des supports très utiles qui permettent :

- De partager la vision et/ou la connaissance d'un processus avec toutes les parties prenantes ;
- De travailler sur les dysfonctionnements, les gaspillages et les potentiels d'amélioration, parmi lesquels les goulots d'étranglement, les ressources insuffisamment flexibles, les changements de série longs, etc ;
- De communiquer avec les collaborateurs, la hiérarchie...



L'approche processus s'applique à différents niveaux d'analyse. Il est important d'avoir un vocabulaire clair pour décrire les éléments (qui sont tous des processus au sens générique), à chaque niveau d'analyse.

On distingue 4 niveaux d'analyse :

- 1) Les macros processus ;
- 2) Les processus élémentaires ;
- 3) Les sous processus ;
- 4) Les activités ;

### 1.2. Les processus

Un processus est un enchaînement d'activités ou d'ensembles d'activités, qui est alimenté par des entrées, qui dispose des ressources et qui ajoute de la valeur par rapport au but pour créer des sorties.

Les entrées d'un processus proviennent soit de l'extérieur, soit d'un autre processus (processus amont). Tout comme ses sorties vont soit vers l'extérieur, soit vers un processus aval.

Un processus généralement possède comme données :

- 1) Un nom
- 2) Des entrées
- 3) Des sorties
- 4) Une suite d'activités qui transforment les entrées en sorties tout en apportant des valeurs ajoutées

## 2. Cartographie des macro-processus

La cartographie de niveau 1, celle des macro-processus, sert avant tout à présenter la finalité de l'entreprise de façon schématique.

La représentation d'un processus se fait par le symbole d'une flèche pleine en suite, nous allons caractériser chaque processus par une suite d'opérations qui apportent une valeur ajoutée aux entrées en les transformant en sorties. En fin

nous rajoutons dans le schéma une phrase courte avec un verbe d'action à l'infinitif pour décrire cette valeur ajoutée. Cette phrase décrit en même temps la finalité du processus.

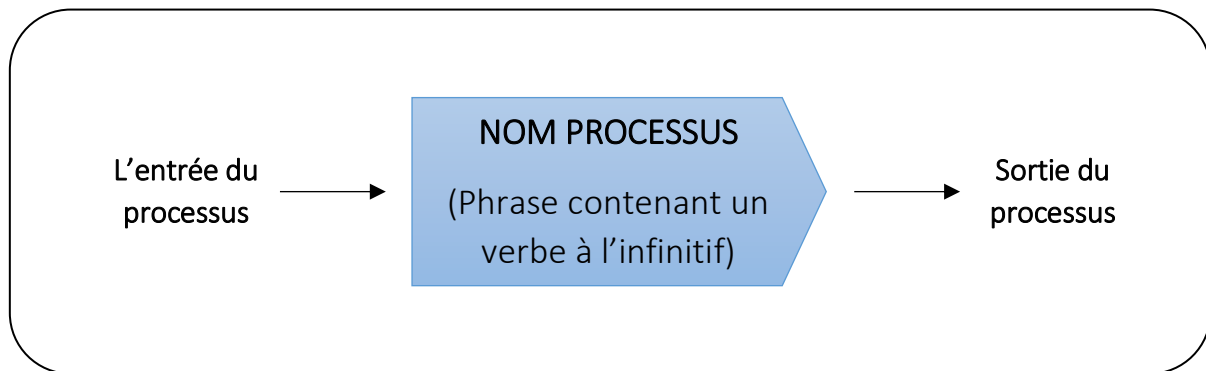


Figure 14: représentation de processus

### 3. Présentation d'ALSTOM en macro-processus

Pour une optique plus claire sur la cartographie, nous allons présenter ce principe d'analyse en plusieurs niveaux pour construire la cartographie. Tout d'abord, nous avons commencé par le niveau le plus élevé : l'entreprise ALSTOM, c'est la représentation de cette entreprise tout entière comme étant un macro-processus.

Pour plus de clarté, Nous allons grouper les entrées et sorties par provenance/destination (marché, clients et fournisseurs) en indiquant celles-ci dans la cartographie. Nous allons également présenter dans les entrées et sorties des flux matériels (matières premières et produit finis) et flux informationnels comme les documentations techniques. Ils vont figurer de façon à identifier chaque type de flux par l'utilisation de polices, de couleurs et de flèches différentes.

Bien évidemment, ce travail ne peut être réalisé qu'à condition d'avoir bien identifié quels sont les produits de l'entreprise et qui sont ses missions générales (processus) et leurs finalités.

La première entrée du macro-processus de réalisation de l'entreprise ALSTOM Maroc était « les besoins du marché ». Après avoir fait un brainstorming avec les responsables de l'entreprise, nous avons identifié la « boîte noire » qui prenait en charge cette entrée et nous l'avons décrite comme un processus :

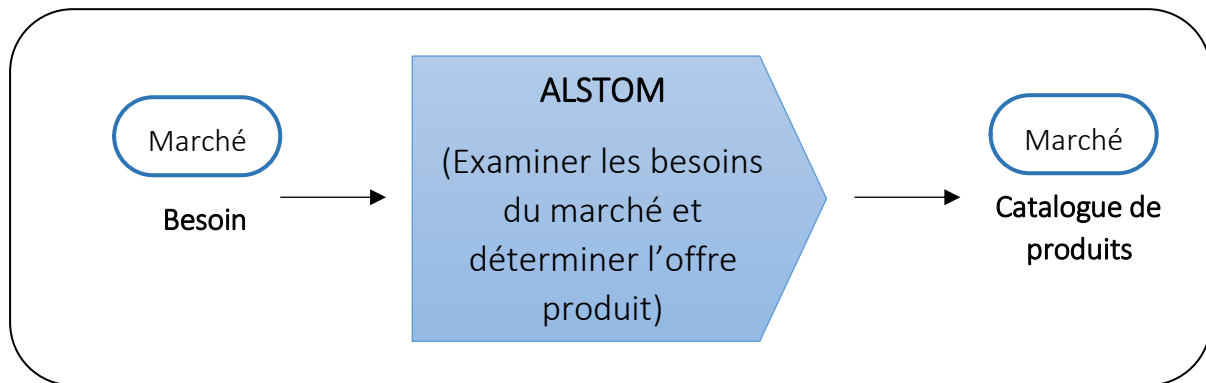


Figure 15: ALSTOM comme processus

Le traitement de toutes les entrées sera de la même manière, pour obtenir la cartographie des macroprocessus, et comme vous allez voir la cartographie va manquer quelque processus de services, ceux qui concourent au bon fonctionnement des processus de réalisation tel que Le service qualité qui travaille pour l'ensemble des processus de l'entreprise, ainsi le processus de ressources humaines et de formation qui travaillent pour aider à la gestion des personnels des ateliers et des bureaux et pour assurer la disponibilité des personnels compétents. Ce peut être le cas également de certains services informatiques qui effectuent des tâches de routine pour la production et qui effectuent en parallèle des missions pour la direction ou pour des propriétaires de processus comme dans le service maintenance.

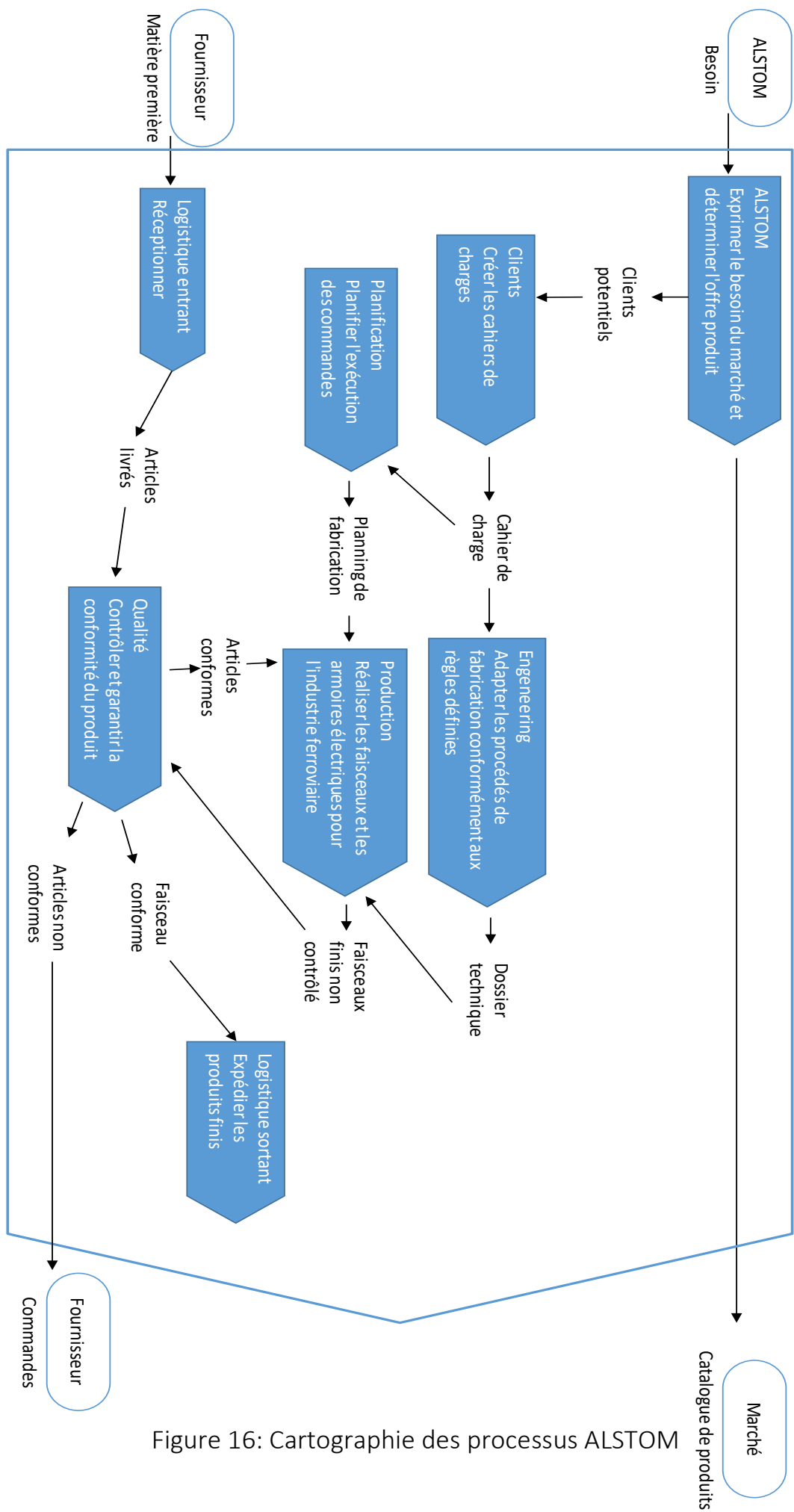


Figure 16: Cartographie des processus ALSTOM

#### 4. Cartographie service qualité

Pour une visualisation plus claire sur les activités faites par le service qualité, la cartographie processus est capable de les présenter autant que schéma de liaisons montrant le flux de déroulement des activités du service.

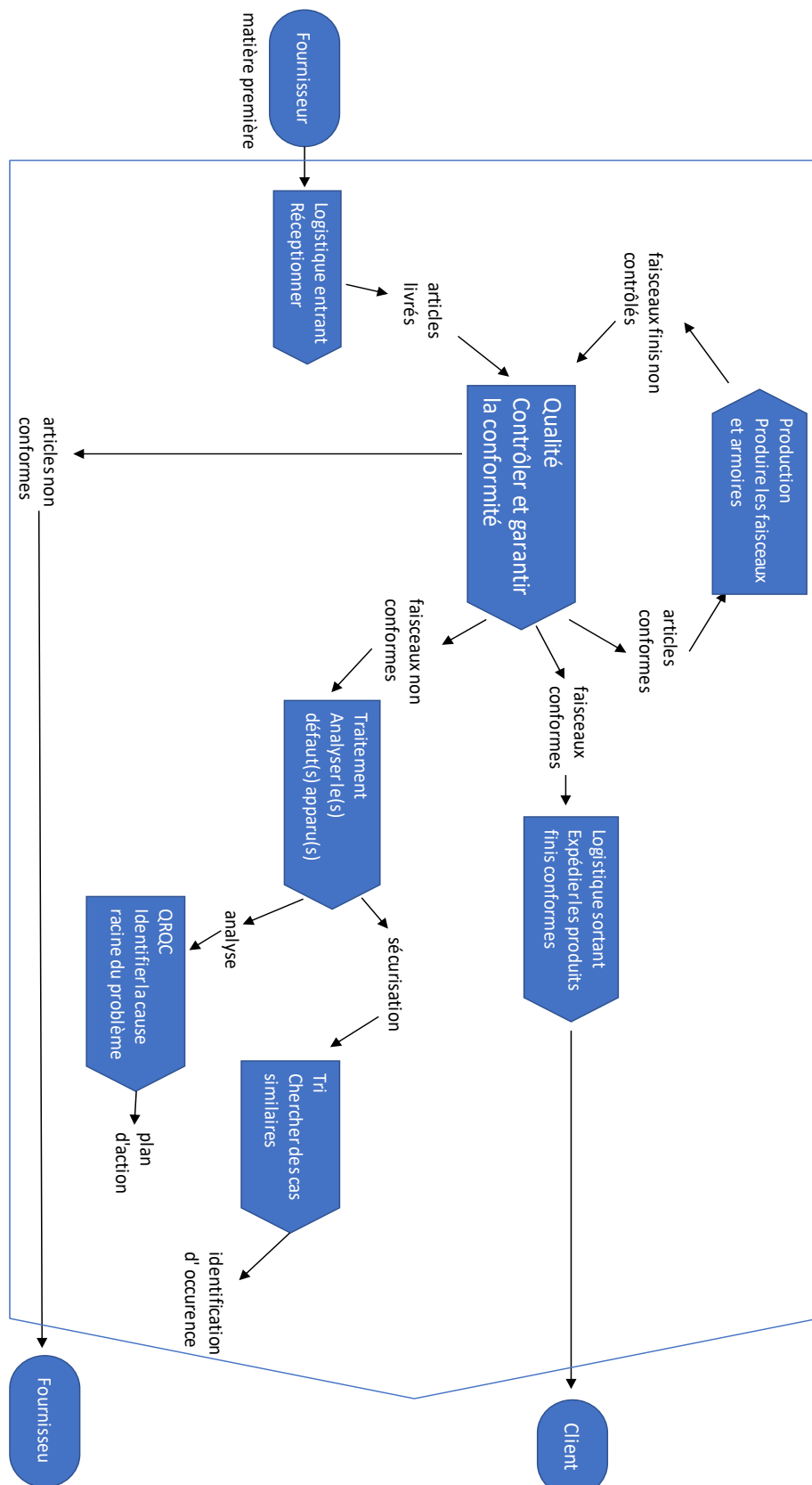


Figure 17: Cartographie service qualité

### III. Contexte général

#### 1. Définition de la Problématique (Définir)

##### 1.1. Service qualité

Le service qualité est un service qui travaille pour l'ensemble des processus de l'entreprise, il supervise la conformité d'outillage utilisé, les composants, les conditions par lesquels un produit va passer, pour assurer la conformité du produit qui sera livré au client.

Bien entendu, le produit fabriqué doit respecter les normes imposées par le client, de telle sorte, il faut que ces derniers soient appliqués au niveau de l'entreprise, d'après les certifications ISO9001 : 2008 et IRIS obtenus par ALSTOM, elle est capable de fournir un produit qui respecte les normes du secteur ferroviaire.

##### 1.2. Le contrôle qualité

Pour que le produit livré soit conforme, il faut qu'il passe par le contrôle interne piloté par le service qualité qui s'agit de la dernière phase après le test électrique, dont l'étape du contrôle final est appelé le mur qualité, de façon particulière, il existe des références qui doivent passer par une étape de contrôle avant le test électrique appelé le contrôle SBS (STEP BY STEP), qui a pour objectif de déterminer les non conformités avant le test et le mur qualité, donc ces produits qui passent par les deux type de contrôle souvent qu'il y a une réclamation officielle du client derrière et pour éviter la récurrence, le produit doit suivre cette démarche.

##### 1.3. Mission

Notre mission chez l'entreprise est liée au contrôle final, comme nous avons déjà indiqué, pour garantir la conformité d'un produit, il faut valider certains points lors du contrôle, Donc pour réduire le taux de la non détection, le contrôleur doit

balayer tout le produit pour identifier tous les défauts possibles et les réparés avant qu'il soit livré au client.

En outre, la non détection des défauts va provoquer une augmentation de taux des défauts chez le client, qui va envoyer par la suite une alerte ou une réclamation officielle avec un certain niveau de criticité.

Donc, pour améliorer la détection interne, le contrôleur se base sur une Check-List de contrôle qui doit contenir tous les points à vérifier dans un produit, dès la documentation jusqu'au dernier composant du produit, alors l'objectif principale est de réaliser un document propre qui couvre tous ce qui précède.

#### 1.4. QQOQCP

La méthode QQOQCP adopte une stratégie de prospection bien structurée qui peut apporter les informations pour mieux connaître et clarifier une situation, car elle explore toutes les dimensions sous différents angles engendrés par des questions visant la situation.

Cette méthode est un bon point de départ pour démarrer l'analyse d'un projet en ciblant son périmètre, en effet, les questions à poser sont les suivantes : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?

|  |  |
|--|--|
| Donnée d'entrée :<br>Problématique générale                          | Modélisation et automatisation des<br>check list de contrôle de la qualité des<br>produits finis et la mise en place d'un<br>tableau de bord interactif  |
| Qui est concerné par le problème ?                                   | Emetteur : HAJJI Mohamad<br>Récepteur : CHAYEB Mahdi   |
| C'est quoi le problème ?   | Les CLC du service existantes besoin<br>de reformulation et d'amélioration   |
| Où apparaît le problème ?  | Au sein du service Qualité du ALSTOM   |
| Quand apparaît le problème ?   | A partir du 8 janvier - en cours   |
| Comment mesurer le problème ?<br>Comment mesurer ses solutions ?     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En étudiant les CLC déjà existants</li> <li>• En prenant connaissance des<br/>activités du service qualité du site<br/>Alstom</li> <li>• En collaborant avec les employés et<br/>les responsables de service</li> </ul> |
| Pourquoi résoudre ce problème ?<br>Quels enjeux quantifiés ?         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour faciliter la tâche du contrôle en<br/>respectant la séquence lors de la<br/>production</li> <li>• Pour améliorer la détection des<br/>défauts en mur qualité</li> </ul>  |
| Donnée de sortie :<br>Question explicite et pertinente à<br>résoudre | Les check-lists pour le contrôle final<br>(mur qualité) :<br>Est-ce que la tâche du contrôle qualité<br>évolue par rapport l'état existait (en<br>terme du temps de contrôle, la<br>fiabilité de contrôle) ?   |

Tableau 3: Questionnaire QQQQCP

## 2. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu général sur les activités générales de l'organisme d'accueil sous forme des cartographies de processus, puis la démarche DMAIC et le planning selon le diagramme de GANTT, ensuite nous avons fait une description du service concerné, ainsi que l'objectif du projet.



# CHAPITRE III

- I. **Etude d'environnement** : dans cette partie on va aborder la phase mesurer pour évaluer le besoin qui entraîne la création des Check-List, ainsi que le temps pris par le contrôle final.
- II. **Analyse de la situation** : cette partie est dédiée au traitement de la phase analyser pour monter les facteurs qui peuvent causer la non détection des défauts, en appliquant le diagramme d'ISHIKAWA qui permet de regrouper les causes par thème, généralement selon les 5M.

## I. Etude d'environnement (Mesurer)

### 1. Introduction

La vue est le sens le plus sollicité et le plus stimulé par notre environnement. Ce sens nous permet d'acquérir puis d'analyser très rapidement une grande quantité d'informations. C'est aussi le sens qui nous permet d'appréhender ce qui est lointain. Dans le même but, le service qualité de l'entreprise ALSTOM focalise sur le management visuel qui a comme fruit un bon sens d'observation, de détection et de réflexion.

Ce chapitre est consacré à la recherche des causes racines de la non détection des défauts qualité soit lors de l'auto contrôle ou bien le contrôle SBS et Mur qualité.

### 2. Définition et objectifs de management visuel

#### 2.1. Définition de management visuel

Le management visuel est l'une des techniques Lean conçus de telle sorte que toute personne entrant dans un lieu de travail, même ceux qui ne sont pas familiers avec le détail des processus, peut très rapidement voir ce qui se passe, le comprendre et voir ce qu'est sous contrôle et ce qui n'est pas. Essentiellement, l'état actuel de l'opération peut être évalué, un coup d'œil.

#### 2.2. Les objectifs de Management Visuel

Les organes du contrôle qualité doivent tous respecter ces objectifs pour améliorer la performance, le rendement et la détectabilité.

- Identifier quand quelque chose va mal ou ne se passe pas ;
- Comprendre et indiquer les priorités de travail ;
- Montrer ce que les normes du travail devraient être ;
- Fournir une rétroaction en temps réel à toutes les personnes impliquées dans l'ensemble du processus ;

- Démontrer tous les éléments nécessaires pour un travail sûr et efficace ;
- Voir si la performance a été atteinte ;

### 3. Démarrage des projets SYDNEY et ALGERIE

Alstom est très impliqué dans le réseau de transport mondial. L'entreprise souhaite, avec son dernier modèle et son savoir-faire international en matière de systèmes de tramways, proposer une nouvelle expérience passagère et un service optimal, de haute capacité, durable et totalement fluide, de plus, ces exigences seront réalisées au lieu pour les deux projets présent par ALSTOM.

Par ailleurs la succursale de la société mère au Maroc, s'en charge par le câblage des faisceaux BT, MT et HT depuis la fin de l'année 2017.

Le moment où la société reçoit un nouveau projet, il faut qu'il soit bien équipé pour le démarrage, de tel sorte, la préparation se fait selon certains critères :

- ✓ Mise en disponibilité des ressources humaines ;
- ✓ Formation du personnel ;
- ✓ Préparation du matériel nécessaire pour la production ;
- ✓ Préparation des modes opératoires ;
- ✓ Préparation des gammes d'assemblage ;
- ✓ Préparation des instructions de travail ;

En outre, le projet Sydney est subdivisé en plusieurs références tel que les salles, les toitures, les pupitres, sous pupitres, sous plancher, les coffres...

Pour suivre le rythme élevé de la production, il faut qu'on prépare pour chaque référence une check-list correspondante, dans les conditions de démarrage, c'est évident que le taux de défauts va augmenter d'une façon remarquable et il faut que le service qualité soit capable de détecter la majorité des défauts.

#### 4. Historique des défauts

La première étape que nous avons fait est de comprendre le besoin final, en effet, l'objectif de cette mesure est de comparer par la suite l'efficacité du travail réalisé, de même, nous allons évaluer l'état final après l'application de la solution proposée.

Tout d'abord, la détection des défauts se fait durant les différentes phases par lesquelles un produit va passer à partir du service de la coupe jusqu'au contrôle final, chaque service assume un certain niveau de responsabilité.

Pour clarifier l'importance de chaque niveau, nous allons présenter ci-dessous le graphique qui reflète le nombre des défauts détectés par chaque procédure de l'année 2017 selon le diagramme PARETO.

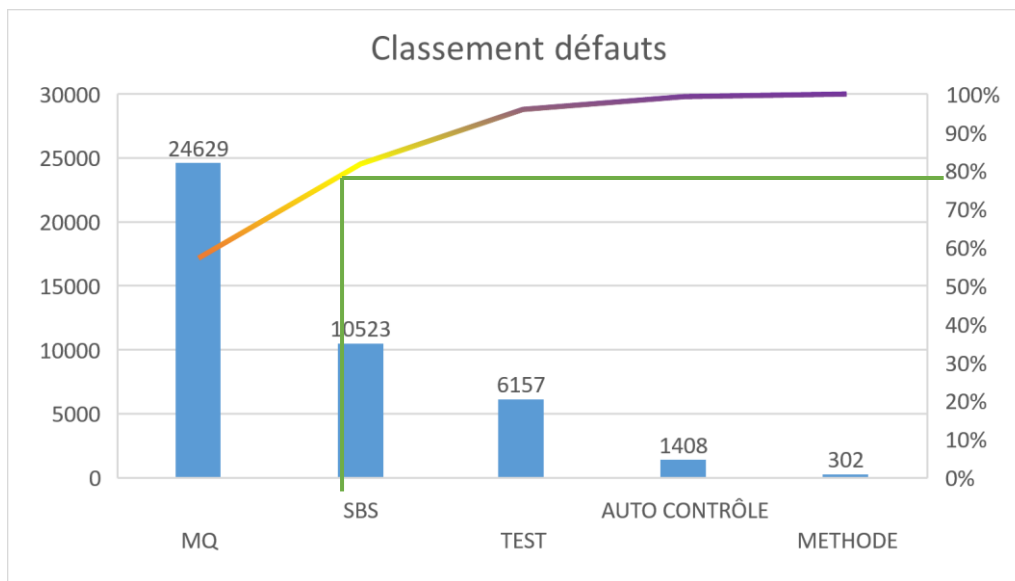


Figure 18: Détection des défauts par procédure

Le diagramme de Pareto permet de :

- ✓ Hiérarchiser les données en fonction du nombre d'apparitions
- ✓ Définir des priorités dans le traitement des problèmes.

Le classement PARETO nous a montré le taux de détection au niveau de chaque procédure, c'est la chose qui nous a montré que le mur qualité prend la part majeure grosso modo au niveau de la détection.

#### 4.1. Défauts SYDNEY et ALGERIE

##### 4.1.1. SYDNEY

Donc, pour une vision plus claire sur les défauts, nous allons présenter un graphique ci-dessous qui rassemble les 3 premiers mois de démarrage du projet SYDNEY.

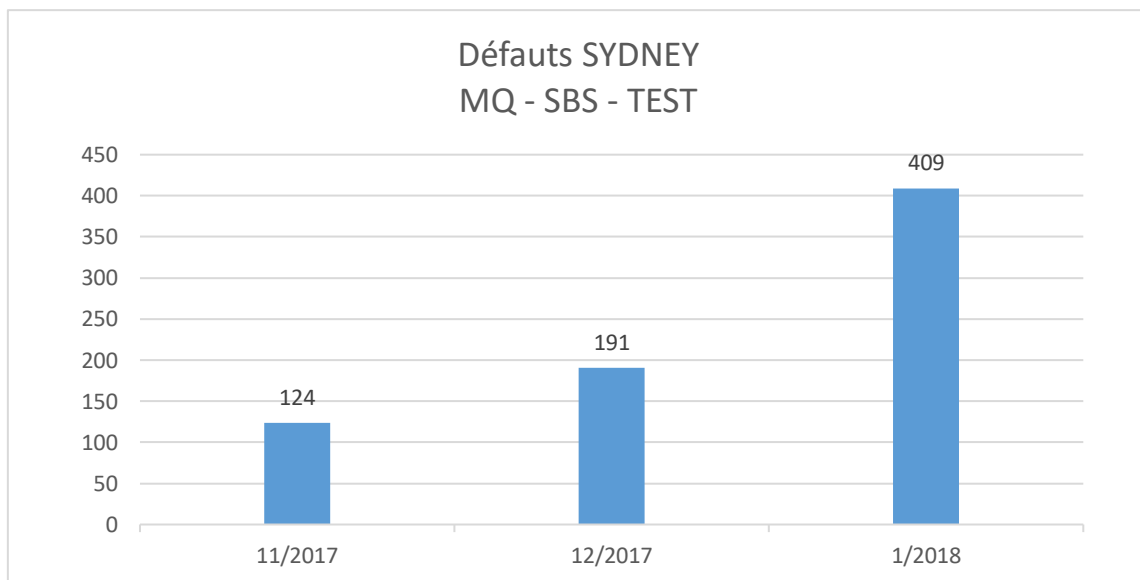


Figure 19: Totale des défauts du projet SYDNEY

##### 4.1.2. ALGERIE

De même, le graphique suivant reflète le résumé des 3 premiers mois de démarrage du projet ALGERIE.

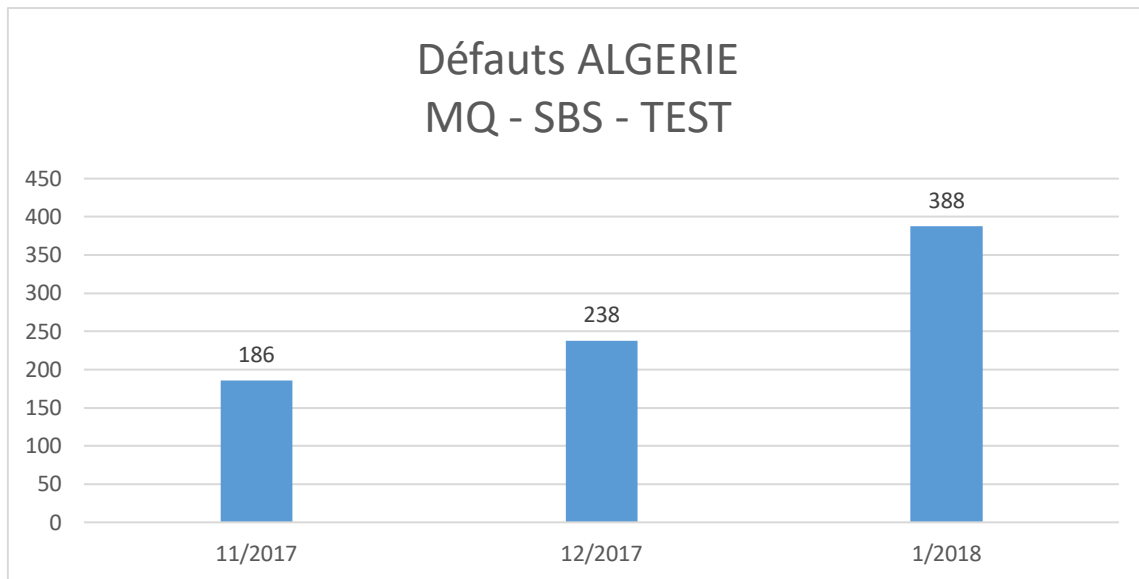


Figure 20: Totale des défauts du projet ALGERIE

Nous remarquons sur les figures, le taux de défauts durant les premiers 3 mois de démarrage, par la suite, la totalité des défauts englobe 3 secteurs de détection : Mur qualité, SBS et les inversions du test électriques.

Notre objectif est lié au contrôle final, vu la priorité qu'il mérite selon le classement généré précédemment, alors, nous allons détailler les données des graphiques pour qu'elles soient proportionnelle au nombre de défauts détectés par ce type du contrôle.

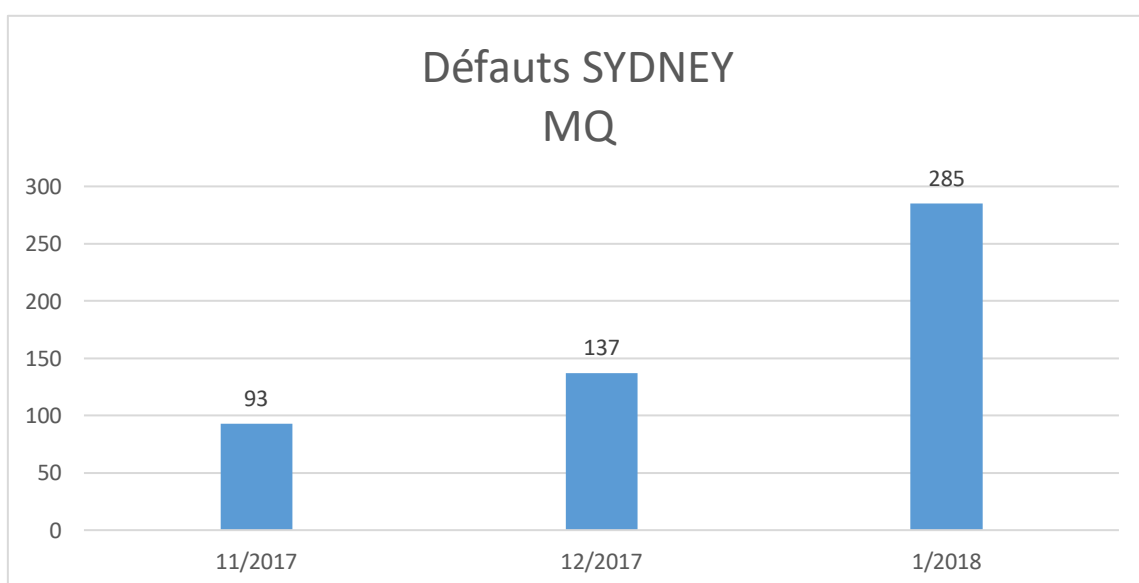


Figure 21: Défauts mur qualité SYDNEY

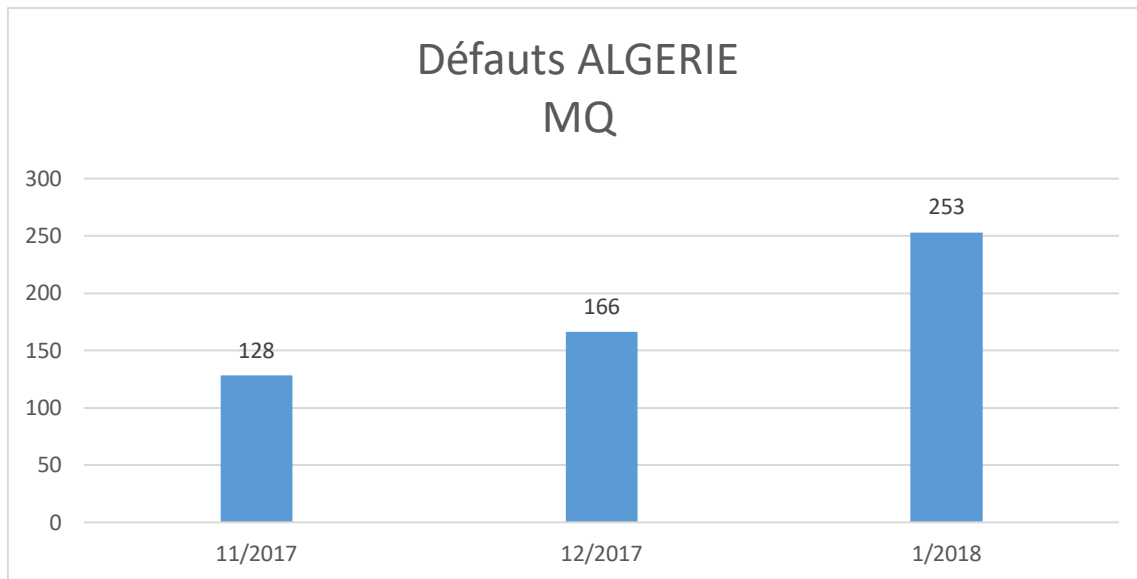


Figure 22: Défauts mur qualité ALGERIE

Cette mesure nous a montré le taux des défauts détectés par le mur qualité, bien entendu que la proportion des autres défauts détectés par différents procédures est assez importante,

| MOIS           | DEF MQ | TOT DEF | % DEF MQ |
|----------------|--------|---------|----------|
| <b>11/2017</b> | 93     | 124     | 75%      |
| <b>12/2017</b> | 137    | 191     | 72%      |
| <b>1/2018</b>  | 285    | 409     | 70%      |

Tableau 4: Proportion des défauts SYDNEY mur qualité

| MOIS           | DEF MQ | TOT DEF | % DEF MQ |
|----------------|--------|---------|----------|
| <b>11/2017</b> | 128    | 186     | 68%      |
| <b>12/2017</b> | 166    | 238     | 69%      |
| <b>1/2018</b>  | 253    | 388     | 65%      |

Tableau 5: Proportion des défauts ALGERIE mur qualité

La caractéristique principale de mesure s'agit bien d'une tendance exponentielle, ce qui est expliqué par l'augmentation de la cadence de production, par la suite, la cause derrière cette augmentation dépende de plusieurs critères qui agissent sur l'apparition des défauts tel que :



- ✓ Manque formation ;
- ✓ Mauvaise application de standard du travail ;
- ✓ Manque de l'information documentaire (gamme de sertissage, gamme d'assemblage) ;
- ✓ Les instructions de montage ne sont pas à jours ;

## 5. Le temps moyen du contrôle

### 5.1. Coffre BT

La mesure quantitative du temps que nous avons effectuée correspond à une référence assez importante du projet SYDNEY, le coffre BT.

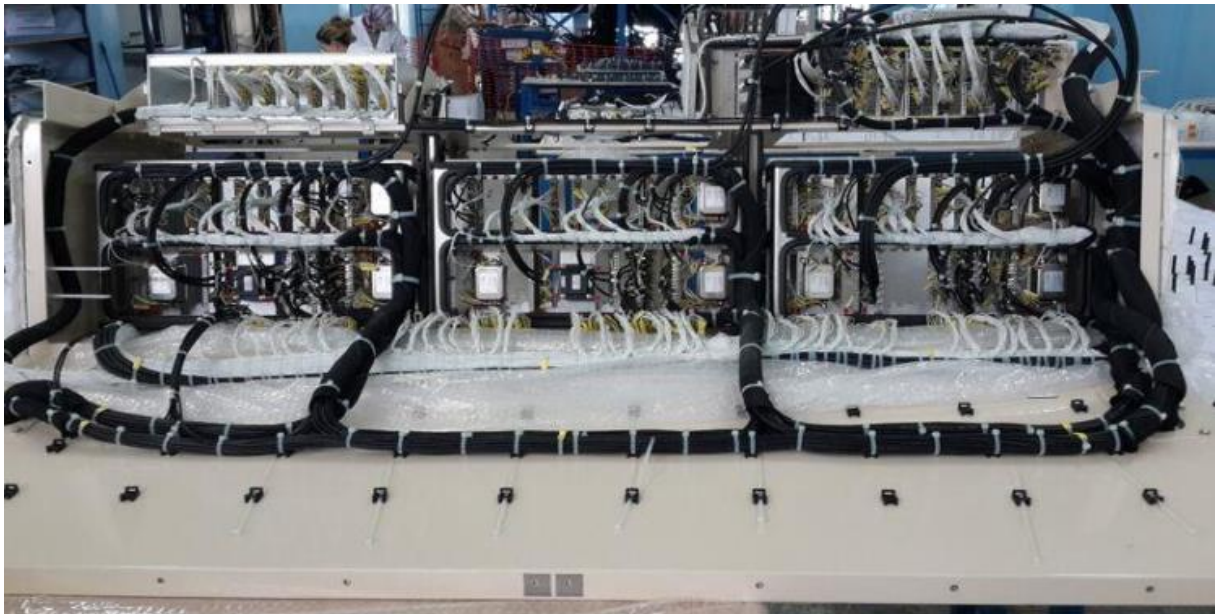


Figure 23: Produit fini coffre BT

Pour avoir une idée générale sur la méthode de contrôle dans la zone d'assemblage, nous avons effectué un suivi des faisceaux durant les deux phases du contrôle de la qualité, le test électrique et le mur qualité, cependant, nous avons chronométré le temps total de faisceau. 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 : Conditions où les résultats d'essai indépendants sont obtenus par la même méthode sur des individus d'essai identiques dans le même laboratoire, par le même opérateur, utilisant le même équipement et pendant un court intervalle de temps, c-à-d la variation des résultats de mesure due à l'instrument de mesure.
- La reproductibilité : Conditions où les résultats d'essai sont obtenus par la même méthode, avec différents opérateurs et utilisant les mêmes équipements, c-à-d la variation des résultats de mesure due au contrôleur.

|             | Temps de contrôle test     |                             |                             |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N° faisceau | 1 <sup>er</sup> contrôleur | 2 <sup>ème</sup> contrôleur | 3 <sup>ème</sup> contrôleur |
| Faisceau 1  | 6 h                        | 6 h                         | 6,5 h                       |
| Faisceau 2  | 6,5 h                      | 7 h                         | 6,75 h                      |
| Faisceau 3  | 6,25 h                     | 6,5 h                       | 6,5 h                       |
| Moyenne     | 6,25 h                     | 6,5 h                       | 6,58 h                      |

Tableau 6: Temps moyen du test

Le temps moyen du test électrique est de :  $T_{\text{test}} = 6,44 \text{ h}$

## 6. Temps moyen du mur qualité

|             | Temps de mur qualité       |                             |                             |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N° faisceau | 1 <sup>er</sup> contrôleur | 2 <sup>ème</sup> contrôleur | 3 <sup>ème</sup> contrôleur |
| Faisceau 1  | 2,5 h                      | 2,75 h                      | 2,75 h                      |
| Faisceau 2  | 3 h                        | 3,5 h                       | 3 h                         |
| Faisceau 3  | 2,75h                      | 3 h                         | 2,5 h                       |
| Moyenne     | 2,66 h                     | 3,08 h                      | 2,75 h                      |

Tableau 7: Temps moyen du mur qualité

Le temps moyen du mur qualité est de :  $T_{MQ} = 2,83$  h

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

$$T_M = T_{\text{test}} + T_{MQ} = 6,44 + 2,83 = 9,27 \text{ h}$$

En effet, on remarque que le temps moyen de mur qualité est de 30,52%  $T_M$  qui est un temps non négligeable pour la procédure du contrôle.

En collaboration avec le service de production qui s'en charge de l'étude et l'estimation du temps total de la fabrication des faisceaux et armoires électrique sur le flux entier, nous avons récupéré l'information concernant le pourcentage dédié au contrôle qualité est de 8% du temps total de la production du produit.

Notre objectif par la suite est de diminuer cette valeur tout en maintenant l'efficacité et rendement du contrôle.

## 7. Conclusion

La mesure et le suivi de l'indicateur de taux de défaillance, nous a permet de constater un nombre élevé de défauts quand la cadence de production augmente, de même, la mesure du  $T_{MQ}$  et  $T_{\text{TEST}}$  nous ont permet de déduire que le contrôle qualité est en surcharge de la détection des défauts, pour cette raison nous allons détailler et analyser les causes de la non-conformité pour pouvoir optimiser ce processus.

## II. Analyse de la situation

### 1. Introduction

Dans le cadre de l'analyse d'apparition des défauts, nous avons besoin de connaître la méthode utilisée. Facilite-t-elle la tâche du contrôle ? ainsi comment le contrôle se fait ? et bien entendu, la méthode de la détection des défauts est-elle fructueuse ?

## 2. Le processus du contrôle final (Analyser)

On ce qui concerne la phase finale du contrôle, le contrôleur se base comme on a déjà indiqué sur une check-list de contrôle qui couvre tout le produit et touche chaque composant.

Le mode opératoire du contrôle exige sur le contrôleur de balayer le produit entier, mais, d'un point de vue globale, nous avons bien remarqué que le contrôleur ne peut pas contrôler le produit d'un seul coup, par contre le contrôleur peut alterner sur le faisceau en va et vient plusieurs fois vu la taille du faisceau.

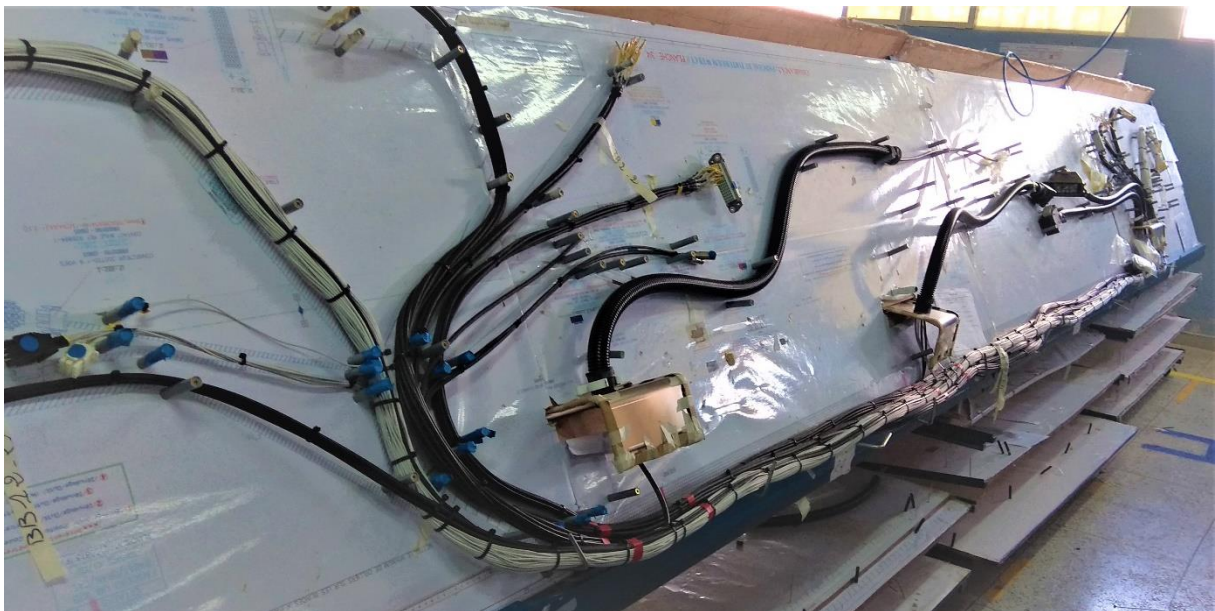


Figure 24: Faisceau en attente du contrôle

Le contrôle d'une façon continu représente comme avantage une fluidité au niveau du process de contrôle, mais aussi peut diminuer les perturbations et le doute imaginaire si un composant a été contrôlé ou pas, suite de ces anomalies, le contrôleur peut faire passer et valider un composant qui contient un défaut, ce fait là peut causer et peut provoquer par la suite une réclamation clientèle officielle.

Il est assez important que le défaut soit détecté au niveau intérieur afin d'aborder la démarche du traitement de la non-conformité (TNC).

### 2.1. Diagramme d'ISHIKAWA du non conformité

Tout d'abord, il faut savoir pourquoi l'erreur s'est produite lors de la production, en analysant les causes potentielles possibles, afin d'interroger la situation selon le diagramme d'ISHIKAWA,

Le diagramme d'Ishikawa permet d'analyser les grandes catégories de causes pour parvenir à un effet particulier.

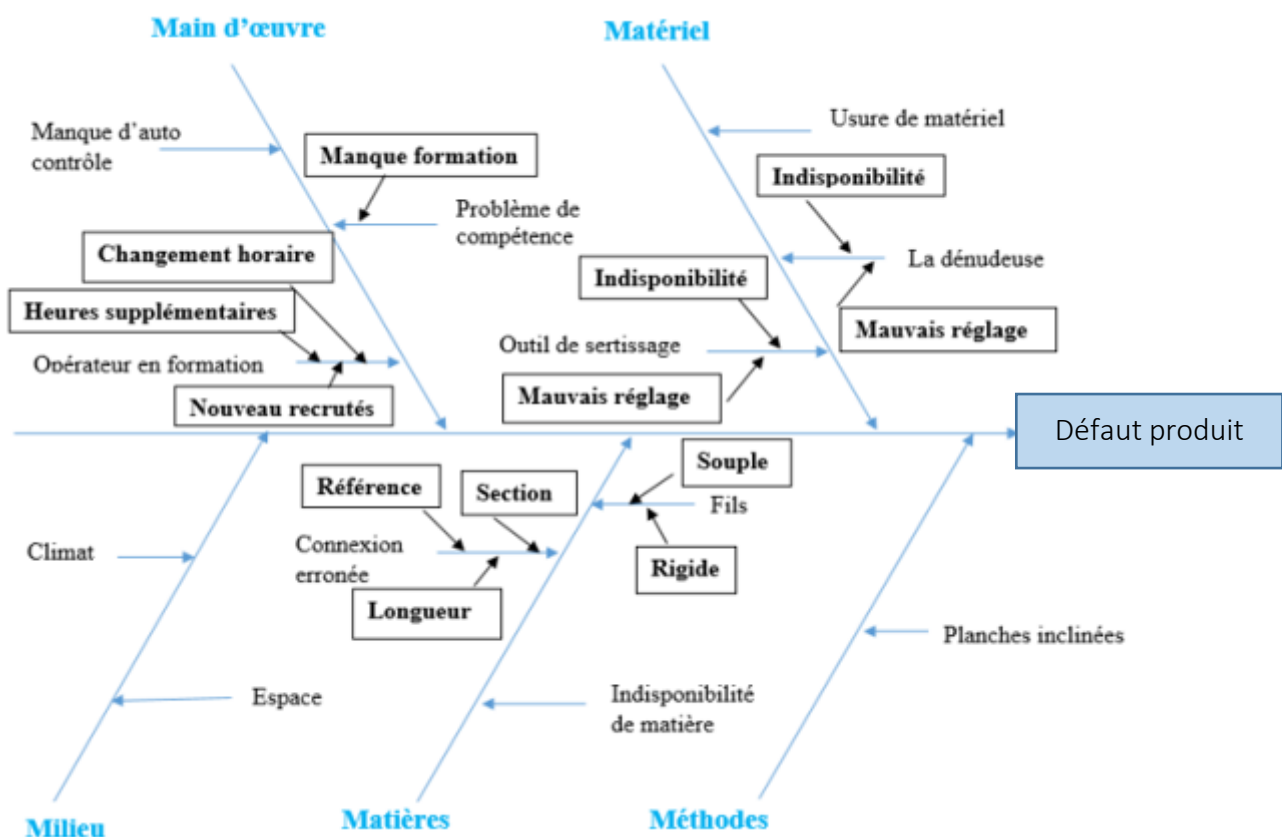


Figure 25: Diagramme d'ISHIKAWA du produit

L'apparition de la non-conformité nécessite une procédure de traitement spécial soit par l'opérateur ou bien le contrôleur, alors la procédure du TNC est la suivante :

- ✓ Je détecte : détecter le défaut sur place ;
- ✓ J'identifie : identifier le défaut par une étiquette rouge ;
- ✓ J'isole : isoler le défaut dans une bague rouge des produits non conforme ;
- ✓ J'alerte : informer l'équipe qualité pour analyser la cause racine de l'apparition ;

## 2.2. Démarche de QRQC et PDCA

QUICK RESPONSE, QUALITY CONTROL est le pilier du traitement des problèmes au sein du service qualité, elle est une méthode japonaise de résolution des problèmes de qualité, pour objectif, définir clairement quel est le problème, tel que vu par le client ou par ALSTOM

La démarche d'application constituée de 3 phases :

### 1. Apparition du défaut ;

Appliquer la démarche du TNC.

### 2. Criticité du défaut

S'il s'agit d'un défaut majeur, il faut réparer l'anomalie, analyser le problème avec l'opérateur concerné, lancer le TRI au produits similaires (au produits finis, semi-finis, en cours).

### 3. Analyse

Présentation des RNC (réclamation de non-conformité) et NCA (alerte de non-conformité), discuter les défauts du jours J-1 chercher la cause racine par QQQQCP, mis en place d'un plan d'action correctif pour éviter la récurrence.

## 2.3. Diagramme ISHIKAWA du non détection

La détection de la majorité des défauts s'appuie sur le contrôle visuel, ce qui rend la mission difficile, car il n'y a pas des valeurs mesurables dans la procédure, sauf

que le procédé spécial du serrage au couple sera contrôlé par une clé dynamométrique numérique.

Le diagramme ci-dessus représente les causes potentielles de la non-détection des défauts

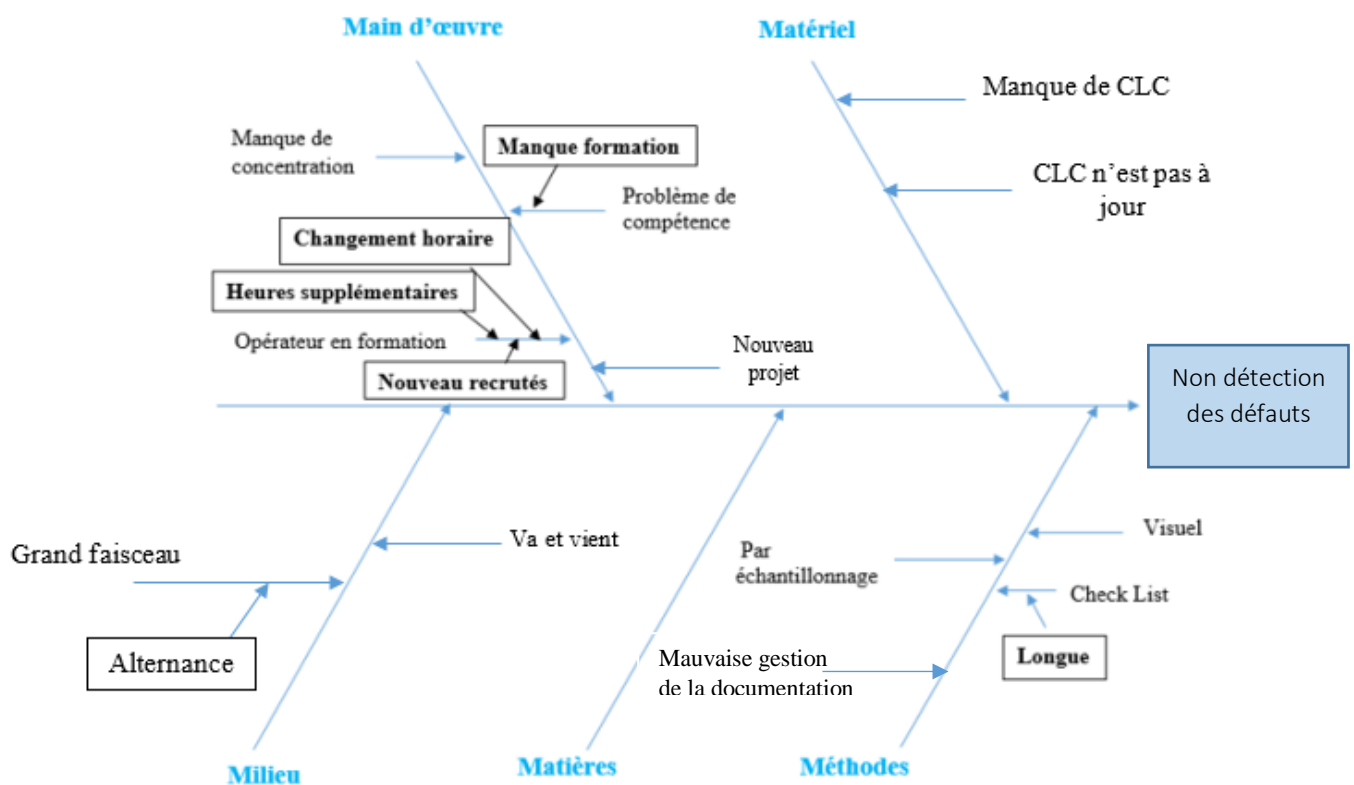


Figure 26: causes de la non détection des défauts

- Main d'œuvre

L'arrivée des nouveaux projets, le manque de formation, la fatigue, la déconcentration sont des causes potentielles conduit vers la non détection.

Ceci dit, résoudre les problèmes liés à la main d'œuvre mènera spontanément à détecter certains défauts.

- Milieu

Comme le câblage ferroviaire dispose des faisceaux grands soit en termes de longueur ou au nombre de composants inclus, ceci représente un problème lors



du contrôle à cause des déplacements, et bien sûr il faut avoir l'attention complet du contrôleur pour résoudre les problèmes liés à la main d'œuvre.

- Méthode

C'est interdit que le contrôle final se fait par échantillonnage, ça va augmenter le risque de la non détection, aussi bien la mauvaise gestion de la documentation génère la perte du temps de contrôle.

- Matériel

Le matériel utilisé au niveau du contrôle final est entièrement documentaire, se résume en Check List, il faut qu'elle soit et à jour.

### 3. Conclusion

Dans cette partie II, nous avons démarré une analyse pour but de visualiser en macro les causes potentielles qui peuvent générer une anomalie non favorable que ça soit au niveau « non-conformité » du produit ou au niveau « non détection » par le processus de contrôle qualité.



# CHAPITRE IV

- I- **Amélioration continue** : Dans cette partie on va définir le concept Kaizen pour préciser l'objectif à atteindre par la création des Check-List.
- II- **Modélisation** : La modélisation nous a permis d'établir les détails du modèle qu'on va créer ainsi que l'outil et les données d'entrées qu'on va utiliser.
- III- **Tableau de bord** : On va expliquer l'approche du tableau de bord comme étant une interface dynamique de gestion des différentes données et aussi pour avoir une vision générale sur l'état de création et d'avancement.
- IV- **Evaluation d'efficacité des Check-List** : Cette étape fait la comparaison quantitative entre les mesures effectuées et les mesures après la mise en œuvre de la solution proposée.

## I. L'amélioration continue (Innover)

### 1. Introduction

Dans le cadre de l'amélioration continue de la qualité, qui fait partie du processus général dans l'établissement, l'objectif principale est d'améliorer les produits, les services ou les processus.

Pour préciser notre chemin à suivre, Nous nous sommes inspirés par une approche japonaise, qu'il s'agit de passer au travers du modèle Kaizen (Amélioration Continue).

### 2. Kaizen

Le concept Kaizen est de large portée et ne se limite pas exclusivement au monde de la production ni même à celui de l'entreprise, le principe est d'apporter des petites améliorations à intervalles régulières de façon incrémentale, l'efficience, la praticabilité et la flexibilité des processus ayant un impact sur le client sont constamment évalués et améliorés.

Philosophie Kaizen : « Fais-le mieux, rends-le meilleur, améliore-le même, mieux qu'hier, moins bien que demain. »

### 3. Objectif et vision estimée

La première chose que nous avons fait est de mettre en place un Brainstorming avec l'équipe de travail dont l'idée générale est la récolte d'idées nombreuses et originales en appliquant la procédure qui suit :

- Ne pas critiquer ;
- Se laisser aller ;
- Chercher à obtenir le plus grand nombre d'idées possibles sans imposer ses idées ;

Donc, nous avons collecté un certain nombre d'idées afin de sortir d'une démarche que nous allons appliquer pour réaliser le travail demandé.

D'après l'étude des anomalies que nous avons faites, nous avons atteint une conclusion qui nous permet de créer les Check-Lists.

Puisque la production dans l'usine est divisée en deux parties, fabrication des faisceaux électriques et fabrication des armoires électriques, alors, notre but est de créer les Check-Lists pour ces deux types de produits, ce qui nous a amené à établir deux modèles ayant pour objectif de faciliter la tâche du contrôle.

## II. Modélisation

En suivant le rythme de la production, nous avons remarqué que la production se fait de la partie tenant vers l'aboutissant sur la planche.

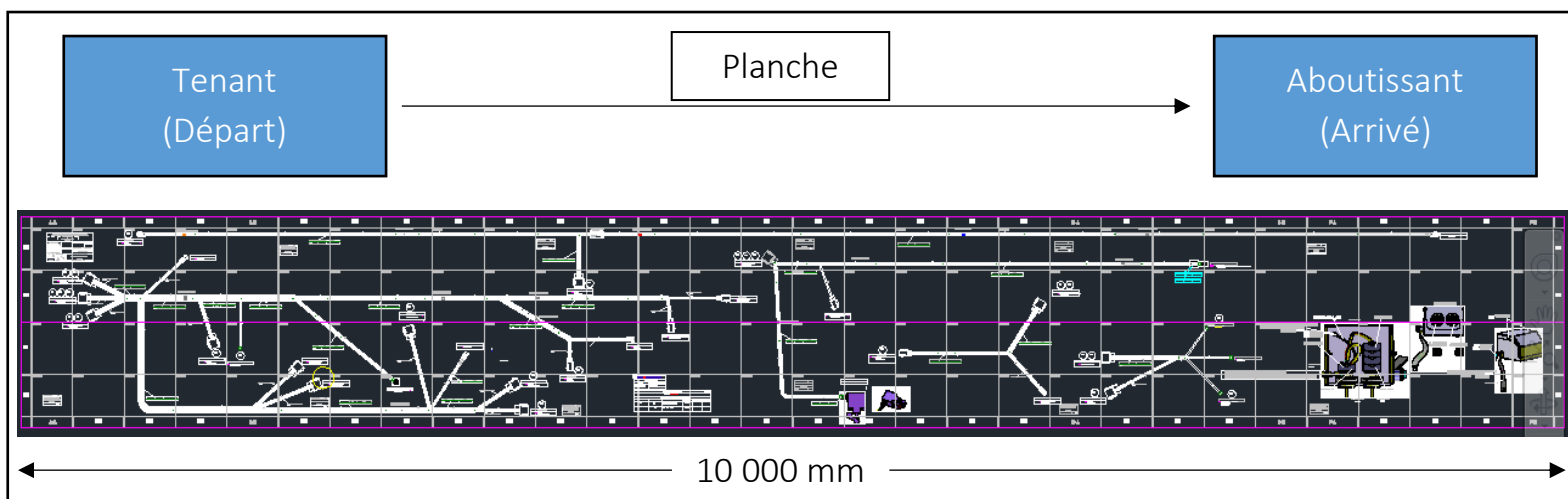


Figure 27: planche 2D de travail

Quand le produit est terminé et commence la démarche du contrôle, l'objectif par la suite est de contrôler le produit en minimum du temps, bien entendu que les différents composants du produit doivent être balayés.

Lors de la création du Check-List, on va essayer de minimiser au maximum le va et vient sur le produit pour optimiser le temps du contrôle, cette hypothèse nous permet de respecter la séquence lors de la production.

## 1. Données d'entrée

Tout d'abord, avant la création de la Check-List, nous avons besoin d'identifier les données d'entrées, tel que le lay-out et la liste des appareils utilisés.

### 1.1.1. Lay-out

Le lay-out est un fichier 2D d'extension \*.DWG créer sur AUTOCAD qui contient le dessin du câblage extrait de la conception 3D.

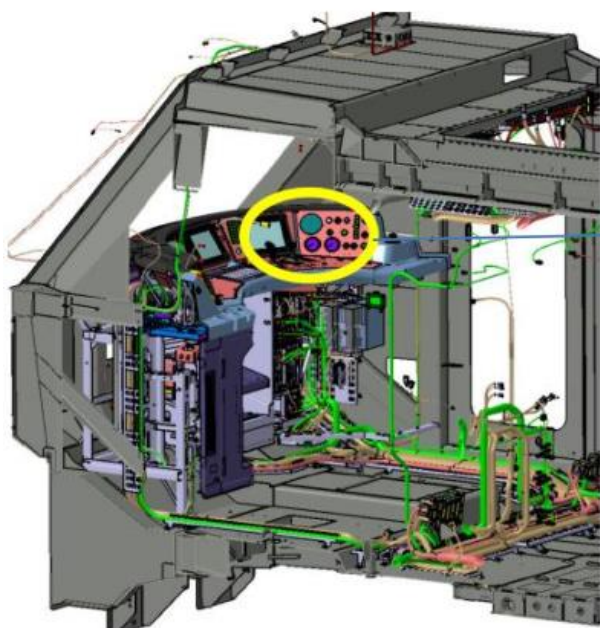


Figure 28: Vue 3D du câblage intégré

Le lay-out contient les données suivantes des composants :

Manchon

Noir marron

140

Vue opposé au codage

II.F

IMAGE CONNECTEUR

CFF-02-PU-11J

| F  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 97 | 98 | 99 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  |    |
| 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 |    |
| F  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | M  |

Vue côté Câblage

13 Cables section 1mm2 - 13 Contacts femelle 210025

1 Cables section 0.5mm2 - 01 Contact femelle 210025

1 Connecteur femelle HAN DD 108pts taille 24B 200431

02 (210761) Han-Standard Guide pin

02 (210762) Han-Standard Guiding Bush

CODE QAD

Figure 29: Données connecteur

Les points mentionnés sur la figure ci-dessus reflète les données qu'on va exploiter pour rédiger la Check-List, tel que :

- Le **manchon** qui est un identifiant du connecteur valable juste pour une référence du projet qui lui correspond ;
- Le code **QAD** qui est un code d'identification du composant aussi c'est le code en commun entre les différents projets ;
- Une **photo référentielle** comporte le codage du connecteur ainsi que les voies à remplir.

Afin de conclure et valider que ces données sont les résultats de recherche que nous avons effectués, nous avons posé un modèle qui peut mettre en place une liaison entre ces points.

Le canevas ci-contre représente les liaisons établies :

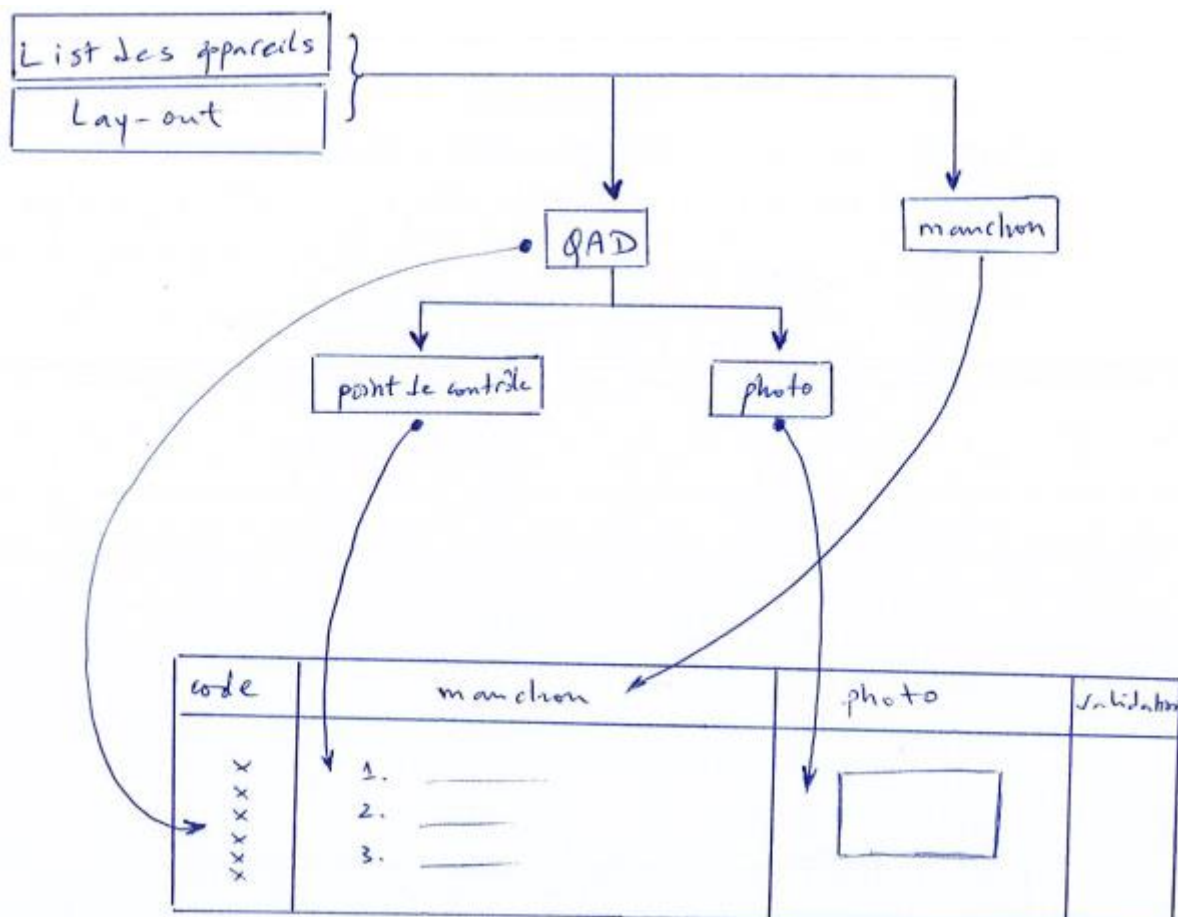


Figure 30: Canevas de liaisons

Les champs de de la Check-List seront remplis comme ci-dessus, après la vérification des données.

### 1.1.2. Liste des appareils

Il existe derrière chaque produit à fabriquer des fichiers d'étude qui contiennent toutes les informations qui correspondent à ce produit, on ce qui concerne la phase d'appareillage, le bureau d'étude communique un fichier qui comporte tous les composants avec leurs description et code d'identification.

Parfois, les lay-out ne contiennent pas suffisamment de données, ce qui nous amène à utiliser la liste des appareils.

| PartNumber             | Type       | Category              |
|------------------------|------------|-----------------------|
| (214031) DTR0000283761 | Receptacle | ShellModule           |
| (213546) DTR0000199478 | 1.0        | Other                 |
| (215188) DTR0000134179 | 2.0        | Other                 |
| (215187) DTR0000217836 | 2.0        | Other                 |
| (200151) DTR002527568W | 1.0        | Identification Marker |

**XRM03+ELC\_D**

Figure 31: connecteur XRM03+ELC\_D

Cette partie du lay-out montre le connecteur XRM03+ELC\_D, mais, le conflit qui existe est comment savoir le code QAD qui correspond à la photo du connecteur illustré sur la photo.

Donc, c'est l'occasion pour utiliser la liste des appareils et identifier le code du connecteur à partir de la description des composant.

| Device      | PartNumber    | QAD     | Description                                       |
|-------------|---------------|---------|---|
| XRM03+ELC_D | DTR0000283761 | 214031  | HAN MEGABIT MODULE 2X4 CONTACTS MALE ✓            |
| XRM03+ELC_D | DTR0000199478 | 213546  | MODULE MALE ADAPTER MEGA/GIGABIT                  |
| XRM03+ELC_D | DTR0000134179 | 215188  | CRIMPING FLANGE SUB D HOUSING 61030000064 4,0-5,0 |
| XRM03+ELC_D | DTR0000217836 | 215187  | CRIMP FERRULE                                     |
| XRM03+ELC_D | DTR0000139538 | 213126B |   |

Figure 32: Liste des appareils

## 2. Réalisation de la Check-List

### 2.1. Phases du contrôle

Avant de commencer le contrôle du produit, tout d'abord, Les étapes à franchir doivent être déterminées, donc il faut vérifier : la documentation, l'aspect, le cheminement, le sertissage, le reprise de blindage, les joints de protection, les portes et les appareils.

Afin d'identifier les données d'entrée et vérifier les informations à récupérer, on passe vers l'étape de la création.

### 2.2. Organisation dans Excel

Excel est depuis de nombreuses années le tableur dans le monde de l'entreprise, mais aussi chez les particuliers. La force de cet outil, c'est non seulement la richesse de ses fonctionnalités mais aussi l'accès possible à des calculs complexes et à des représentations graphiques sophistiquées. Cela en fait l'outil idéal pour réaliser une Check-List en fait la synchronisation entre les classeurs de données.

Pour faciliter la tâche de la création, nous avons remarqué qu'un composant peut être utilisé dans plusieurs produits, donc, c'est la chose qui nous a permis de mettre en place un fichier intermédiaire pour stocker dedans les informations récupérées.

| QAD    | points de contrôle  | QAD+codage   | image   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|---|--------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 210574 | 1.vérifier le verrouillage de la connectique<br>2.vérifier qu'il n y a pas de connexion déforme<br>3.Vérifier le montage connecteur   | 215339code 1 | <div><div><input type="checkbox"/></div><table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr><tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td></tr><tr><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td></tr><tr><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td></tr><tr><td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td></tr></table><div><input type="checkbox"/></div></div> | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 |
| 1      | 2   |              | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 13     | 14  | 15           | 16  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 25     | 26  | 27           | 28  | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 37     | 38  | 39           | 40  | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 49     | 50  | 51           | 52  | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 61     | 62  | 63           | 64  | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 215990 | 1.vérifier les serrages des 2 butées d'arrêt de chaque côte du bornier<br>2.vérifier l'enfichage des raccordements sur le bornier<br>3.vérifier la présence des numérotations des borniers et que l'écriture soit lisible.<br>4.Vérifier l'empilement des rondelles et la traçabilité | 215339code 2 | <div><div>M</div><table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr><tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr><tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr><tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr><tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td></tr><tr><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td></tr></table><div>M</div></div>   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1      | 2   |              | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8      | 9   | 10           | 11  | 12 | 13 | 14 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 15     | 16  | 17           | 18  | 19 | 20 | 21 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 22     | 23  | 24           | 25  | 26 | 27 | 28 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 29     | 30  | 31           | 32  | 33 | 34 | 35 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 36     | 37  | 38           | 39  | 40 | 41 | 42 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 215987 | 1.vérifier les serrages des 2 butées d'arrêt de chaque côte du bornier<br>2.vérifier l'enfichage des raccordements sur le bornier<br>3.vérifier la présence des numérotations des borniers et que l'écriture soit lisible.  |              | <div><div>M</div><table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr><tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr><tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr><tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr><tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td></tr><tr><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td></tr></table><div>F</div></div>   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1      | 2   | 3            | 4   | 5  | 6  | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8      | 9   | 10           | 11  | 12 | 13 | 14 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 15     | 16  | 17           | 18  | 19 | 20 | 21 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 22     | 23  | 24           | 25  | 26 | 27 | 28 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 29     | 30  | 31           | 32  | 33 | 34 | 35 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 36     | 37  | 38           | 39  | 40 | 41 | 42 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Figure 33: feuille de stockage des données



A l'aide des fonctions développées sur Excel, il est possible de mettre la liaison entre les classeurs de travail, par la suite on peut faire l'appel des données stockées pour les faire apparaître dans la Check-List comme ci-contre :


| N° | POINTS DE CONTRÔLE |  | REFERENTIEL  | ETAT<br>OK/NOK | VERIFICATION<br>NOK/OK | TYPE Déf.<br>A B C |
|----|--------------------|--|--|----------------|------------------------|--------------------|
| 1  | code3              | XRM_01   |  |                |                        |                    |
|    | 200431             | 1.vérifier le verrouillage de la connectique<br>2.vérifier qu'il n y a pas de connexion déformée<br>3.Vérifier le montage connecteur<br>4.Vérifier le codage |  |                |                        |                    |

Figure 34: forme de la Check-List

### 2.3. Validation des données

Après la vérification du composant en se basant sur la Check-List, le contrôleur doit mentionner l'état de la validation du composant, cette action suit une procédure d'étapes :

- État OK/NOK : assure la conformité du composant contrôler, s'il s'agit d'un composant conforme, on marque OK, sinon on marque le NOK.
- Vérification OK/NOK : si l'état du composant est NOK, le contrôleur doit appeler l'opérateur qui a commis le défaut, par la suite, il va réparer le défaut et le contrôleur va recontrôler le composant concerné et marqué OK si la réparation est bien faite, sinon NOK.
- Type défaut A B C : évaluer le défaut selon un niveau de criticité A ou B ou C.

#### 2.3.1. Type du défaut

Démarche de traitement selon la gravité du défaut :

A : ne s'agit pas d'un défaut majeur, le contrôleur doit informer l'opérateur pour réparer le défaut.

B : afin de corriger le défaut, il faut informer le Team-leader à propos du problème, il doit suivre en macro la récurrence.

C : c'est un défaut grave, s'il atteint le client, il peut envoyer une réclamation officielle, donc, il faut intervenir sur place et traiter le problème, lancer le tri sur les produits similaires, faire le plutôt possible un entretien sur le mode opératoire et un rappel de formation.

### 3. Tableau de bord

Un tableau de bord s'agit d'une interface accessible sur l'intranet de l'entreprise qui donne de l'information en temps réel et se présente comme un résumé dynamique de l'activité du travail. Un tableau de bord efficace et précis reflète d'une vision claire le nécessaire d'information sur un phénomène étudié.

Afin de réaliser le travail demandé, nous avons pensé de poser un modèle qui englobe les données sur une interface, le but de mettre en place un tableau de bord est inclus dans le cadre de la gestion des activités et la manipulation de données qu'on a validé, de plus, pour suivre l'avancement des Check-List créés pour chaque projet et l'état d'avancement total de façon dynamique.

En effet, les éléments qui font partie de ce tableau sont les suivant :

Une base de données, l'ensemble des Check-List, un suivi de création des Check-List et l'état de création.



Figure 35: Annexe du tableau de bord

- Pour faciliter à l'utilisateur la phase d'accès au différent fichier, nous avons proposé ce regroupement selon le besoin, on ce qui concerne la partie des Check-List, elle est divisée par projet, chaque projet inclut dedans les références qui correspond.

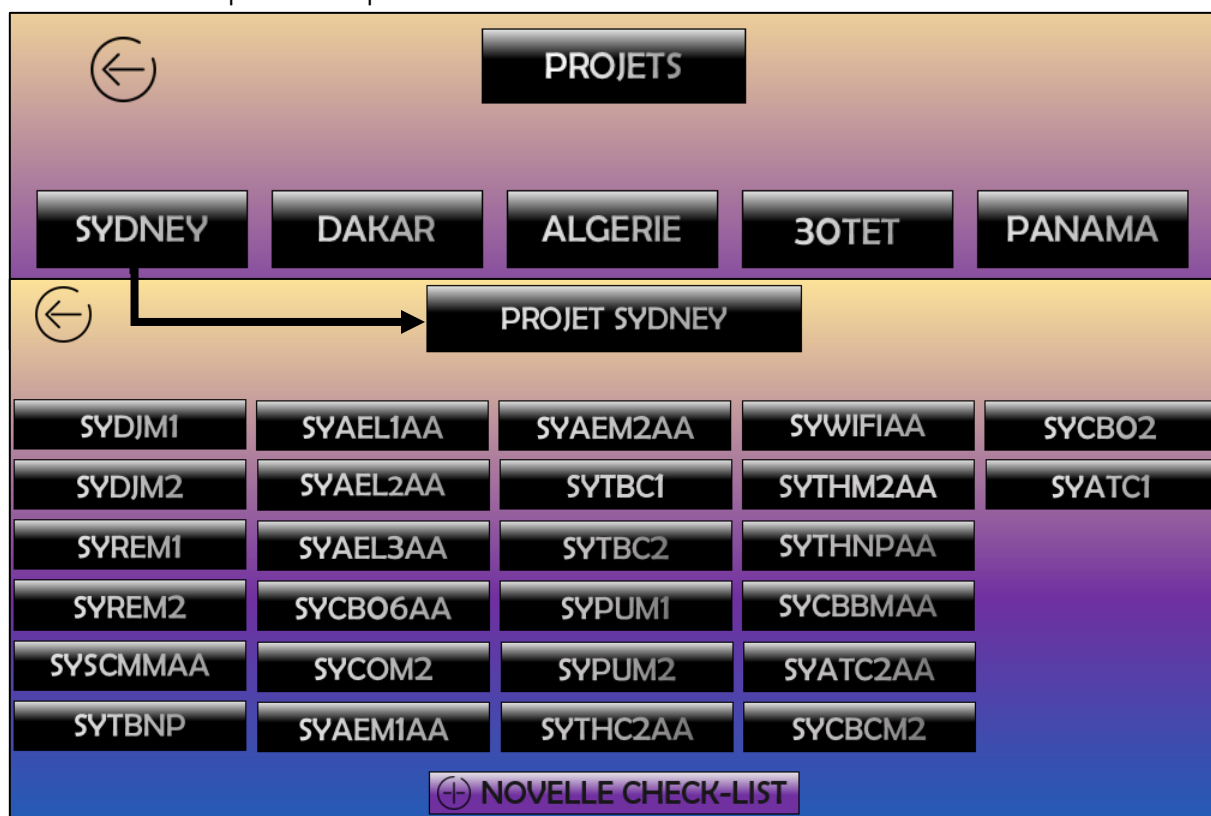


Figure 36: références du projet SYDNEY

- Pour la base de données, nous avons fait la liaison avec le fichier dans lequel les données seront stockées. (Voir figure page 64)
- Le suivi de création des Check-List nous permet de consulter le fichier qui rassemble certaines informations à propos de chaque référence tel que le matricule du contrôleur qui a vérifié et valider la Check-List et aussi la revalidation s'il s'agit d'une rectification après son feedback de la cohérence de ce qui est sur la Check-List avec le produit physique.

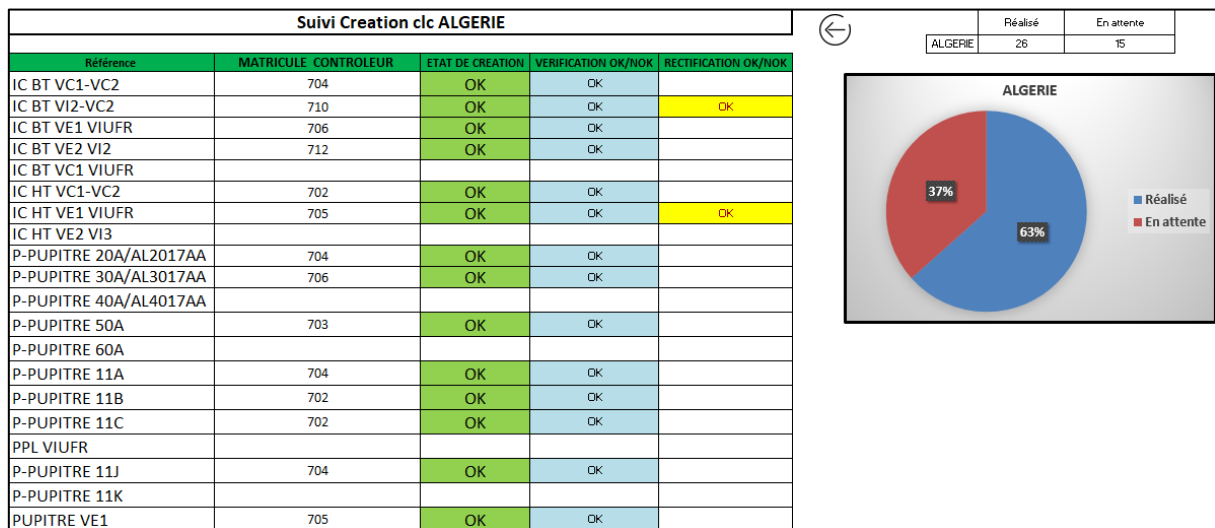


Figure 37: Suivi de création et vérification des CLC

- L'état de création des Check-List correspond à une interface qui résume l'état d'avancement de chaque projet ainsi que l'état globale d'avancement pour avoir une vision générale sur ce qui est réalisé et ce qui est encore en attente de création.

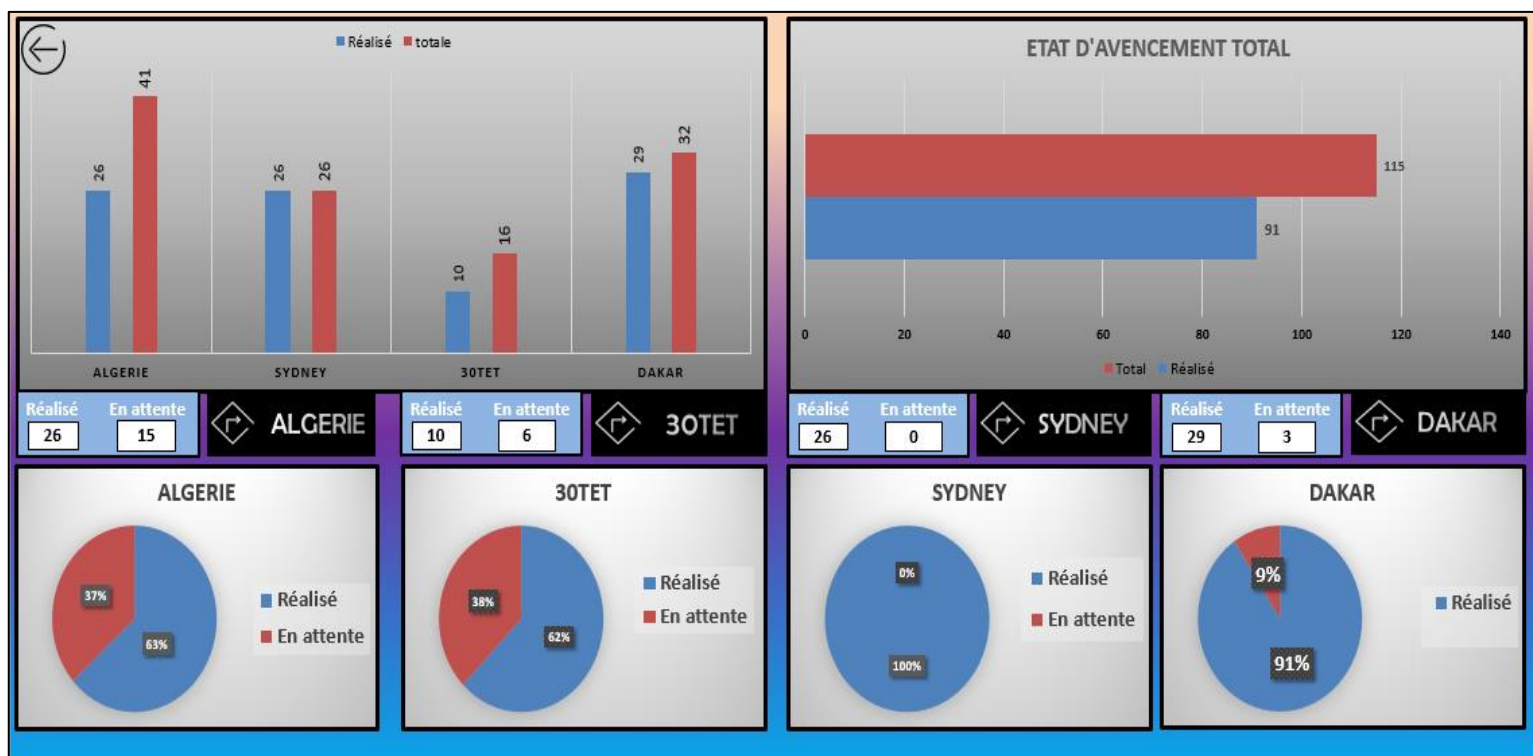


Figure 38: Suivi de création et vérification des CLC

### III. Evaluation d'efficacité des Check-List (Contrôler/Maitriser)

Puisque le contrôle mur qualité est le responsable de la détection de 70% des défauts d'après la mesure totale de taux des défauts, nous avons conclu que la création des Check-List approprié est capable d'augmenter la détection interne pour mettre en place par la suite des actions correctives pour éviter la récurrence.

#### 1. Défauts de SYDNEY et ALGERIE

Revenant aux projets SYDNEY et ALGERIE, qui ont été en démarrage à partir de novembre 2017. Nous avons récupéré le taux de défauts liés au mur qualité pour évaluer la tendance de la détection, bien entendu qu'une cadence élevée provoque un nombre de défauts assez important.

Voici la mesure des défauts détectés en se basant sur les Check-List de contrôle :

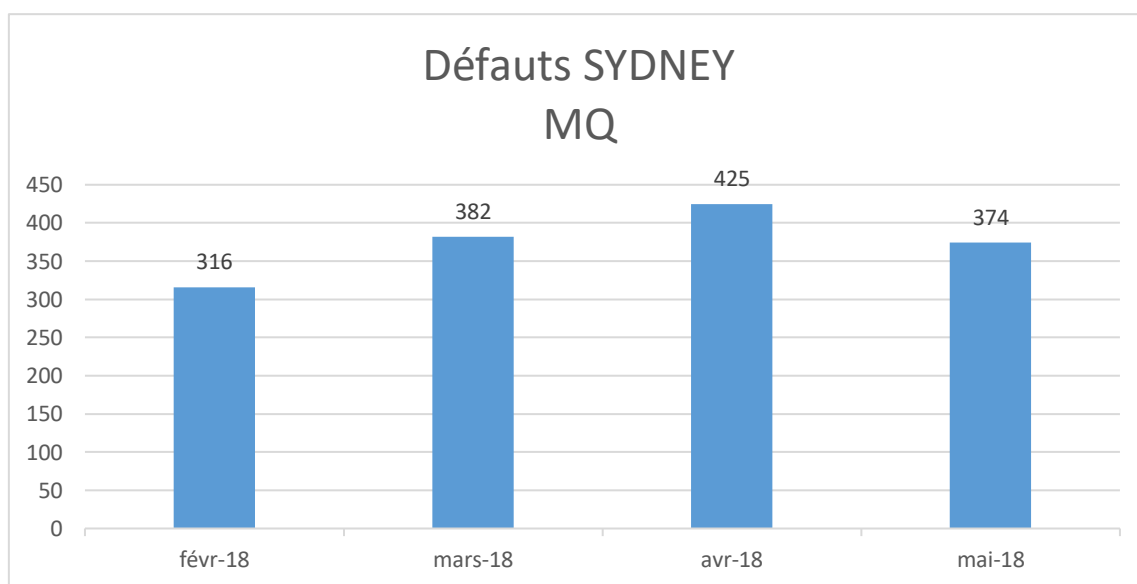


Figure 39: Défauts mur qualité SYDNEY

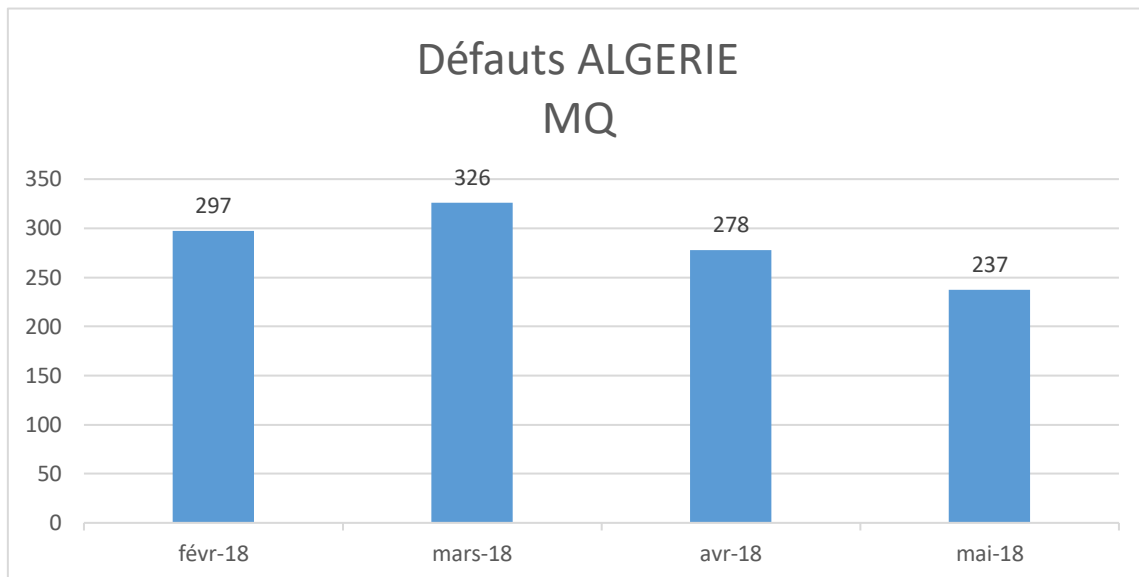


Figure 40: Défauts mur qualité ALGERIE

A l'occasion de démarrage des projets SYDNEY et ALGERIE, Nous étions face à une contrainte importante qui a comme objectif d'améliorer la détection des défauts internes pour assurer la conformité du produit livré au client, alors nous avons remarqué que la détection des défauts est devenue plus efficace, ce qui est montré sur les deux figures ci-dessus.

En terme du temps, la Check-List respect la séquence lors de la production, ce qui implique une optimisation du temps direct en évitant au maximum les déplacements supplémentaires sur le produit.

## 2. Temps moyen du mur qualité

Nous avons sélectionné la même référence qu'on a déjà mesurer le temps du contrôle final, on va refaire la même mesure dans les mêmes conditions dans le cadre de la répétabilité et la reproductivité.

Le tableau ci-dessous représente les mesures effectuées pour la référence SYDNEY : coffre BT ;

|             | Temps de mur qualité       |                             |                             |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N° faisceau | 1 <sup>er</sup> contrôleur | 2 <sup>ème</sup> contrôleur | 3 <sup>ème</sup> contrôleur |
| Faisceau 1  | 2 h                        | 1,5 h                       | 2 h                         |
| Faisceau 2  | 1,75 h                     | 2 h                         | 2 h                         |
| Faisceau 3  | 1,5 h                      | 1,75 h                      | 1,5 h                       |
| Moyenne     | 1,75 h                     | 1,75 h                      | 1,83 h                      |

Tableau 8: Temps moyen du mur qualité

Le temps moyen du mur qualité est de :  $T'_{MQ} = 1,77 \text{ h}$

D'après la valeur mesurée précédemment  $T_{MQ} = 2,83 \text{ h}$ , nous avons fait une comparaison pour savoir le taux de réduction du temps de contrôle, nous avons conclu que le temps du contrôle est réduit de **37,46% (64 minutes)**.

### 3. La matrice d'auto qualité

Il s'agit d'un outil visuel qui agit au niveau de la qualité et permet de détecter les défauts au plus proche de la source. Cette matrice ne permet pas seulement de détecter les sources de défauts sur les produits, ou le service fourni, mais aussi sur des démarches. Des économies de temps, d'argent et une amélioration de la sécurité en découlent.

Nous avons effectué la matrice d'auto qualité pour le contrôle final, pour montrer le niveau de la détection de chaque processus dès la documentation jusqu'au client.

|                         |                      | ● phase de création  | détECTION |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                         |                      | ● phase de détection |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| opérations du processus | DOCUMENTATION        |                      | ●         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                         | ASPECT               |                      |           | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                         | CHEMINEMENT          |                      |           |   | ● |   |   |   |   |   |   |   |
|                         | SERTISSAGE           |                      |           |   |   | ● |   |   |   |   |   |   |
|                         | REPRISE DE BLIDAGE   |                      |           |   |   |   | ● |   |   |   |   |   |
|                         | JOINTS DE PROTECTION |                      |           |   |   |   |   | ● |   |   |   |   |
|                         | LES PORTES           |                      |           |   |   |   |   |   | ● |   |   |   |
|                         | MICRO DISJONCTEUR    |                      |           |   |   |   |   |   |   | ● |   |   |
|                         | LES APPAREILS        |                      |           |   |   |   |   |   |   |   | ● |   |
|                         | AUTO CONTRÔLE        |                      |           | ● |   |   |   | ● | ● |   |   |   |
|                         | TEST ÉLECTRIQUE      |                      |           |   |   |   |   |   |   |   |   | ● |
|                         | SBS                  |                      |           |   | ● | ● |   |   |   |   |   | ● |
|                         | MQ                   |                      | ●         | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
|                         | LE CLIENT            |                      | ●         | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Figure 41: la matrice d'auto qualité avant la création des CLC

|                         |                      | ● phase de création  | détECTION |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                         |                      | ● phase de détection |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| opérations du processus | DOCUMENTATION        |                      | ●         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                         | ASPECT               |                      |           | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                         | CHEMINEMENT          |                      |           |   | ● |   |   |   |   |   |   |   |
|                         | SERTISSAGE           |                      |           |   |   | ● |   |   |   |   |   |   |
|                         | REPRISE DE BLIDAGE   |                      |           |   |   |   | ● |   |   |   |   |   |
|                         | JOINTS DE PROTECTION |                      |           |   |   |   |   | ● |   |   |   |   |
|                         | LES PORTES           |                      |           |   |   |   |   |   | ● |   |   |   |
|                         | MICRO DISJONCTEUR    |                      |           |   |   |   |   |   |   | ● |   |   |
|                         | LES APPAREILS        |                      |           |   |   |   |   |   |   |   | ● |   |
|                         | AUTO CONTRÔLE        |                      |           | ● |   |   |   | ● | ● |   |   |   |
|                         | TEST ÉLECTRIQUE      |                      |           |   |   |   |   |   |   |   |   | ● |
|                         | SBS                  |                      |           |   | ● | ● |   |   |   |   |   | ● |
|                         | MQ                   |                      | ●         | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
|                         | LE CLIENT            |                      | ●         | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Figure 42: la matrice d'auto qualité après la création des CLC



#### 4. Conclusion

Dans ce dernier chapitre du rapport nous avons appliqué les deux dernières phases de la DMAIC. Dans la phase innover, nous avons mis en place la solution proposée qui est incluse dans le cadre d'une amélioration continue au sein du service qualité, en effet, après avoir établi un modèle propre pour les Check-List, nous avons commencé la création et la mise en service. Aussi pour bien structurer et gérer le travail réalisé, nous avons proposé de créer un tableau de bord pour faciliter la manipulation et l'accès aux différents fichiers et pour avoir une vision macroscopique sur l'état de création et d'avancement du projet. Ensuite, nous avons abordé la phase contrôler pour faire une comparaison quantitative en termes du taux de détection des défauts et en termes du taux de réduction du temps de contrôle. En fin, nous avons effectué la matrice d'auto qualité du contrôle final pour montrer l'amélioration de la détection au niveau du processus avant et après la création des Check-list.

Arrivant à la fin de notre projet de fin d'étude effectué au sein de la société **ALSTOM**, concernant la modélisation et automatisation des Check-List de contrôle qualité et la mise en place d'un tableau de bord interactif, nous présentons le bilan du travail effectué.

D'abord, nous avons commencé par l'identification des processus de production, ainsi que la représentation des organes participants dans la société.

Dans la partie de cartographie des processus, nous avons élaboré une cartographie des processus en partant du niveau 1 celui des macro-processus, puis le niveau 2 dans lequel nous avons présenté les processus élémentaires qui décomposent les macro-processus, ensuite le niveau 3 où nous sommes focalisés sur les processus du service qualité. Enfin nous nous sommes focalisés sur le contrôle qualité et nous avons élaboré un cahier de charge en se basant sur le questionnaire QQQQCP.

Pour la partie d'analyse de l'existant nous avons appliqué 2 phases de la DMAIC, tout en commençant par mesurer pour évaluer la situation actuelle, afin d'identifier le besoin nous avons passé vers l'analyse pour avoir une vision sur les causes qui entraînent la non détection des défauts selon les 5M.

Le but de la dernière partie de notre rapport était de mettre en œuvre un plan d'action dans le cadre de l'amélioration continu (KAIZEN) pour préciser l'objectif à atteindre par la création des Check-List. Ensuite, nous avons commencé la modélisation par l'identification des données d'entrées qui nous a permis d'établir les détails du modèle qu'on va généraliser par la suite.

Pour une bonne gestion de documents créés nous avons préparé un tableau de bord dynamique qui résume les détails de création des Check-list de chaque projet.

Enfin nous avons abordé la phase 'contrôler' pour mettre en place une comparaison de l'état précédente et l'état après l'application du nouveau mode de contrôle.

# ANNEXE

## Bibliographie

---

- Hans BRANDDERBUG et Jean Pierre WOJTYNA, "L'approche processus Mode emploi" : Groupe Eyrolles 2ème édition Paris 2006.
- JOSE RODA, "Excel 2010 pour le nouvel utilisateur d'office" : Micro Application Paris 2010.
- PREMIUM CONSULTATNS, "Excel 2010 fonctions et formules, Le guide complet" : Micro Application 1ère édition Paris 2010
- Alain Fernandez, "L'essentiel du tableau de bord, Méthode complète et mise en pratique avec Microsoft Excel" : Groupe Eyrolles 2ème édition Paris.

## Webographie

---

<https://www.piloter.org/six-sigma/methode-six-sigma.htm#analyser>

<http://www.alstom.com/fr/press-centre-francais/2018/03/alstom-livre-la-premiere-rame-de-metro-entierement-automatisee-a-sydney-en-australie/>

<http://www.commentprogresser.com/outilpareto.html>

<http://www.perrin33.com/incertitudes/iso5725-2/repetrepro.html>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Management\\_de\\_la\\_qualité](https://fr.wikipedia.org/wiki/Management_de_la_qualité)

<http://www.blog-gestion-de-projet.com/comment-appliquer-le-diagramme-ishikawa-a-la-gestion-de-projet/>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus\\_d%27amélioration\\_continue](https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus_d%27amélioration_continue)

<http://wiki20103asil1b.e-monsite.com/pages/content/wiki-2010-3a-sil-1b/la-matrice-d-autoqualite.html>



[https://www.youtube.com/channel/UCNIImeVgDu8PwPJy\\_eb3J39w](https://www.youtube.com/channel/UCNIImeVgDu8PwPJy_eb3J39w)



<https://www.youtube.com/user/LearnaccessFormation>



[https://www.youtube.com/channel/UCW-\\_iHbGuZG9nsE8D76lpIQ](https://www.youtube.com/channel/UCW-_iHbGuZG9nsE8D76lpIQ)