Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel

Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

HAMDI MERYEM

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

Industrialisation et Amélioration du projet X4(armoire électrique) et du projet DUBLIN (coffret train)

Lieu : Société ALSTOM CABLIANCE.
Réf : /IMT17

ALSTOM
ALSTOM CABLIANCE

Soutenu le 22 Juin 2017 devant le jury :

- Pr. EL HAMMOUMI MOHAMMED (Encadrant).
- Mr. KHOULDI MOHAMED(Encadrant).
- Pr. Bine EL Ouidane (Examinateur)
- Pr. Chafi (Examinateur)

Année Universitaire 2016-2017

Résumé

Dans le but de promouvoir l'amélioration continue d'ALSTOM CABLIANCE MAROC, spécialiste dans la fabrication des faisceaux et des armoires électriques, nous avons travaillé sur deux projets :

- Le projet X4, dont la principale mission était d'augmenter son efficience et de diminuer le temps long de production et cela via la démarche DMAIC du Lean Manufacturing.

Nous sommes en effet passés d'une efficience **de 17%** à **46%.**

- Le projet DUBLIN qui visait l'amélioration de son industrialisation et cela à partir d'une analyse critique effectuer durant chaque étape.

À la lumière de cette analyse, nous avons établi une étude RCCP (ROUGHT CUT CAPACITY PLANNIG) afin d'éviter les éventuelles surcharges sur l'outillage, nous avons également travaillé sur l'optimisation des supports afin de réduire l'espace occupé par le projet DUBLIN et les projets futurs.

Finalement, nous avons proposé une panoplie de recommandations afin de commencer l'étape industrialisation avec une efficience satisfaisante.

Mots clés: Amélioration; DMAIC; RCCP; LEAN MANUFACTURING; Industrialisation; Efficience.

Abstract

In order to promote the continuous improvement of ALSTOM CABLIANCE MOROCCO, specialist in the manufacture of electrical bundles and cabinets, we have worked on two projects:

- The X4 project, whose main mission was to increase its efficiency and reduce the long production time, thanks to the Lean Manufacturing DMAIC approach.

We have gone from an efficiency of 17% to 46%.

- The DUBLIN project aimed at improving its industrialization and this from a critical analysis carried out during each stage.

Based on this analysis, we have developed a RCCP (ROUGHT CUT CAPACITY PLANNIG) study to avoid potential tool overloads. We have also worked on optimizing media to reduce the space occupied by the The DUBLIN project and future projects.

Finally, we proposed a set of recommendations to begin the industrialization phase with a satisfactory efficiency.

Keywords: Amelioration; DMAIC; RCCP; LEAN MANUFACTURING; Industrialization; Efficiency.

Remerciement :

Avant d'entamer notre rapport, il nous est agréable d'exprimer nos profondes gratitudes et nos sincères remerciements à Mr le directeur général de la société **CABLIANCE MAROC**, d'avoir accepté notre demande de stage au sein de son entreprise, pour son entière disponibilité et ses précieux conseils, tout au long de la période de stage.

On tient aussi à présenter nos remerciements les plus chaleureux à notre encadrant Mr. **Khouldi Mohamed et** Mr. **Anass Iraqui Houssaini** pour ses conseils fructueux qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période de stage.

Nos sincères remerciements à M. **EL Hammoumi Mohammed** enseignant à la Faculté des Sciences et Techniques FES, pour les efforts qu'il a déployés, les conseils fructueux qu'il n'a cessé de nous prodiguer le long de notre stage. Nous adressons pareillement nos remerciements à tous les enseignants du Département Génie Industriel qui ont contribué à notre formation tout au long de notre parcours.

Nos vifs remerciements s'adressent également à Mr. **SAID DOUKKALI** et Mlle. **Awatif Moujahid** ainsi qu'à l'ensemble du personnel **CABLIANCE MAROC** pour leur chaleureux accueil et leur soutien tout au long de la période de notre stage, et qu'ils trouvent, eux aussi, l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui sans elles ce travail n'aurait pas pu être réalisé.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui ont tant donné.

Pour leur immense soutien, leur grand amour, leurs sacrifices et leurs prières.

Qu'ils acceptent ici l'hommage de ma gratitude, qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera jamais à la hauteur de leur tendresse et leur dévouement.

A mon cher fils.

A mon cher frère.

A mes chères sœurs.

A mon cher mari.

Vous aviez toujours cru en moi, et c'est dans votre présence que j'ai puisé la volonté de continuer.

A toute ma famille.

A toutes mes chères amies et à tous mes chers amis.

A toutes mes enseignantes et à tous mes enseignants.

A tous ceux que j'aime.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Liste des abréviations :

TGV: Train à Grande Vitesse.

LGV: Ligne à Grande Vitesse.

MP: Matières Premières.

ACM: Armoire de Commande Auxiliaire.

TVM: Transmission Voie Machine.

DMAIC: Définir ; Mesurer ; Analyser ; Améliorer ; contrôler.

QQOQCP: Qui; Quoi; Ou; Quand; Comment; Pourquoi.

PPM: Porteur Polyvalent Moyen.

PPG: Porteur Polyvalent Grand.

PVC: Polyvinyle chlorite.

5M: Méthode, Milieu, Main d'œuvre, Matière, Machine.

BSL: Bord Support Layout.

RCCP: Rought Cut Capacity Planing.

IRIS: International Railway Industrial Standards

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Chapitre 1 : présentation de l'organisme d'accueil 11

1 Présentation de l'organisme d'accueil et du processus de production 12

1.1 Fiche signalétique 12

1.2 Historique de CABLIANCE 13

1.3 Organigramme 14

1.4 Les certifications de l'entreprise CABLIANCE Maroc 14

1.5 ISO 9001 :2008 15

1.6 La norme IRIS : 15

1.7 Particularité du câblage ferroviaire 15

1.8 Département de Cabliance Maroc 16

1.8.1 Le département des ressources humaines 16

1.8.2 Le département financier 16

1.8.3 Le département logistique 16

1.8.4 Le département qualité 16

1.8.5 Le département engineering 16

1.8.6 Le département production 16

1.8.7 Le département maintenance 16

2 Présentation du métier de câblage 17

2.1 Introduction 17

2.2 Composants d'un faisceau électrique 17

2.2.1 Câbles électriques 17

2.2.2 Câble unifilaire : 17

2.2.3 Câble multifilaire : 18

2.2.4 Câble coaxial : 18

2.2.5 Connexion 19

2.2.6 Connecteur 19

2.2.7 Éléments de protection 20

2.3 Processus de fabrication des faisceaux 20

2.3.1 Réception et stockage de la matière première 22

2.3.2 La coupe de fils 22

2.3.3 Préparation des paquets 22

2.3.4 Cheminement des câbles 22
2.3.5 Dénudage et sertissage des fils 23
2.3.6 Montage des connecteurs 24
2.3.7 Test électrique 24
2.3.8 Contrôle final 24
2.3.9 Emballage et expédition du produit final 24
Chapitre 2 : Présentation du projet X4 26
1 Introduction 27
2 Définition et composants d'une armoire électrique : 27
3 Les différents faisceaux du projet X4 : 27
3.1 Faisceaux des câbles spéciaux : 28
4 Démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING 30
4.1 Aperçu sur la démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING 30
4.1.1 Historique 30
4.1.2 Principe du LEAN MANUFACTURING 30
4.1.3 Principe de la démarche DMAIC 30
5 Application de la démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING 31
5.1 Définir 31
5.1.1 Définition du problème 31
5.1.2 Définition des objectifs 32
5.1.3 Étude du procédé de fabrication de l'armoire X4 33
5.2 phase de mesure : 36
5.3 Analyser 38
5.3.1 Introduction 38
5.3.2 Diagramme d'ISHIKAWA 38
5.3.3 Outillage 43
5.4 Contrôler 44
Chapitre 3 : La mise en Industrialisation du projet DUBLIN 46
1 Introduction 47
2 Planification globale : 47
2.1 Planification du besoin en outillage 48
2.1.1 Analyse de l'ancienne démarche pour la planification du besoin en outillage 48
2.1.2 Nouvelle Démarche adoptée pour la planification de l'outillage du projet DUBLIN : 49
2.2 Planification du besoin en moyen et main d'œuvre : 59
2.2.1 Analyse de l'ancienne démarche pour la planification du besoin en moyen et ressources : 59

2.2.2 Nouvelle Démarche adoptée pour la planification du besoin en moyen et ressources : 62
3 Implantation du projet DUBLIN 65
3.1 Établissement de la gamme de coupe et fabrication 66
3.2 Établissement des lay-outs : 66
3.2.1 Analyse des lay-out et discussions des problèmes potentiels 66
3.2.2 Amélioration proposée 67
3.3 Lancement de la phase Prototype 71
3.3.1 Analyse de l'ancienne démarche 71
3.3.2 Nouvelle démarche adoptée pour le lancement de la phase prototype : 72
Conclusion 73
BIBLIOGRAPHIE 74
WEBOGRAPHIE 74

Listes des figures

Figure 1 : Société CABLIANCE Maroc 12
Figure 2 : Organigramme de la société. 14
Figure 3: Logos des certifications IRIS et ISO 14
Figure 4 : Faisceau électrique 17
Figure 5 : câble unifilaire 18
Figure 6 : câble multifilaire 18
Figure 7 : câble coaxial 19
Figure 8 : exemples de connexions 19
Figure 9 : exemples de connecteurs 20
Figure 10 : Gaines et agrafes de fixation 20
Figure 11 : Processus de fabrication des faisceaux 21
Figure 12 : Préparation des paquets 22
Figure 13 : gabarit de cheminement 23
Figure 14 : Quelques outils de sertissage 24
Figure 15 : emballage des faisceaux 25
Figure 16: Zone de montage et d'intégration. 28
Figure 17 : Les différentes faisceaux du projet X4 29
Figure 18: Zone de préparation mécanique. 33
Figure 19 : Préparation mécanique de l'armoire X4 34
Figure 20 : Gamme de fabrication 34
Figure 21 : les différentes étapes de sertissage 35
Figure 22 : les différentes étapes pour l'accomplissement 36
Figure 23: efficience par référence. 37
Figure 24 : Diagramme d'ISHIKAWA 38
Figure 25 : plan de cheminement (Lay-out) 40
Figure 26 : Lay-out pour le cheminement des paquets 41
Figure 27 : Lay-out incluant le nombre de câbles par sortie 42
Figure 28 : Lay-out incluant le nom de l'outil 42
Figure 29 : Photo Figuring 43
Figure 30 : Lay-out incluant les Figurings pour le montage des connecteurs 43

Figure 31: les références de train du projet DUBLIN 47
Figure 32 : Ancienne démarche de planification des besoins en outillage 49
Figure 33 : Donnée d'entrée pour le calcul RCCP 51
Figure 34 : Affectation des opérateurs pour les supports supérieurs a 8m 60
Figure 35 : Affectation des opérateurs pour les supports inférieurs à 8m 61
Figure 36 : surface dédiée pour chaque support 61
Figure 37 : Surface nette des supports du Projet DUBLIN 62
Figure 38 : support sans stockage et support avec stockage 63
Figure 39 : Plan d'implantation du projet DUBLIN 65
Figure 40 : Lay-out projet DUBLIN 67
Figure 41 : lay-out avec les codes de cheminement 68
Figure 42 : Plan de chargement des supports 69
Figure 43 : Cartouche d'identification des planches 70
Figure 44 : Conditions du lancement global de la phase prototype 71

Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche signalétique 12
Tableau 2: Historique de CABLIANCE 13
Tableau 3 : : QQOQCP 31
Tableau 4 : chronométrage les différentes étapes de cheminement, de sertissage et de montage des connecteurs. 36
Tableau 5 : l'efficience par référence 37
Tableau 6 : gamme de fabrication pour le cheminement 41
Tableau 7 : Récapitulatif des actions d'amélioration 44
Tableau 8: chronometrage de nouveau temps de production 45
Tableau 9: nouvelle efficience par référence 45
Tableau 10 : Liste d'outillage du projet DUBLIN 50
Tableau 11 : Classement des outils spécifiques et communs 50
Tableau 12 : la quantité des outils spécifiques et communs du Projet DUBLIN 50
Tableau 13 : la liste des outillages communs 52
Tableau 14 : le programme de livraison 52
Tableau 15 : données CABLIANCE 53
Tableau 16 : la liste des connexions serties par l'outil FT8 54
Tableau 17 : Nombre de connexions serties par le même outil par projet 55
Tableau 18 : chronométrage de temps de sertissage de chaque connexion 56
Tableau 19 : Moyenne de temps de sertissage par outil 56
Tableau 20 : la charge et le nombre d'outils par projet 58
Tableau 21 : RCCP outil FT8 59
Tableau 22 : Fichier BSL 60
Tableau 23 : plan de stockage de la voiture 2 63
Tableau 24 : plan de stockage de la voiture 4 64
Tableau 25 : plan de stockage de la voiture 5 64
Tableau 26 : Plan de stockage de la voiture 6 64
Tableau 27 : Gamme de fabrication 66

Introduction :

Aujourd'hui, la concurence d'une entreprise dépend de sa capacité à répondre à la demande, et plus encore, de sa capacité à délivrer à ses clients dans les délais. Elle doit donc être très réactive et avoir une politique agressive en termes de sa planification, son industrialisation et sa gestion de production.

La maîtrise du temps devient une arme stratégique pour pouvoir continuer la croissance et donc assurer l'existence de l'entreprise. Dans cette maîtrise du temps, le fait d'être plus rapide que ses concurrents en termes de conception et de lancement de nouveaux produits est un avantage considérable.

En effet, c'est dans ce cadre que s'articule le stage de fin d'étude effectué au sein de CABLIANCE MAROC, veillant à améliorer l'industrialisation du projet X4 puisque c'est un nouveau projet qui vise à faire augmenter l'efficience de toutes ses références, et l'amélioration de l'industrialisation du projet DUBLIN .

Ce présent travail est subdivisé en trois parties principales : La première partie présente l'organisme d'accueil ainsi que le processus de production. La deuxième partie met en place une procédure standard d'industrialisation du projet X4.La troisième partie, met l'accent sur les études et les travaux menés dans une perspective d'Améliorer l'industrialisation du projet DUBLIN.

Chapitre 1 : présentation de l'organisme d'accueil

1 Présentation de l'organisme d'accueil et du processus de production

Cabliance Maroc est une co-entreprise créée en 8 Décembre 2011 et mise en route en 2012 et située à Fès, dédiée à la production des faisceaux de câbles ferroviaires et d'armoires électriques, était détenue à parts égales par Alstom « le groupe numéro 1 mondial dans les centrales électriques, les turbines et alternateurs hydroélectriques, les trains à très grande vitesse (TGV), les tramways » qui assurait la conception des sous-ensembles, et NEXANS « le groupe leader mondial dans l'industrie du câble » qui pilotait leur industrialisation et leur production .

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

Cabliance compte aujourd'hui environ 250 employés et a réalisé en 2015 un chiffre d'affaires de 13,7 millions d'euros, et collabore avec un écosystème de 22 fournisseurs locaux. ‘’Elle a déjà produit plus de 6500 faisceaux de câbles et plus de 1000 armoires électriques destinés à l'électrification de trains, " selon Alstom.

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

1.1 Fiche signalétique

Le tableau 1 montre la fiche signalétique de CABLAINCE Maroc

Figure 1 : Société CABLIANCE Maroc

Date de création	***2011***
Siège social	*Lot 106 Zone industrielle Ain CHKEF 30122 Fès*
Capital social	*27 000 000 MAD*
Directeur général	*Stephan AUERT*
Actionnaires	*100% Alstom*
Effectif	*250 personnes*
Statut juridique	*S.A*
Téléphone	*(+212) 535 72 42 00*
Site internet	*www.Cabliance.ma*
Logo	CABLIANCE MAROC

Tableau 1: Fiche signalétique

1.2 Historique de CABLIANCE

Le tableau 2 représente l'historique de CBLIANCE Maroc :

10 Décembre 2010	signature de l'accord Alstom ONCF pour le MGV Tanger 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
8 Octobre 2012	Lancement du projet REGIOLIS
15 Octobre 2012	Expédition de la dernière Rame du CITADIS
10 AVRIL 2013	Lancement du projet PKP
05 Juin 2013	Lancement du projet MGV
12 avril 2014	Lancement du projet SBB
5 décembre 2015	Expédition du projet MI09
17 décembre 2016	***Lancement du projet X4***
22 janvier2017	***Lancement du projet DUBLIN***

Tableau 2: Historique de CABLIANCE

1.3 Organigramme

L'organigramme illustré dans la figure 2 représente la structure hiérarchique de CABLIANCE Maroc.

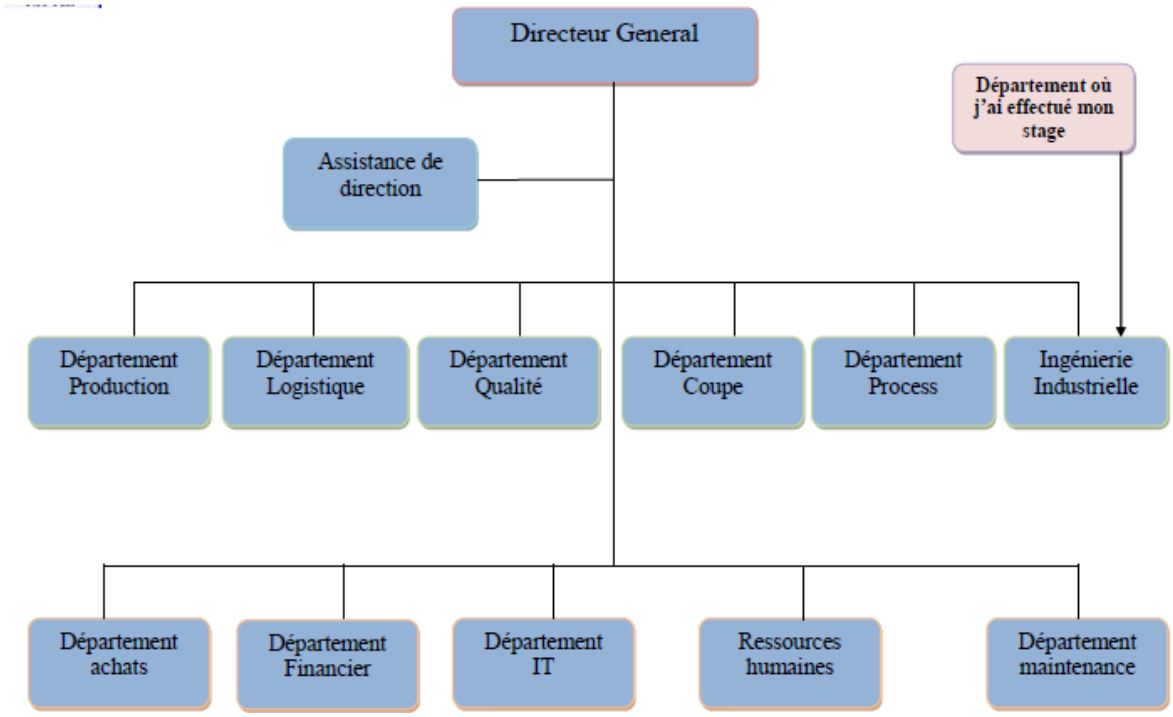


Figure 2 : Organigramme de la société.

1.4 Les certifications de l'entreprise CABLIANCE Maroc

Durant ses 3 années d'activité, Cabliance a réalisé une performance remarquable, commençant par livrer la première rame du Tramway de Casablanca en Juillet 2012. Cette jeune entreprise a réalisé plus de 90 millions de DH de chiffre d'affaires rien qu'en 2014. Elle a réussi sa certification ISO 9001 version 2008 et a été la première usine à être certifiée aux normes IRIS (International Railway Industrial Standrads) au Maroc en décembre 2014.

Figure 3: Logos des certifications IRIS et ISO

1.5 ISO 9001 :2008

L'ISO est un Document établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné.

La norme iso 9001 est concentrée de bonnes pratiques managériales en matière de qualité. Elle fournit un cadre pour mettre en place une approche processus et améliorer de façon continue le fonctionnement et la satisfaction des clients. En outre, la certification iso 9001 apporte une reconnaissance mondiale.

L'ISO 9001:2008 spécifie les exigences relatives au système de management de la qualité lorsqu'un organisme :

- a besoin de démontrer son aptitude à fournir régulièrement un produit conforme aux exigences des clients et aux exigences légales et réglementaires applicables.
- vise à accroître la satisfaction de ses clients par l'application efficace du système, y compris les processus pour l'amélioration continue du système et l'assurance de la conformité aux exigences des clients et aux exigences légales et réglementaires applicables.

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

1.6 La norme IRIS :

La norme IRIS (International Railways Industry Standard) La norme mondiale de la qualité de l'industrie ferroviaire, elle est applicable dans le monde entier, dans tous les secteurs des transports ferroviaires pour les entreprises dont les activités-clés sont la production, le développement, le management de projet et la maintenance de véhicules ferroviaires et de leurs composants, y compris la signalisation. Menée sous la direction de l'UNIFE (Union des Industries Ferroviaires Européennes), la norme est soutenue par les quatre plus grands fabricants d'équipements (Bombardier, Siemens, Alstom et Ansaldo-Breda) et elle est maintenant un élément ferme dans les exigences pour les achats dans un grand nombre d'entreprises. Toutes les entreprises sont inscrites dans la base de données IRIS, qui est accessible à l'ensemble des acteurs de ce marché.

1.7 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 normes de la classe 2 en termes de sécurité

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

1.8 Département de Cabliance Maroc

1.8.1 Le département des ressources humaines

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

1.8.2 Le département financier

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

1.8.3 Le département logistique

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

1.8.4 Le département qualité

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

1.8.5 Le département engineering

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

1.8.6 Le département production

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

1.8.7 Le département 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 de CABLIANCE Maroc

2 Présentation du métier de câblage

2.1 Introduction

Un faisceau électrique (voir Figure 4) est un ensemble de câbles électriques raccordés entre eux via des boitiers (Connecteurs). Son rôle est d'assurer :

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

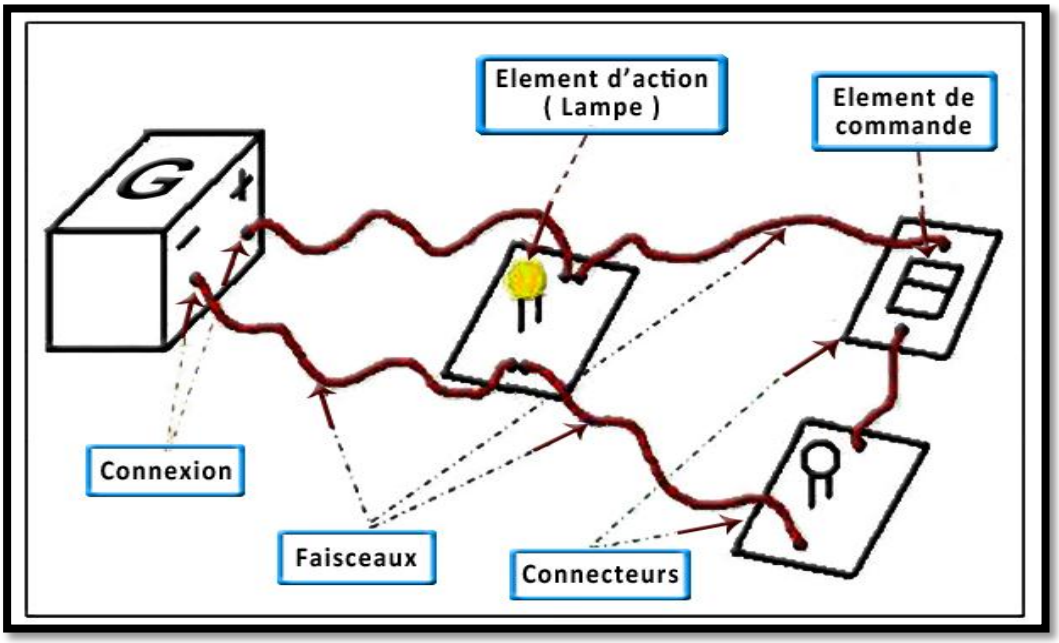


Figure 4 : Faisceau électrique

2.2 Composants d'un faisceau électrique

Le faisceau est composé principalement de :

2.2.1 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 :

2.2.2 Câble unifilaire :

C'est un câble qui est constitué de deux parties (voir figure 5) : une partie constituée par un ensemble de conducteurs isolés appelés brins et une partie isolante appelée PVC qui permet la protection de ces conducteurs.

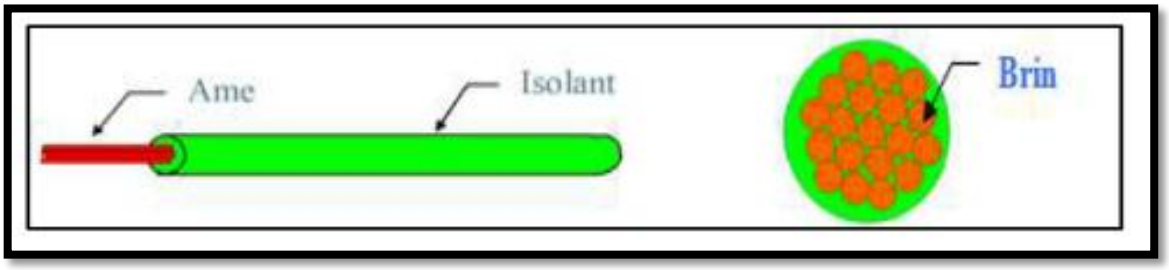


Figure 5 : câble unifilaire

2.2.3 Câble multifilaire :

Le câble multifilaire (voir figure 6) est un ensemble de câbles unifilaires qui sont eux-mêmes protégés par une gaine PVC.

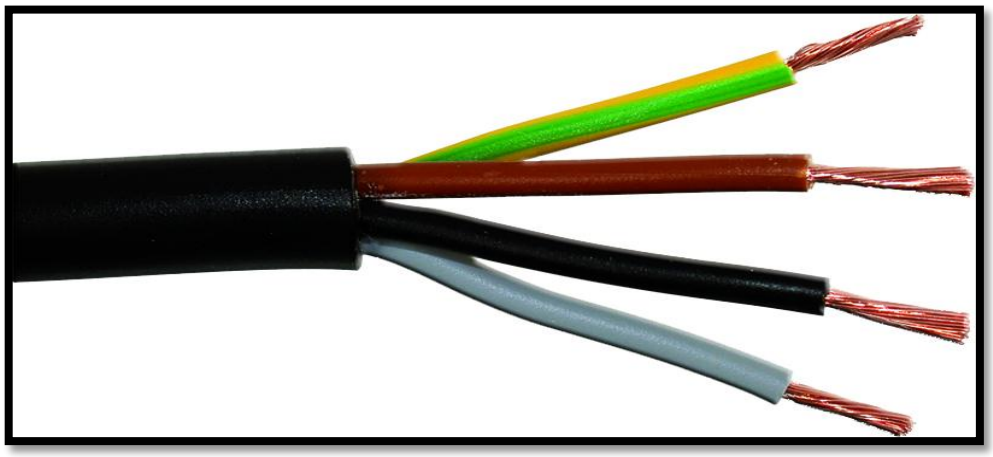


Figure 6 : câble multifilaire

2.2.4 Câble coaxial :

Les câbles coaxiaux voir figure 7 sont généralement constitués d'un conducteur central (âme), d'une enveloppe isolante (Gaine) et d'un conducteur extérieur (tresse).

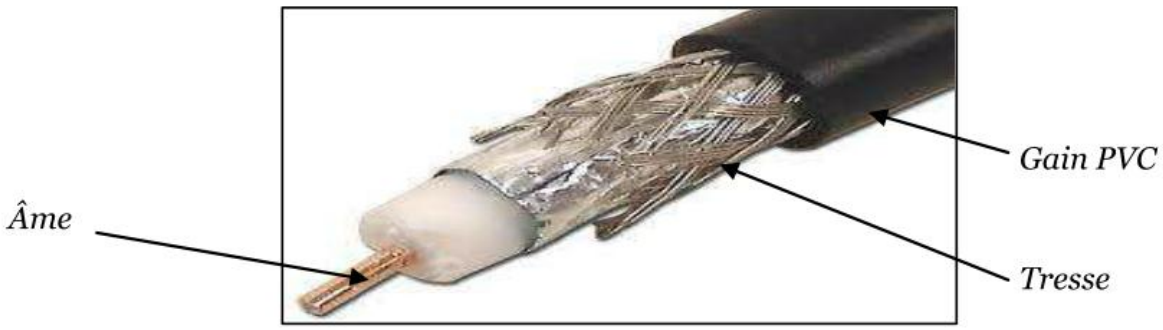


Figure 7 : câble coaxial

2.2.5 Connexion

C'est un élément métallique qui s'accroche au bout d'un fil pour permettre sa jonction à un connecteur (voir figure 8) :

Figure 8 : exemples de connexions

2.2.6 Connecteur

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

Nous distinguons plusieurs types de connecteurs la figure 9 montre quelques exemples :

Figure 9 : exemples de connecteurs

2.2.7 Éléments de protection

Les éléments de protections utilisés dans un faisceau (voir figure 10) sont :

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

Figure 10 : Gaines et agrafes de fixation

2.3 Processus de fabrication des faisceaux

La figure 11 représente le processus adopté par CABLIANCE Maroc pour la fabrication des faisceaux

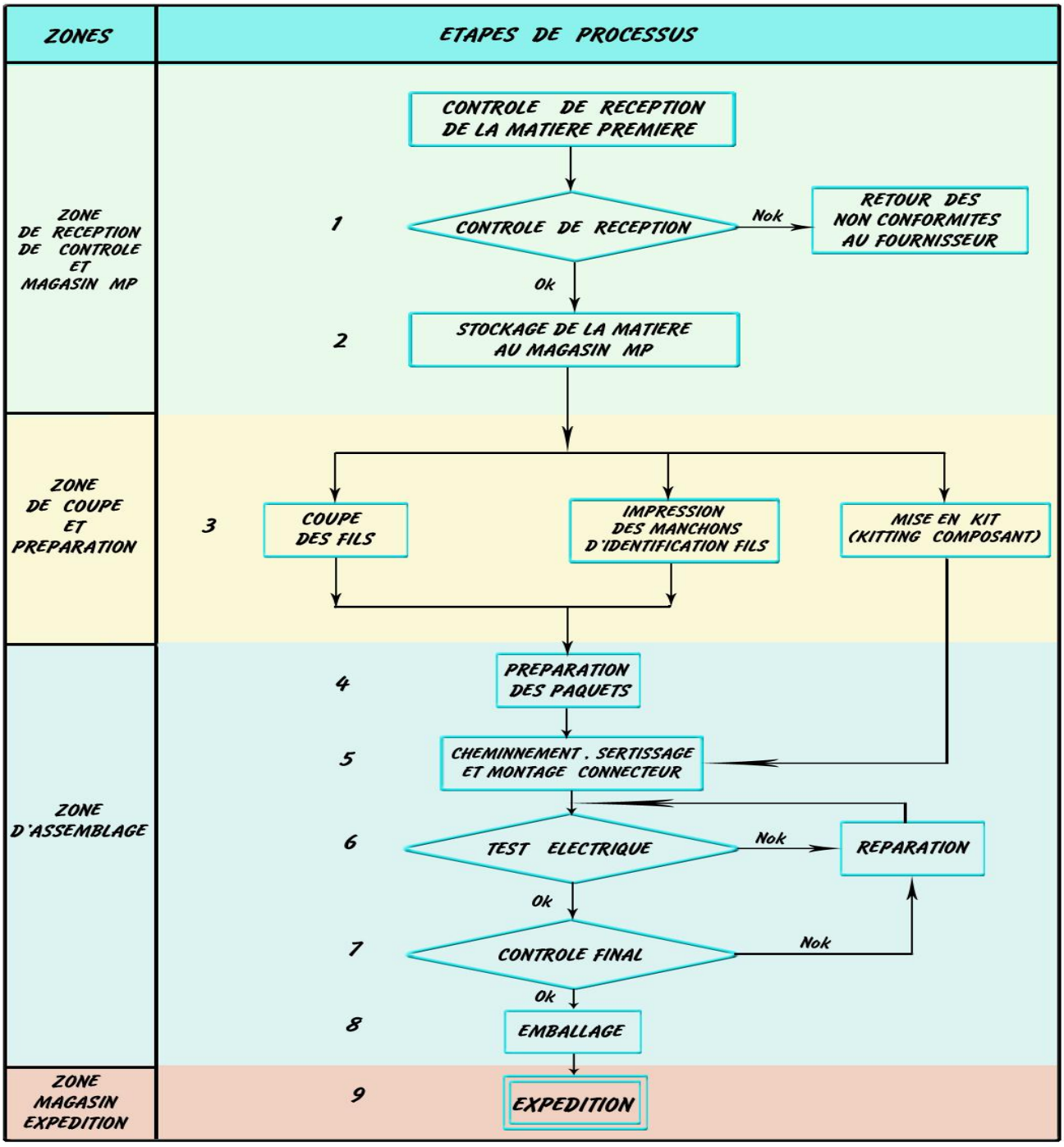


Figure 11 : Processus de fabrication des faisceaux

2.3.1 Réception et stockage de la matière première

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

2.3.2 La coupe de fils

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

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

- coupe à longueur voulue.
- le marquage continu du fil à l'aide d'une imprimante.

2.3.3 Préparation des paquets

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

Les moyens utilisés dans le poste de préparation (voir figure 12) sont :

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

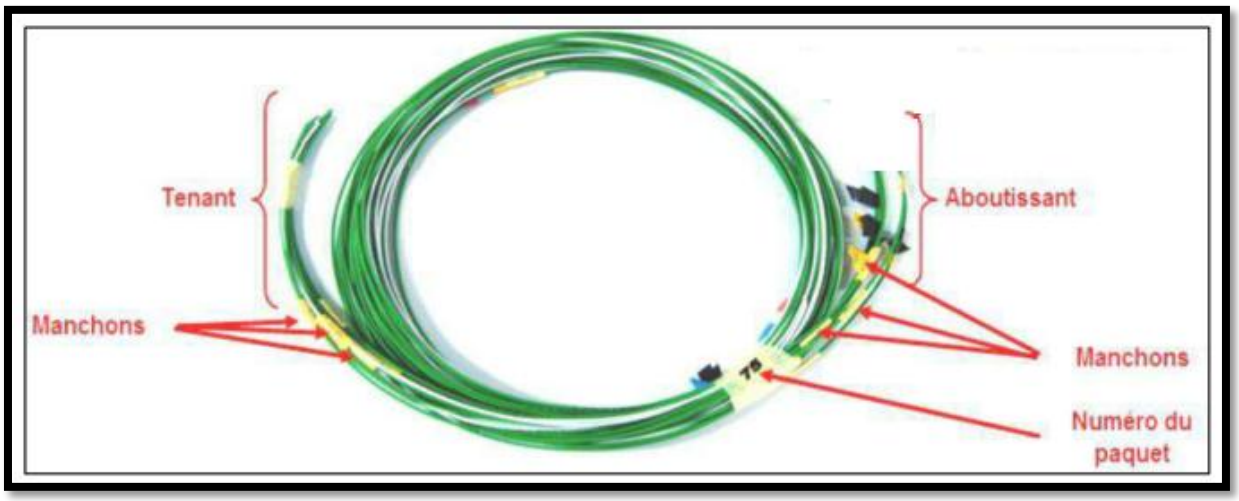


Figure 12 : Préparation des paquets

2.3.4 Cheminement des câbles

Le cheminement des paquets est défini comme étant la mise en place de ces derniers sur la planche (voir figure 13) suivant le plan de câblage et cela en partant de la première

extrémité du câble (tenant) qui porte le numéro de paquet et le repère électrique en passant par une trajectoire bien définie sur la planche jusqu'à atteindre la deuxième extrémité (aboutissant).

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

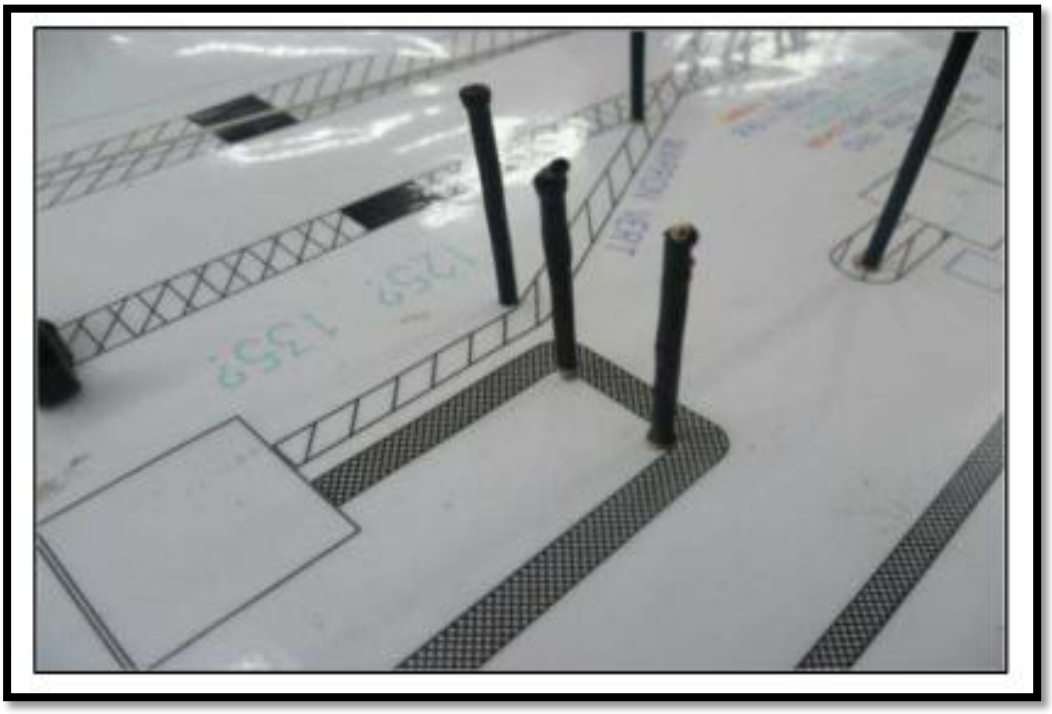


Figure 13 : gabarit de cheminement

2.3.5 Dénudage et sertissage des fils

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

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

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. (Voir figure 14)

Figure 14 : Quelques outils de sertissage

2.3.6 Montage des connecteurs

Le montage des connecteurs est une opération qui permet d'assembler les câbles sertis avec un connecteur bien défini sur le gabarit de cheminement. Les instructions de montage d'un tel connecteur sont présentées dans le mode opératoire, donc il suffit de suivre les instructions pour monter un tel connecteur.

2.3.7 Test électrique

Après le montage de tous les connecteurs du faisceau, ce dernier doit passer par des tests électriques pour valider sa conformité avant le contrôle final puis l'emballage.

Avant l'achat du testeur automatique, les tests étaient réduits à un seul test qui est le test fil à fil, ce dernier consiste à tester la continuité des faisceaux électriques par un multimètre en liant les deux extrémités de chaque câble par le multimètre, si ce dernier ne sonne pas cela implique qu'il y a une inversion dans le montage qu'il faut réparer et noter dans le rapport de contrôle.

2.3.8 Contrôle final

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

2.3.9 Emballage et expédition du produit final

Cette opération consiste à protéger tous les composants des faisceaux (connecteurs, boitiers, connexions…) par le papier à bulles pour éviter toute détérioration de ces composants et toute agression au niveau des câbles du conditionnement des faisceaux. (Voir Figure 15)

Figure 15 : emballage des faisceaux

Chapitre 2 : Présentation du projet X4

1 Introduction

Le projet X4 est une armoire électrique de signalisation qui se place dans les gares des trains et qui sert à protéger les réseaux de tout incident dangereux, et elle assure le rôle d'un gestionnaire d'énergie électrique il a comme client final « **SEIMENS** ».

2 Définition et composants d'une armoire électrique :

L'armoire électrique est un boîtier qui contient un réseau de distributions électriques, fonctionnant avec des résistances chauffantes et éventuellement, à différentes fréquences. Son rôle essentiel est de protéger ce réseau de tout incident dangereux, et elle assure le rôle d'un gestionnaire d'énergie électrique. On l'appelle aussi « armoire de commande auxiliaire » ou ACM. Seule une personne ayant des compétences spécifiques peut réaliser le montage de l'armoire électrique et son installation. Généralement, le dispositif est conçu pour un usage industriel et non individuel ou domestique.

On admet généralement que l'observation correcte des signaux placés latéralement à la voie, ne peut être correctement réalisée que si la vitesse n'excède pas 220 km/h. Sur les lignes TGV, il n'est donc plus possible d'implanter des signaux classiques, et on recours alors à une signalisation en cabine.

Tous les engins moteurs qui doivent circuler sur les lignes à grande vitesse et dans le tunnel sous la manche pendant l'ouverture commerciale doivent être équipés de la TVM (Transmission Voie Machine), puisqu'il n'y a pas d'autre signalisation. Outre les rames TGV et Eurostar, d'autres machines sont donc équipées de la TVM, entre autres :

- Les BB67200 utilisées comme machines de secours sur LGV
- Les CC class 92 tractant les trains de fret dans le tunnel sous la manche. Notons que la vitesse limite est de 160 km/h dans le tunnel lui-même, quel que soit le train : TGV, Eurostar ou train classique.
- Les BB 22379, 22380 et 22399 à 22405 pour réaliser la maintenance ou le contrôle des installations.

L'ouverture de la ligne à grande vitesse sud-est en 1981 à vue l'introduction de la TVM 300 dans les nouvelles rames Sud Est qui permet la circulation à 270km/h et l'espacement des rames toutes les 5 minutes.

L'introduction de la TVM430 sur les lignes à grande vitesse construites ultérieurement et dans le tunnel sous la manche permet la circulation à 300km/h avec un espacement des rames de 3 minutes.

3 Les différents faisceaux du projet X4 :

Le projet X4 se composait initialement de 5 faisceaux qui sont :

- Planche de cheminement IVC
- Planche de cheminement ATB

- Planche de cheminement des câbles divers
- Planche de cheminement des câbles spéciaux

Et au milieu on a une zone d'intégration des différents faisceaux comme il montre la figure ci-dessous :

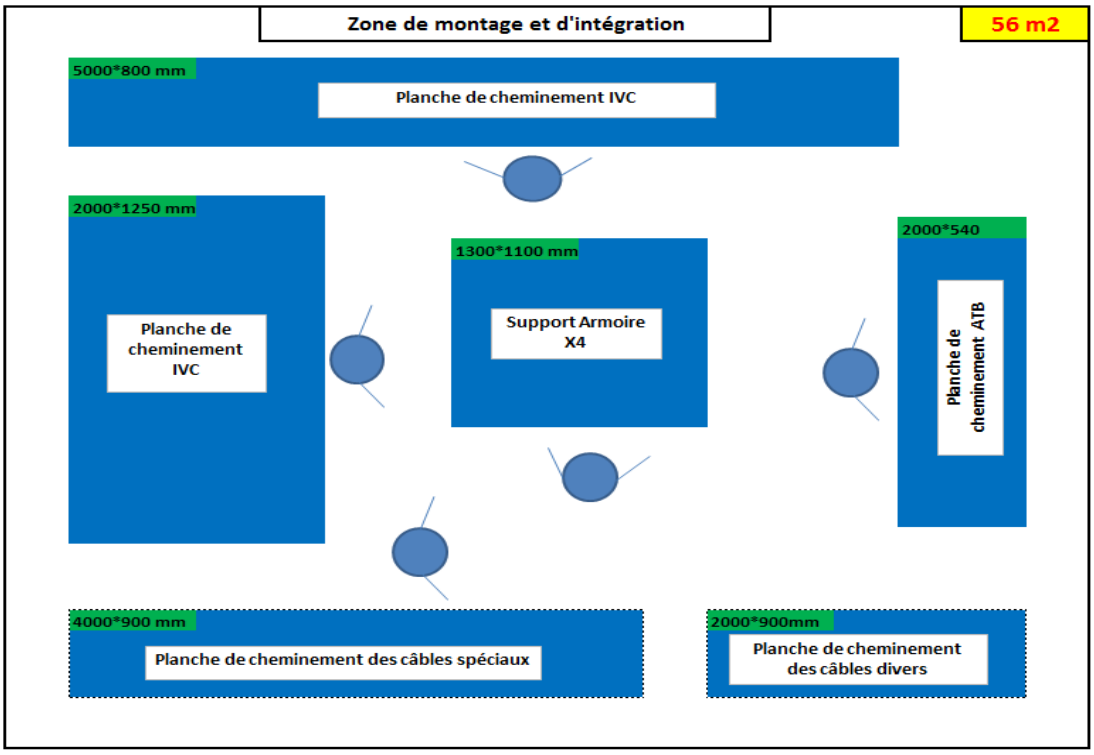
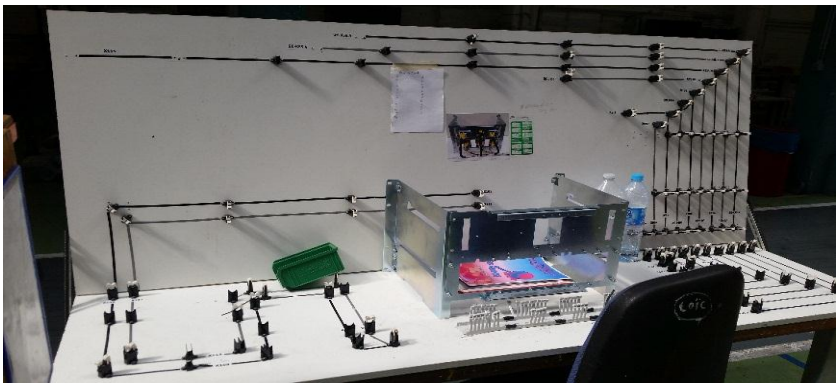


Figure 16: Zone de montage et d'intégration.

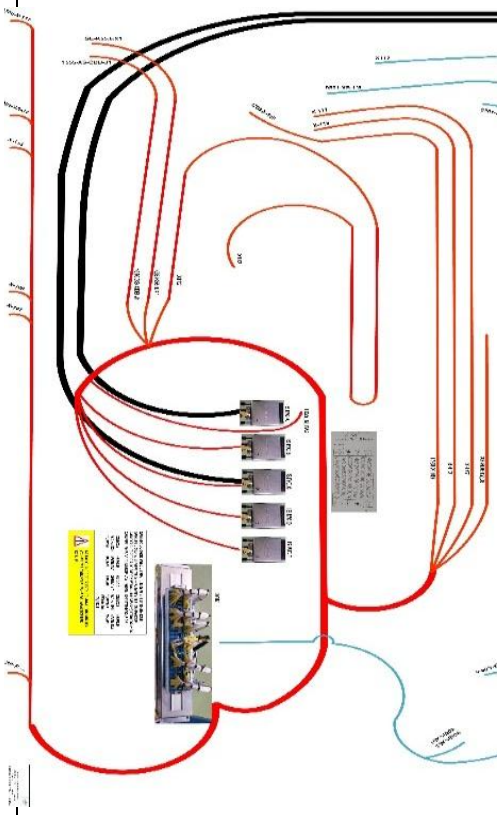
3.1 Faisceaux des câbles spéciaux :

La figure représente les différentes planches du projet X4 :

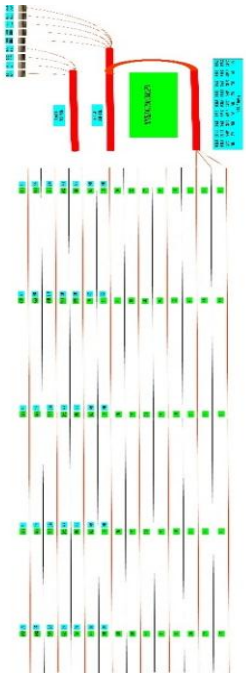
1. Câbles spéciaux



2. Faisceaux ATB



3. Faisceaux IVC



4. Faisceaux GE-K55

Figure 17 : Les différentes faisceaux du projet X4

Problématique :

L'objet de ce projet de fin d'étude est d'améliorer l'efficience, à moyen terme, du projet X4 de la société ALSTOM CABLIANCE. Pour atteindre ce but nous allons appliquer la démarche DMAIC De LEAN MANUFACTURING. Le projet X4 consiste à fabriquer une armoire électrique qui se compose principalement de 5 faisceaux qui seront intégrés dans l'armoire pour obtenir finalement l'armoire électrique de signalisation voulue.

4 Démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING

4.1 Aperçu sur la démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING

4.1.1 Historique

Le LEAN MANUFACTURING a été développé par TOYOTA en 1987.

Ensuite à son efficacité il a été adopté par d'autres compagnies notamment Général Motors, Ford…

4.1.2 Principe du LEAN MANUFACTURING

Le LEAN MANUFACTURING est basé sur l'élimination des Gaspillages (mudas) au sein des processus de production.

Les différents types de gaspillages traités par le Lean Manufacturing sont les suivants :

- Traitements inutiles
- Temps d'attente
- Mouvements inutiles
- Surproduction
- Sur stockage
- Transports inutiles
- Erreurs de rebuts

4.1.3 Principe de la démarche DMAIC

La démarche DMAIC est destinée à cadrer la résolution du problème et l'amélioration des services dans les entreprises.

Elle est composée de cinq étapes ordonnancées selon une logique structurée

- Définir
- Mesurer

- Analyser
- Améliorer
- Contrôler

La démarche DMAIC vise à fournir un diagnostic approfondi des problèmes rencontrés dans une organisation avant de les résoudre. C'est la raison pour laquelle le problème doit être quantifié, les causes profondes clairement identifiées pour que les solutions développées en phase d'amélioration s'attaquent à la racine du problème.

5 Application de la démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING

5.1 Définir

5.1.1 Définition du problème

Pour décrire d'une manière structurée notre situation problématique, nous allons utiliser l'outil QQOQCP :

Donnée d'entrée : Efficience faible	
Qui : qui est concerné par le problème ?	Le département ingénierie de CABLIANCE Maroc
Quoi : c'est quoi le problème ?	Réduire le temps de production et augmenter l'efficience
Où ? Où apparait le problème ?	Au niveau du projet X4
Quand ? quand apparait le problème	Au moment de cheminement, sertissage et montage de connecteur.
Comment ? Comment mesurer le problème et ces solutions ?	Chronométrer les différentes étapes de fabrication
Pourquoi ? pourquoi faut-il résoudre le problème ?	Réduire le temps de production Augmenter la quantité des faisceaux Augmenter l'efficience Satisfaction client
Donnée de sortie : Efficience améliorée et temps de production réduit	

Tableau 3 : : QQOQCP

Des réponses plus détaillées aux questions QQOQCP seront expliquées dans ce qui suit :

- **Qui**

Cabliance Maroc connait une production lente, ce qui pose un problème par rapport à la livraison des faisceaux.

Ce problème importe tout les références de l'armoire X4.

- **QUOI ? C'est quoi le problème ?**

Une efficience faible.

- **OU ?**

Ce problème apparait durant le cheminement, sertissage et montage des connecteurs.

- **Comment ? Comment mesurer ce problème et ses solutions ?**

Le problème et ses solutions seront quantifiés en chronométrant les différentes étapes de cheminement, sertissage et montage des connecteurs.

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

Remédier à ce problème revient à augmenter la quantité des faisceaux à fabriquer en réduisant le temps de production de l'armoire X4.

Fabriquer la quantité exigée par le client dans les délais contribuera donc à sa satisfaction.

5.1.2 Définition des objectifs

L'objectif de CABLIANCE MAROC est d'augmenter son efficience. C'est la raison pour laquelle nous avions comme mission de faire une étude critique afin d'agir sur les différentes opérations de fabrication du X4, or cet objectif ne peut être atteint qu'en :

- Réduisant la durée de fabrication.
- Facilitant le travail des opérateurs.

CABLIANCE Maroc retient comme formule de l'efficience :

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Charge}}{\text{Effectif} * \text{Heure de travail net/mois}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{7} tp_i}{\text{temps standard}}$$

Avec :

- le temps standard = 149h/références
- $\sum_{i=1}^{7} tp_i$: le temps qu'on a chronométré pour chaque référence.
- tp_i: le temps qu'on a chronométré pour chaque faisceau.

5.1.3 Étude du procédé de fabrication de l'armoire X4

Durant cette partie nous allons développer la procédure utilisée pour la fabrication de l'armoire X4.

Première étape : **Préparation mécanique de l'armoire X4**

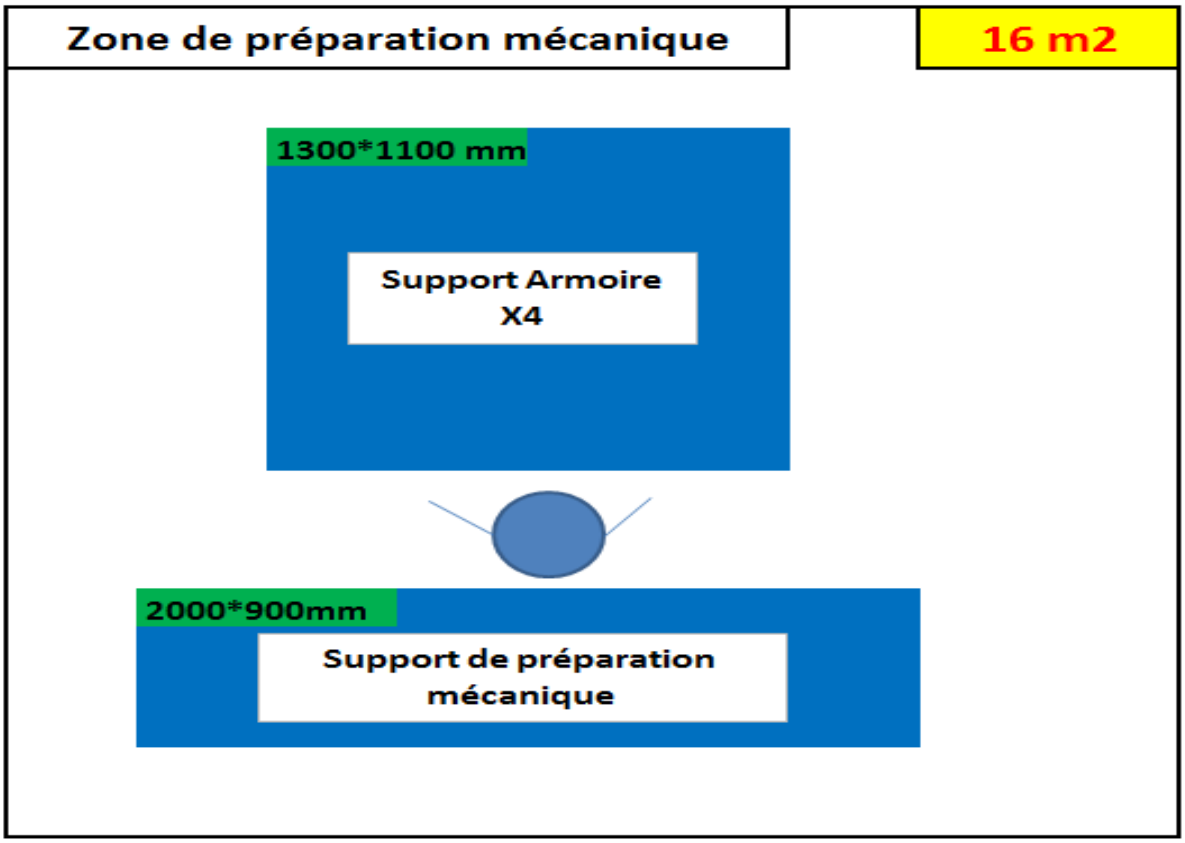


Figure 18: Zone de préparation mécanique.

Figure 19 : Préparation mécanique de l'armoire X4

La préparation mécanique consiste à la fixation des goulottes et des berceaux, préparation du rack ATB, fixation des borniers sur les planches, mise en place des étiquettes.

Deuxième étape : **cheminement des différentes planches de l'armoire.**

Pour effectuer cette tâche, les opérateurs procédaient de la manière suivante :

- Prendre un paquet de câbles qui est caractérisé par un même tenant et plusieurs aboutissants
- Fixer l'extrémité du câble, dont le connecteur tenant sur la planche suivant la gamme de fabrication (Voir tableau 4).
- Distribuer le paquet vers les différents connecteurs aboutissants.

numero paquet	connecteur tenant	contact du tenant		connecteur aboutissant		contact de l'aboutissant	bague de couleur
XP_348	XP-L03-f	210249	12	X-124		S.22	vo
SP_355	XP-L04-d	210249	1	X-006		A.2	
XP_350	XP-L04-d	210245	7	X-124		D.5	vo
XP_356	XP-L04-d	210249	10	X-124		S.3	vo
XP_356	XP-L04-d	210249	11	X-124		S.7	vo
XP_356	XP-L04-d	210249	12	X-124		S.9	vo
XP_350	XP-L04-d	210245	3	X-124		S.25	vo
XP_366	XP-L05-b	210249	11	XP-L04-b	210249	5	rg-ve
XP_366	XP-L05-b	210249	4	XP-L04-b	210249	10	rg-ve

Figure 20 : Gamme de fabrication

Troisième étape **: Autocontrôle cheminement**

Cette opération consiste à compter le nombre de câbles cheminés et le comparer avec le nombre de câbles disponibles dans la gamme de fabrication.

Quatrième étape : **Sertissage** (Voir Figure 21)

Cette étape qui s'avère fatidique pour les opérateurs, consiste d'abord à consulter la fiche d'instruction afin de relever la longueur de coupe de câble défini par le client puis récupérer la référence de la connexion de la gamme de fabrication, ensuite consulter le mode opératoire de sertissage afin de relever l'outil correspondant pour effectuer le sertissage.

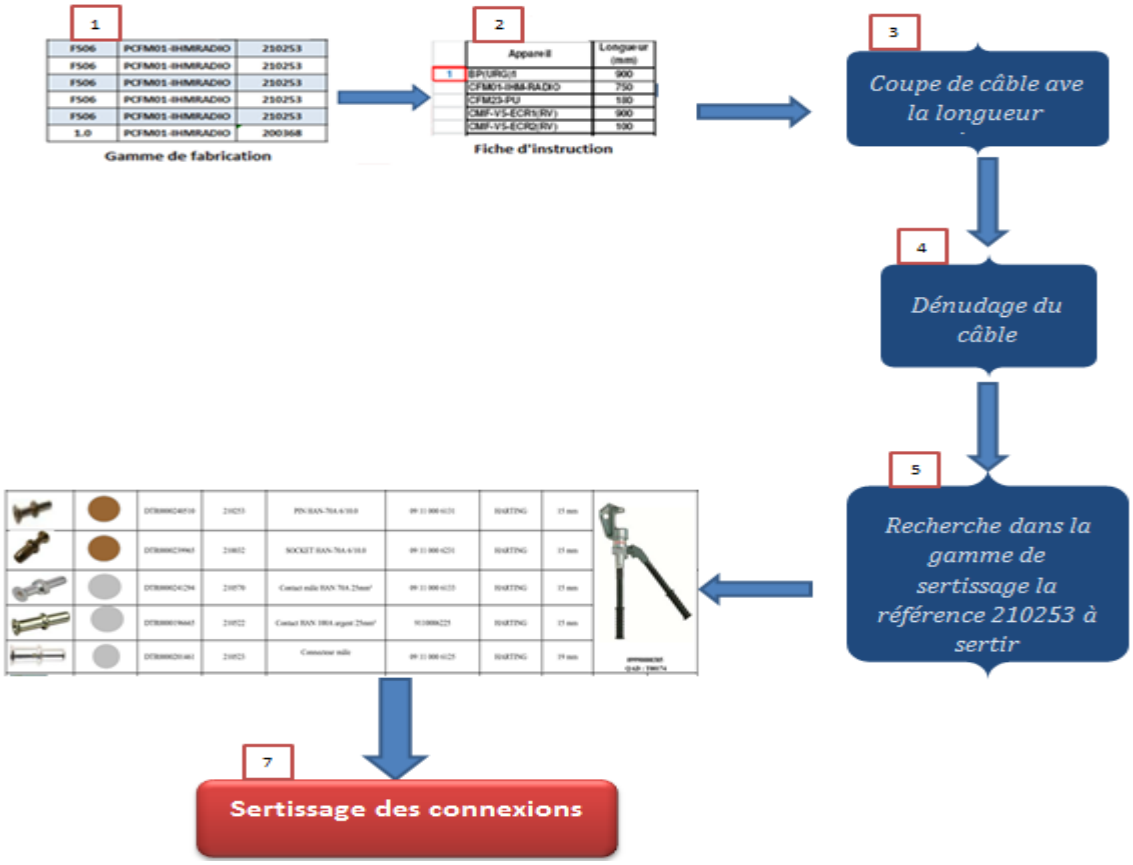


Figure 21 : les différentes étapes de sertissage

Cinquième étape **: Montage des connecteurs**

De la même manière que le sertissage, les opérateurs se réfèrent encore une fois à la gamme de fabrication ainsi qu'au document comportant toutes les informations sur le montage des connecteurs.

La figure 22 montre les différentes étapes nécessaires pour l'accomplissement de cette tâche.

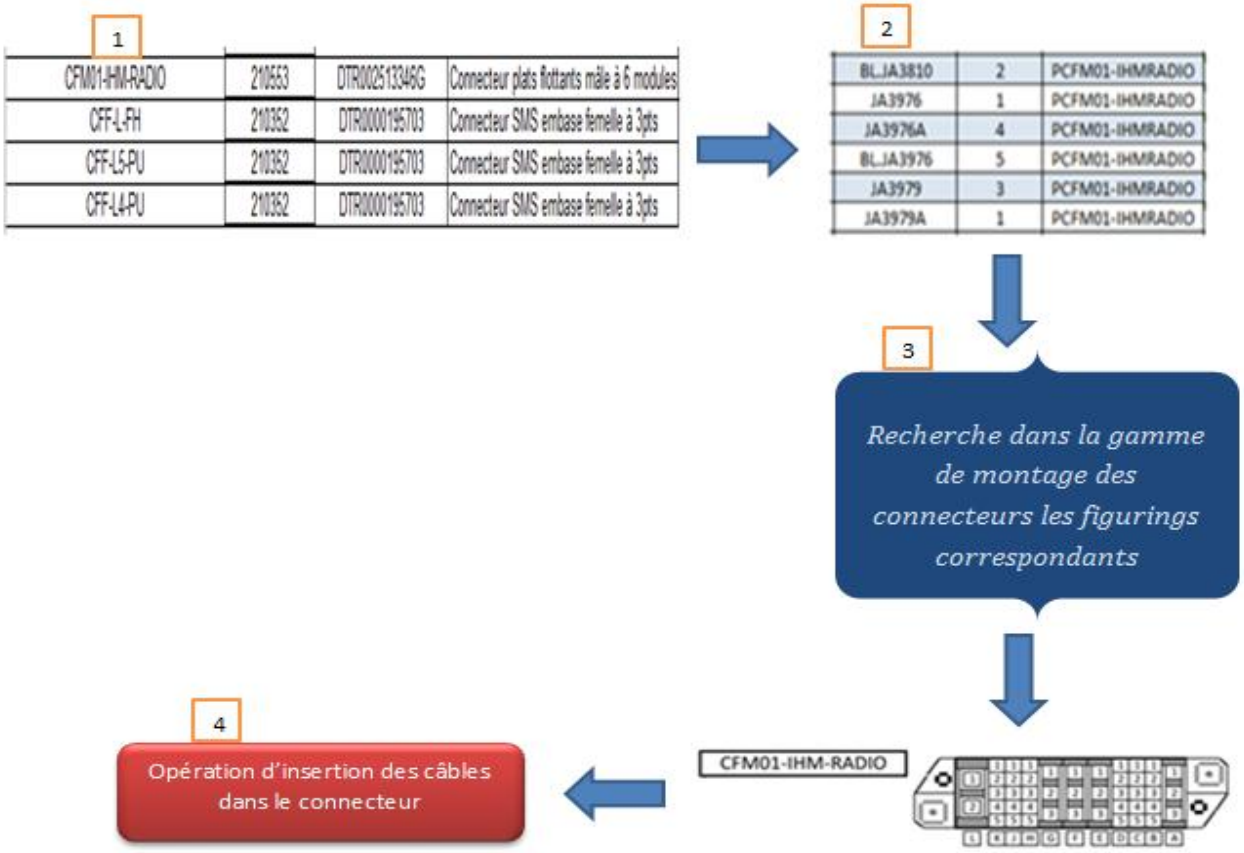


Figure 22 : les différentes étapes pour l'accomplissement

5.2 phase de mesure :

Durant cette étape nous allons chronométrer les différentes étapes de cheminement, de sertissage et de montage des connecteurs qui nous renseignera sur le temps standards de fabrication de chaque référence de l'armoire X4.

poste	Temps(h)	Source d'information
Préparation mécanique	40	Chronométrage
SKS	8	Chronométrage
GE-K55	11	Chronométrage
IVC	18	Chronométrage
ATB	12	Chronométrage
XP-R et L	10	Chronométrage
Câbles spéciaux	28	Chronométrage
Intégration	59	Chronométrage
Total (h)	186	

Tableau 4 : chronométrage les différentes étapes de cheminement, de sertissage et de montage des connecteurs.

On va calculer l'efficience des étapes de fabrication à partir du tableau :

référence	efficience par référence
préparation mécanique	21.50%
SKS	4.30%
GE-K55	6%
IVC	9.6%
ATB	6.4%
XP-R ET L	5.3%
CABLES SPECIAUX	15.05%
INTEGRATION	31.70%

Tableau 5 : l'efficience par référence

Ce qui donne le graphe suivant :

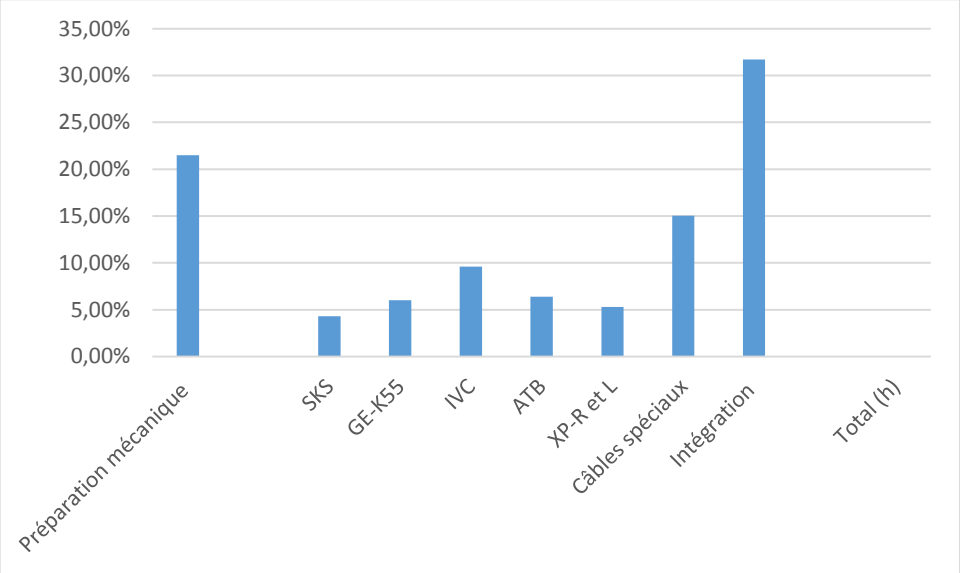


Figure 23: efficience par référence.

Interprétation (tableau 4) :

Une brève observation nous permet de conclure que l'écart entre le temps qu'on a chronométré et le temps standards de fabrication fixé par Cabliance Belgique est nettement considérable.

Dans ce qui suit, nous nous focaliserons sur les causes réelles de ce temps non productif.

5.3 Analyser

5.3.1 Introduction

Arrivés à ce stade, nous allons chercher les causes réelles de ce temps non productif afin de le réduire.

Un Brainstorming avec l'équipe méthode ainsi que les opérateurs s'avère très bénéfique.

En effet, il nous permettra de dégager et recenser les éléments potentiels qui peuvent être responsables de ce long temps de production.

5.3.2 Diagramme d'ISHIKAWA

Ces éléments ont été classés selon les 5M (Méthode, Milieu, Main d'œuvre, Matière, Machine) du diagramme en arête de poisson et qui est illustré dans la Figure 24.

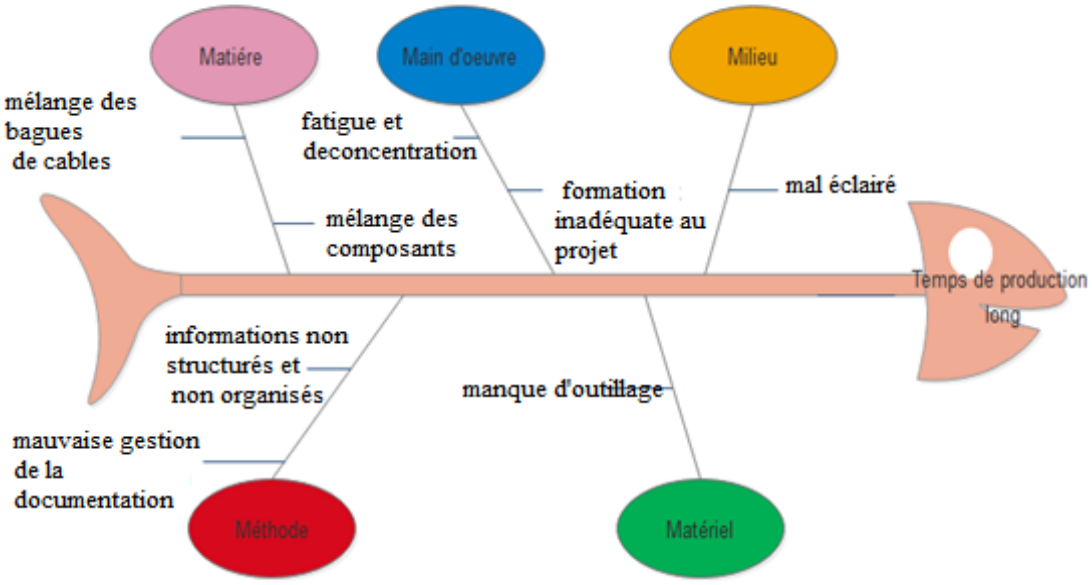


Figure 24 : Diagramme d'ISHIKAWA

- **Méthode**

  - Recherche d'informations afin d'effectuer les différentes opérations (cheminement, sertissage et montage des connecteurs).

Pour effectuer les opérations de cheminements, de sertissages et de montage des connecteurs, les opérateurs utilisent beaucoup de documentation : Fiche d'Instruction, gamme

de fabrication, gamme de sertissage et gamme des montages des connecteurs. Ces documents sont généralement imprimés en format A3.

Ces opérations qui sont traduites par un ensemble de mouvements inutiles sont les principaux générateurs du temps sans valeur ajoutée.

- Perte de temps durant l'autocontrôle.

L'autocontrôle comme il a été expliqué précédemment consiste à compter le nombre de câbles cheminer et le comparer avec le nombre de câbles dans la gamme de fabrication.

Le temps alloué à cette tâche contribue également à l'augmentation du temps non productif d'une manière considérable.

- **Main d'œuvre**

La fatigue, la déconcentration et la mal adaptation sont dues essentiellement au nombre de mouvements inutiles effectués par les opérateurs.

Ceci dit, résoudre les problèmes causés par la 'méthode ' mènera à une résolution spontanée des problèmes causés par la main d'œuvre.

- **Machine (outillages)**

Lorsque la charge est élevée, cela influence le besoin de notre projet en outillage, qui est généralement traduit, par un temps d'attente.

Ce temps d'attente contribue à l'augmentation du temps non productif.

- **Améliorer**

Cette étape aura comme objectif d'établir un plan d'action adéquat avec l'analyse effectuée précédemment.

Nous rappelons que ces améliorations ont été inscrites dans la cadre de l'amélioration continue.

- **Méthode**

Durant l'étape « analyser » nous avons remarqué que le temps non productif était important, que nous avons expliqué partiellement par la recherche d'informations.

Dans ce qui suit nous expliquerons le plan d'action que nous avons adopté afin de réduire ce temps non productif.

Création des Lay-out de projet :

L'enjeu était de changer le concept de cheminement : ce qui veut dire qu'au lieu de procéder par un cheminement interne (sur l'armoire), nous avons choisi de procéder par un

cheminement externe(sur lay-out) et ceci en créant un plan 2D sur AUTOCAD (Voir Figure 25) qui contient toutes les informations nécessaires pour les opérations de cheminement, sertissage et montage des connecteurs à savoir :

- Les noms des connecteurs ainsi que leur référence.
- Le nombre des connexions, leurs désignations, et leur référence
- Le nombre de câbles par sortie et par connecteur,
- Les bagues de couleurs qui facilitent la fixation des câbles aboutissant,
- Le nom de l'outil de sertissage,
- les figurings pour le montage de chaque connecteur.

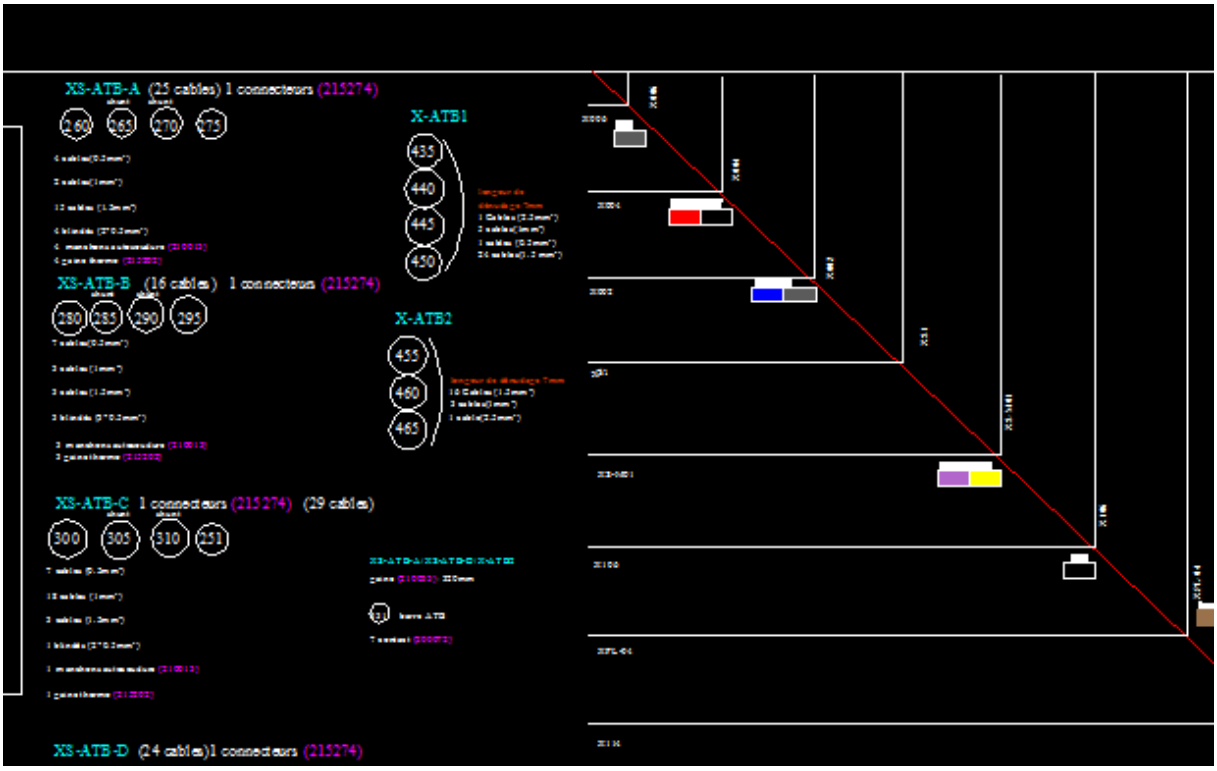


Figure 25 : plan de cheminement (Lay-out)

Opération de cheminement actuel

Pour effectuer l'opération de cheminement sur lay-out, l'opérateur suivra dorénavant les étapes que nous allons expliquer selon l'exemple suivant :

Exemple : cheminement du paquet 10

- Rechercher le paquet 10 dans la gamme de fabrication. (Voir tableau 6).
- Rechercher la sortie 5 dans le lay-out (Voir Figure 26).
- Regrouper tous les câbles tenant avec du SCOTCH Déchirable et les fixer sur le connecteur tenant PB1-PU13A.

- cheminer ces câbles vers les connecteurs aboutissants (PCFM01-IHMRADIO, PCFF03-PU11A et PCFM21-PU) tout en tenant compte des bagues de couleurs correspondantes à chaque aboutissant.

Paquet	entrée	Connecteur 1	sortie	Couleur 2	Connecteur 2
5	1	PCFM01-IHMRADIO	8	Ja	PCFM01-IHMRADIO
5	1	PCFM01-IHMRADIO	8	Ja	PCFM01-IHMRADIO
10	5	PB1-PU13A	1	Rd	PCFM01-IHMRADIO
10	5	PB1-PU13A	4	B Ja	PCFF03-PU11A
10	5	PB1-PU13A	1	Rd	PCFM01-IHMRADIO
10	5	PB1-PU13A	1	Rd	PCFM01-IHMRADIO
10	5	PB1-PU13A	2	B Br	PCFM21-PU
10	5	PB1-PU13A	1	Rd	PCFM01-IHMRADIO

Tableau 6 : gamme de fabrication pour le cheminement

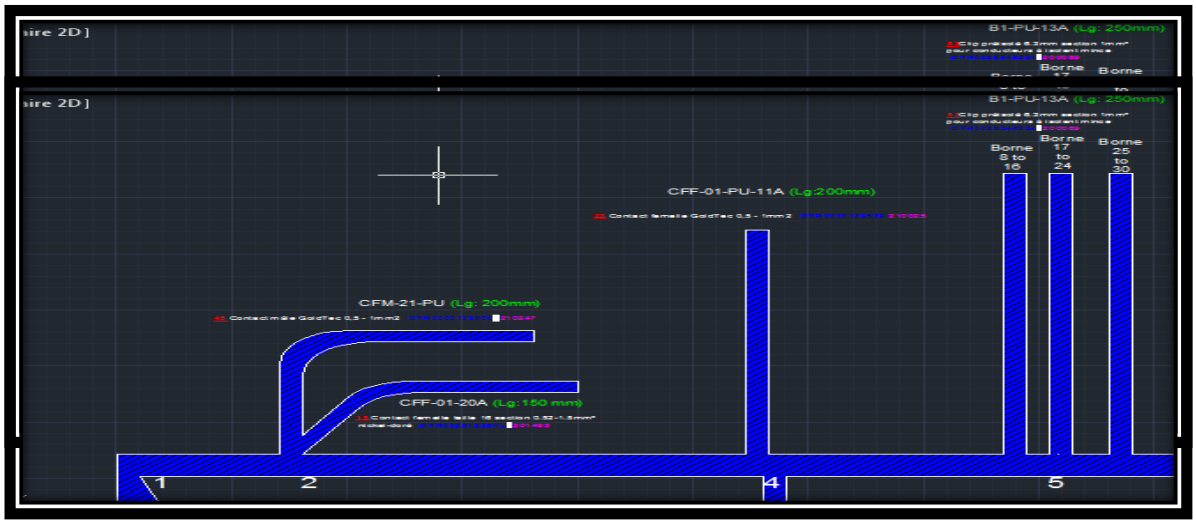


Figure 26 : Lay-out pour le cheminement des paquets

N.B : cette opération se fera de cette manière jusqu'à épuisement des paquets.

Autocontrôle :

Afin de faciliter cette opération de contrôle, nous avons ajouté sur le Lay-out le nombre de câbles existants dans chaque connecteur. (Voir Figure 27)

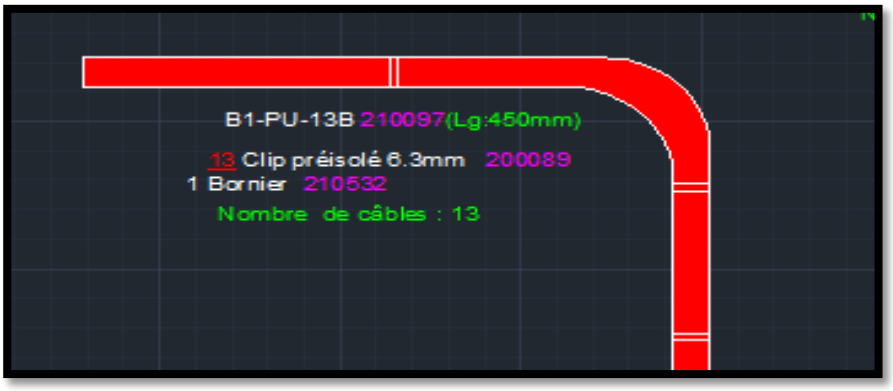


Figure 27 : Lay-out incluant le nombre de câbles par sortie

Opération de sertissage actuel

Cette étape qui connaissait un temps de production extrêmement important sera effectuée dorénavant de la manière suivante :

- Coupe de câble en se référant à la longueur désignée dans le lay-out
- Dénudage des câbles
- Sertissage de la connexion adéquate avec l'outil disponible sur le lay-out. (Voir Figure 28)

Figure 28 : Lay-out incluant le nom de l'outil

Montage des connecteurs actuel :

Réduire le temps de montage des connecteurs revient à minimiser le temps d'insertion des câbles sertis dans chaque connecteur, et pour se faire les informations concernant le codage des connecteurs (Voir Figure 29) seront également incluses dans le lay-out (Voir Figure 30)

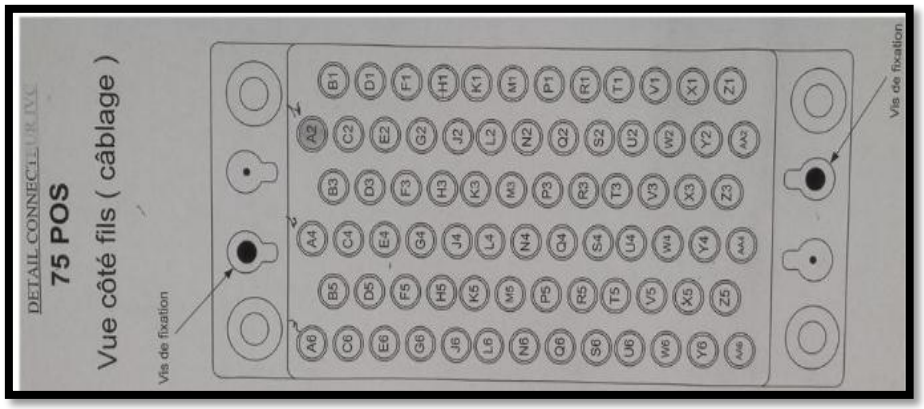


Figure 29 : Photo Figuring

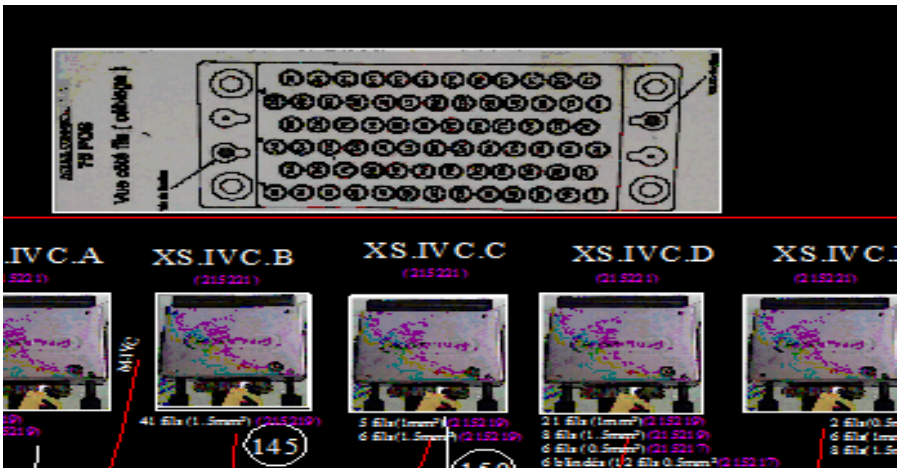


Figure 30 : Lay-out incluant les Figurings pour le montage des connecteurs

5.3.3 Outillage

L'action effectuée à ce niveau, sera d'ordre curatif et cela en commandant deux outils responsables de cet arrêt de production à savoir l'outil FT8 et TH3

Récapitulatif des actions d'amélioration

Le Tableau 7 résume les problèmes et les actions adoptées pour les améliorer

	Problèmes	Actions
	• Recherche des informations pour les étapes cheminement, sertissage et montage des connecteurs. • Autocontrôle.	• Création des lay-out sur Autocad pour centraliser ces informations(Les noms des connecteurs ainsi que leur référence, Le nombre des connexions, leurs désignations, et leur référence, Les bagues de couleurs qui facilitent la fixation des câbles aboutissant, Le nom de l'outil de sertissage, les figurings pour le montage de chaque connecteur. • ajouter sur le Lay-out le nombre de câbles par sortie et par connecteur.
Machine	• Manque d'outillage dans le cas d'augmentation de la charge sur l'outil.	• Action curative (commander deux outils responsables de cet arrêt de production.)
Main d'oeuvre	• La fatigue, la déconcentration.	• Vu qu'on a implémenté tous les informations nécessaires sur les lay-out alors le déplacement des opérateurs est inutiles d'où pas de fatigue et de déconcentration

Tableau 7 : Récapitulatif des actions d'amélioration

5.4 Contrôler

Chiffrage des résultats

Suite aux différentes améliorations citées ci-dessus qui ont été effectuées, rappelons-le, dans le cadre de l'amélioration continue, nous avons recalculé les temps de production et nous avons trouvés :

Poste temps (h) source info

préparation mécanique	25	chronométrage
SKS	3	chronométrage
GE-K55	6	chronométrage
IVC	13	chronométrage
ATB	6	chronométrage
XP-R ET L	8	chronométrage
CABLES SPECIAUX	24	chronométrage
INTEGRATION	56	chronométrage
TOTAL (h)	**141**	

Tableau 8: chronométrage de nouveau temps de production

Interprétation

Il est nettement clair que le temps non productif responsable de la faible quantité fabriquée a été clairement réduit, et ce, à partir des améliorations expliquées précédemment. Nous allons recalculer le temps de production de notre projet afin d'en déduire l'efficience actuelle.

référence	***efficience par référence***
préparation mécanique	18%
SKS	2%
GE-K55	4%
IVC	9%
ATB	4%
XP-R ET L	6%
CABLES SPECIAUX	17%
INTEGRATION	40%
	100,00%

Tableau 9: nouvelle efficience par référence

Conclusion :

La démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING nous a permis de réduire les temps inutiles (temps non productif) de cheminement, de sertissage et de montage de connecteurs et de ce fait nous avons pu dépasser l'objectif fixé (temps standards 149h) et ceci en atteignant un temps standards de 141h.

Chapitre 3 : La mise en Industrialisation du projet DUBLIN

1 Introduction

DUBLIN est le nom donné par la SNCF et ALSTOM au nouveau train commander par SNCF afin de renouveler son parc ferroviaire.

Les premières rames du DUBLIN seront mises en service commercial d'ici fin 2017. Le contrat atteindra un millier de rames.

DUBLIN sera décliné en deux versions : automotrice (électrique) et automoteur bi mode (électrique et diesel) et atteindra une vitesse de 160 km/h.

Il est composé de quatre ou six voitures suivant sa capacité :

PPM : Porteur Polyvalent Moyen (contient quatre voiture)

PPG : Porteur Polyvalent Grand (Contient six voiture)

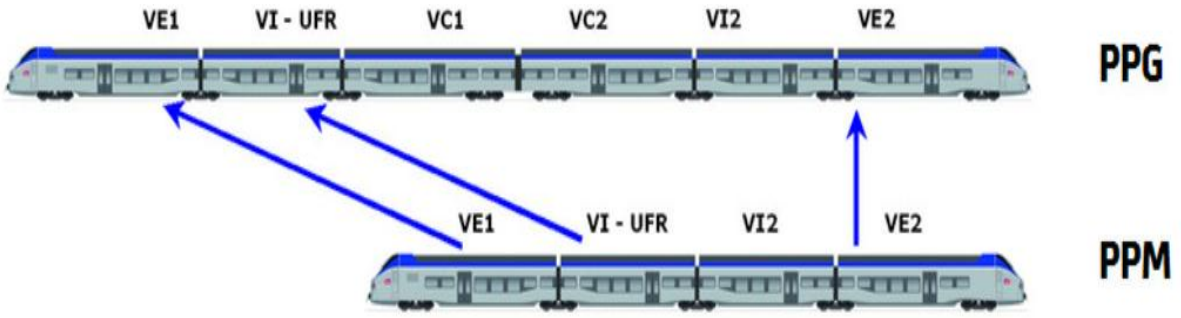


Figure 31: les références de train du projet DUBLIN

Dans le but de se lancer dans l'amélioration de l'industrialisation du projet DUBLIN, il sera indispensable de faire une analyse critique des démarches suivantes :

- Planification du besoin en outillage.
- Planification du besoin en moyens et main d'œuvre.
- Lancement de la phase prototype.

À la lumière de cette analyse nous avons apporté un plan d'améliorations pour chacune des démarches citées ci-dessus.

2 Planification globale :

Comme pour chaque projet, CABLIANCE Maroc reçoit de la part d'ALSTOM les données d'entrées suivantes :

- Liste d'outillage pour le projet DUBLIN.
- Le fichier **BSL (**Bord Support lay-out) qui comprend les dimensions des planches de chaque référence du Projet DUBLIN.
- Planning de livraison de chaque référence.

NB : La planification globale des besoins sera basée sur ces fichiers.

2.1 Planification du besoin en outillage

2.1.1 Analyse de l'ancienne démarche pour la planification du besoin en outillage

Avant de commencer cette planification, il fallait que nous comprenions dans un premier temps la procédure adoptée par le service ingénierie CABLIANCE Maroc.

La démarche se déroulait comme suit :

À la réception de la liste d'outillage pour un projet X le service ingénierie analyse ce document et le classe en deux parties :

- Partie 1 : comprend la liste d'outillages spécifiques au projet X
- Partie 2 : comprend la liste d'outillages communs du projet X avec les différents projets existants

Et cette analyse se fait dans le but de lancer la commande concernant les outils spécifiques (les outils propres au projet X)

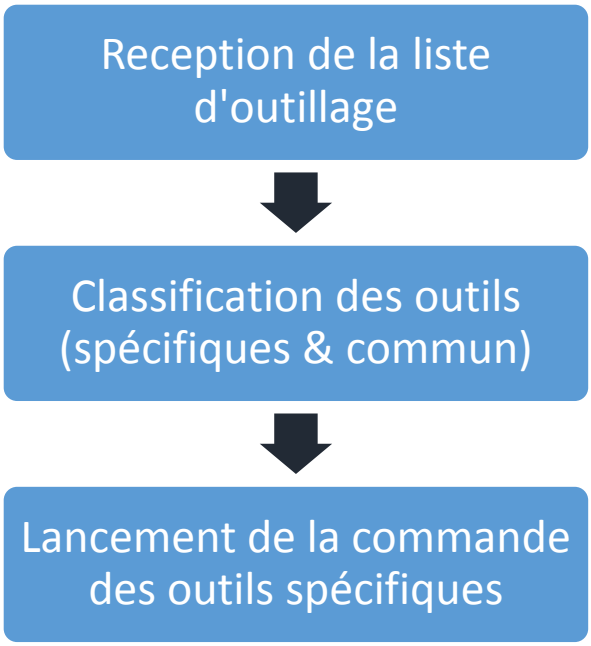


Figure 32 : Ancienne démarche de planification des besoins en outillage

Toutefois, cette démarche utilisée pour estimer l'outillage nécessaire s'est avérée incomplète, une conclusion que nous avons pu tirer suite à un Brainstorming établi avec le service ingénierie.

D'une autre manière, nous avons pu constater **un manque en outillage** lors d'une surcharge de production. Certains outils (plus précisément les outils communs) étaient trop sollicités et leur fréquence d'utilisation augmentait, ce qui conduisait systématiquement à un arrêt de production qui se traduisait par un retard de la livraison.

2.1.2 Nouvelle Démarche adoptée pour la planification de l'outillage du projet DUBLIN :

Dans ce qui suit, nous allons adopter une nouvelle démarche qui consiste à planifier et à calculer le besoin en outillage afin d'éviter l'éventuel problème détecté.

Première étape :

En premier lieu, nous allons analyser la liste d'outillage (Voir Tableau 10) reçue concernant notre projet

24	MANUFACTURER	TOOL	CRIMPING TOOL	DIES/TURRETS	EXTRACTION
25	HARTING	09990000001	X		
26	HARTING	09990000620	X		
27	HARTING	09990000175	X		
28	HARTING	09990000303	X		
29	HARTING	09990000305			X
30	HARTING	09990000319			X
31	HARTING	09990000171			X
32	HARTING	09990000623		X	
33	HARTING	09 99 000 0310		X	
34	HARTING	09 99 000 0531		X	
35					
36	HARTING	09990000012			X
37	HARTING	09990000087			X

Tableau 10 : Liste d'outillage du projet DUBLIN

Ensuite nous allons classer ces outils comme suit (Voir Tableau 11) :

- Outils spécifiques.
- Outils Communs.

5	#	Fournisseur	Type	Réf	Photo	Specifique PKP
9	4	CEMBRE	MANUAL CRIMPING TOOL HP3	HP3		Oui
10	5	CEMBRE	MANUAL CRIMPING TOOL HN1	HN1		Oui
11	6	CEMBRE	MANUAL CRIMPING TOOL HN5	HN5		Oui
12	7	CEMBRE	MANUAL CRIMPING TOOL HF1	HF1		Oui
13	8	CEMBRE	MANUAL CRIMPING TOOL HX1	HX1		Oui
14	9	CEMBRE	MANUAL CRIMPING TOOL ZKE610	ZKE610		Oui
15	10	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH1	TH1		Non
16	11	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH2	TH2		Non
17	12	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH3	TH3		Non
18	13	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH3-2	TH3-2		oui
19	14	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL PSEC7A	PSEC7A		Non

Tableau 11 : Classement des outils spécifiques et communs

Ce qui a donné le résultat illustré dans (le Tableau 12) :

	Outils spécifiques	Outils communs
Quantité	**23**	**20**

Tableau 12 : la quantité des outils spécifiques et communs du Projet DUBLIN

Deuxième Étape :

Maintenant que le besoin en outillages spécifiques et communs a bien été établi, nous allons lancer la commande concernant **les vingt-trois outils spécifiques**, et en parallèle, nous allons faire une étude RCCP pour **les vingt outils communs.**

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

La méthode RCCP Est une Procédure qui consiste à traduire le Plan de Production et/ou le programme Directeur de production en besoins en capacité des ressources critiques : main d'œuvre, Machines, surfaces d'exploitation, ressources financières, etc.

Cette étude a été indispensable au bon déroulement de notre projet d'industrialisation, en effet elle nous a permis de prévoir et de détecter à l'avance le manque d'outillage qui engendre un arrêt de production.

Pour ce faire, nous allons procéder de la manière suivante : (Voir Figure 33)

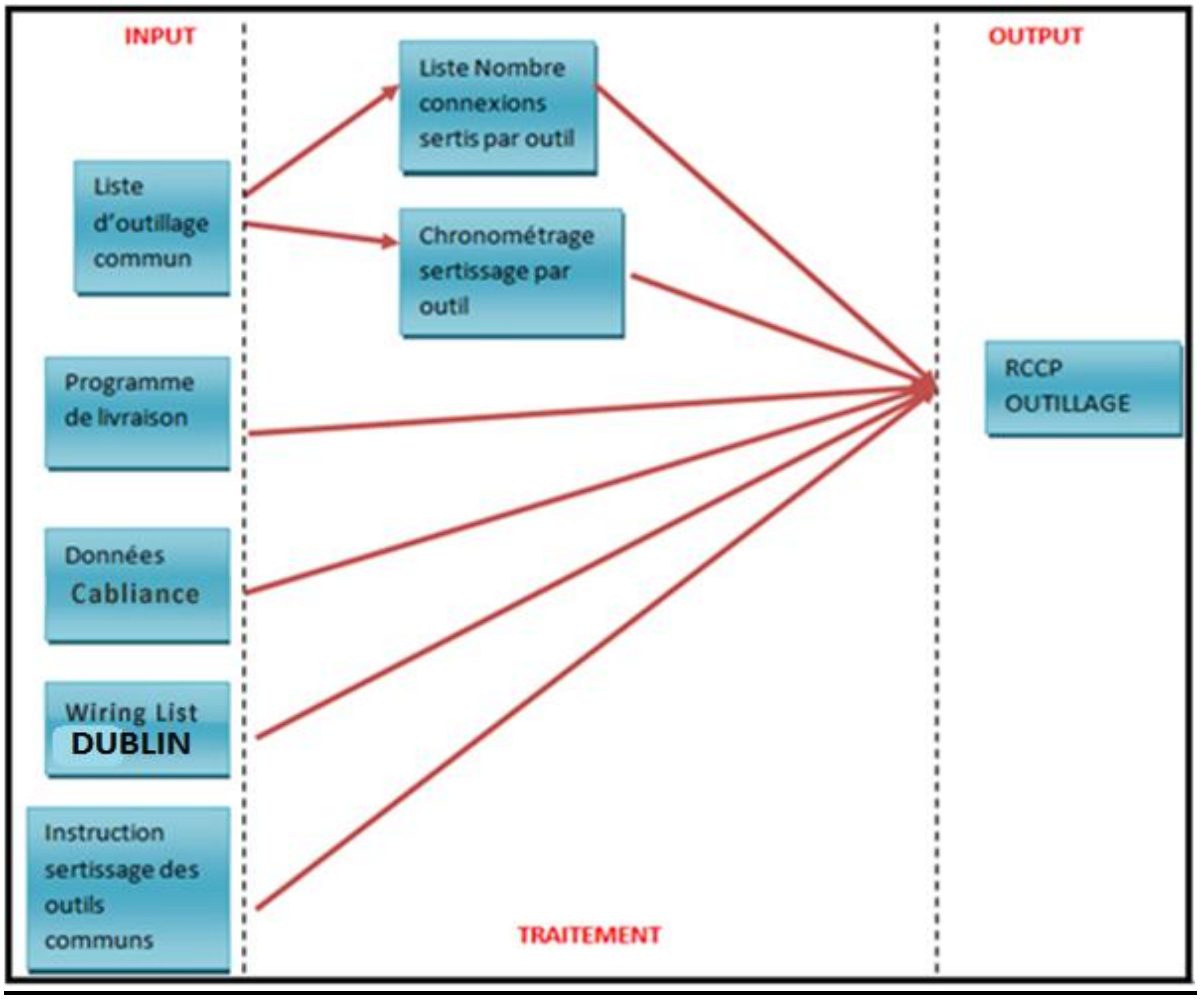


Figure 33 : Donnée d'entrée pour le calcul RCCP

Données d'entrée :

Pour effectuer le RCCP nous allons nous baser en premier lieu sur trois documents, que nous considérons comme données d'entrée, à savoir :

- La Liste d'outillages communs (voir Tableau 13) :

5	#	Fournisseur	Type	Réf	Poto	Specifique PK
15	10	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH1	TH1		Non
16	11	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH2	TH2		Non
17	12	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL TH3	TH3		Non
19	14	MECATRACTION	MANUAL CRIMPING TOOL PSEC7A	PSEC7A		Non
20	15	DMC	MANUAL CRIMPING TOOL AF8	AF8		Non
21	16	DMC	MANUAL CRIMPING TOOL AFM8	AFM8		Non

Tableau 13 : la liste des outillages communs

- Programme de livraison : ce document nous a été transmis par le client, et qui comprend la quantité mensuelle de faisceaux à livrer ***(***voir Tableau 14***)***

projet												
DUBLIN			0	3	5	8	7	7	5	5	12	12	14	12
X4			0	0	0	0	0	0	13	47	37	67	94	94
			0											

Tableau 14 : le programme de livraison

- Données CABLIANCE (Voir Tableau 15) :

Heures de travail par jour	7.5 heures
Nombre de Shifts	3
Jour de travail net/ans	257 jours
Jour de travail net/mois	22 jours
Heures de travail net /an	5782.5 heures
Heures de travail net/mois	495 heures
Temps standard de dénudage	20.69 secondes
Temps standard de contrôle de dénudage	4.25 secondes
Temps de standard de contrôle de sertissage	11 secondes
Efficience du site	40%

Tableau 15 : données CABLIANCE

- Wiring List (La Liste des câbles) et instructions de sertissage (voir annexe1).

Traitement :

Concernant cette partie, nous allons calculer en fonction du programme de livraison (des deux projets X4 et DUBLIN) la charge de travail en heure et le nombre de chaque outil commun résultant via la méthode RCCP.

N.B : Le Calcul RCCP sera expliquée à travers un exemple.

Calcul RCCP de l'outil FT8

➔ Avant toute chose, nous allons déterminer tous les types de connexions qui correspondent à l'outil FT8 (Voir Tableau 16), une information qui a été extraite du document instruction de sertissage.

		DTR0000120152	210022	PIN HAN_D 2.5/1.5	09 33 000 6304	HARTING	7,5 mm
		DTR0000120189	210568	contact male	09 33 000 6307	HARTING	7 mm
		DTR0000120100	210020	Contact Femelle 2.5/2.5	09 33 000 6402	HARTING	7,5 mm
		DTR0000120107	210021	Contact Femelle 2.5/1.5	09 33 000 6404	HARTING	7 mm
		DTR0000139501	210023	Contact Femelle 1.6/1.0	09 15 000 6402	HARTING	7 mm
		DTR0000139523	210024	Contact Femelle 1.6/0.5	09 15 000 6403	HARTING	7 mm
		DTR0000139541	210423	Contact Femelle Or	9150006404	HARTING	8 mm
		DTR0000152941	210026	SOCKET HAN_D 1.6/2.5	09 15 000 6406	HARTING	6 mm
		DTR0000139539	210025	SOCKET HAN_D 1.6/0.75	09 15 000 6405	HARTING	7 mm
		DTR0000232750	210027	Han D Female GT Contact	9150006401	HARTING	8 mm
		DTR0000139502	210247	PIN HAN_D 1.6/0.75	09 15 000 6305	HARTING	7 mm

Tableau 16 : la liste des connexions serties par l'outil FT8

Et donc après avoir terminé cette analyse nous avons trouvé un total de **21 connexions** correspondant à ce type d'outil.

- Ensuite nous allons calculer le nombre total pour chaque type de connexions correspondant à l'outil FT8 (Voir Tableau 17) qui sera utilisé dans les deux projets (X4 et DUBLIN),

Outil	Ref connexions	Nombre connexions par projet	
		X4	DUBLIN
FT8	210328	34	0
	200016	27	0
	200014	13	0
	200570	19	0
	210489	8	0
	200013	0	0
	210547	34	0
	210022	46	0
	210568	17	0
	210020	0	2
	210021	46	0
	210023	0	882
	210024	0	662
	210423	37	0
	210026	0	181
	210025	0	39
	210027	36	2
	210247	0	0
	210248	332	0
	210249	42	0
	210343	17	0
		707	1767

Tableau 17 : Nombre de connexions serties par le même outil par projet

Ce qui a donné le résultat suivant :

- un total de **707**connexions qui seront sertis par l'outil FT8 dans le projet **X4**.
- Un total de **1767** connexions qui seront sertis par l'outil FT8 dans le projet **DUBLIN.**

➡ Après nous allons calculer **le temps standard de sertissage** de l'outil FT8 en utilisant l'équation suivante :

Tps Stdr (s) = tps de dénudage (s) + temps contrôle dénudage (s) +tps moyen globale sertissage (s) + tps contrôle sertissage (s)

Et donc pour aboutir à notre résultat nous allons suivre les étapes suivantes :

- **1ère étape :** chronométrer le temps que prend l'outil FT8 pour sertir chaque type de connexions (Voir Tableau 18).

Photo outil	Ref outil	Ref Connexion	Temps chronométrage		
			1	2	3
	FT8	210328	7,29	6,28	5,11
	FT8	200016	8,89	5,81	5,69
	FT8	200014	4,62	5,67	3,13
	FT8	200570	6,48	6,2	6,72
	FT8	210489	7,21	7,33	5,32
	FT8	200013	4,48	3,27	3,67
	FT8	210547	6,22	5,71	3,46
	FT8	210022	7,96	7,59	7,13
	FT8	210568	6,7	6,69	7,7
	FT8	210020	7,21	7,33	5,32
	FT8	210021	4,48	3,27	3,67
	FT8	210023	6,22	5,71	3,46
	FT8	210024	6,22	5,71	3,46
	FT8	210423	7,96	7,59	7,13
	FT8	210026	6,7	6,69	7,7
	FT8	210025	7,21	7,33	5,32
	FT8	210027	4,48	3,27	3,67
	FT8	210247	6,22	5,71	3,46
	FT8	210248	6,22	5,71	3,46
FT8 M22520/1-01 T00067	FT8	210249	7,96	7,59	7,13
	FT8	210343	6,7	6,69	7,7

Tableau 18 : chronométrage de temps de sertissage de chaque connexion

2ème étape : Calculer la moyenne des trois relevés chronométriques pour chaque type de connexions et ainsi en déduire des résultats obtenus l**e temps moyen GLOBAL de sertissage** de l'outil **FT8** (Voir Tableau 19)

Photo outil	Ref outil	Ref Connexion	Temps chronométrage			Temps Moyen (s)	Temps Moyen par outil (s)
			1	2	3		
	FT8	210328	7,29	6,28	5,11	6	
	FT8	200016	8,89	5,81	5,69	7	
	FT8	200014	4,62	5,67	3,13	4	
	FT8	200570	6,48	6,2	6,72	6	
	FT8	210489	7,21	7,33	5,32	7	
	FT8	200013	4,48	3,27	3,67	4	
	FT8	210547	6,22	5,71	3,46	5	
	FT8	210022	7,96	7,59	7,13	8	
	FT8	210568	6,7	6,69	7,7	7	6
	FT8	210020	7,21	7,33	5,32	7	
	FT8	210021	4,48	3,27	3,67	4	
	FT8	210023	6,22	5,71	3,46	5	
	FT8	210024	6,22	5,71	3,46	5	
	FT8	210423	7,96	7,59	7,13	8	
	FT8	210026	6,7	6,69	7,7	7	
	FT8	210025	7,21	7,33	5,32	7	
	FT8	210027	4,48	3,27	3,67	4	
	FT8	210247	6,22	5,71	3,46	5	
	FT8	210248	6,22	5,71	3,46	5	
FT8 M22520/1-01 T00067	FT8	210249	7,96	7,59	7,13	8	
	FT8	210343	6,7	6,69	7,7	7	

Tableau 19 : Moyenne de temps de sertissage par outil

En calculant la moyenne des temps de sertissage de chaque connexion, nous avons obtenu pour l'outil FT8 le résultat suivant :

Tps moyen global de sertissage (s) = 6 s

- **3ème étape :** Calculer le temps standard de sertissage de l'outil FT8

Tps Stdr (s) = tpsstdr de denudage (s) + tempsstdr contrôle denudage (s) +tps moyen global sertissage (s) + tps stdrcontrôle sertissage (s)

A.N:

TpsStdr (s) = 20, 69 + 4, 25 + 6 + 11

TpsStdr (s) = 41, 94 s

➡ Arrivés à ce stade, nous allons déterminer pour l'outil FT8, en fonction du programme de livraison (des deux projets X4 et DUBLIN), la charge de travail en heure ainsi que la quantité d'outils optimale qui sera utilisée.

❖ $$\frac{Ch_i}{projet(h)} = \frac{Qi \times nbre.C \times Tps\ Stdr}{3600}$$

Avec :

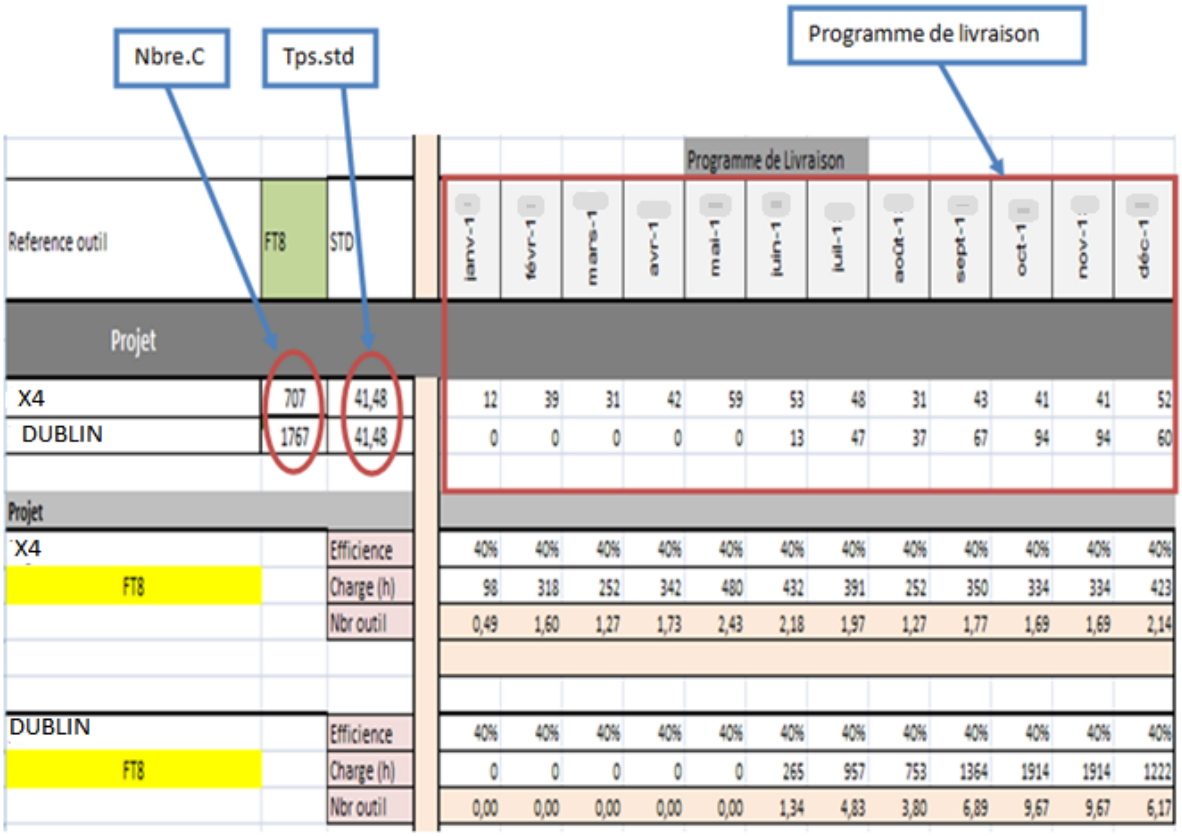
- **Chi** : Charge de travail de l'outil par mois
- **Qi** : Quantité de produits demandée par mois
- **Nbre.C** : Nombre total de connexions serties dans chaque projet par l'outil FT8
- **Tps Stdr** : Temps standard de sertissage de l'outil FT8 (en seconde)
- **i** : indice des mois, sachant que i = {1 ; 2…; 12}

❖ $$\frac{Q_{op,i}}{projet(h)} = \frac{Chi}{E \times Tn}$$

Avec :

- $Q_{op,i}$: la quantité d'outils optimale à utiliser par mois.
- **Ch i** : Charge de travail de l'outil FT8 par mois (en heure).
- **E** : L'efficience de production du site Cabliance Maroc (40%).
- **Tn** : Heures de travail net par mois (495 heures).
- **i** : indice des mois, sachant que i = {1 ; 2…; 12}.

Tout calcul fait nous avons obtenu des résultats que nous avons regroupés dans le Tableau 18 :



Reference outil	FT8	STD	Programme de Livraison	janv-1	févr-1	mars-1	avr-1	mai-1	juin-1	juil-1	août-1	sept-1	oct-1	nov-1	déc-1
Projet															
X4	707	41,48		12	39	31	42	59	53	48	31	43	41	41	52
DUBLIN	1767	41,48		0	0	0	0	0	13	47	37	67	94	94	60
Projet															
X4			Efficience	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
FT8			Charge (h)	98	318	252	342	480	432	391	252	350	334	334	423
			Nbr outil	0,49	1,60	1,27	1,73	2,43	2,18	1,97	1,27	1,77	1,69	1,69	2,14
DUBLIN			Efficience	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
FT8			Charge (h)	0	0	0	0	0	265	957	753	1364	1914	1914	1222
			Nbr outil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	4,83	3,80	6,89	9,67	9,67	6,17

Tableau 20 : la charge et le nombre d'outils par projet

➡ Finalement, nous avons pu prévoir grâce aux résultats obtenus (à savoir la charge de travail et le nombre d'outils optimal correspondant) la quantité d'outils de type FT8 que nous devrions commander $Q_{C,\,i}$ pour anticiper un arrêt de production.

N.B : Les résultats des 19 outils communs restants

Pour ce faire, nous avons procédé selon la logique suivante :

- Calculer pour chaque mois la quantité d'outils à utiliser pour les deux projets $Q_{D,i}$ selon la relation suivante :

  $$Q_{D,i} = (Q_{op,i/X4} + Q_{op,i/DUBLIN}) \times R$$

  Avec:
  - $Q_{op,i/X4}$:la quantité d'outils optimale à utiliser pour le projet **X4** (par mois)
  - $Q_{op,i/DUBLIN}$:la quantité d'outils optimale à utiliser pour le projet **DUBLIN** (par mois)
  - **R** : Le Ratio qui indique le nombre de références utilisant l'outil.
  - **i** : indice des mois, sachant que i = {1 ; 2…; 12}
- Déterminer la quantité à commander $Q_{C,i}$ selon les conditions suivantes :

  - Dans le cas où : $Q_{D,i} \geq St_i$

Et sachant que : $\mathbf{Sti = St_{i-1} + Q_{C,i}}$

=> Calculer $\mathbf{Q_{C,i}}$ de tel manière à avoir : $\mathbf{Q_{D,i} = St_i}$

- Dans le cas où : $\mathbf{Q_{D,i} \leq St_i}$

=> Ne rien faire

Avec :

- $\mathbf{Q_{D,i}}$: Quantité demandée qui est la quantité d'outils à utiliser pour les deux projets (par mois)
- $\mathbf{Q_{c,i}}$: la quantité d'outils à commander. (Par mois).
- $\mathbf{St_{,i}}$: Stock d'outils disponible dans l'usine. (par mois)
- **i** : indice des mois, sachant que i = {1 ; 2…; 12}

Tout Calcul fait nous avons obtenu les résultats illustrés dans le tableau :

Reference outil	FT8	STD	janv-	févr-	mars-	avr-	mai-	juin-	juil-	août-	sept-	oct-	nov	déc-
Projet														
X4	707	41,48	12	39	31	42	59	53	48	31	43	41	41	52
DUBLIN	1767	41,48	0	0	0	0	0	13	47	37	67	94	94	60
Projet														
X4		Efficience	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
FT8		Charge (h)	98	318	252	342	480	432	391	252	350	334	334	423
		Nbr outil	0,49	1,60	1,27	1,73	2,43	2,18	1,97	1,27	1,77	1,69	1,69	2,14
DUBLIN		Efficience	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
FT8		Charge (h)	0	0	0	0	0	265	957	753	1364	1914	1914	1222
		Nbr outil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	4,83	3,80	6,89	9,67	9,67	6,17
			janv-	févr-	mars-	avr-	mai-	juin-	juil-1	août	sept-	oct-	nov-	déc-
Plan d'investissement														
FT8		Qté demandée	4,32	14,43	11,47	15,54	21,84	31,65	61,26	45,71	77,92	102,17	102,17	74,77
		Qté commandé	0	0	0	0	2	10	30	0	16	25	0	0
Ratio	9	Stock d'outil	20	20	20	20	22	32	62	62	78	103	103	103

Tableau 21 : RCCP outil FT8

2.2 Planification du besoin en moyen et main d'œuvre :

2.2.1 Analyse de l'ancienne démarche pour la planification du besoin en moyen et ressources :

Pour planifier le besoin en moyens et main d'œuvre d'un projet X le service ingénierie de CABLIANCE Maroc procédait de la manière suivante :

- Déterminer via une analyse du fichier BSL (Voir Tableau 22) le nombre de planches à utiliser pour chaque référence du projet X. (À savoir que la longueur d'une planche est de 2 m)

Exemple :

Nbrplanche = Long layout/2m

PROJET	FORMBOARD CODE	Longeur Layout(m)	nbr planche	Format Designe
DUBLIN	Intercaisse	4	2	A0 scala 1:1
DUBLIN	Intercaisse	2	1	A0 scala 1:1

Tableau 22 : Fichier BSL

- Commander pour chaque référence le support de montage correspondant, en sachant que :

Longueur du support (m) = longueur layout (m)

- Affecter pour chaque support un nombre bien défini d'opérateurs satisfaisant deux conditions : (Voir Figure 34 et Figure 35)

5 Opérateurs / Support **(pour les supports ≥ 8 m)**

Exemple :

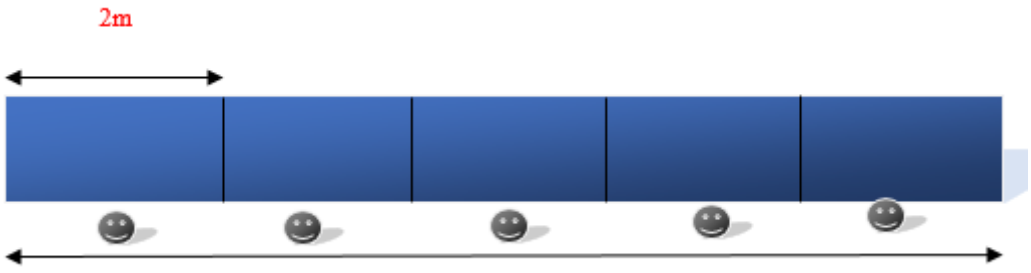


Figure 34 : Affectation des opérateurs pour les supports supérieurs a 8m

Support de 10 m

Un Opérateur / planche de 2m **(pour les supports < 8 m)**

Exemple :

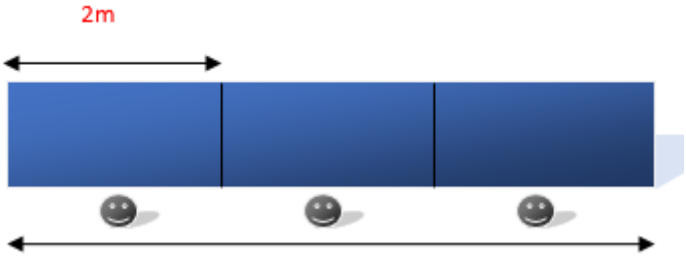


Figure 35 : Affectation des opérateurs pour les supports inférieurs à 8m

Support de 6 m

Concernant le projet DUBLIN, la planification des besoins en moyens (planches et support) adoptée par le service ingénierie s'est avérée impossible à appliquer, vu que l'espace libre à exploiter dans l'usine **(350 m²)** ne pouvait pas contenir les supports de toutes les références du projet, chose que nous avons justifié par le raisonnement suivant :

- Calcul de la surface à dédier pour les supports des quatre voitures :

Su. Dédiée = Su.Net total x Ra

Avec :

- **Su.Net Total** : Surface nette des supports des quatre voitures.
- **Ra** : Ratio d'agrandissement, qui est le rapport entre la surface à dédier et la surface nette.

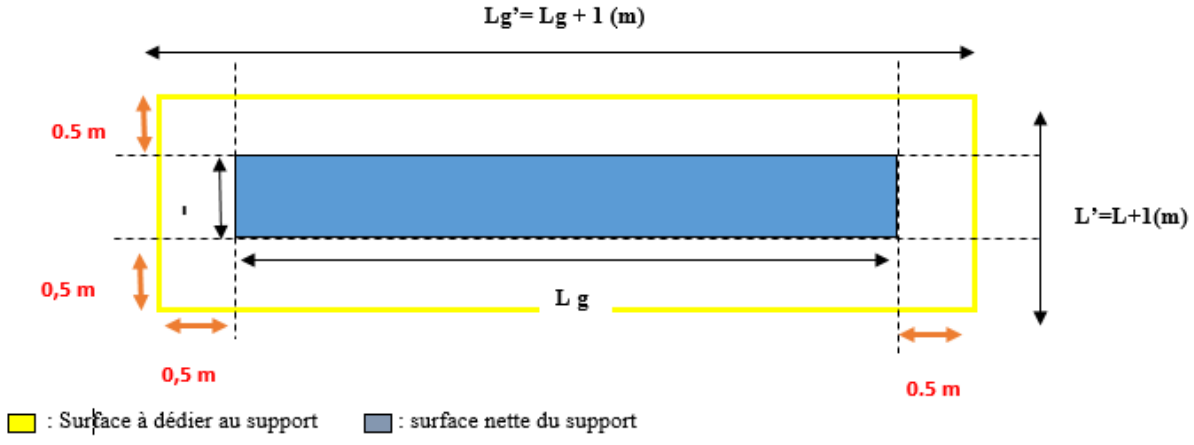


Figure 36 : surface dédiée pour chaque support

$$Ra = \frac{\text{Surface à dédier}}{\text{Surface net}} = \frac{Lg' \times L'}{Lg \times L} = \frac{(Lg+1) \times (L+1)}{Lg \times L \approx} \approx 2,5$$

Su.Net/voiture = (∑ Lg) x L ; Avec L **: largeur de la planche=0,85m=cste**

Lg : Longueur de la planche

															Su.Net (m²)
Voiture 2	Réf	6022	6056	6081	6109	6122	6680	6684	6697	2877					
	Lg(m)	5	8	10	3,5	9	10	10	7,5	3,5					56,525
Voiture 4	Réf	6031	6058	6087	6112	6125	6152	6733	6741	6745	6751	6755	8077		
	Lg(m)	5	8	10	3,5	8	3,5	25	15	18	10	7	11		105,4
Voiture 5	Réf	6032	6059	6088	6113	6132	6153	6740	6742	6747	6754	6759	8047	3615	
	Lg(m)	5	8	10	3,5	8	3,5	15	16	17,5	8	7	20	6	108,375
Voiture 6	Réf	6033	6060	6089	6114	6134	6157	6681	6685	6699					
	Lg(m)	5	8	10	3,5	9	3,5	10	10	7,5					56,525

Figure 37 : Surface nette des supports du Projet DUBLIN

Tout calcul fait nous avons obtenu le résultat suivant :

A.N :

Su. Dédiée = Su.Net total x Ra

Su. Dédiée = (56,525+105,4+108,375+56,525) x 2,5

Su. Dédiée = 817 m²

- Comparaison entre la surface à dédier pour les supports des quatre voitures et la surface libre de la société :
  Surface à dédier>>Surface libre

  Avec :
  - Surface à dédier = 817 m².
  - Surface libre = 350 m².

Donc il fallait penser à une solution qui nous permettra de regrouper toutes les références du projet DUBLIN tout en respectant la contrainte de la surface libre à exploiter qui est de 350 m².

2.2.2 Nouvelle Démarche adoptée pour la planification du besoin en moyen et ressources :

Selon un raisonnement logique, nous avons jugé que pour résoudre le problème détecté, qu'il faudrait minimiser le nombre de supports à commander pour chaque voiture du projet DUBLIN, et pour ce faire nous allons procéder de la manière suivante :

- En commençant par redimensionner les supports à commander et ceci dans le but de pouvoir y stocker plusieurs références à la fois. (Voir Figure 38)

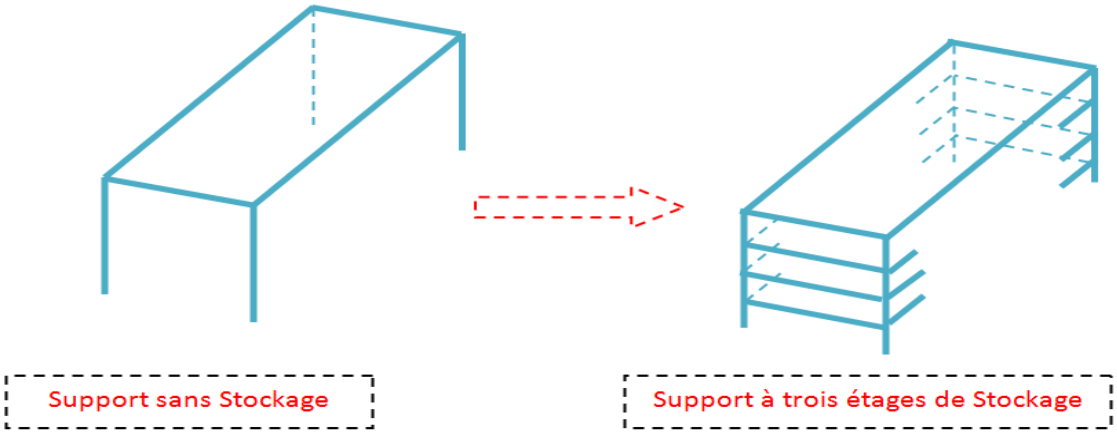


Figure 38 : support sans stockage et support avec stockage

- Ensuite nous allons établir un plan de stockage qui permettra de choisir, et d'une manière optimale, les supports à commander, ainsi que nous allons calculer la surface à dédier pour chaque voiture du projet : (Voir les Tableaux 23 ,24 ,25 et 26²)

NB : Le choix des supports à commander s'est basé essentiellement sur la longueur des références et sur la capacité de stockage des supports.

- Voiture 2

Voiture 2	Références	AX01000696022	AX01000696056	AX01000696081	AX01000696109	AX01000696122	AX01000696680	AX01000696684	AX01000696697	AX01000812877
	Longueur (m)	5	8	10	3,5	9	10	10	7,5	3,5
Support (m)	9		X			X				X
	10			X	X				X	
	10	X					X	X		

Tableau 23 : plan de stockage de la voiture 2

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 2 = Su'.Net total x Ra = Longueur x largeur x Ra**

A.N :

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 2 = (9+10+10) x (0,85) x 2,5 = 61,625 m² (1)**

- Voiture 4

Voiture 4	Références	AX01000696031	AX01000696058	AX01000696087	AX01000696112	AX01000696125	AX01000696152	AX01000696733	AX01000696741	AX01000696745	AX01000696751	AX01000696755	AX01000908077
	Longueur (m)	5	8	10	3,5	8	3,5	25	15	18	10	7	11
Support (m)	8		X			X							
	10			X	X		X						
	25	X						X	X	X	X	X	X

Tableau 24 : plan de stockage de la voiture 4

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 4 = Su'.Net total x Ra = Longueur x largeur x Ra**

A.N :

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 4 = (8+10+25) x (0,85) x 2,5 = 91,375 m² (2)**

- Voiture 5

Voiture 5	Références	AX01000696032	AX01000696059	AX01000696088	AX01000696113	AX01000696133	AX01000696153	AX01000696740	AX01000696742	AX01000696747	AX01000696754	AX01000696759	AX01000908047	AX01000913615
	Longueur (m)	5	8	10,5	3,5	8	3,5	15	16	17,5	8	7	20	6
Support (m)	8		X			X					X			X
	16						X	X	X			X		
	20	X		X	X					X			X	

Tableau 25 : plan de stockage de la voiture 5

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 5 = Su.Net total x Ra = Longueur x largeur x Ra**

A.N :

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 5 = (8+16+20) x (0,85) x 2,5 = 93,5 m² (3)**

- Voiture 6

Voiture 6	Références	AX01000696033	AX01000696060	AX01000696089	AX01000696114	AX01000696134	AX01000696157	AX01000696681	AX01000696685	AX01000696699
	Longueur (m)	5	8	10	3,5	9	3,5	10	10	7,5
Support (m)	8		X				X			X
	10	X				X			X	
	10			X	X			X		

Tableau 26 : Plan de stockage de la voiture 6

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 6 = Su.Net total x Ra = Longueur x largeur x Ra**

A.N :

⇨ **Su'. Dédiée/voiture 6 = (8+10+10) x (0,85) x 2,5 = 59,5 m² (4)**

➡ Finalement, nous allons additionner les résultats obtenus en (1), (2), (3) et (4) pour déterminer la nouvelle surface à dédier, et la comparer par la suite avec la surface libre de la société (350 m²).

Su'. Dédiée = 61,625 + 91,375+ 93,5+ 59,5

Su'. Dédiée = 306 m²

= >Su'. Dédiée < Su. Libre

Et donc nous constatons que la nouvelle démarche adoptée respecte parfaitement la contrainte imposée (surface libre 350 m²), et que le nombre de supports à commander est passé de **43** supports à 12 supports seulement.

3 Implantation du projet DUBLIN

Après avoir défini le nombre de supports de stockage à commander (12 Supports), nous allons dresser le plan d'implantation du projet (DUBLIN Voir Figure 39)

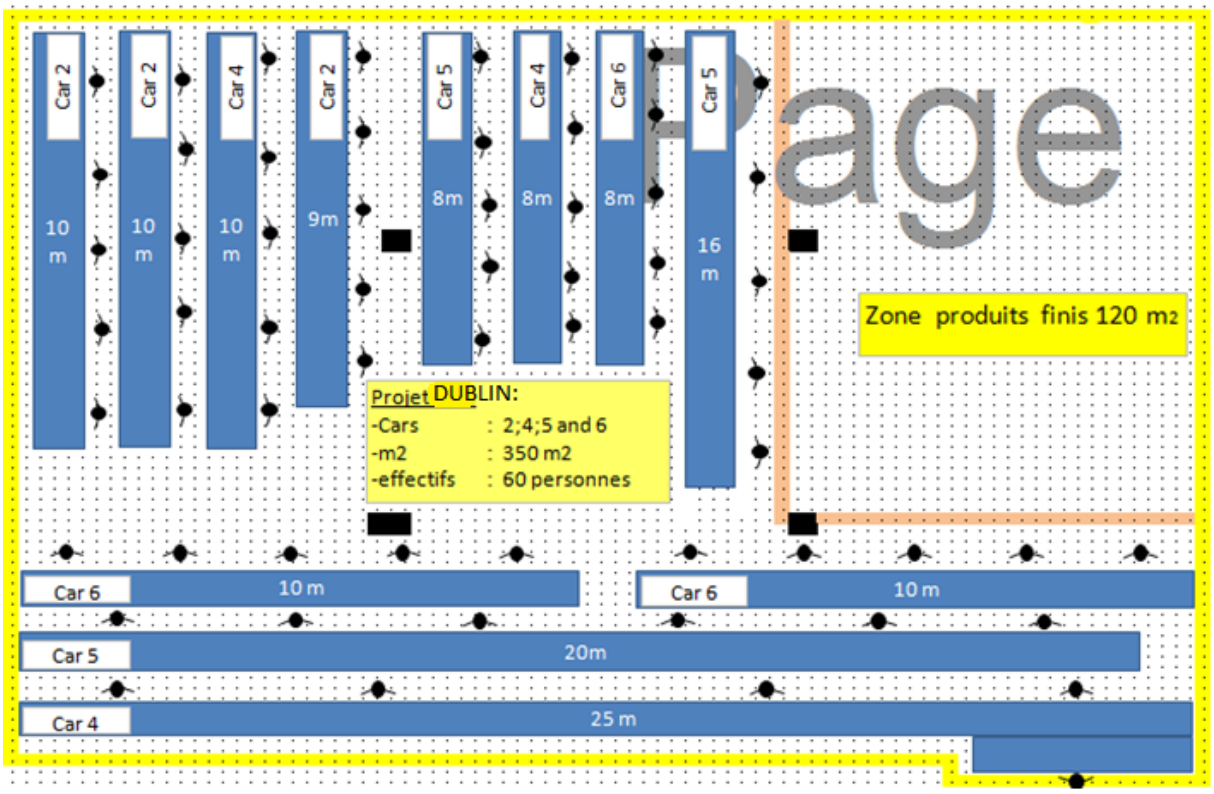


Figure 39 : Plan d'implantation du projet DUBLIN

3.1 Établissement de la gamme de coupe et fabrication

Nous allons créer à partir de la nomenclature la gamme de fabrication qui contient toutes les informations nécessaires pour effectuer le cheminement, le sertissage et le montage de connecteur (Voir Tableau 27)

Elle contient la référence du câble, sa section, sa longueur son connecteur et sa connexion tenant, son connecteur et sa connexion aboutissant….

BUNDLE	WIRE	Longueur	Section	Cou	TYPE	Connecteur 1	Paquet	Pin con	Contact 1	Connecteur 2	Bague de couleur	Pin connecteur 2	Contact 2
PKP404AA	1005_BK	7000	Z114	BU	FZ1014	L-45A04X9	H001	5	#N/A	P-46A02X8B	Noir	5	200140
PKP404AA	1005_SCH	7000	Z114	BU	FZ1014	L-45A04X9	H001	GND	#N/A	P-46A02X8B	Noir	GND	#N/A
PKP404AA	1005_RD	7000	Z114	BU	FZ1014	L-45A04X9	H001	1	#N/A	P-46A02X8B	Noir	1	200140
PKP404AA	1005_BU	7000	Z114	BU	FZ1014	L-45A04X9	H001	2	#N/A	P-46A02X8B	Noir	2	200140
PKP404AA	1005_WH	7000	Z114	BU	FZ1014	L-45A04X9	H001	4	#N/A	P-46A02X8B	Noir	4	200140
PKP404AA	1004_WH	6000	Z114	BU	FZ1014	P-60A01X12	H002	4	200140	P-46A02X7B	Jaune	4	200142
PKP404AA	1004_BK	6000	Z114	BU	FZ1014	P-60A01X12	H002	5	200140	P-46A02X7B	Jaune	5	200142
PKP404AA	1004_BU	6000	Z114	BU	FZ1014	P-60A01X12	H002	2	200140	P-46A02X7B	Jaune	2	200142
PKP404AA	1004_RD	6000	Z114	BU	FZ1014	P-60A01X12	H002	1	200140	P-46A02X7B	Jaune	1	200142
PKP404AA	1004_SCH	6000	Z114	BU	FZ1014	P-60A01X12	H002	GND	#N/A	P-46A02X7B	Jaune	GND	#N/A
PKP404AA	1006_SCH	5000	Z113	BU	FZ1013	L-65X66F2	H003	GND	#N/A	L-65X67F1	Marron	GND	#N/A
PKP404AA	1006_BK	5000	Z113	BU	FZ1013	L-65X66F2	H003	4	#N/A	L-65X67F1	Marron	4	#N/A
PKP404AA	1006_RD	5000	Z113	BU	FZ1013	L-65X66F2	H003	6	#N/A	L-65X67F1	Marron	6	#N/A
PKP404AA	1006_BU	5000	Z113	BU	FZ1013	L-65X66F2	H003	7	#N/A	L-65X67F1	Marron	7	#N/A

Tableau 27 : Gamme de fabrication

3.2 Établissement des lay-outs :

3.2.1 Analyse des lay-out et discussions des problèmes potentiels

La connaissance des longueurs de chaque référence ainsi que le nombre de planches et des connecteurs nous a poussés à relever deux problèmes potentiels :

- Problème lors du cheminement :

Lors du cheminement des références du projet DUBLIN nous avons constaté que l'opérateur aura du mal à trouver les aboutissants de chaque tenant vu la longueur des lay-outs (25m, 20m, 16m...) et le nombre important de connecteurs figurant dans chaque référence (90 connecteurs, 121 connecteurs …).

De ce fait, l'opérateur sera amené à faire plusieurs allers retours inutiles qui seront traduit par un temps non productif considérable.

L'enjeu est donc de trouver un moyen efficace nous permettant de réduire ces allers retours.

Les bagues de couleurs ce sont avérées une solution satisfaisante lors du cheminement dans le projet X4 et qui a été prise en considération même dans le projet DUBLIN, néanmoins cette solution ne trouvera pas la même efficacité due au nombre important des sorties dans le lay-out et donc beaucoup de combinaison de couleurs dans chaque sortie qui pourrait créer des risques de confusion pour l'opérateur.

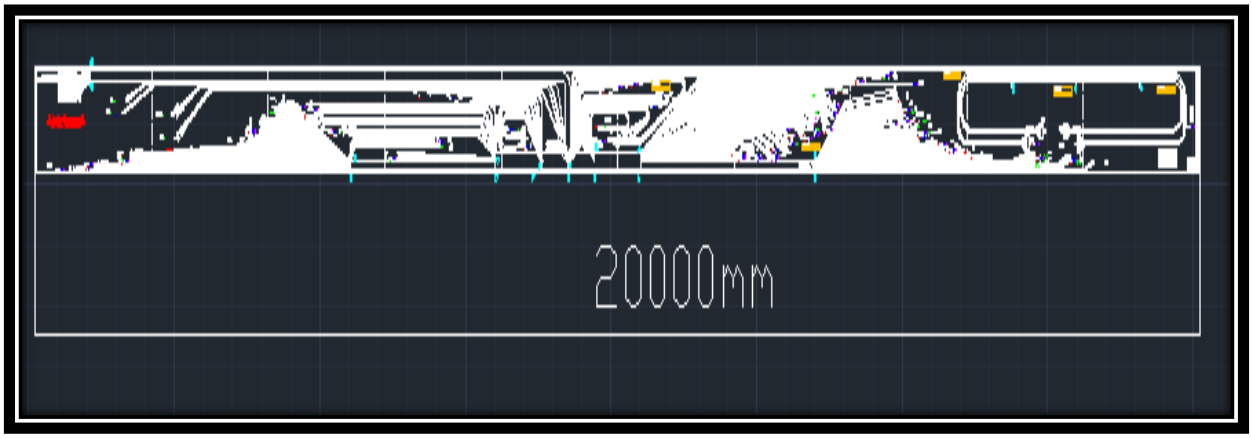


Figure 40 : Lay-out projet DUBLIN

- Problème de gestion des références :

Vu le nombre important de planches qui sera utilisé pour le projet DUBLIN, à savoir 193 planches qui seront stockées dans 12 supports, nous avons constaté que le risque de confusion est omniprésent.

Pour éviter cette confusion, l'identification des supports et des planches s'impose.

3.2.2 Amélioration proposée

Cheminement dans le lay-out

Afin d'anticiper les problèmes de cheminement, nous allons associer à côté de chaque numéro de paquet des codes qui définissent l'emplacement des aboutissants dans les différentes planches de la référence (Voir Figure 41).

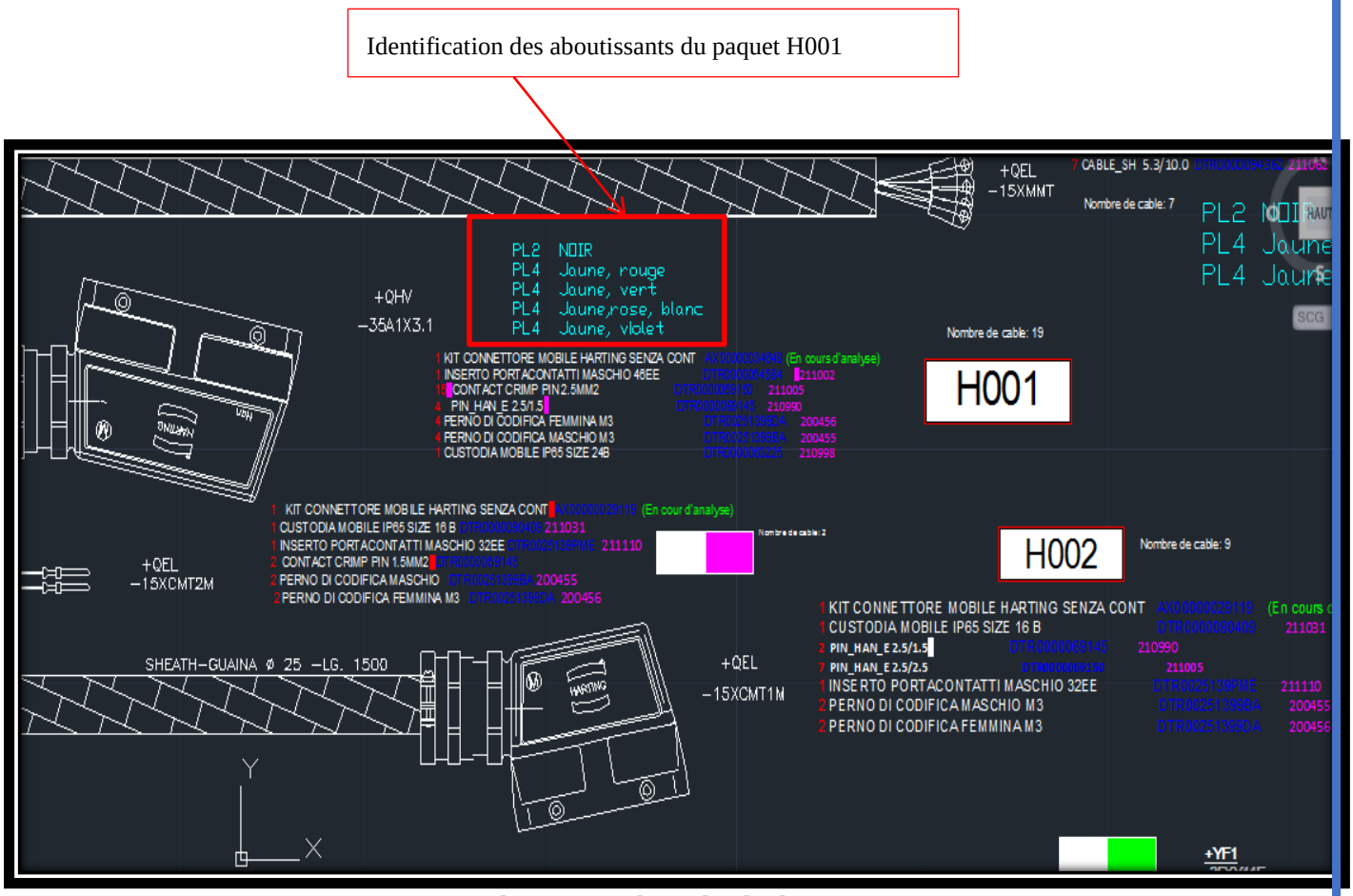


Figure 41 : lay-out avec les codes de cheminement

De ce fait, le cheminement sera effectué de la manière suivante :

- Noter sur les déchirables le code d'emplacement correspondant à chaque aboutissant
- Commencer le cheminement du point départ (tenant) vers le point final (aboutissants) en respectant le trajet de cheminement et les bagues de couleur indiqué dans la planche.

Identification des planches et des supports

L'identification des planches et des supports est une action indispensable à établir pour ne pas tomber dans l'erreur de cheminer une planche au lieu d'une autre ou perdre du temps en cherchant la planche à cheminer.

L'identification se fera en deux formes : (Voir Figure 42 et 43).

- L'identification dans le support :

CABLIANCE MAROC **Plan de chargement**

Support de Montage N°:

Etage	Voiture	Produit		Planche	
		RéfAT	RéfCAMA	Couleur	Nombre
1					
2					
3					

Figure 42 : Plan de chargement des supports

Un support est identifié de la manière suivante :

- L'étage où se trouve la planche
- Le numéro de la voiture
- La référence de la planche donnée par ALSTOM
- La référence de la planché donnée par CABLIANCE
- La couleur attribuée à chaque référence, ainsi que le nombre de planches par référence.

NB : la couleur attribuée à chaque référence a pour objectif d'identifier les planches visuellement.

- L'identification des planches :

Figure 43 : Cartouche d'identification des planches

La réalisation de cette cartouche qui comporte les informations suivantes :

- Numéro de la planche
- Nombre de planche
- Le nom du projet
- Le numéro de la voiture
- Le code de la référence

Permettra de :

- faciliter la recherche des aboutissants lors du cheminement.
- Éviter les retards dus à la recherche des planches en cas de mélange.

3.3 Lancement de la phase Prototype

L'étape qui suit la planification globale ainsi que l'établissement des Lay-outs, du mode opératoire de cheminement et des gammes de coupe est **la phase prototype**

Considérée comme étant l'étape la plus importante du projet, la phase prototype consiste à augmenter l'efficience de la production et ceci en améliorant les procédés de fabrication des références.

3.3.1 Analyse de l'ancienne démarche

ALSTOM CABLIANCE ne procédait au lancement **global** de la phase prototype que si les conditions suivantes sont validées (Voir Figure 44) :

- La réception de la totalité de la matière première (câbles, connecteurs, connexions).
- La réception de l'intégralité d'outils de sertissage
- La disponibilité des Lay-outs et des gammes de coupe.
  NB : Lancement **global** de la phase prototype **(**lancer en parallèle l'ensemble des références d'un projet X**)**

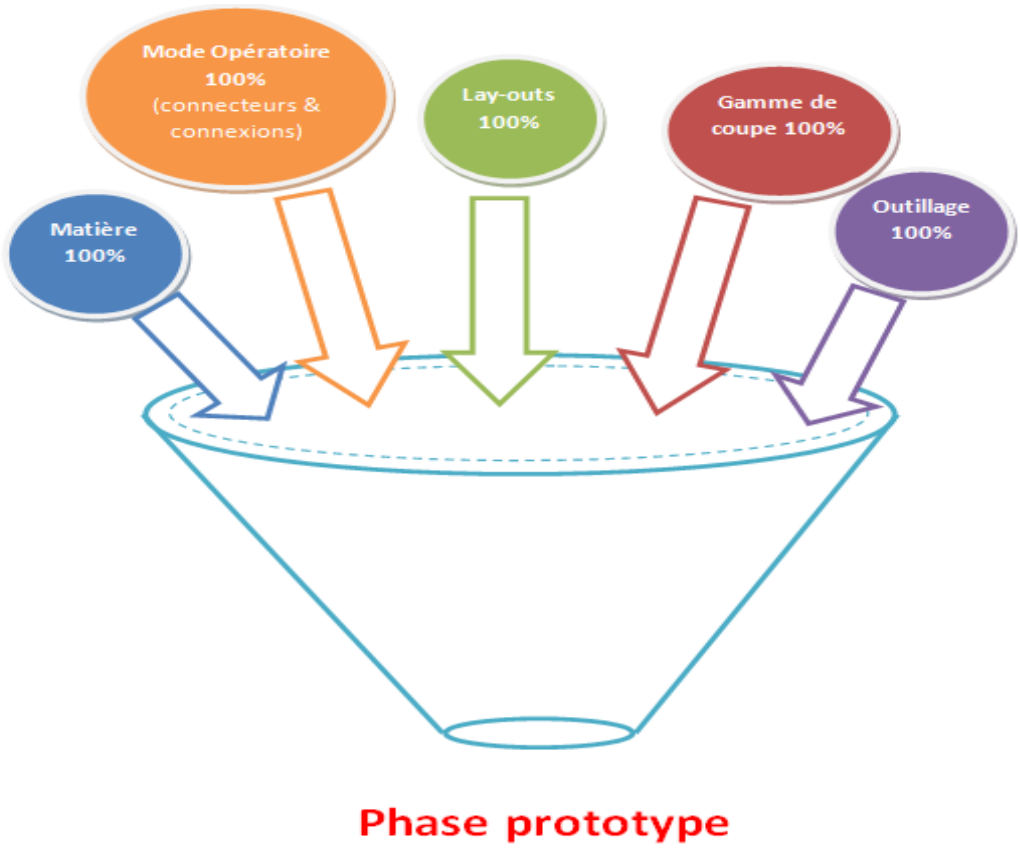


Figure 44 : Conditions du lancement global de la phase prototype

En revanche, la réception de la totalité de la matière première et des outils de sertissage ne se faisait pas dans les temps voulus, et donc le lancement **global** de la phase prototype était toujours retardé.

Donc, il fallait penser à une solution qui permettra d'anticiper le retard du lancement de la phase prototype du projet DUBLIN

3.3.2 Nouvelle démarche adoptée pour le lancement de la phase prototype :

Pour résoudre le problème cité ci-dessus, nous avons vu qu'il était nécessaire de passer par un lancement **PARTIEL**.

Le lancement **PARTIEL** a pour but de lancer que les références dont le statut des indicateurs suivant, est à 100% :

- Matières (câbles, connecteurs, connexions).
- Lay-outs.
- Gammes de coupe.
- Outillages.

Et pour mettre en œuvre notre approche, nous allons établir un tableau de pilotage qui permet d'identifier, en fonction des quatre indicateurs cités ci-dessus, les références à démarrer en premier.

Après avoir analysé les résultats figurant dans le tableau de pilotage, nous avons décidé de démarrer la phase prototype **PARTIEL** des deux références (AX01000696112 et AX01000696741), vu que leurs indicateurs ont atteint un pourcentage de 100%, chose qui permettra de réduire le temps d'amélioration des faisceaux durant la phase prototype.

Finalement nous avons constaté que de procéder par un lancement **partiel** au lieu d'un lancement **global** permettra d'anticiper le retard qui est dû essentiellement au non-respect des délais d'approvisionnement de la matière et des outils de sertissage.

NB : toutes les relations utilisées dans les deux derniers chapitres ont comme références les données internes d'ALSTOM CABLIANCE MAROC.

Conclusion

Le sujet qui nous a été proposé était L'industrialisation du projet X4 d'un côté et l'amélioration de l'industrialisation du projet DUBLIN d'un autre côté.

Pour satisfaire la problématique du projet X4, il a fallu utiliser la démarche DMAIC du LEAN MANUFACTURING afin de connaitre les causes réelles du temps long de production, nous avons effectivement remarqué que les causes majoritaires étaient dues au temps perdu pour la recherche des informations concernant les opérations de cheminement, de sertissage et de montage de connecteurs.

La démarche nous a permis de passer d'une efficience de 17% à 46%.

D'un autre côté, l'amélioration d'industrialisation du projet DUBLIN consistait à faire une analyse critique des différentes étapes d'industrialisation.

En effet, concernant la planification des outillages, une étude RCCP a été mise en œuvre afin de résoudre les manques d'outillages en cas de surcharge. Le problème de la planification des supports a été également résolu à travers un redimensionnement optimal de ces derniers.

Finalement, afin d'anticiper les problèmes potentiels lors de la phase prototype, nous avons proposé une panoplie de recommandations notamment l'établissement d'un mode opératoire de cheminement et la résolution du problème d'identification des planches.

Toutes les améliorations que nous avons mises en œuvre ont été standardisées pour les projets futurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Le Lean manufacturing, le secret de la réussite de votre entreprise de Christophe Rousseau.
- Gestion de production, d'Alain COURTOIS, Maurice PILLET, CHANTAL Martin BONNEFOUS (4ème édition).

WEBOGRAPHIE

- www.techniques-ingenieur.fr/glossaire/lean-manufacturing.

ANNEXES :