

Dédicaces

On dédie ce modeste travail avec grand amour, sincérité et fierté :

A nos chers parents qui ont toujours été là pour nous tout au long de nos études et qui nous ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Nous espérons qu'ils trouveront dans toute notre reconnaissance et tout notre amour.

A nos chers amis qui n'ont jamais cessé de nous accorder leur attention et leurs conseils.

A nos chers professeurs et formateurs pour leur compréhension et leurs conseils qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire.

Nous tenons à vous témoigner notre reconnaissance, notre amour et notre affection.

Ben Moussa Lamiae

&

Chafik Doha

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur le Doyen de la FST, le corps administratif, pour les conseils, les directives et les encouragements prodigués le long de notre formation.

Nous exprimons aussi nos profondes gratitudes à Mme El BOUKILI Soukaina notre encadrant et à toute l'équipe d'ALSTOM-Fez.

Nous tenons aussi à remercier vivement Mr Jalil ABOUCHITA, notre professeur et encadrant, pour sa directive, ses conseils et toutes ses informations qui nous ont beaucoup aidé dans notre stage et dans la réalisation de ce rapport.

Nos remerciements les plus sincères sont adressés aux membres de jury, Mr Ahmed EL BIYAALI et Mr. Jalil ABOUCHITA, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner et de juger ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier notre faculté et toutes les personnes qui nous ont conseillé et contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Merci 😊.

Résumé

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'étude effectué au sein de l'entreprise ALSTOM et sous le parrainage du département mécanique de la FST de Fès. Le but de ce projet consiste à faire des améliorations concernant le processus de l'armoire électrique POP EL4.

En effet pour atteindre notre objectif nous avons commencé tout d'abord par faire des visites au terrain pour avoir une idée sur le processus de production de ce produit et collecter les données, puis nous avons identifié les problèmes et établi un plan des tâches à exécuter, et par la suite on a proposé quelques solutions qui se manifestent en la conception d'un GABARIT utilisant le logiciel Catia et la reconception de support, ce qui va faciliter les tâches aux opérateurs et finalement augmenter l'efficacité.

Enfin, on a passé par la dernière phase pour finaliser notre projet où on a fait une vérification des résultats des améliorations menées et assurer que notre objectif global est atteint.

ملخص

هذا العمل هو جزء من مشروع نهاية الدراسة الذي تم تنفيذه داخل شركة **ALSTOM** وتحت رعاية القسم الميكانيكي في كلية العلوم و التقنيات بفاس. الغرض من هذا المشروع هو إجراء تحسينات على الخزانة الكهربائية POP EL4.

في الواقع، لتحقيق هدفنا، بدأنا أولاً بالقيام بزيارات ميدانية للحصول على فكرة عن عملية إنتاج هذا المنتج وجمع البيانات ، ثم حددنا المشاكل ووضعنا خطة للمهام التي يتعين القيام بها ، وبعد ذلك تم اقتراح بعض الحلول التي تتجلى في تصميم نموذج باستخدام برنامج **Catia** وإعادة تصميم الداعم ، مما يسهل مهام المشغلين ويزيد الكفاءة في نهاية المطاف.

أخيراً، مررنا بالمرحلة الأخيرة للانتهاء من مشروعنا حيث قمنا بفحص نتائج التحسينات التي تم إجراؤها والتأكد من تحقيق هدفنا العام.

Liste d'abréviation

PME : Process and manufacturing Engineering

FI: Fiche d'instructions

OF: Ordre de fabrication

PVC : polyvinyl chloride

PDCA : plan, Do, Check, Act

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

5P : 5 Pourquoi

S.A.D.T : Structured Analysis and Design Technical

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique.....	12
Tableau 2 : Fonctions.....	33
Tableau 3 : La méthode QQOQCP	36

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme d'ALSTOM-Fez.	13
Figure 2 : Faisceau électrique.	15
Figure 3 : Câble unifilaire.	15
Figure 4 : Câble multifilaire.	15
Figure 5 : Câble coaxial.....	16
Figure 6 : Connecteurs.	16
Figure 7 : Connexions.	16
Figure 8 : Élément de protection.....	16
Figure 9 : Armoire électrique.	17
Figure 10 : Bornier.....	17
Figure 11 : relais.....	18
Figure 12 : Exemple des différents types de labels.....	18
Figure 13 : Machine KOMAX KAPP.....	19
Figure 14 : Préparation des paquets.....	19
Figure 15 : Exemple des manchons.....	20
Figure 16 : Exemple d'étiquettes	20
Figure 17 : Scotch déchirable.....	20
Figure 18 : Cheminement des câbles.....	20
Figure 19 : Dénudage de câble.....	21
Figure 20 : sertissage de câble.....	21
Figure 21 : Emballage des faisceaux et des armoires.....	22
Figure 22 : processus de production ALSTOM-Fez	22
Figure 23 : Diagramme de bête à cornes.	32
Figure 24 : Diagramme pieuvre.....	33
Figure 25 : Diagramme S.A.D.T.....	33
Figure 26 : Roue de Deming.....	35
Figure 27 : Diagramme de Gantt réalisé avec le logiciel Project.....	37
Figure 28 : Dessin 3D du GABARIT.....	38

Table de matière

<u>Introduction générale</u>	10
<u>Première chapitre : Présentation de l'organisme d'accueil et processus de production</u>	11
<u>1</u> <u>Présentation de l'organisme d'accueil</u>	12
<u>1.1</u> <u>Présentation de l'entreprise</u>	12
<u>1.2</u> <u>Fiche signalétique</u>	12
<u>1.3</u> <u>Organigramme d'ALSTOM-Fez</u>	13
<u>1.4</u> <u>Description des départements :</u>	13
<u>1.4.1</u> <u>Département des ressources humaines :</u>	13
<u>1.4.2</u> <u>Département engineering :</u>	13
<u>1.4.3</u> <u>Le département de production :</u>	14
<u>1.4.4</u> <u>Le département de Qualité :</u>	14
<u>1.4.5</u> <u>Le département de logistique :</u>	14
<u>1.4.6</u> <u>Le département finance :</u>	14
<u>1.4.7</u> <u>Le département technique :</u>	14
<u>2</u> <u>Produits et processus de production :</u>	14
<u>2.1</u> <u>Produits ALSTOM :</u>	14
<u>2.1.1</u> <u>Faisceaux électriques</u>	14
<u>2.1.2</u> <u>Armoires électriques :</u>	17
<u>2.2</u> <u>Flux de production :</u>	18
<u>2.2.1</u> <u>Réception et stockage de la matière première :</u>	18
<u>2.2.2</u> <u>La coupe des câbles :</u>	19
<u>2.2.3</u> <u>Préparation des paquets et kits :</u>	19
<u>2.2.4</u> <u>Assemblage de Câbles :</u>	20
<u>2.2.4.1</u> <u>Cheminement des câbles :</u>	20
<u>2.2.4.2</u> <u>Dénudage et sertissage des câbles :</u>	20
<u>2.2.4.3</u> <u>Montage des connecteurs :</u>	21
<u>2.2.4.4</u> <u>Préparation mécanique :</u>	21
<u>2.2.4.5</u> <u>Intégration :</u>	21
<u>2.2.4.6</u> <u>Test électrique :</u>	21
<u>2.2.4.7</u> <u>Finition et contrôle final :</u>	21

2.2.4.8	<u>Emballage et expédition du produit final :</u>	22
	<u>Deuxième chapitre : Actions faites au sein d'ALSTOM</u>	23
<u>1</u>	<u>Séquencement :</u>	24
1.1	<u>Définition :</u>	24
1.2	<u>Exemple :</u>	24
<u>2</u>	<u>Amélioration des FIs (Fiches d'instructions) :</u>	25
2.1	<u>Description :</u>	25
2.2	<u>Exemples :</u>	26
	<u>Troisième chapitre : Contexte du projet</u>	30
<u>1</u>	<u>Les acteurs du projet :</u>	31
<u>2</u>	<u>Contexte pédagogique :</u>	31
<u>3</u>	<u>Cahier de charge :</u>	31
3.1	<u>Analyse fonctionnelle :</u>	31
3.1.1	<u>Diagramme de bête à corne :</u>	31
3.1.2	<u>Diagramme pieuvre :</u>	32
3.1.3	<u>Diagramme SADT :</u>	33
	<u>Quatrième chapitre : Proposition et mise en place des améliorations (Méthode PDCA)</u>	34
<u>1</u>	<u>Plan/ Planifier :</u>	35
1.1	<u>Méthode QQQQCP :</u>	35
1.2	<u>Méthode des 5P :</u>	36
1.3	<u>Diagramme de Gantt :</u>	37
<u>2</u>	<u>Do/ Réaliser :</u>	37
2.1	<u>Conception d'un GABARIT :</u>	38
2.2	<u>Reconception de support :</u>	39
<u>3</u>	<u>Check /Contrôler, Vérifier :</u>	39
3.1	<u>Comparaison entre L'état initial et l'état final :</u>	39
<u>4</u>	<u>Act :</u>	40
	<u>Conclusion générale</u>	42

Introduction générale

Dans un monde industriel en plein changement, mouvement et développement, toute entreprise essaye d'améliorer et évoluer son organisme, structures, fonctions et processus pour faire face à la concurrence. Le secteur de câblage ferroviaire est un exemple concret.

Cette industrie est un secteur porteur au Maroc qui bénéficie depuis toujours d'une attention particulière des sphères économiques. Aujourd'hui, et plus que jamais, les entreprises opérantes dans ce domaine se trouvent dans l'obligation d'améliorer leurs performances industrielles.

A travers un projet d'amélioration de performance, l'entreprise espère identifier des pistes d'amélioration pour l'ensemble de ses processus et de ses coûts. C'est le cas notamment d'ALSTOM FEZ qui vise à améliorer ses performances globales afin de satisfaire ses clients. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études qui s'est déroulé au département « Process and Manufacturing Engineering » (PME) et qui s'intitule : Amélioration du processus de POP EL4 avec implémentation d'un équipement mécanique. Le présent rapport comporte quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre sera dédié pour la présentation de l'organisme d'accueil et la description du processus de fabrication.
- ✓ Le deuxième chapitre sera consacré pour les actions faites au sein de l'entreprise Alstom.
- ✓ Le troisième chapitre sera le contexte du projet.
- ✓ Le quatrième chapitre sera concerné la proposition et la mise en place des améliorations en se basant sur la méthode PDCA.
- ✓ Une conclusion générale achèvera notre rapport.

PREMIÈRE CHAPITRE :

Présentation de l'organisme d'accueil

Et

Processus de Production

1. Présentation de l'organisme d'accueil

1.1 Présentation de l'entreprise

ALSTOM FES est une entreprise créée le 22 Décembre 2011 et mise en route en 2012 et Située à Fès, prédestinée à la production des faisceaux et des armoires électriques pour L'industrie ferroviaire, 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.

Finalement, la société produit pour un client unique, ALSTOM, et travaille avec une Multitude de fournisseurs locaux et internationaux.

1.2 Fiche signalétique

Date de création	22 décembre 2011 – CRÉATION DE LA SOCIÉTÉ CABLIANCE MAROC
Forme juridique	Société anonyme (S.A)
Activité	Production des faisceaux et des armoires électriques pour l'industrie ferroviaire
Siège sociale	Quartier Industriel Sidi Brahim Fès 30050
Téléphone/ Fax	(+212) 535 72 42 00/ (+212) 535 72 42 40
Effectif	500 Personnes
Capital	6,5 millions d'euros
Logo	

Tableau 1 : fiche signalétique

1.3 Organigramme d'ALSTOM-Fez

Le site d'ALSTOM-Fez est organisé selon l'organigramme ci-après :

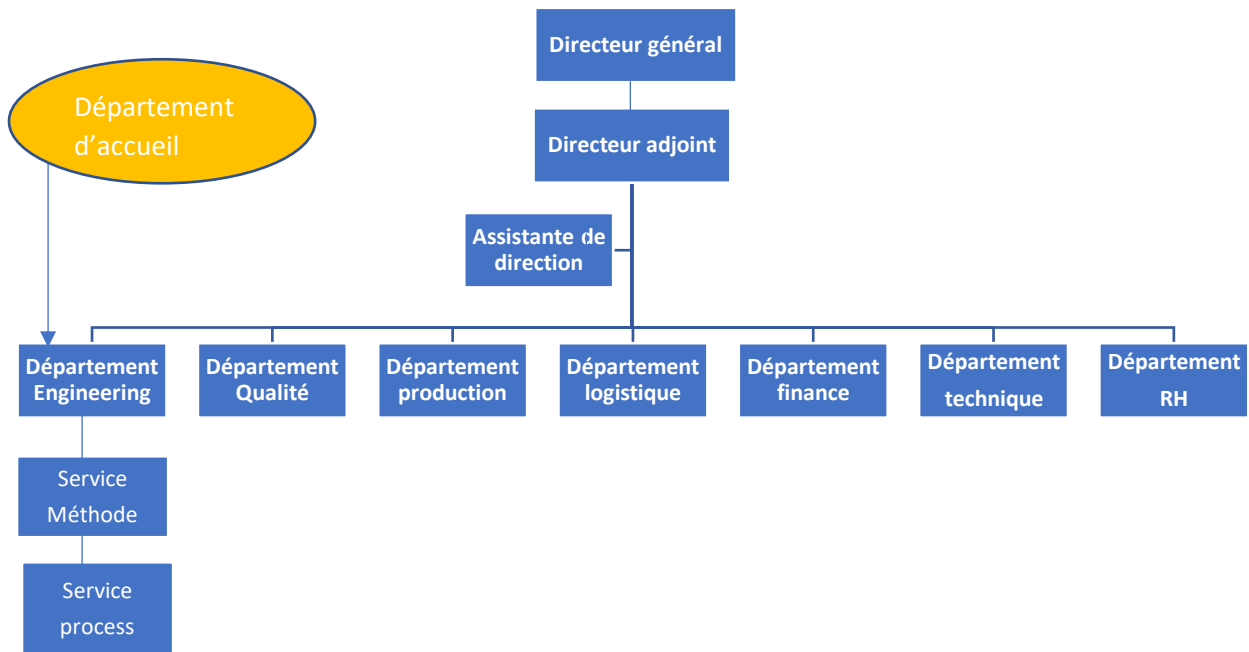


Figure 1 : organigramme d'ALSTOM-Fez

1.4 Description des départements :

1.4.1 Département des ressources humaines :

La fonction RH a pour mission de faire en sorte que l'organisation dispose du personnel nécessaire à son fonctionnement et que ce personnel fasse de son mieux pour améliorer la performance de l'organisation, tout en s'épanouissant.

1.4.2 Département engineering :

Regroupe deux types d'ingénieurs :

Ingénieurs **méthode** et ingénieurs **process** ont pour mission d'étudier et mettre en place des axes d'amélioration du processus de fabrication industrielle pour atteindre les objectifs de coût, de délai, de quantité et de qualité de l'entreprise.

Proposant des solutions pour optimiser l'organisation du travail ou les équipements de production.

1.4.3 Le département de production :

Son rôle est la mise en applications des méthodes et techniques dans le but d'accomplir la transformation des matières en produits finis assurant une bonne qualité en respectant les délais fixés.

1.4.4 Le département de Qualité :

Ce département a comme mission de mettre en place et d'animer la politique qualité de l'entreprise. Il supervise la conception et la mise à jour de la manuelle qualité ainsi que le respect des procédures afin de répondre aux exigences des clients.

1.4.5 Le département de logistique :

Son rôle est la gestion et le suivi des commandes de la matière par rapport au stock, la préparation des composants et des câbles nécessaires à la production en fonction des OFs ainsi que la création de la fiche suiveuse qui va suivre le produit tout au long du processus de production et d'assurer l'expédition à temps aux clients.

1.4.6 Le département finance :

Son rôle se résume souvent au suivi des coûts à la supervision de la comptabilité et à la création des rapports pas toujours exploités pour en tirer des plans d'actions concrets.

1.4.7 Le département technique :

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

2. Produits et processus de production :

2.1 Produits ALSTOM :

2.1.1 Faisceaux électriques

Un faisceau électrique se compose de plusieurs câbles électriques liés entre eux et qui a pour rôle d'alimenter les équipements électriques des trains, etc.

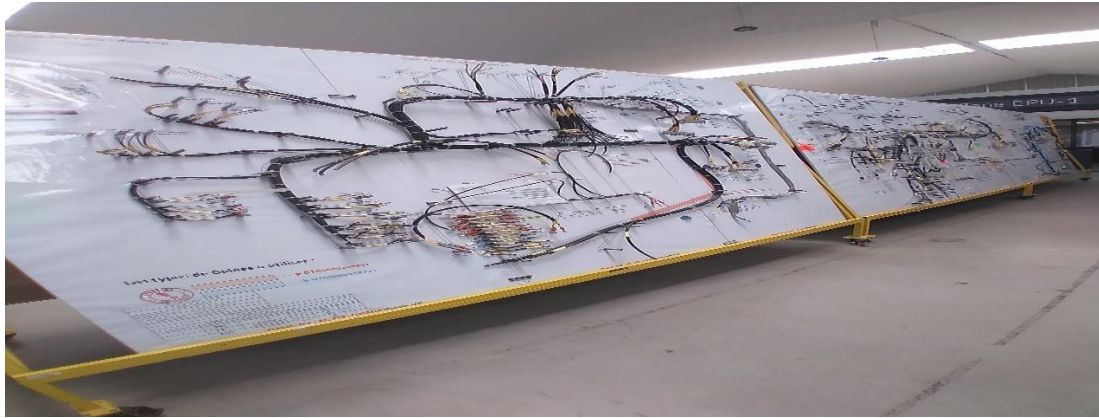


Figure 2 : faisceau électrique

Généralement un faisceau électrique se compose de différents câbles électriques :

- ✘ **Câble unifilaire** : est un câble comporte une partie conductrice (brins), et une partie isolante (PVC) assure la protection des brins.

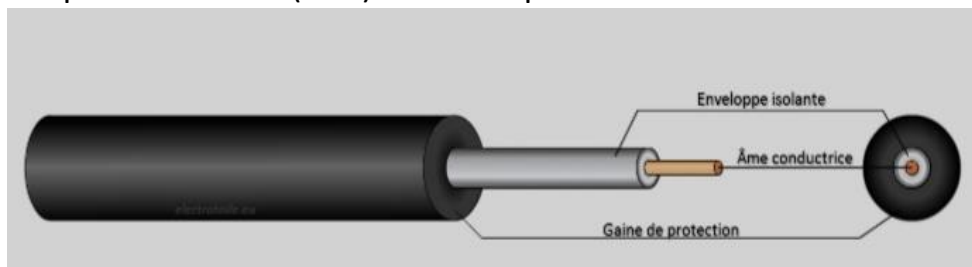


Figure 3 : câble unifilaire

- ✘ **Câble multifilaire** : regroupe plusieurs câbles unifilaires protégés par une gaine de protection.

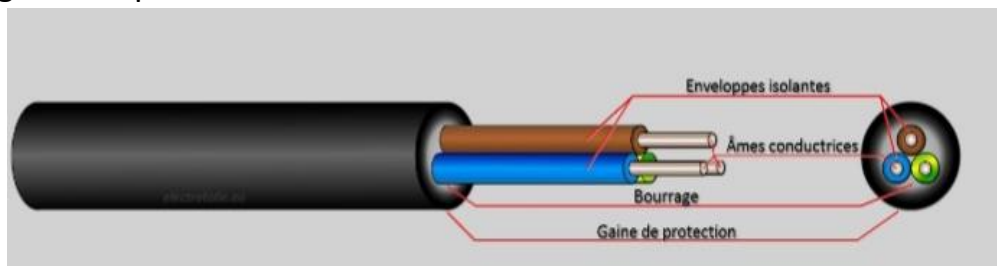


Figure 4 : câble multifilaire

- ✘ **Câble coaxial** : est un câble qui se compose d'un conducteur central appelé l'âme généralement en cuivre qui est enrobé dans un matériau diélectrique isolant ce dernier lui-même entouré par un blindage qui peut être une tresse de cuivre ou une feuille d'aluminium et le tout est protégée dans une gaine en PVC.

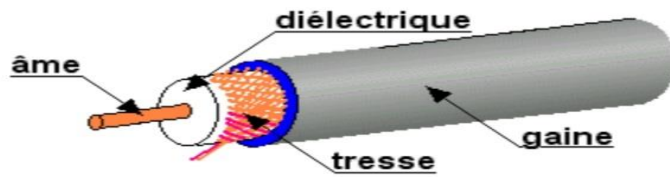


Figure 5 : câble coaxial

- ✘ **Connecteurs** : sont des appareils qui servent à établir des liaisons électriques entre deux ou plusieurs conducteurs.



Figure 6 : connecteurs

- ✘ **Connexions / Connectiques** :



Figure 7 : connexions

- ✘ **Élément de protection** :

La gaine : un revêtement isolant qui assure la protection des câblages électriques.



Figure 8 : Élément de protection

2.1.2 Armoires électriques :

Les armoires électriques sont des boîtiers robustes utilisés pour protéger les composants électriques ou électroniques et les appareillages de commutation.



Figure 9 : Armoire électrique

Les armoires électriques protègent ainsi l'alimentation électrique contre l'eau, la poussière et la chaleur, mais aussi contre le vandalisme par des personnes non autorisées.

Une armoire se compose généralement de :

- ✘ **Faisceau électrique** : Voir la figure 2
- ✘ **Bornier** :

Élément essentiel de toute installation électrique, le bornier est un petit boîtier qui permet de relier votre installation avec les réseaux extérieurs au logement.



Figure 10 : Bornier

✘ Relais :

Un relais électromécanique est un organe électrique permettant de distribuer la puissance à partir d'un ordre émis par la partie commande. Ainsi, un relais permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique de puissance à partir d'une information logique.



Figure 11 : Relais

✘ Labels :

Les labels sont des étiquettes qui portent les désignations des composants de l'armoire électrique.

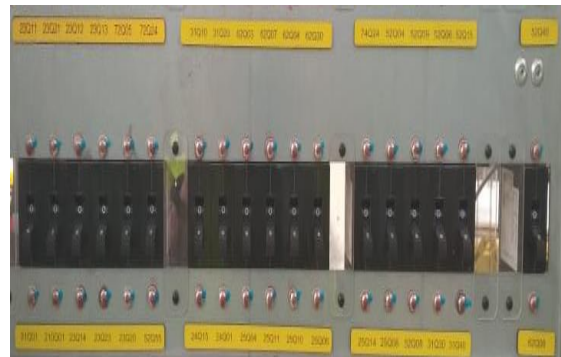
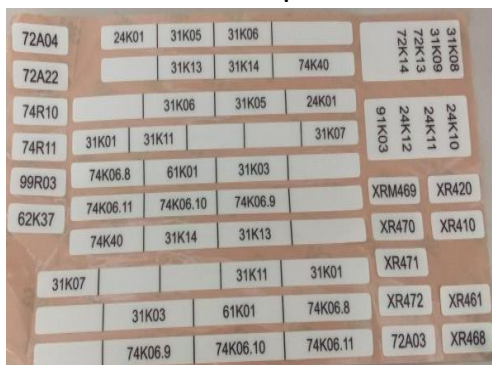


Figure 12 : Exemples des différents types de labels

2.2 Flux de production :

2.2.1 Réception et stockage de la matière première :

La société ALSTOM-FEZ a plusieurs fournisseurs qui lui livrent de la matière première que ça soit des fils, des connexions, des connecteurs et autres. Ces fournisseurs se divisent en deux types :

- *Fournisseur de type 1* : Autrement dit, ce sont des fournisseurs dont leurs produits n'ont généré aucune réclamation de la part du magasin de stockage ou du département de production durant un certain temps. Les produits livrés par ce type de fournisseur sont contrôlés rarement.
- *Fournisseur de type 2* : ce sont des fournisseurs nouveaux, avec ce type de fournisseurs la matière première passe par un contrôle qualité à chaque réception.

2.2.2 La coupe des câbles :

La coupe : C'est l'opération qui consiste à découper le fil selon la longueur mentionnée dans la gamme de coupe. Elle se fait de deux manières différentes :

- *Manuellement* : consiste à couper les câbles de grosses sections en utilisant une pince de coupe.
- *Automatiquement* : consiste à couper les câbles de faibles sections par la machine KOMAX KAPP.



Figure 13 : Machine KOMAX KAPP

2.2.2 Préparation des kits :

Cette étape est consacrée à la préparation des kits de paquets en fonction de la gamme de production réalisée par l'agent de méthode. Puis le regroupement des kits de paquets et des composants de montage dans un bac pour être envoyés à la zone d'assemblage.



Figure 14 : préparation des paquets

- ✘ Les moyens utilisés dans ce poste sont :
 - Les étiquettes : permettant de définir les références des connexions, les extrémités du câble, l'outil de sertissage, et la longueur de dégainage.
 - Les manchons : permettant de définir les extrémités du câble.

- Le scotch déchirable : utilisé pour fixer la partie tenant d'un paquet.

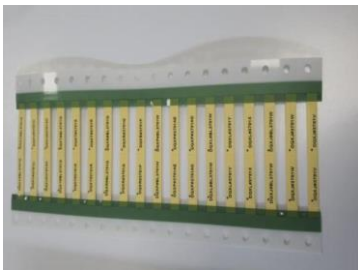


Figure 15 :
Exemple des manchons



Figure 16 :
exemple d'étiquette

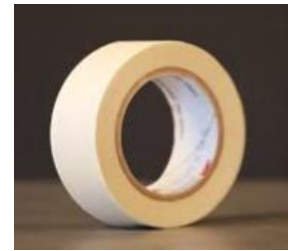


Figure 17 :
Scotch déchirable

2.2.3 Assemblage de Câbles :

Les assemblages des câbles électriques sont des groupes de câbles disposés en une seule unité pour atteindre un but précis. Ces ensembles de câbles sont également appelés faisceaux électriques. Dans la partie assemblage il y a plusieurs étapes :

2.2.4.1 Cheminement des câbles :

Après la réception des bacs à la zone d'assemblage, l'opérateur commence le Cheminement des câbles sur les planches d'assemblage interchangeables montées sur des Supports. Les Lay-out des planches sont fournis par le technicien Auto CAD, après Qu'elles soient validées par le service qualité.

Le cheminement est réalisé suivant une Trajectoire bien définie, en partant de la première extrémité du câble (tenant) qui porte le Manchon et l'étiquette jusqu'à atteindre la deuxième extrémité.

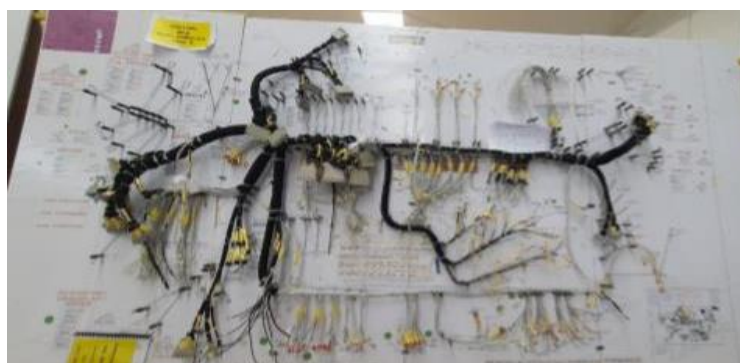


Figure 18 : cheminement des câbles

2.2.4.2 Dénudage et sertissage des câbles :

+ **Le dénudage** : Cette opération consiste à enlever l'isolant du câble, de façon à libérer la Partie conductrice.

+ **Le sertissage** : C'est une opération d'association de deux pièces par déformation de celles-ci. En électricité, le sertissage est l'une des techniques les plus utilisées pour réaliser des connexions électriques sans soudure.

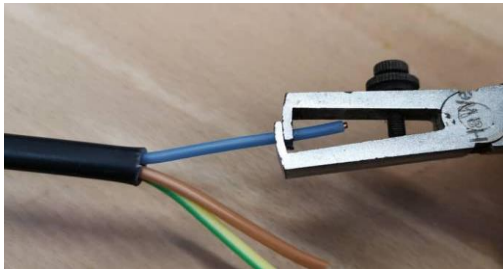


Figure 19 : Dénudage de câble



Figure 20 : sertissage de câble

2.2.4.3 Montage des connecteurs :

Le montage des connecteurs est une opération qui permet d'assembler les câbles sertis avec un connecteur bien défini sur la planche 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.

2.2.4.4 Préparation mécanique :

- Protection du câble
- Montage des composants (Bornier, Relais, Contacteur...etc)

2.2.4.5 Intégration :

Dans le cas où le client demande que le produit est sous forme d'armoire électrique, l'opération d'intégration consiste à intégrer les câbles 'les faisceaux' dans ce dernier 'armoire électrique'.

2.2.4.6 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.

2.2.4.7 Finition et contrôle final :

Après le test électrique, l'opérateur fait la finition des faisceaux en corrigeant les non-conformités détectées. Puis le département qualité fait le contrôle final qui consiste à vérifier la conformité du câblage par rapport aux exigences de client.

2.2.4.2 Emballage et expédition du produit final :

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



Figure 21 : Emballage des faisceaux et des armoires

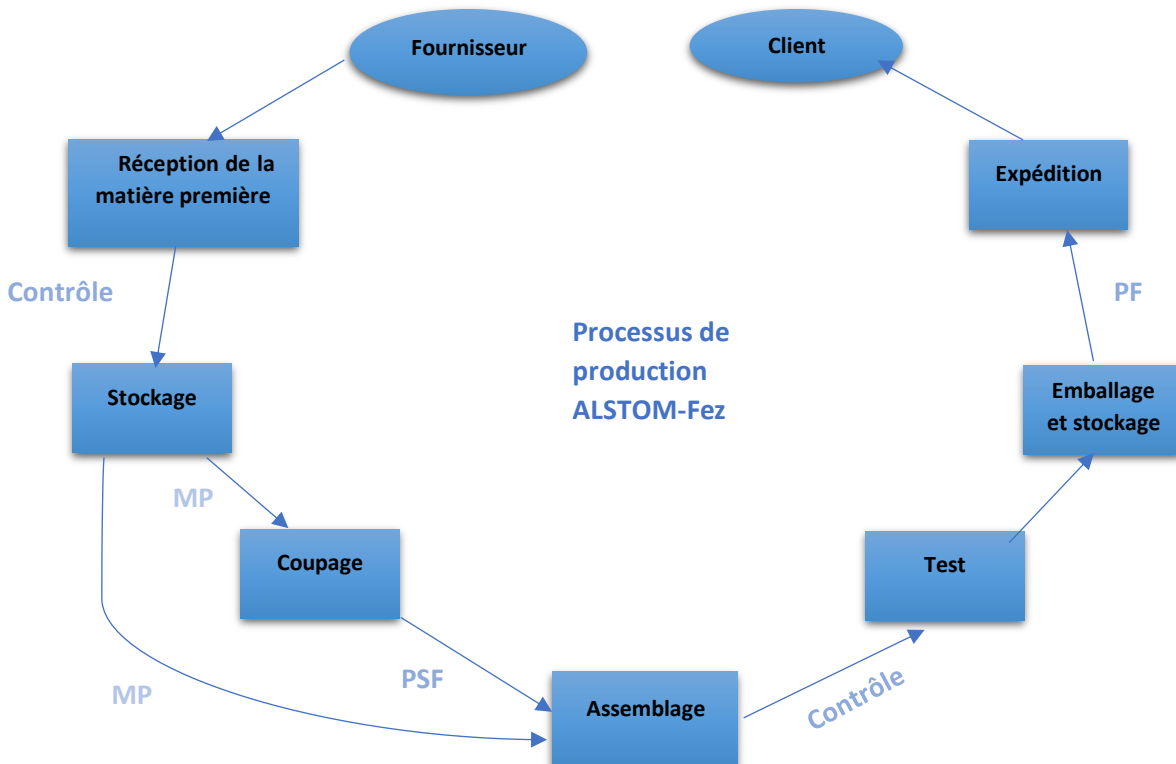


Figure 22 : processus de production ALSTOM-Fez

DEUXIÈME CHAPITRE :

Actions faites au sein d'ALSTOM

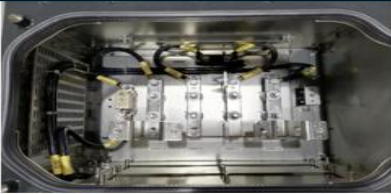
1. Séquencement :


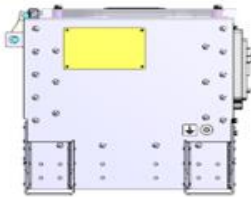
1.1 Définition :

Commande à des instantes déterminée dans le temps, des différentes phases d'une opération. Dans le cas d'Alstom chaque opération ne doit pas dépasser 4 heures. Ces fiches d'instructions sont créées dans le Word.

1.2 Exemple :

ALSTOM -mobility by nature-		ICNG_RS_FEZ_WM5_019 Révision : A Date : 13/10/2020 Page: 5
A- Séquencement préparation mécanique		
N° opérations Sur MES 070 : Prep_MECA_001 / 2.02H / 1 opérateur		
Etapes	Opérations	Description de l'opération
1	Montage isolateurs	
2	Montage étiquette	
3	Montage connecteurs	

ALSTOM -mobility by nature-		
B- Integration		
N° opérations Sur MES 080 : Intég_001 / 2.02H / 1 opérateur		
Etapes	Opérations	Description de l'opération
1	Montage câblage	
2	Montage fusible	

ALSTOM · mobility by nature ·		
C- Séquençement de FINITION		
N° opérations Sur MES 090 : FINITION_01 / 0.2H / 1 opérateur		
Etapes	Opérations	Description de l'opération
1	Montage tresse de masse	
2	Montage plaque	

	A	B	C	D	E	F	G
1		Famille	MV BOX				
2		DTR PF	DTR0000487033	06.01.2023	MD126132	06.06.2022	
3		Projet	ICNG_V8 & BELGIUM				
4	N °Op	Reference	TEMPS	duré		Poste de travail	HEURS
5	010	COMMUN_KITTING	0,727	0,45	ICNG_COMMUN_KITTING	MAGASIN	h
6	020	COMMUN_PREPARATION MANCHONS & CABLES	2,642	1,63	ICNG_COMMUN_PREPARATION MANCHONS & CABLES	ZONCOUPE	h
7	030	ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_1	3,097	1,92	ICNG_ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_1	ICNG_PR1	h
8	040	ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_2	3,097	1,92	ICNG_ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_2	ICNG_PR1	h
9	050	ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_3	3,097	1,92	ICNG_ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_3	ICNG_PR1	h
10	060	ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_4	3,097	1,92	ICNG_ASSEMBLAGE ELECTRIQUE_4	ICNG_PR1	h
11	070	Prep_MECA_001	3,273	2,03	ICNG_Prep_MECA_001	ICNG_PR2	h
12	080	Intég_001	3,273	2,03	ICNG_Intég_001	ICNG_PR2	h
13	090	FINITION_01	0,242	0,15	ICNG_FINITION_01	ICNG_PR1	h
14	100	TEST ELECTRIQUE	0,970	0,60	ICNG_TEST ELECTRIQUE	ZONETEST	h
15	110	CONTROLE QUALITE	0,606	0,38	ICNG_CONTROLE QUALITE	ICNG_QUA	h
16	120	EMBALLAGE	0,121	0,07	ICNG_EMBALLAGE	ICNG_PR1	h
17		Run.T	24,24				
18							

Temps de séquençement pour chaque opération

2. Amélioration des FIs (Fiches d'instructions) :

2.1 Description :

On réalise des fiches d'instructions dont ils se basent les opérateurs pour réaliser le produit souhaité. Utilisant un fichier 3D du produit fini, on décrit les opérations à faire pour produire les armoires électriques en respectant la synchronisation et les informations nécessaires, à l'aide de deux logiciels 3D XML et Visio.

2.2 Exemples :

✚ Produit 1 : MV BOX C01

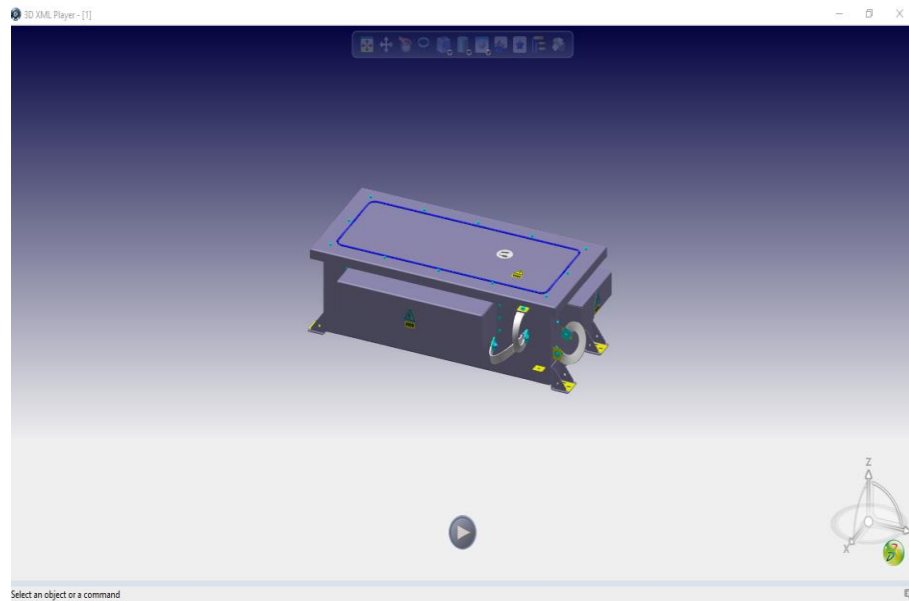


Image du produit en 3D prise du logiciel 3D XML

ALSTOM		NR0000708 878_MV CUBICLE		N° de référence de l'objet: DOC1000725807	
Operation	2D	Montage des équipements		Version	D
				Page	6/7

Vue de face

Vue de derrière

Description du flux de processus	ALSTOM processus	autre Processus	outil	sécurité
1. Monter les accessoires comme montré ci-dessus.				

ALSTOM NR00000769978 MV CUBICLE

Opérations: 20 ACHÈVEMENT DU FAISCEAU

Document: DOC1000725851
Version: 0
Page: 67

Vue de dessus

7 Num Appliquer SOCCOPAC

Description du flux de processus

Process	Autre processus	Outils	Securité
PAB3		Cle à molette	
		Cle Allen	

- Intégrer le faisceau de câbles à l'aide des Ty-Raps de câble, comme indiqué ci-dessus, en se référant aux bagues de couleur bleus et rouges.
- Utiliser les éléments de fixation ci-dessus.
- APPLIQUE SOCCOPAC 65H SUR TOUS LES ASSEMBLAGES VISSÉS EN ACIER DTR0000449519.

Quelques opérations de réalisation de MV BOX C01 décrites en Visio

Level	Tag Number	Qty	Unit	Part Identity	Part Number	Part Version	Part Maturity	Description	Drawing Id	Customer Doc	Master Data	Technical Data	MoB & Kit weight	Delmia data	Change	END
7																
8	3	1	P		NR00000788334	A	YES WORKING	EQUIPMENT								
9	4	4	P		DTR0009445001	A	YES USEABLE	WASHER CS S M6								
10	4	16	P		DTR0009907056	A	YES USEABLE	WASHER FLAT M M8								
11	4	48	P		DTR0009907105	A	YES USEABLE	WASHER FLAT L M6								
12	4	8	P		DTR0009907233	A	YES USEABLE	NUT H LOCK 2 SLOTS M8								
13	4	8	P		DTR0009907241	A	YES USEABLE	WASHER CS L M10								
14	4	52	P		DTR0009907293	A	YES USEABLE	WASHER CS M M6								
15	4	8	P		DTR0009907300	A	YES USEABLE	WASHER CS S M8								
16	4	4	P		DTR0009907636	A	YES USEABLE	SCREW HSC M6X20								
17	4	48	P		DTR0009908099	A	YES USEABLE	SCREW H M6X12								
18	4	4	P		DTR0009908101	A	YES USEABLE	SCREW H M6X20								
19	4	8	P		DTR0009908112	A	YES USEABLE	SCREW H M8X25								

Bom List de MVBOX

Produit 2 : LNVG EL4

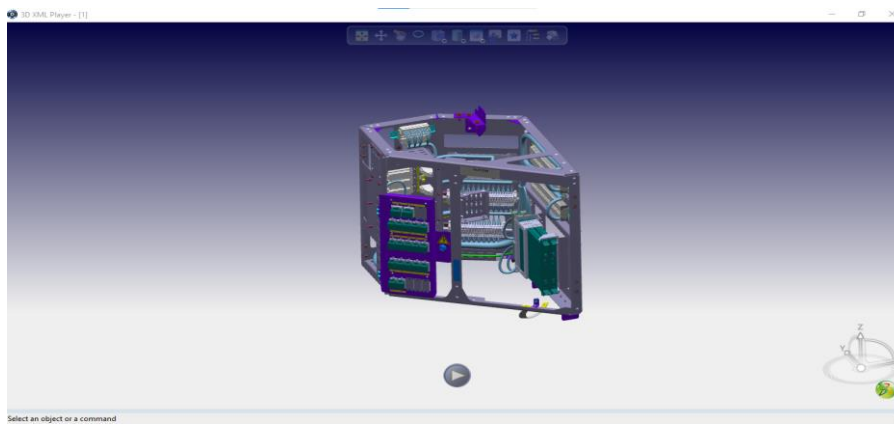


Image du produit en 3D prise du logiciel 3D XML

ALSTOM	NR0000657036_CUBICLE EL4	Work Instruction	DOC
Operation	10	Revision	D
EQUIPMENT MOUNTING AND HARNESS ROUTING		Page	15/40

DTR0000460600

PROCESS FLOW DESCRIPTION	Process Action	Other Process	Tools	Safety
1. Monter l'équipement comme montré ci-dessus				
2. Utiliser les éléments de fixation fournisseur (location sur ligne en jaune)				

ALSTOM	NR0000657036_CUBICLE EL4	Work Instruction	DOC
Operation	10	Revision	D
EQUIPMENT MOUNTING AND HARNESS ROUTING		Page	10/40

PROCESS FLOW DESCRIPTION	Process Action	Other Process	Tools	Safety
1. NETTOYER ET DÉGRASSER LA SURFACE AVANT DE COLLER L'ÉTIQUETTE EN UTILISANT LE DTR0000346540, LOCTITE 7063				

Quelques opérations de réalisation de EL4 décrites en Visio

Level	Tag Number	Qty	Unit	Part Identity	Part Number	Part Version	Part Material	Part_Maturity	Description	Description_FR
3		1	P		NR00000778258	A		YES WORKING	CABLE ROUTING CLASS C	NULL
4		1	P		NR00000776859	A		YES WORKING	CABLING -	CABLAGE -
4		1	P		NR00000782368	A		YES WORKING	EQUIPPED HARNESS CLASS C	HARNAIS EQUIPE CLASS C
5		1			AN00002654875	B	2	YES RELEASED	HARNESS LABELS MEDIUM SIZE	ETIQUETTES FAISCEAU TAILLE MOYE
6	1	2	P		DTR0000002765	A		YES USEABLE	MRT.H. 8.46/0.64/(3/1)/NFF00-608	MRT.H. 8.46/0.64/(3/1)/NFF00-608
5		1	P		DTR0000036901	A		YES USEABLE	CABLE TIE A 2.5/100/1.6-20/M/8/N	COLLIER A 2.5/100/1.6-20/M/8/N
5		1	P		DTR0000036903	A		YES USEABLE	CABLE TIE A 3.4/200/1.6-50/M/13.5	COLLIER A 3.4/200/1.6-50/M/13.5/N
5		1.5	/		DTR0000036904	A		YES USEABLE	CABLE TIE A 7.6/385/5-105/M/53.5	COLLIER A 7.6/385/5-105/M/53.5/N
5		1	P		DTR0000036905	A		YES USEABLE	CABLE TIE A 4.6/200/1.6-50/M/22.5	COLLIER A 4.6/200/1.6-50/M/22.5/N
5		1	P		NR00000782370	A		YES WORKING	PH H_A00+EL4CC_001	PH H_A00+EL4CC_001
5		1	P		NR00000850924	A		YES WORKING	LABLE CLASS	

BOM liste du produit LCNG EL4

Durant notre période de stage PFE au sein de l'entreprise ALSTOM Cabliance on était consciente de faire des actions en parallèle de notre PFE qui se présentent en L'amélioration des fiches d'instructions des quelques armoires électriques qui décrivent les étapes successives et nécessaire pour produire ces armoires, et après le reçois du fichier 3D XML du produit EL4, on a visité le terrain où on a eu l'occasion de discuter avec l'opératrice chargée de la réalisation de ce produit et avec un ingénieur de l'équipe PME, et on a pu arriver à constater des problèmes concernant ce produit qui se manifestent principalement en :

- Le collage des labels
- La méthode de travail

TROISIÈME CHAPITRE :

Contexte du Projet

1. Les acteurs du projet :

✦ Maître d'œuvre :

La faculté des sciences et techniques de Fès « FSTF », filière conception et analyse mécanique « CAM », présenté par Doha CHAFIK et Lamiae BEN MOUSSA en tant qu'étudiantes en troisième année cycle licence, encadré par :

- Encadrant de la FST : Mr. Jalil ABOUCHITA
- Encadrante d'Alstom : Mme. Soukaina EL BOUKILI

✦ Maître d'ouvrage :

La société ALSTOM FEZ dédiée à la production des faisceaux de câbles et des armoires électriques.

- Le département méthode représenté par : Mr. Mohamed MADDAH

2. Contexte pédagogique :

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études qui est indispensable pour la validation de la formation acquise à la faculté des sciences et techniques de Fès « FSTF » pour l'obtention du diplôme de licence sciences et techniques.

3. Cahier de charge :

3.1 Analyse fonctionnelle :

3.1.1 Diagramme de bête à corne :

Un diagramme bête à corne est un outil utilisé pour l'analyse fonctionnelle du besoin. C'est un schéma qui démontre si le produit est utile pour l'utilisateur, s'il répond à ses besoins. En effet, les questions que nous devons nous poser sont comme suit :

- A qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Pourquoi faire ?

Le diagramme bête-à-corne suivant représente une réponse à ces questions :

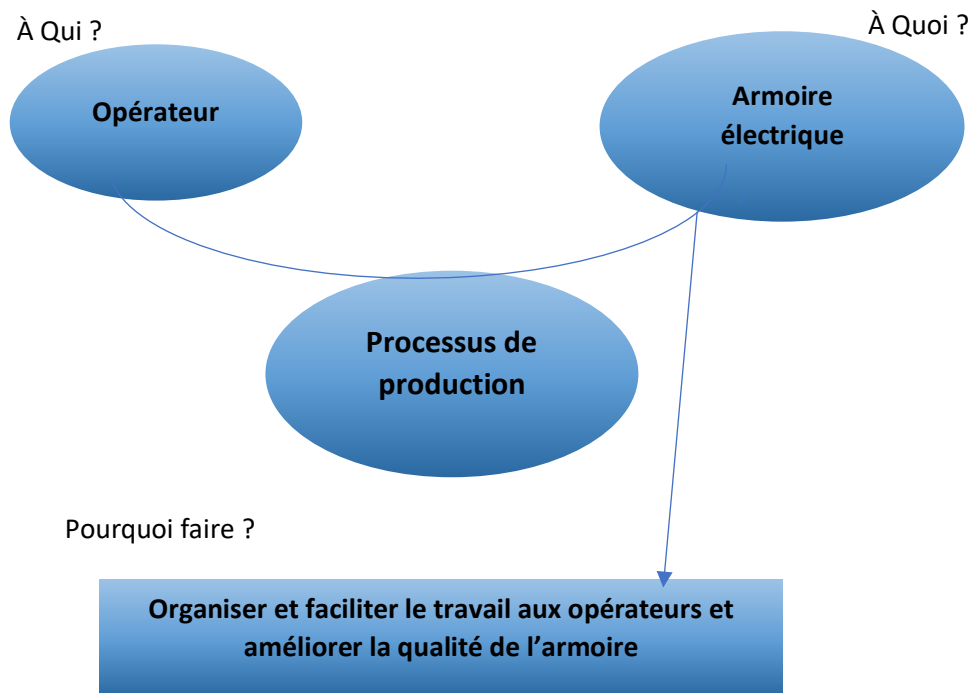


Figure 23 : Diagramme bête à cornes

3.1.2 Diagramme pieuvre :

Le diagramme pieuvre ou graphe des interactions est un schéma qui représente la relation entre un produit/service et son environnement. Le diagramme pieuvre permet de représenter les fonctions de service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec le milieu extérieur. Il est utilisé lors de l'analyse fonctionnelle. Les fonctions sont notées ci-dessous :

- Fonction principale (FP) : L'objectif premier d'un objet.
- Fonction de contrainte (FC 1, 2,3...) : Ce sont les objectifs que doit remplir l'objet par ordre de priorité.

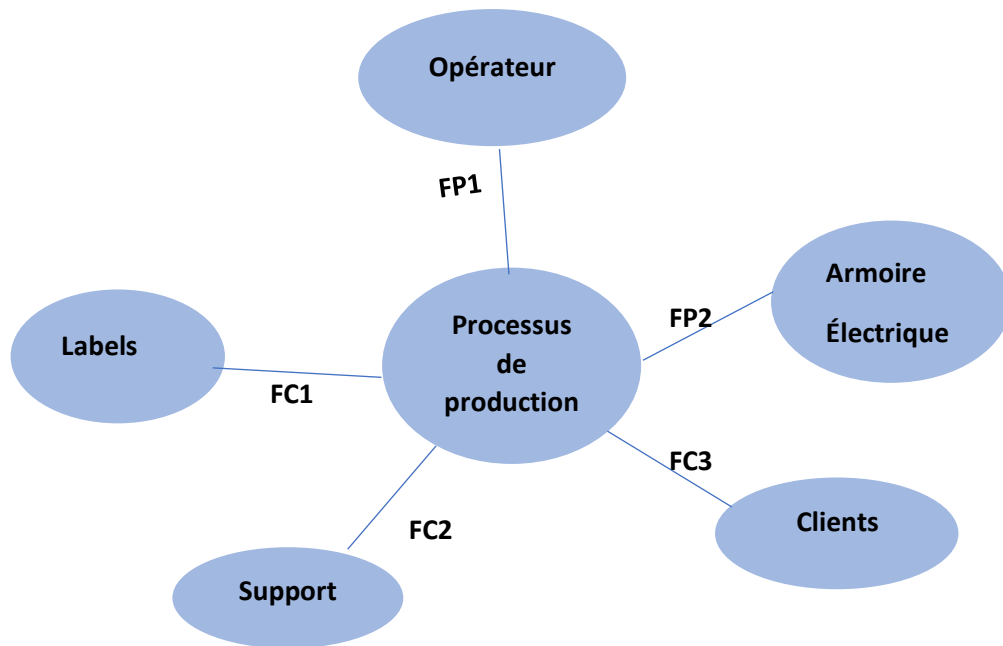


Figure 24 : Diagramme pieuvre

FP1	Diriger l'opérateur
FP2	Fabrication du produit
FC1	Installation des labels
FC2	Supporter le poids de l'armoire lors de la phase de production
FC3	Satisfaire les exigences du client

Tableau 2 : Fonctions

3.1.3 Diagramme SADT :

La méthode SADT est une méthode graphique qui part du général pour aller vers les détails. La méthode, appliquée industriellement, est un outil de communication entre des personnes d'origines différentes. Il permet la description dans un langage commun des flux de matière et d'énergie transitant à travers le système.

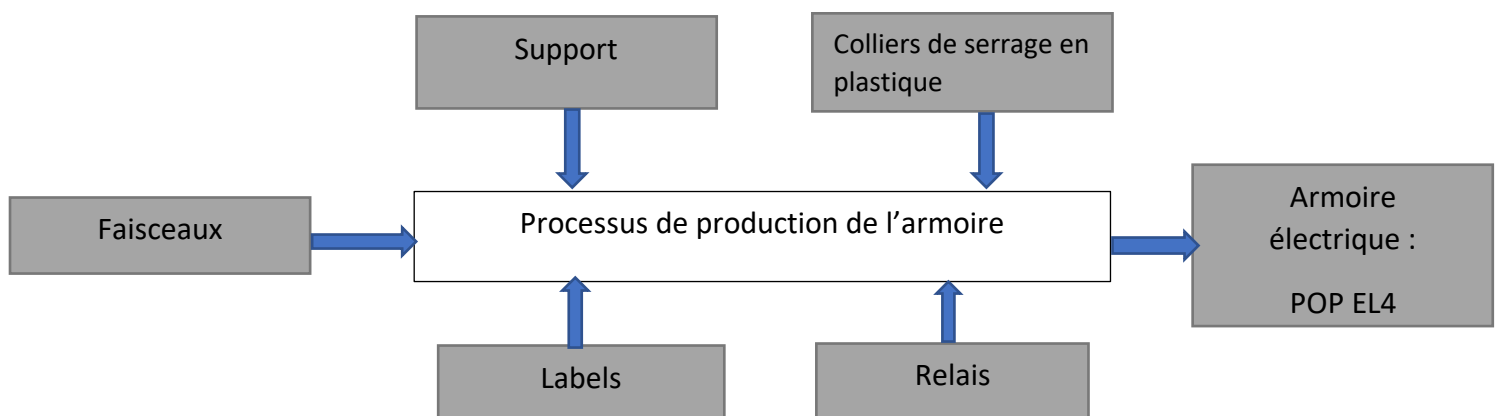


Figure 25 : Diagramme S.A.D.T

QUATRIÈME CHAPITRE :

Proposition et mise en place des améliorations (Méthode PDCA)

Le cycle PDCA ou la roue de Deming est une stratégie de résolution de problèmes interactives qui consiste à améliorer les processus et à mettre en œuvre les changements. Le cycle PDCA est une méthode d'amélioration continue, c'est une technique qui se constitue de quatre phases 'Planifier, Réaliser, Contrôler et Agir' qui servent à identifier, analyser et résoudre les problèmes dans une entreprise, étant basé sur l'amélioration continue.



Figure 26 : Roue de Deming

1. Plan/ Planifier :

Pour toute amélioration de processus, la première étape consiste à Identifier la situation, faire l'analyse du ou des problèmes rencontrés, à rechercher les solutions possibles puis à sélectionner celles qui semblent les plus adaptées.

1.1 Méthode QQQQCP :

Cette méthode consiste à poser un questionnement systématique pour collecter toutes les données nécessaires afin de dresser un état des lieux de l'existant dans le but d'identifier la vraie nature du problème.

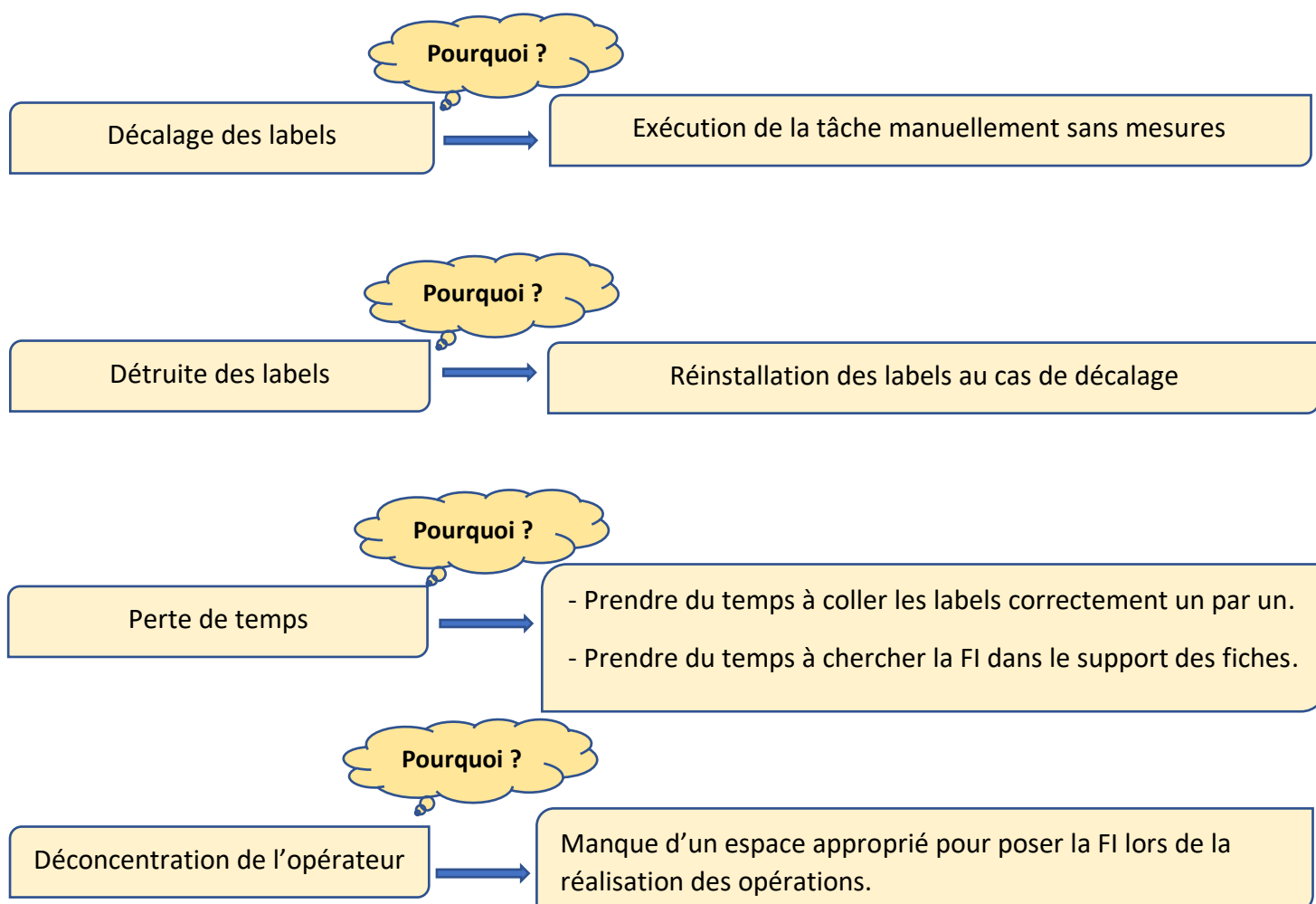
Q : Qui est concerné par le problème ?	Opérateur
Q : C'est quoi le problème ?	-Décalage au niveau des labels lors du collage. -Support mal adaptatif
O : Où apparaît le problème ?	Armoire électrique : POP EL4
Q : Quand apparaît le problème ?	Phase de production/Intégration

C : Comment résoudre le problème ?	-Conception d'un gabarit (outil mécanique). -Reconception de support.
P : Pourquoi on doit résoudre le problème ?	-Faciliter et organiser le travail -Améliorer la qualité du produit -Gagner la satisfaction du client -Augmenter l'efficience

Tableau 3 : La méthode QQQCP

1.2 Méthode des 5P :

Cette méthode est une méthode pratique de résolution de problèmes permettant de remonter à la cause initiale d'un phénomène constaté sans se limiter à la première explication proposée. Il s'agit de bien identifier et ainsi résoudre la véritable cause du problème afin d'éviter qu'il ne se reproduise.



1.3 Diagramme de Gantt :

Le diagramme de Gantt est un outil de gestion de projet qui permet de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet, il permet de présenter graphiquement l'avancement du projet.

Cet outil répond à deux objectifs : planifier de façon optimale et communiquer sur le planning établi et les choix qu'il impose.

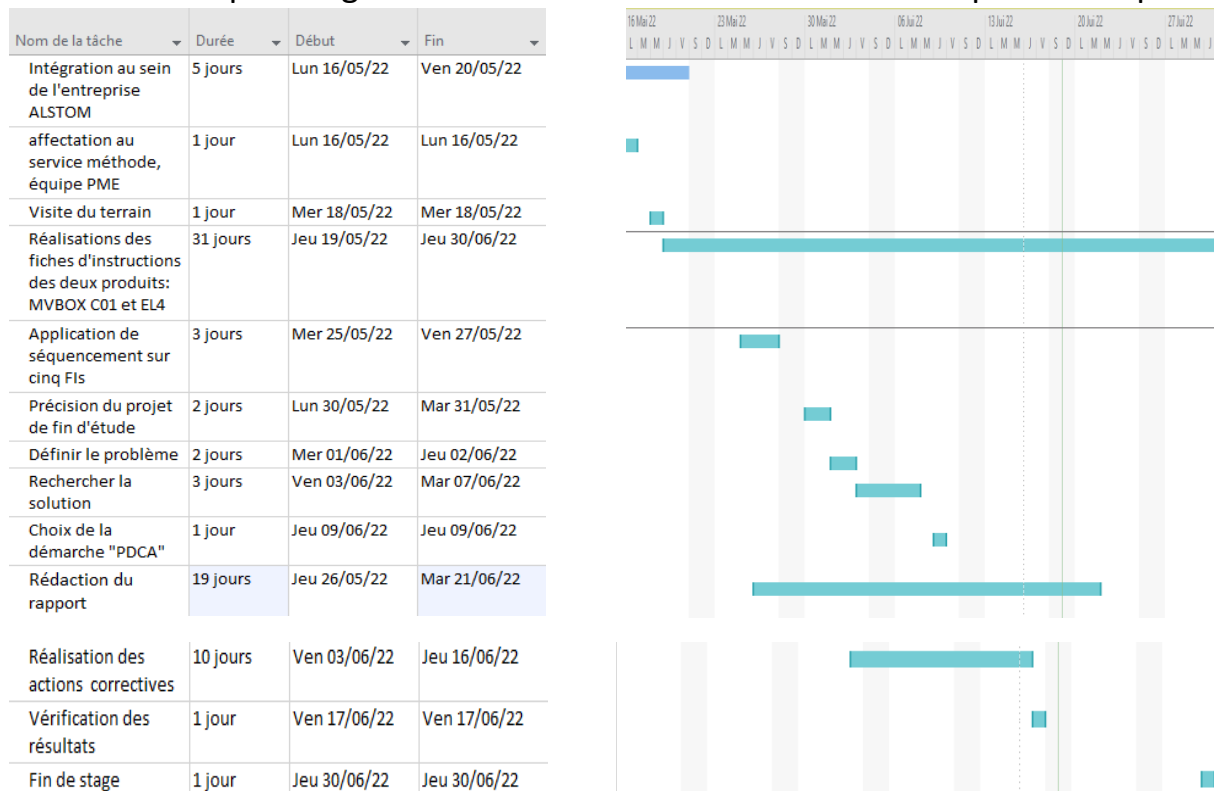


Figure 27 : Diagramme de Gantt réalisé avec le logiciel Project

2. Do/ Réaliser :

Cette phase du cycle PCDA a pour objectif il de suivre le planning et exécuter les tâches définies afin d'implémenter les solutions retenues. Cette étape est en quelque sorte une phase de test de la solution retenue pour répondre au problème identifié lors de la phase plan.

🚧 Identification des actions correctives :

- **Conception d'un outil mécanique aide au collage des labels « GABARIT ».**
- **Reconception du support des armoires électriques.**

2.1 Conception d'un GABARIT :

Vue que les opérateurs trouvent une difficulté à coller les labels correctement ce qui impacte parfois négativement sur la qualité du produit. On a pensé à faire la conception d'un outil mécanique s'appelle GABARIT en utilisant le logiciel **Catia v5** qui va aider à l'installation des labels qui indiquent la désignation de chaque composant constitue l'armoire électrique.

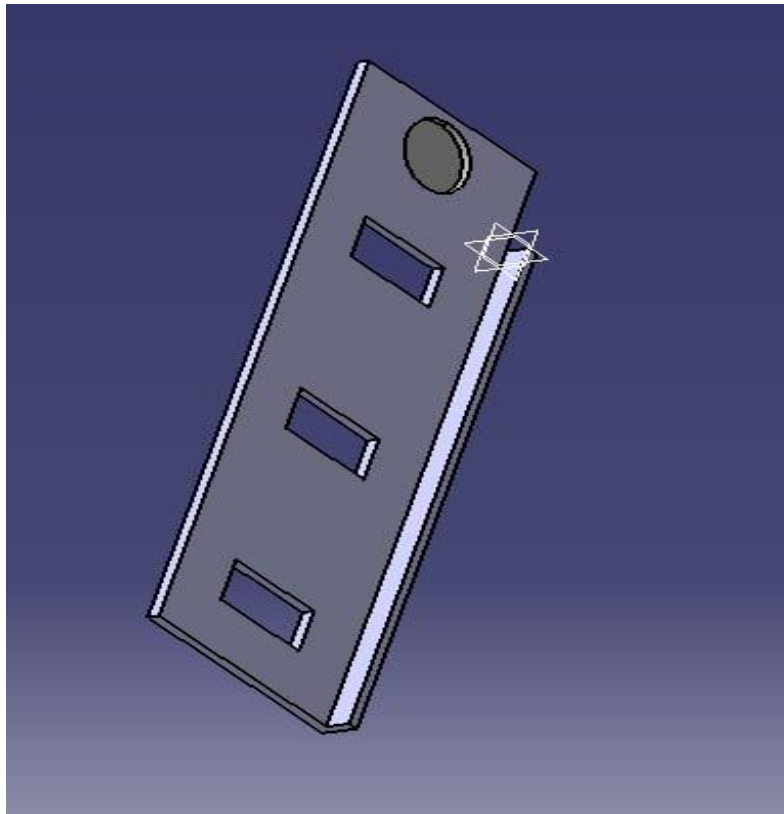


Figure 28 : Dessin 3D du GABARIT

Après avoir prendre les mesures nécessaires pour la conception de cet outil en Catia, on s'est arrivé au model ci-dessus. Où on a choisi de faire une plaque qui porte des rainures dont on peut poser les labels en respectant les distances entre une label et autre pour les coller centrés et sans décalage, et comme élément de fixation on a choisi d'ajouter un aimant sous forme d'un petit disque plus un pliage de la tôle qui va se poser dans le côté où on monte les connecteurs.

Cet outil comme il est applicable au produit POP EL4 pour le but de coller les labels, il peut être par la suite appliquer sur autres types d'étiquettes comme celles utilisées dans les armoires électriques du projet CFL.

2.2 Reconception du support d'armoire électrique :

Après notre visite au terrain et plus exactement à la zone d'intégration des armoires électriques on a constaté que les supports des armoires ont besoin d'une amélioration ou plutôt d'une reconception pour les rendre plus adaptatifs et fonctionnels.

Cette amélioration se manifeste en l'ajout d'un support des fiches d'instructions rassemble à un pupitre qui va aider les opérateurs à travailler d'une manière plus flexible et organisée.

Cette partie ajoutée au support va être réalisée d'une façon que l'opérateur peut poser la FI, l'ouvrir et tourner les pages sans aucun problème, et qu'il arrive à lire les instructions facilement et clairement à fin qu'il se trouve dans un état de travail confort.

3. Check /Contrôler, Vérifier :

Après avoir mettre en œuvre les actions correctives mentionnées dans l'étape **Do**, on est invitée dans cette étape à vérifier l'efficacité des améliorations menées, évaluer les résultats obtenus et les comparer par rapport les objectifs définis à l'étape 1.

3.1 Comparaison entre L'état initial et l'état final :

✓ **Action 1 :**

En commençant par la première amélioration concernant le collage des labels, le **GABARIT** permet de positionner les labels autocollants d'une façon organisée et précise qui permet une bonne lisibilité des composants constituant l'armoire électrique dans un temps réduit ce qui rend la tâche plus simple et flexible.

Par contre avant cette amélioration, les opérateurs ont été besoin de prendre plus de temps pour exécuter cette tâche manuellement et il y avait un risque de coller les labels d'une façon décaler ce qui ne va pas être accepter par les gens de service qualité lors du contrôle et dans ce cas les opérateurs vont être obligé de refaire le travail à nouveau donc ils vont perdre plus de temps et même cela peut causer la détruite d'un label ou plus.



✓ **Action 2 :**

Pour la deuxième action qui concerne l'amélioration du **support**, l'ajout d'un pupitre des FIs va aider les opérateurs à exécuter leurs tâches d'une façon organisée, puisqu'ils vont avoir la possibilité de poser la FI dans le pupitre et lire les instructions facilement, de la garder dans un bon état et près de produit qui est en cours de réalisation ce qui vas sûrement permettre de gagner plus de temps avec moins d'effort et alors augmenter l'efficacité.

Contrairement, dans le cas normal (avant la reconception du support) les opérateurs, avant de commencer leur travail, ont été besoin d'aller chercher la FI, alors ils perdent plus de temps ce qui impacte négativement sur l'efficacité de produit, ainsi qu'ils se retrouvent malaise à lire les construction encours de la phase d'intégration ce qui peut les rendre mal concentré et alors commetre des erreurs.

4. **Act/Agir :**

Après la phase de contrôle, l'amélioration est nécessaire pour maintenir et évoluer le déploiement de l'amélioration du processus et l'extension de la solution sur l'ensemble des services de l'entreprise. Or, s'il existe des déviations entre les résultats attendus et ceux obtenus, un axe d'amélioration est poursuivi et de nouveaux points d'intervention sont suggérés qui permet de revenir vers la phase de départ « Plan » ce qui rend la méthode PDCA une boucle fermée.

D'après les résultats obtenus dans la phase **Check**, on peut confirmer que les améliorations proposées pour améliorer le processus de production de notre produit POP EL4 sont efficaces et fonctionnelles et peuvent être appliquées sur d'autres produits (Armoires électriques) de d'autres projets.

La conception d'un GABARIT aidera à l'installation des étiquettes (plus précisément collage des labels) qui est parmi les principales phases de la réalisation des armoires électriques, ce qui va influencer positivement sur la qualité du produit et en même temps sur l'efficacité.

L'ajout d'un pupitre des fiches d'instructions au support des armoires électriques aidera l'opérateur à exécuter ses tâches d'une façon flexible et organisée, dans un intervalle de temps réduit.

Finalement on peut confirmer que l'implantation de ces améliorations nous vont permettre d'atteindre l'objectif souhaité et vont nous aider à la résolution des problèmes détectés.

Conclusion générale

Le projet de fin d'étude que nous avons choisi concerne l'amélioration du processus de production de POP EL4 'Armoire électrique' avec implémentation d'un équipement mécanique.

Pour satisfaire la problématique de ce projet, nous avons utilisé la méthode **PDCA**, qui permet de donner une ligne conductrice à toute résolution de problème.

Dans la phase **Plan** nous avons identifié et analysé le problème auquel nous sommes confrontés, à rechercher les solutions possibles puis à sélectionner celles qui semblent les plus adaptées.

A la phase **Do** nous avons identifié les actions correctives qui est représenté à la conception d'un gabarit ce qui facilitera le collage des labels. Et d'autres côté nous avons également pensé à la reconception de support des armoires électriques en ajoutant un pupitre des fiches d'instruction.

Lors de la phase **Check** nous avons fait une comparaison entre avant et après les améliorations choisies (gabarit et pupitre) pour vérifier leur efficacité.

Pour la phase **Act** nous avons montré que les pistes d'amélioration proposées sont efficaces et Performantes, et que notre objectif est atteint.

Finalement, les améliorations que nous avons adoptées au niveau de processus de production du POP EL4 ont été appréciées par l'entreprise, et ils nous ont permettent d'accomplir l'objectif prévue et résoudre les problèmes détectés grâce à une étude profonde effectuée avec la démarche PDCA de lean manufacturing durant la période de stage.

Webographie

- <https://memoirepfe.fst-usmba.ac.ma>
- <https://izi-by-edf.fr/blog/bornier-fonctionnement>
- <https://educalingo.com/fr/dic-fr/connecteur>
- <https://blog.materielectrique.com/disjoncteur-tag/gaine-electrique>
- <https://www.cnrtl.fr/definition/s%C3%A9quencement>
- <https://www.heflo.com/fr/blog/gestion-dentreprise/cycle-pdca>
- <https://asana.com/fr/resources/pdca-cycle>
- <https://www.bricolage-facile.net/denuder-un-fil-electrique>
- <https://chef-de-projet.fr/pdca>
- <https://www.piloter.org/qualite/cinq-pourquoi.htm>

Bibliographie

- Documents d'ALSTOM
- Rapports d'inspiration