

Licence Sciences et Techniques (LST)
Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité
« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Amélioration de la production dans la ligne de câbles de
bicyclettes électriques « POWER TUBE BATTERY »**

Présenté par :

◆ **LAYOUNI Farid**

Encadré par :

◆ **Pr. RAKASS Souad**

◆ **Pr. MEKKAOUI Hafida**

Soutenu, Le 10 juillet 2021 devant le jury composé de:

- **Pr. RAKASS Souad**
- **Pr. BOUKIR Abdellatif**
- **Pr. CHAKROUNE Said**

كلية العلوم والتقنيات فاس
+04ΣΠ0+ | +C0000|Σ| ^ +0|ΣΧΣ+Σ|
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+00Λ0ΠΣ+ 0ΣΛΣ C8ΛCC0Λ Θ| ΗΘΛ8Μ|0Φ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Stage effectué à **PRETTL AUTOMOTIVE TANGER**

Année Universitaire 2020 / 2021

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

✉ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

🌐 Site web : <http://www.fst-usmba.ac.ma>

Dédicace

Nous sommes passagers de nos existences et de celles des
autres Anonyme

Je dédie ce travail à ceux qui m'ont appris les leçons les plus
précieuses de la vie.

Une dédicace spéciale à mes parents pour leur soutien et
support, nos sœurs et chère famille.

À nos ami(e)s à la FSTF et tous ceux, qui m'ont aimé et
soutenu inconditionnellement

Remerciements

A l'achèvement de ce travail, j'aimerais consacrer quelques-unes de ces lignes pour exprimer ma gratitude à tous ceux qui m'ont aidé et soutien.

Je remercie Pr **Souad RAKASS** et Mme **Hafida MAKKAOUI**, mes encadrantes de stage qui m'ont formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience et de pédagogie.

Enfin, je remercie l'équipe du département de qualité, **Khadija, Houria, Zohra, Youness, Bassma & Abderrahim** pour les conseils qu'ils ont pu me prodiguer au cours de ce stage.

Nos vifs remerciements vont à l'ensemble du personnel de l'entreprise pour leur hospitalité, et leur implication dans la réalisation de ce projet, notamment l'équipe de la ligne Tube batterie qui n'ont épargné aucun effort pour m'aider et m'encourager.

Résumé

Mon projet de fin d'étude a été réalisé au sein de la société **PRETTL automotive** Morocco, le but principal de ce travail était l'amélioration de la productivité dans la ligne de production des câbles de bicyclettes électriques par la recherche des causes principales des arrêts répétitifs des machines qui composent cette ligne. L'application de la démarche **DMAIC** qui est une méthode de résolution des problèmes, nous a permis d'identifier à l'aide de l'application du diagramme d'Ishikawa et la méthode des '5 pourquoi' les machines qui tombent en pannes. Des actions d'amélioratives ont été proposées pour accélérer la production des câbles dans la ligne. Comme l'utilisation des pins en inox au lieu des pins en cuivre pour éviter l'endommagement des électrodes de la machine de soudage qui cause la panne de cette dernière. Et aussi l'augmentation de la température de séchage de polyuréthane a été proposée pour éviter le décalage entre les machines de la ligne et par la suite l'augmentation de la productivité dans la ligne de production des câbles power tube batterie.

ABSTRACT

The project of my end study was carried out within the company PRETTL automotive Morocco, The main thrust of this work was the improvement of productivity in the production line of electric bicycle cables by investigating the main causes of repetitive stoppages of the machines that make up this line. The application of the DMAIC approach, which is a problem-solving method, allows us to identify with the help of the application of the diagram of Ishikawa and the method of 5 why the machines that fall into failure and propose improvement actions that serve to accelerate the production of cables in the line as the use of stainless pins instead copper pins to prevent damage to the electrodes of the welding machine that causes the penne of the machine , and the increase in the temperature of polyurethane drying which will avoid the shift between the machines and subsequently the increase in productivity in the production line of power tube battery cables

Table de matières

Dédicace	I
Remerciements	II
Résumé	III
Abstract	IV
Table de matières	V
Liste de figures	VII
Liste de tableaux.....	VIII
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil.....	2
1. Présentation du groupe PRETTL	3
2. Prettl automotive Morocco (PAM)	4
3. Signalétique de Prettl Tanger.....	5
4. Evolution de nouveaux projets de PAM	6
5. Les clients et produits de PAM.....	6
5.1. Les Clients de PAM.....	6
5.2. Les Produits de PAM.....	7
6. Présentation des différents départements de PAM	8
6.1 .Département qualité.....	8
6.2. Département ressources humaines.....	8
6.3. Département logistique.....	8
6.4. Département finance.....	8
6.5 .Département production	9
6.6. Département ingénierie.....	9
7. L'organigramme de la société PAM	9
Chapitre II : la problématique et le processus de production des câbles PTB.....	10
1. Présentation de la problématique	11
2. Description des câbles power tube batterie.....	11
3. Le Processus de production des câbles power tube batterie	12

3.1. Coupe des fils	12
3.2. Insertion des fils.....	13
3.3. Soudage des fils	14
3.4. Contrôle de soudage	16
3.5. Machine de rempotage (injection de polyuréthane)	17
3.5.1. Description.....	17
3.5.2. Réaction mise en place.....	18
3.5.3. Caractères typiques de la réaction.....	18
3.5.4. Potting	19
3.6. Test électrique.....	20
3.7. Contrôle finale de produit.....	21
Chapitre III : La démarche DMAIC et ses différentes étapes	24
1. Définition de la démarche DMAIC	25
2. Différentes étapes de la démarche DMAIC	25
Chapitre IV : Résultats et Discussions	28
1. Application de la Démarche DMAIC.....	29
1.1. Étape de définition.....	29
1.2. Étape de mesure.....	29
1.3. Étape d'analyse.....	31
1.3.1. Analyse au niveau de la machine de soudage.....	31
1.3.1.1. Application de la méthode de 5 pourquoi	31
1.3.1.2. Application du Diagramme Ishikawa.....	31
1.3.2 Analyse au niveau de la machine de moulage/injection.	33
1.4. Étape d'amélioration.....	33
1.4.1. Actions d'amélioration au niveau de la machine de soudage.	33
1.4.2.Actions d'amélioration au niveau de la machine d'injection de polyuréthane.	34
Conclusion générale et perspectives.....	35
Références bibliographiques.....	36

Liste de figures

Figure 1 : Différents segments de PREETL groupe.....	3
Figure 2 : Locaux de l'entreprise prettl dans le monde	4
Figure 3: Localisation de la société PAM	5
Figure 4 : Evolution de nouveaux projets de PAM.....	6
Figure 5 : Majeurs clients de l'entreprise	7
Figure 6 : Majeurs produits de PAM.....	7
Figure 7 : Organigramme de la société PAM.....	9
Figure 8 : Position du câble PTB dans la bicyclette.....	11
Figure 9 : Description du produit power tube battery	12
Figure 10 : Machine de coupe KOMAX	13
Figure 11 : Machine d'insertions des fils.....	13
Figure 12 : Processus d'insertion des fils dans les connecteurs.....	14
Figure 13: Machine de soudage	15
Figure 14 : Processus de soudage des fils	16
Figure 15 : Poste de contrôle de soudage	16
Figure 16 : Produits chimiques de la machine d'injection.....	17
Figure 17 : Ecran de contrôle de la machine d'injection	18
Figure 18 : Gabarit des câbles	19
Figure 19 : Injection de la mousse de polyuréthane (Potting) dans les connecteurs.....	20
Figure 20 : Produit fini de la machine d'injection	20
Figure 21 : Poste de test électrique.....	21
Figure 22 : Poste de contrôle finale de produit	22
Figure 23 : Description de la démarche DMAIC	26
Figure 25 : Présentation graphique du temps d'arrêts par chaque poste.....	30
Figure 24 : Application du diagramme d'Ishikawa.....	32
Figure 26 : Réaction de formation de Polyuréthane.....	34

Liste de tableaux

Tableau 1 : Tableau signalétique de PAM	5
Tableau 2 : Caractères de la réaction de polymérisation.....	18
Tableau 3 : Application de la technique QQQCCP.....	29

Introduction générale

Le câblage automobile est désormais, l'un des plus importantes filières dans l'industrie marocaine, ceci se concrète par l'augmentation remarquable et rapide des multinationales qui se plantent au Maroc.

Pour tous les constructeurs automobiles, le câblage est un élément important pour l'assemblage des véhicules. La conception de fils et de câbles automobiles concentre des savoir-faire en métallurgie, chimie et électricité [1].

PRETTL groupe est parmi les premières entreprises mondiales en termes de câblage, et pour assurer un rendement optimal de l'entreprise, elle possède tout une équipe de personnes qualifiées dans le domaine, ainsi qu'une série de machines automatisées pour exécuter des tâches bien définies.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le sujet sur lequel j'ai travaillé pendant ma période de stage, et qui a pour but l'amélioration de la productivité dans la ligne de production des câbles des bicyclettes électriques power tube batteries, tout en proposant des actions préventives qui vont améliorer la production.

Ce rapport se compose de 4 chapitres, le première chapitre qui est une présentation de l'organisme d'accueil, le deuxième chapitre contient la présentation de la problématique et le processus de production des câbles power tube batterie, le troisième chapitre contient la définition de la démarche **DMAIC** et ses différentes étapes et le quatrième chapitre contient la discussion des résultats.

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil

PRETTL AUTOMOTIVE MOROCCO



Ce chapitre comporte une présentation de la société **PREETL** et sa filiale au Maroc nommé **PAM** (PREETL AUTOMOTIVE MAROC), en citant son historique, ses clients, ses produits et ses départements.

1. Présentation du groupe PREETL

Prettl Productions Holding GmbH est un groupe allemand, actif dans les cinq segments suivants : l'automotive industrie, énergie, électronique, systèmes et stratégies build-up (Figure 1).

C'est société internationale agissant avec plus de 9.500 collaborateurs. Ceux- ci travaillent sur plus que 35 positions dans plus de 25 pays aux sociétés parfaitement indépendantes. Et ils continuent à propulser le groupe en avant et pour un meilleur avenir aussi [2].

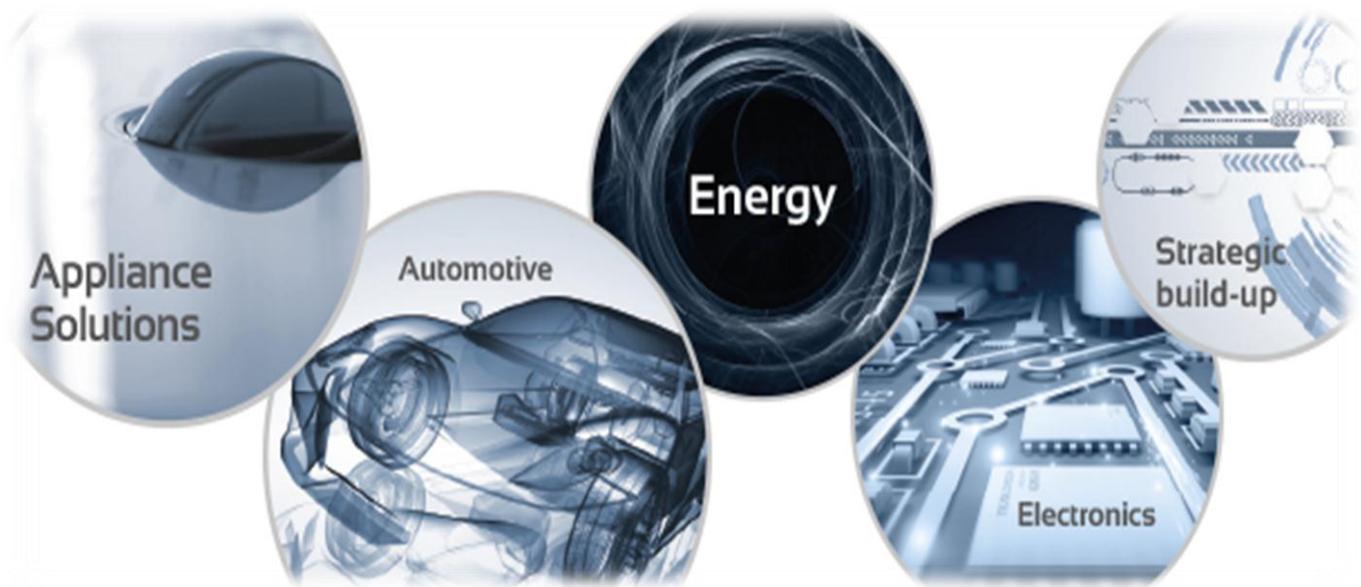


Figure 1: Les différents segments de PREETL groupe

Les **33 locations** de **PPETTL group** sont distribuées dans le monde comme il est indiqué dans la (Figure2).

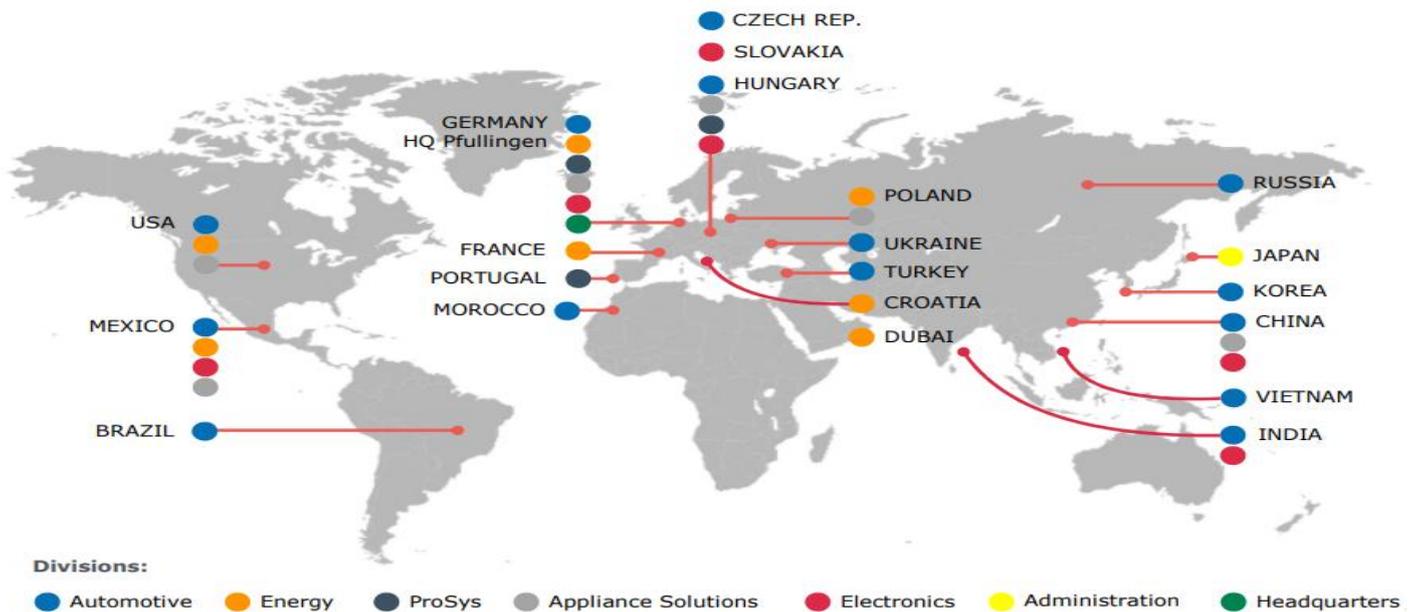


Figure 2 : Les locaux de l'entreprise prettl dans le monde

1. Prettl automotive Morocco (PAM)

PRETTTL automotive Morocco est une filiale de PRETTTL implantée à Tanger depuis juillet 2008, spécialisée dans la fabrication des faisceaux électriques pour automobile [2].

Le choix de la ville de Tanger, n'était pas un choix aléatoire, par contre il était légitimé par plusieurs raisons dont les principales sont :

- La proximité avec le continent Européen : Tanger étant située à 13 Km de l'Espagne.
- La fréquence des liaisons et correspondances maritimes.

- L'existence d'un aéroport international et d'un port Tanger Med (le plus grand port en Afrique).
- La vocation même de la ville : 2-ème ville industrielle du pays.
- Une culture ouverte et internationale : depuis longtemps, la ville a été considérée comme zone internationale justifiant la multiplicité des usages linguistiques : Arabe, Espagnol, Français et Anglais.
- Une abondance de main-d'œuvre régionale d'un bon niveau d'instruction (La moyenne



Figure 3: Localisation de la société PAM

d'instruction académique d'un opérateur se situe autour du niveau du baccalauréat)

2. Signalétique de Prettl Tanger

La signalétique de la société PAM est représentée dans le tableau 1 suivant

Tableau 1 : Tableau signalétique de PAM [2]

Raison sociale	Prettl Automotive Morocco
Sigle commercial	P. A. M.
Forme juridique	S. A. R. L.
Activité	Confection du faisceau de câbles pour automobile
Siège social	Automotive City, Lot N°170, Commune De Jouamaa, _province Fahd Anjar - Tanger-Médina (AR)

Superficie	8600 m2
Surface de production	7100 m2
Capital Investissement immobilier	100.000 000 Euro 4 000 000 Euro
Date de création	Janvier 2018
Marché d'exploitation	Allemand
Temps de travail	2/3 Shifts 44 hrs/semaine
Effectif total	740 personnes
Actionnaires	PRETTL
N° Identification Fiscale	40178120
Téléphone	+212 661 852 267

3. Evolution de nouveaux projets de PAM

PRETTL fait partie des leaders dans le domaine du câblage automobile. En effet son nombre de nouveaux projet augmenté de 2 projets en 2014 à 9 projets en 2019 [2] (Figure 4).

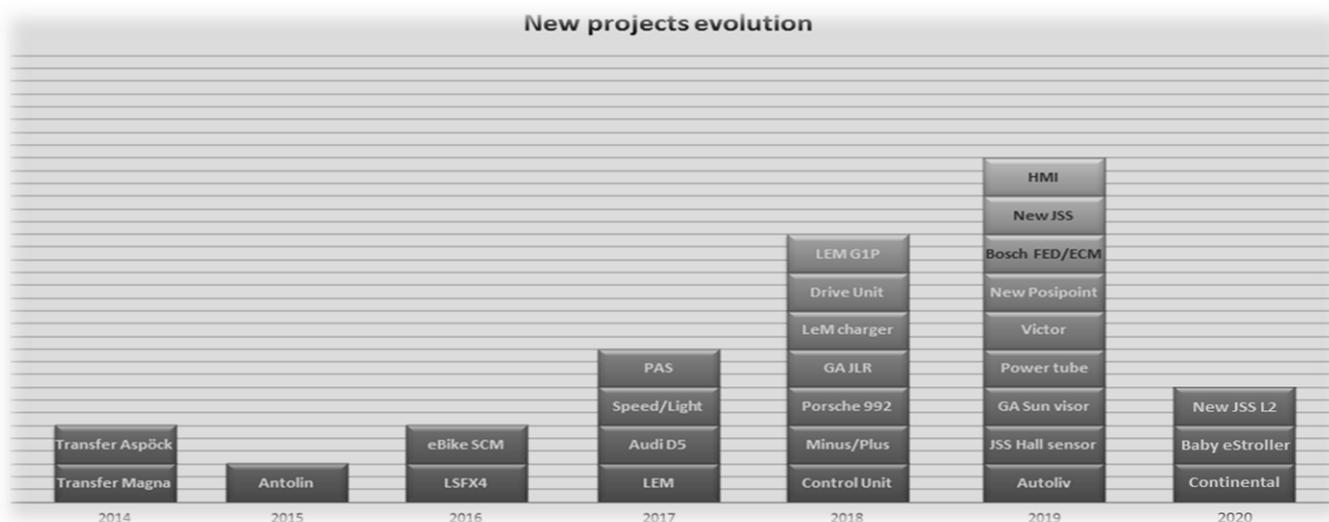


Figure 4 : Evolution de nouveaux projets de PAM

4. Les clientes et les produits de PAM

1.1 Les clients de PAM

Vu son bon rapport de Qualité/ Prix, PRETTL fait partie des leaders dans le domaine du câblage automobile. Parmi ses clients, on trouve des sociétés de bonne réputation, telles que la grande multinationale allemande société **BOSCH** [2] (Figure 5).

MAIN CUSTOMERS



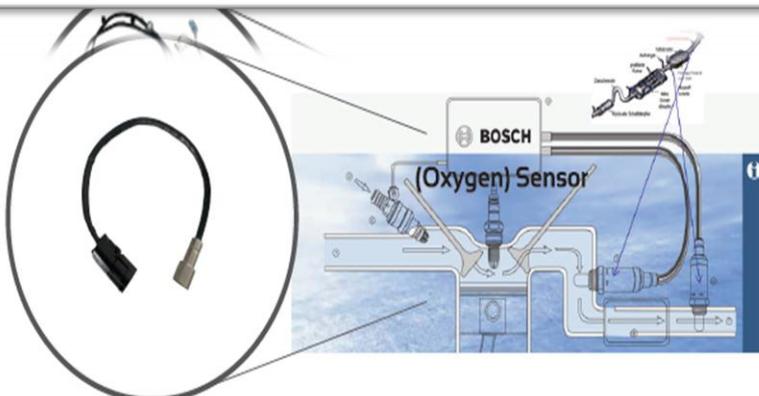
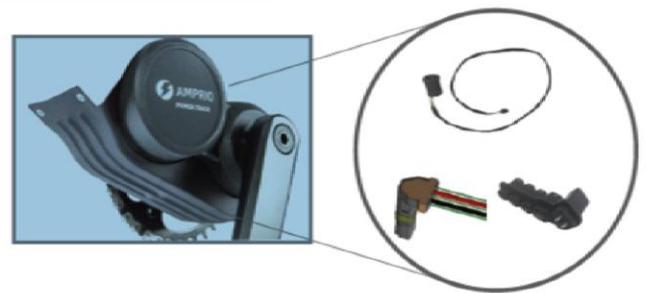
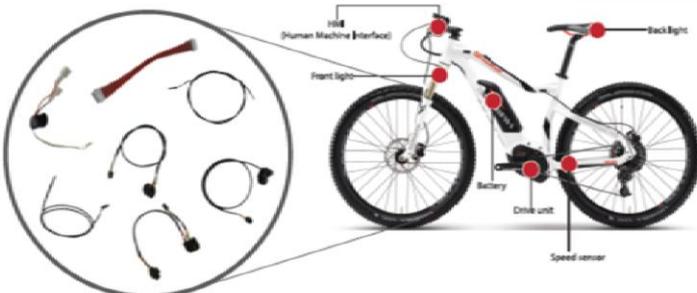
MAIN PRODUCTS

Figure 5 : Les majeurs clients de l'entreprise

1.2 Les produits de PAM

La société PAM produit beaucoup de produits selon la nature de projet, on trouve par exemple, les câbles des ceintures de sécurité, des câbles des connecteurs de l'unité motrice des bicyclettes électriques et des lampes de signal pour les camions comme il est indiqué dans

MAIN PRODUCTS



la Figure 6.

5. Présentation des différents départements de PAM

Pour assurer un rendement optimal de l'entreprise, **PRETTL** automotive Morocco possède tout une équipe de personnes qualifiées dans le domaine [2].

1.1 Département qualité

Le département qualité permet de contrôler la qualité de la matière première jusqu'au produit fini et de garantir une politique de l'entreprise à travers l'implantation d'un système qualité fiable qui répond aux exigences des clients pour atteindre ces objectifs demandés.

On était acquis par le département qualité en collaboration avec le département maintenance et production. Au cours de notre stage, on a observé que ces derniers sont très importants au sein de l'entreprise car ils accomplissent des services vitaux de cette dernière.

1.2 Département ressources humaines

La fonction ressources humaines 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. Ce département joue aussi le rôle de facilitateur et accompagnateur, en social afin d'atteindre des objectifs escomptés par le groupe en matière de ressources humaines et assure une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation.

1.3 Département logistique

Il a pour mission maîtriser les flux physiques d'une entité afin de mettre à disposition et de gérer des ressources correspondant aux besoins. Il s'agit donc d'optimiser la gestion des moyens pour atteindre les objectifs prédéfinis.

1.4 Département finance

La finance d'entreprise ou gestion financière, est le champ de la finance relatif aux décisions financières des entreprises. Son objet essentiel est l'analyse et la « maximisation de la valeur de la firme pour ses actionnaires envisagée sur une longue période ». En termes plus précis, l'enjeu consiste à optimiser la valeur de la séquence des profits monétaires futurs (relativement à un horizon de référence) sous la contrainte de la limitation des risques courus.

1.5 Département production

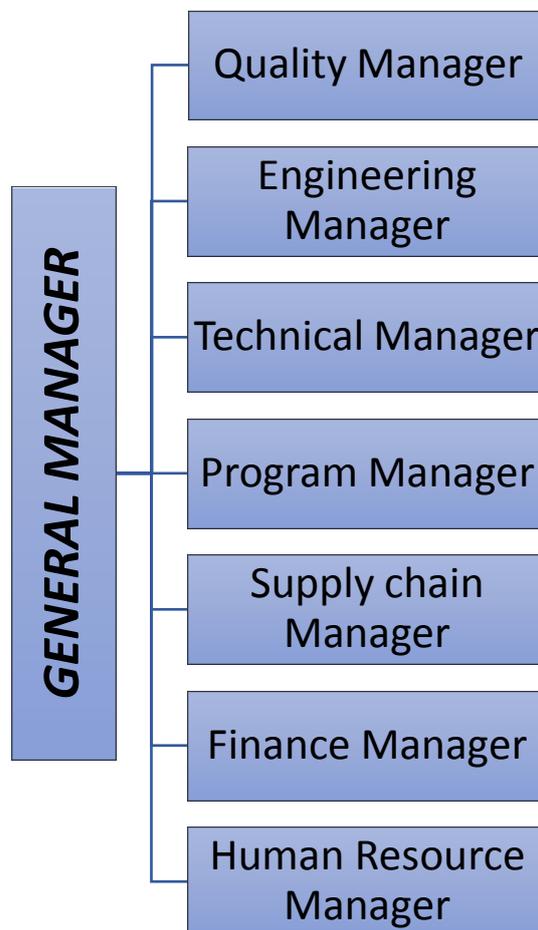
Il a pour mission de réaliser et gérer les plannings de production tout en assurant la qualité requise du produit, et en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.

1.6 Département ingénierie

Chargé de la gestion et la réalisation des nouveaux projets, le suivi des changements demandés par les clients, et l'adaptation des procédés de fabrication selon les règles définies par la direction engineering et qualité du groupe

6. Organigramme de la société PAM

Pour assurer un rendement optimal de l'entreprise, elle possède tout une équipe de



personnes qualifiées dans le domaine comme indiqué sur la (Figure7)

Figure 7 : Organigramme de la société PAM

Chapitre II :

Présentation De la problématique et le processus de production des



Câbles 'POWER TUBE BATTERY'

1. Présentation de la problématique

PAM est l'une des premières sociétés au niveau mondial au terme du câblage. Elle vise d'être de plus en plus compétitive, elle vise aussi d'atteindre l'excellence industrielle en termes de qualité, coût et délai. Donc il faut assurer la continuité de travail de toutes les lignes de production, le problème c'est au niveau de la ligne de production des câbles power tube batteries qui sont des câbles de bicyclettes électriques utilisés comme connecteurs entre la batterie et l'unité centrale de bicyclette. La problématique est le retard de production dans cette ligne car les machines tombent en panne durant la production et également la perte de temps au niveau du processus de travail.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre projet qui a pour objectif l'amélioration de la productivité dans la ligne de production c'est-à-dire la recherche des causes principales de ces arrêts des machines et aussi les étapes qui prennent beaucoup de temps dans la production tout en proposant des améliorations qui visent à accélérer la production et réduire aussi le temps de ces arrêts. Pour cette problématique nous allons utiliser la démarche de résolutions des problèmes qui est la démarche DMAIC

7. Description des câbles power tube batterie

Power tube batterie (PTB) est un câble qui se trouve dans la batterie des bicyclettes



Figure 8 : Position du câble PTB dans la bicyclette

électriques demandé par la société allemande **BOSCH** (Figure8)

À travers le câble PTB la batterie peut être connecté avec l'unité motrice de la bicyclette



(Figure 9)



Figure 9 : Description du produit power tube battery

8. Le Processus de production des câbles power tube batterie

1.1 Coupe des fils

Au niveau de ce poste les fils électriques en provient du magasin de l'entreprise sous formes de bobines subissent les premières transformations.

Les fils sont découpés selon une fiche technique modèle venant du client, précisant des normes, qui exigent le numéro du câble, le numéro du fil, la référence du câble et sa longueur.



Figure 10 : Machine de coupe KOMAX

Cette étape est opérée par la machine KOMAX (Figure 10).

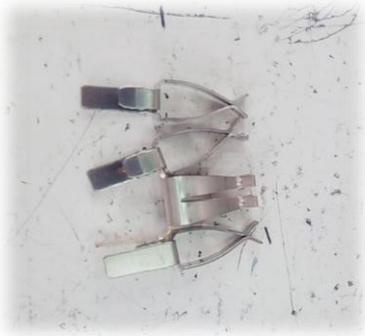
1.2 Insertion des fils

L'insertion des fils est la première étape de processus d'assemblage dans ce poste les fils électriques sont insérés dans un connecteur. Cette étape se fait en deux postes selon la couleur



Figure 11 : Machine d'insertions des fils

et la section du fil inséré (Figure 11).



Le processus d'insertion se fait comme indiqué dans la Figure 12 suivante .

Figure 12 : Processus d'insertion des fils dans les connecteurs

1.3 Soudage des fils

Pins en inox

*Connecteur
vide*

*Connecteur prêt
au soudage*

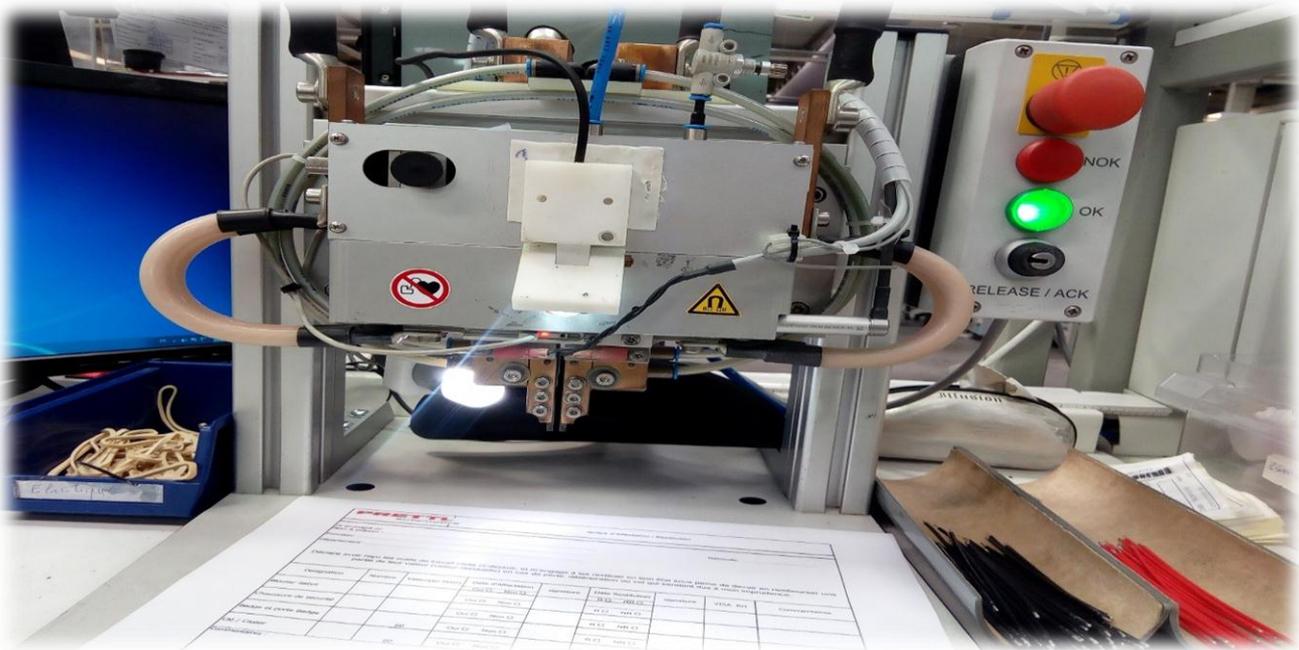
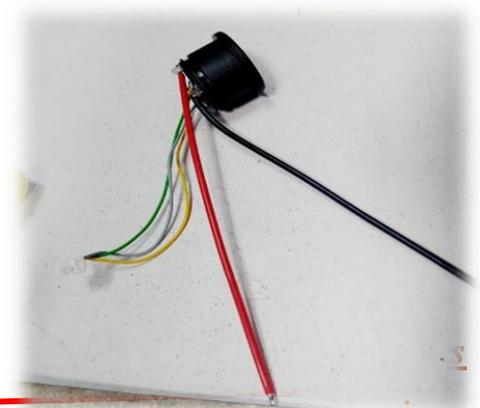


Figure 13: La machine de soudage



Connecteur

Le fil est soudé avec un des pins de connecteur (Figure 13).

en cuivre



Le processus de soudage se fait comme indiqué dans la (Figure 14)

Figure 14 :Processus de soudage des fils

1.4 Contrôle de soudage

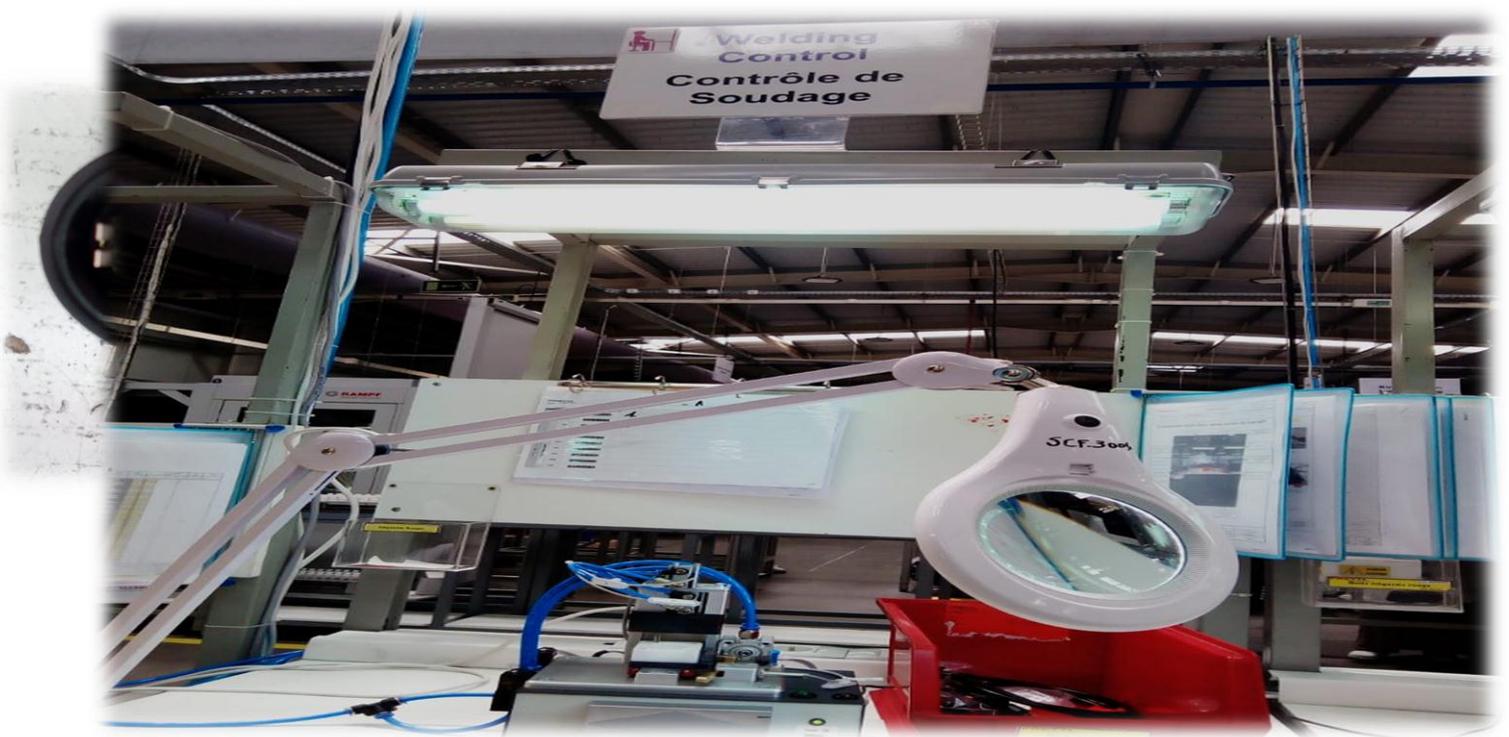


Figure 15 : Poste de contrôle de soudage

Ce poste permet LE contrôle visuel du soudage.

1.5 Injection de polyuréthane

1.5.1 Description

Les polyuréthanes sont des polymères qui contiennent le groupement uréthane (appelé aussi carbamate). Ce groupement est issu de la réaction entre un alcool et un isocyanate, découverte par Wurtz vers 1848, mais les premiers polyuréthanes n'ont été commercialisés qu'à partir de 1937, par la société BAYER.

Le système bi-composant d'isolation par injection de polyuréthane est composé d'un bidon de POLYOL et d'un bidon d'ISOCYANATE. Ce système permet d'obtenir une mousse rigide d'agent d'expansion de CO₂ [4-6]. Ils sont conditionnés en fûts de fer perdus de polyol et d'isocyanates. La pose de ce produit s'effectue à l'aide d'une machine dédiée à l'injection de polyuréthane.

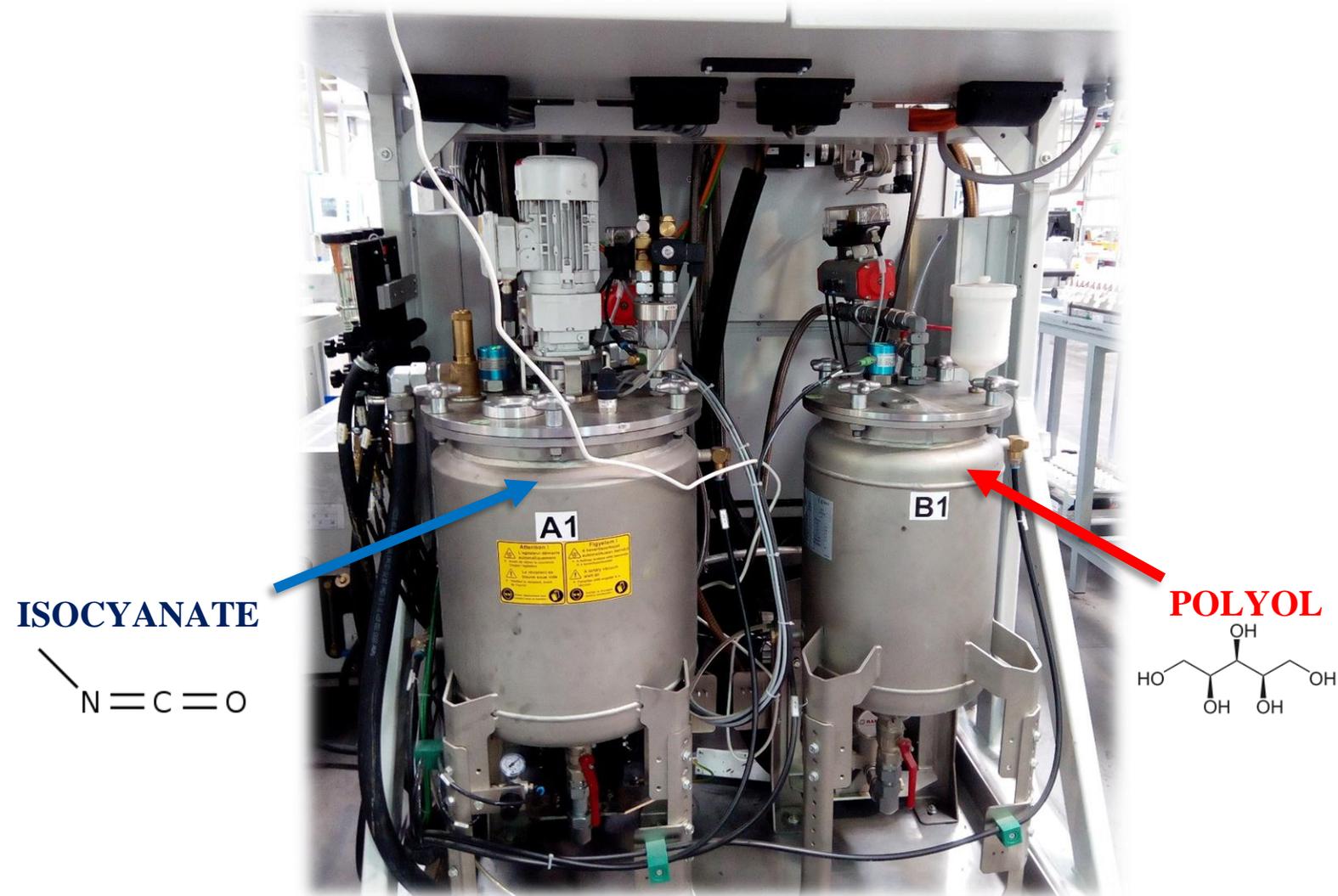
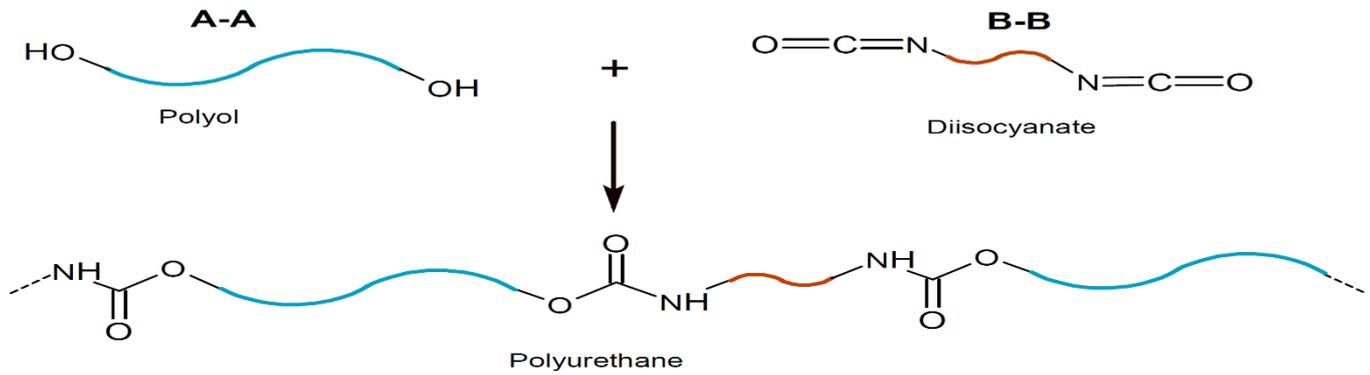


Figure 16 : Les produits chimiques de la machine d'injection

1.5.2 Réaction mise en place

Les polyuréthanes résultent d'une réaction de polycondensation entre un composé portant au moins deux hydrogènes mobiles de type alcool HO-R-OH et un composé avec au moins deux



fonctions isocyanates [7] .

1.5.3 Caractères typiques de la réaction

Tous ces caractères on les trouve dans la machine d'injection et on peut les ajuster à travers un écran d'affichage existant dans la machine comme indiqué dans la (Figure 17) .

Tableau 2 : Caractères de la réaction de polymérisation [8]

Temps de mélange	15 sec
-------------------------	---------------



Figure 17: Ecran de contrôle de la machine d'injection

Temps de crème	15-23 sec
Temps de gélification	'1min et 15 sec' à '1min et 40 sec'
Densité en expansion libre (ISO 845)	37,3 à 39,3 kg/m ³

1.5.4 Le potting

Après le 'setup' de la machine d'injection, on prépare des gabarits dont la capacité de



Figure 18 : Le gabarit des câbles

chacun est de 30 câbles.

Puis on met le gabarit dans la machine pour l'injection de la mousse de Polyuréthane.

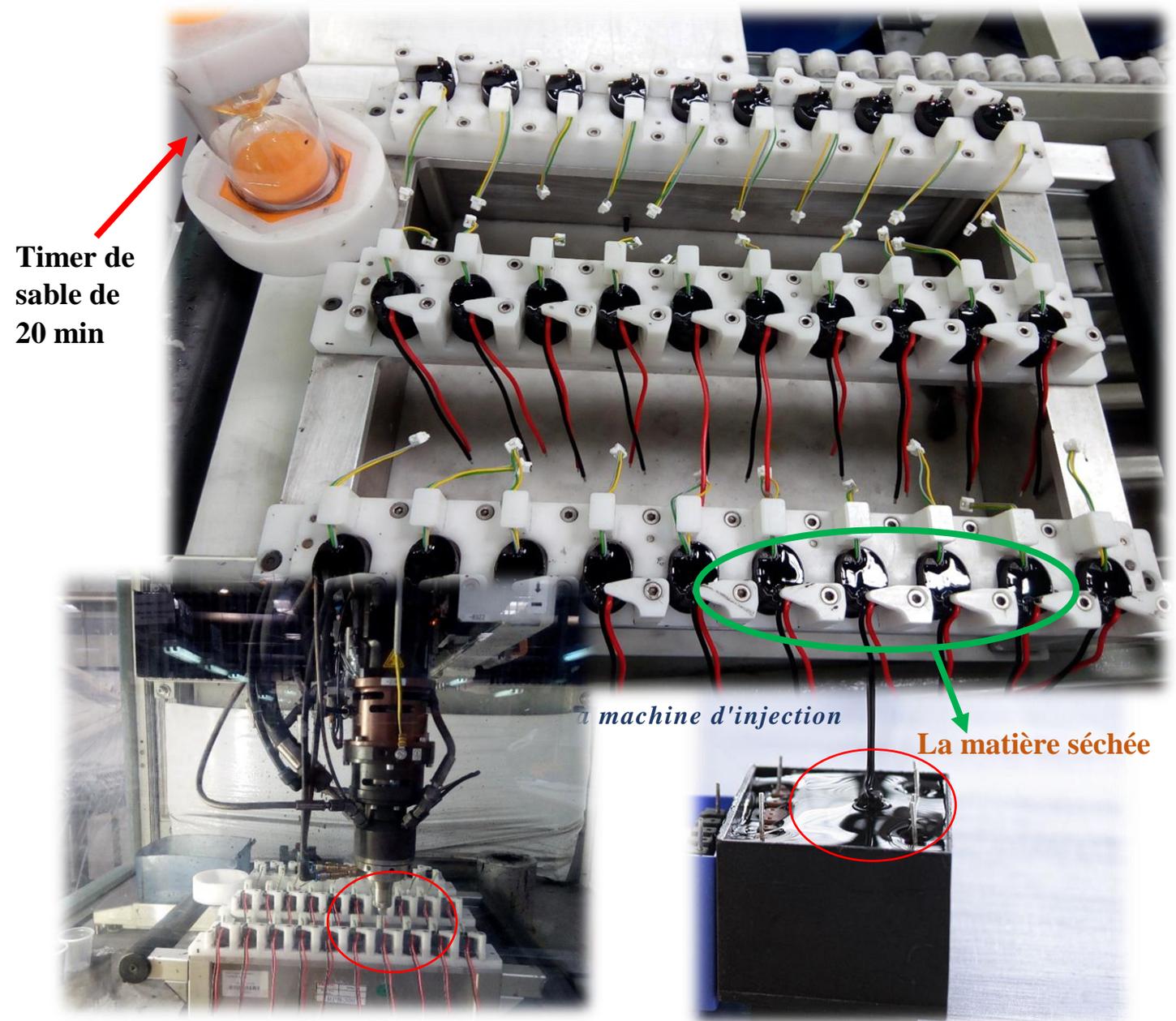


Figure 19 : Injection de la mousse de polyuréthane (Potting) dans les connecteurs

Le remplissage de tous les câbles par la mousse de polyuréthane dure 4 min dans la machine d'injection.

1.6 Le test électrique



Le test électrique a pour but de tester la continuité et la résistance des fils.

1.7 Contrôle final du produit

Ce poste permet de contrôler la longueur et les dimensions des câbles.

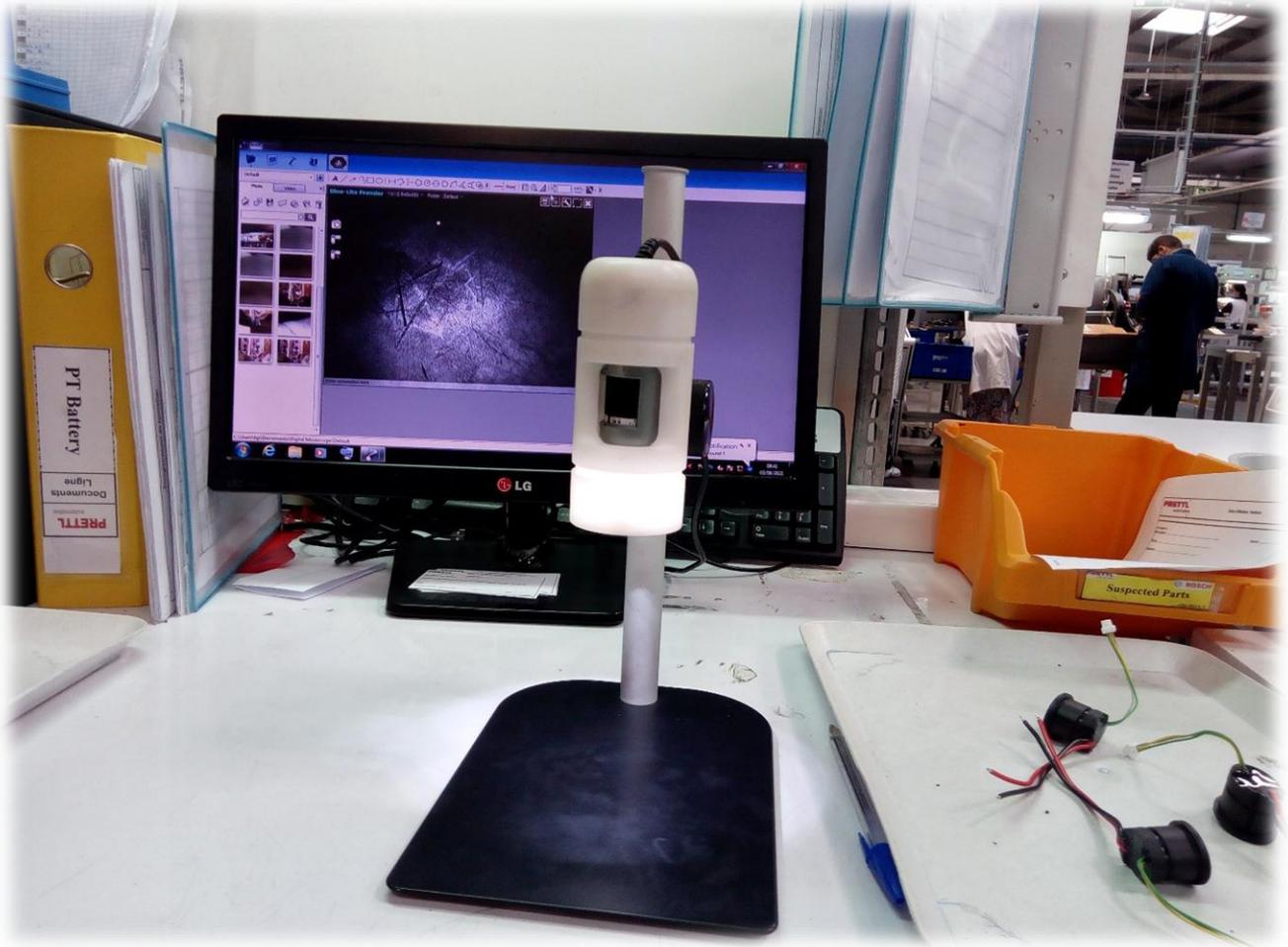
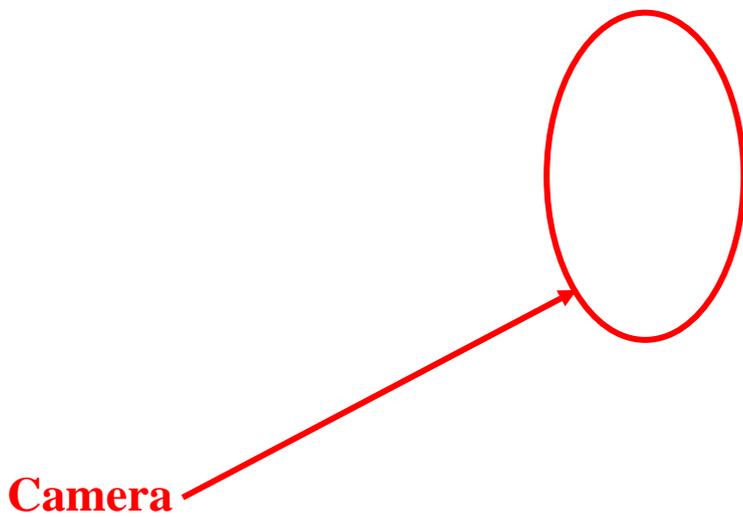
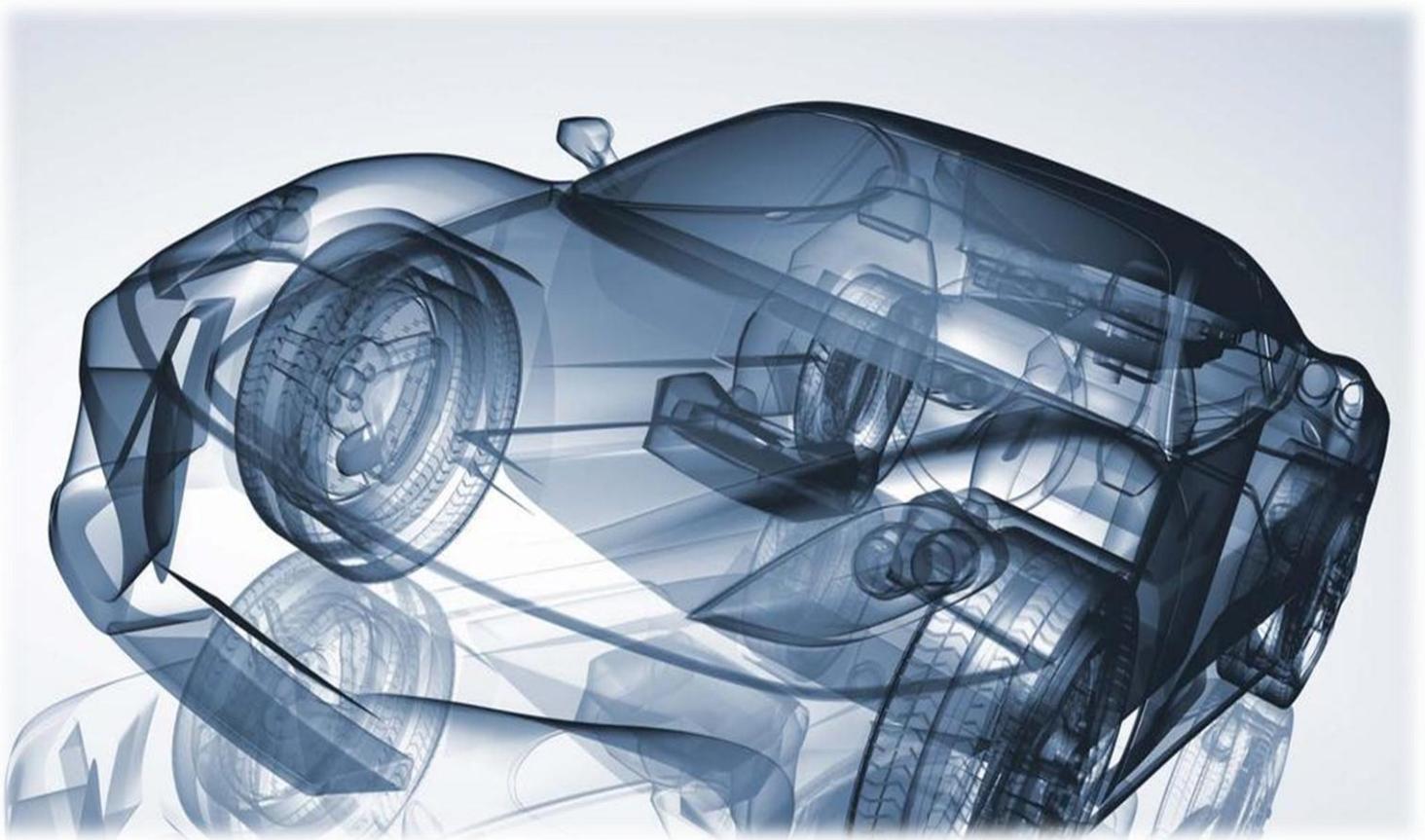


Figure 22 : Poste de contrôle finale de produit



Chapitre III :
La démarche DMAIC
et ses différentes étapes



1. Définition de la démarche DMAIC

Le modèle DMAIC est une approche structurée de résolution de problèmes, Il fournit une base de réflexion qui structure le travail d'une équipe d'analyse utilisé pour réduire les défauts en trouvant les causes profondes des défauts, pour les éliminer, et pour maintenir un bon niveau d'amélioration. Cet outil expose sur 5 étapes : Définition, Mesure, Analyse, Innovation et Contrôle [10].

9. Les différentes étapes de la démarche DMAIC

Les cinq étapes de la démarche DMAIC sont :

➤ Étape de définition

L'objectif de cette étape est donc de définir l'objet de l'étude, son périmètre ou étendue, rechercher les données de référence et les valoriser, traduire l'impact sur les clients en terme valeurs clés. Parmi les techniques simples qui permettent de rassembler et structurer des données et des faits, le QQQQCCP est un moyen rappelant les questions fondamentales :

- Q = Quoi ? De quoi s'agit-il ? Quel est le défaut ?
- Q = Qui ? Qui est concerné ? Qui a détecté ce défaut ?
- O = Où ? Où cela se produit-il ? Où est-ce localisé ?
- Q = Quand ? Quand est-ce que cela s'est produit ? A quelle fréquence ?
- C = Comment ? Comment cela arrive-t-il ? Comment l'a-t-on détecté ?
- C = Combien ? Combien de fois cela s'est-il passé ? Combien ça a coûté ?
- P = Pourquoi ? Pourquoi cela s'arrive-t-il ? Pourquoi ne l'a-t-on pas détecté avant

L'étape de Mesure

L'objectif de cette étape est de rechercher les données mesurables caractérisant le processus concerné et de mesurer le résultat existant. De la méthodologie DMAIC, l'étape Mesurer prend le plus de temps et nécessite le plus d'effort.

➤ Étape analyse

Dans cette étape on détermine les causes premières en les formalisant par des données mesurables, afin de développer des théories sur les causes fondamentales

du problème. Les outils associés en général à analyser sont : les statistiques descriptives, diagramme causes effets/Ishikawa...

➤ **Étape amelioration**

Dans cette partie, on améliore le processus ciblé en concevant des solutions créatives pour résoudre et prévenir les problèmes. L'objectif de cette étape est donc d'élaborer de mettre en place les solutions les plus efficaces et les valider.

➤ **Étape de contrôle**

Dans cette étape on contrôle les améliorations pour maintenir le processus sur la

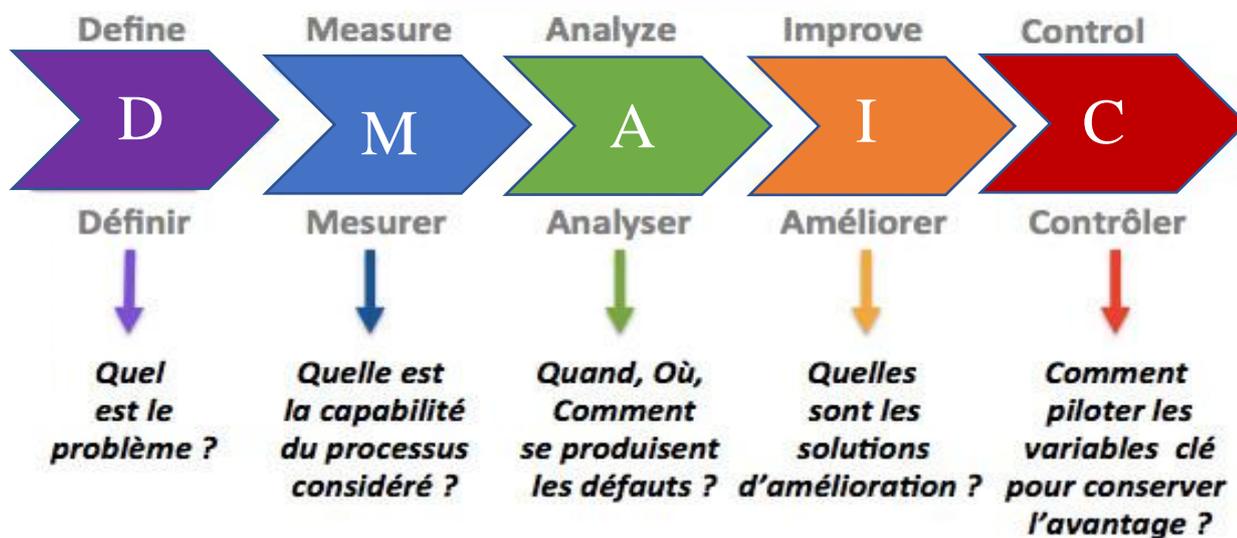


Figure 23 : Description de la démarche DMAIC [11]

nouvelle course. L'objectif de cette dernière étape est donc d'évaluer si les solutions sont Fiables avec la problématique

Chapitre IV : *Résultats et Discussions*



Toute industrie est dans l'obligation de bien comprendre les meilleures méthodologies et outils d'étude et d'analyse des procédés afin de pouvoir faire face aux défis d'amélioration de son efficacité et de sa productivité, en effet dans ce chapitre nous avons appliqué la démarche **DMAIC** sur la ligne de production des câbles power tube batterie , afin d'identifier exactement les machines qui tombent fréquemment en arrêts et combien du temps nous perdons par shift et en fin nous avons proposé des actions amélioratives qui visent à améliorer et augmenter la productivité dans la ligne de production des câbles power tube batterie .

1. Application de la démarche DMAIC

1.1 Étape de définition

Nous avons appliqué la méthode **QOOQCCP** afin d'identifier les causes des arrêts répétitifs dans la ligne de production des câbles power tubes batteries des bicyclettes électriques

Tableau 3 : Application de la technique QOOQCCP

Questions	Réponses	1.2 Éta pe de me sur e Dan s cett e pha
Quoi ?	Réduire les temps d'arrêt de la ligne	
Qui ?	Service technique, service qualité, service production	
Où ?	La ligne power tube	
Quand ?	Du 10 mai au 04 juin 2021	
Comment ?	Démarche DMAIC	
Pourquoi ?	Augmenter la productivité Diminué le taux de scrape (rebuts)	

se, on va procéder à la définition de l'état actuel du système via la collecte des données nécessaires. Le but de cette phase est de définir l'écart entre la performance du système et l'objectif demandé afin de mettre le point sur les sources des problèmes.

Il existe deux types d'arrêts :

- Des arrêts dus à la mise en marche du travail, et on trouve (le setup, poste de teste électrique, les pauses et la machine d'injection)
- Des arrêts dus des pannes répétitives et on trouve (la machine de soudage des fils)

Après un suivi journalier du processus dans la ligne, j'ai essayé de chronométrer les temps de chaque arrêt par poste. Les résultats sont indiqués dans la Figure 25.

Les moyens de mesure utilisés :

- Chronomètre : Mesurer le temps de chaque arrêt.
- Bloc-notes : Enregistrer les observations et les commentaires collectés sur terrain.

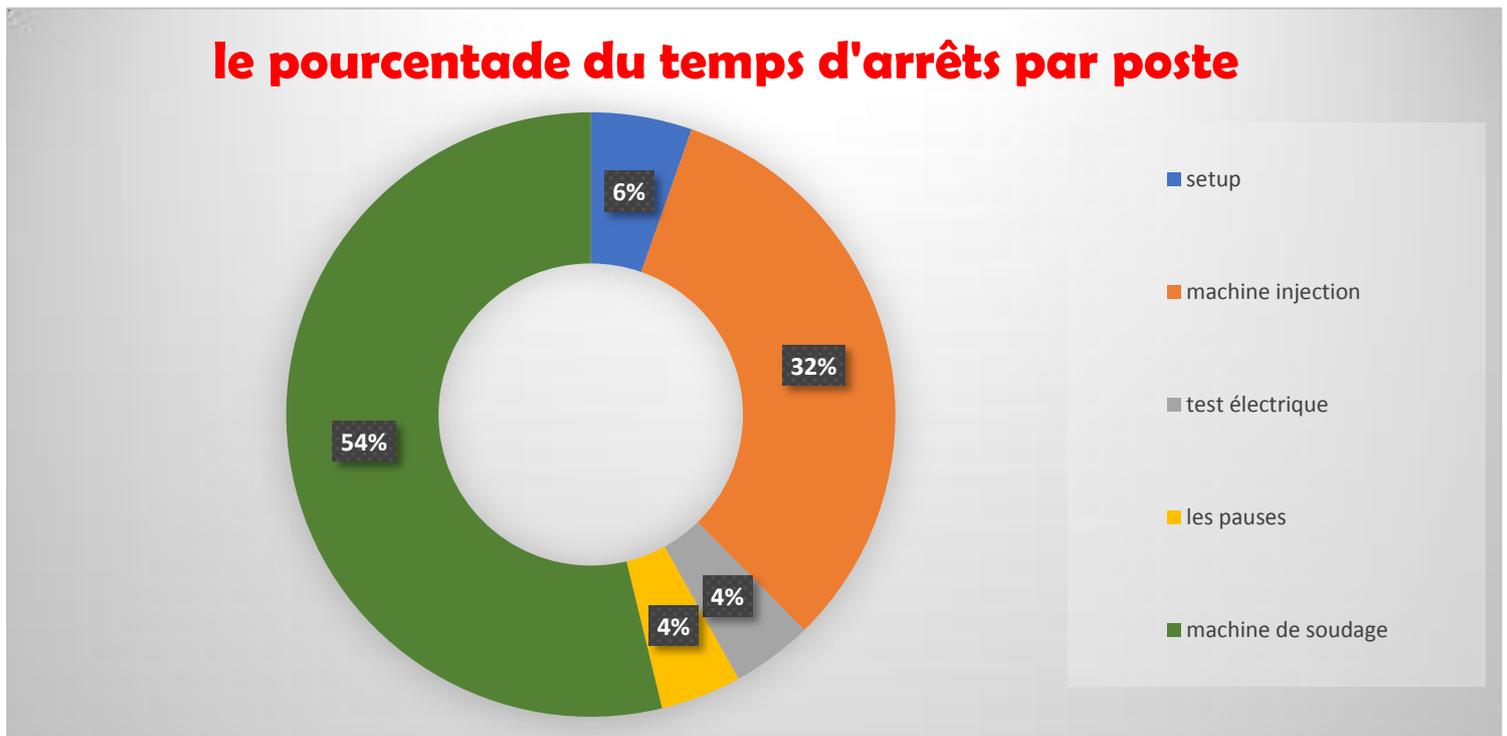


Figure 24 : Présentation graphique du temps d'arrêts par chaque poste

Le pourcentage des arrêts de la machine **d'injection** et de la machine de **Soudage** est très élevé, il représente respectivement 32 et 54%. Nous avons réalisé une étude profonde sur ces deux machines pour identifier les causes racines.

Pour la machine d'injection, on a des gabarits dont la capacité de chacun et de 30 câbles, 4 min de l'injection de polyuréthane dure 4 et le séchage du produit chimique au bout de 20 minutes.

1.3 Étape d'analyse

Cette étape consiste à faire des analyses basées sur des preuves analytiques pour déterminer les causes profondes du problème étudié. Dans cette étape nous avons suivi l'enchaînement suivant :

- **Les 5 pourquoi**
- Diagramme Ishikawa (5M).

1.3.1. Analyse au niveau de la machine de soudage

1.3.1.1. Application de la méthode des 5 pourquoi

1. Pourquoi les arrêts de la machine sont fréquents ?
 - Soudage des pins en inox et des fils en cuivre et non ok .
2. Pourquoi le soudage des pins en inox et des fils en cuivre et non ok ?
 - Les électrodes sont endommagées.
3. Pourquoi les électrodes sont endommagées ?
 - La température de soudage est très élevée.
4. Pourquoi la température de soudage est élevée ?
 - La température de fusion de l'inox est élevée par rapport à la température de fusion de cuivre.

1.3.1.2. Application du diagramme Ishikawa

Le diagramme Ishikawa appelé aussi diagramme causes à effets. Il met en évidence toutes les causes qui aident le problème à apparaître. Ce diagramme représente de façon graphique les causes aboutissant à un effet. Il peut être utilisé comme outil de modération d'un 'brainstorming' et comme outil de visualisation synthétique et de communication des causes

identifiées.

Il se structure habituellement autour des 5M. Kaoru Ishikawa recommande de regarder en effet l'événement sous cinq aspects différents [12] :

- Matière : Les matières et matériaux utilisés et entrant en jeu.
- Matériel : L'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels et les technologies.
- Méthode : Le mode opératoire, la logique du processus et la recherche et développement.
- Main-d'œuvre : Les interventions humaines.
- Milieu : L'environnement, le positionnement, le contexte.

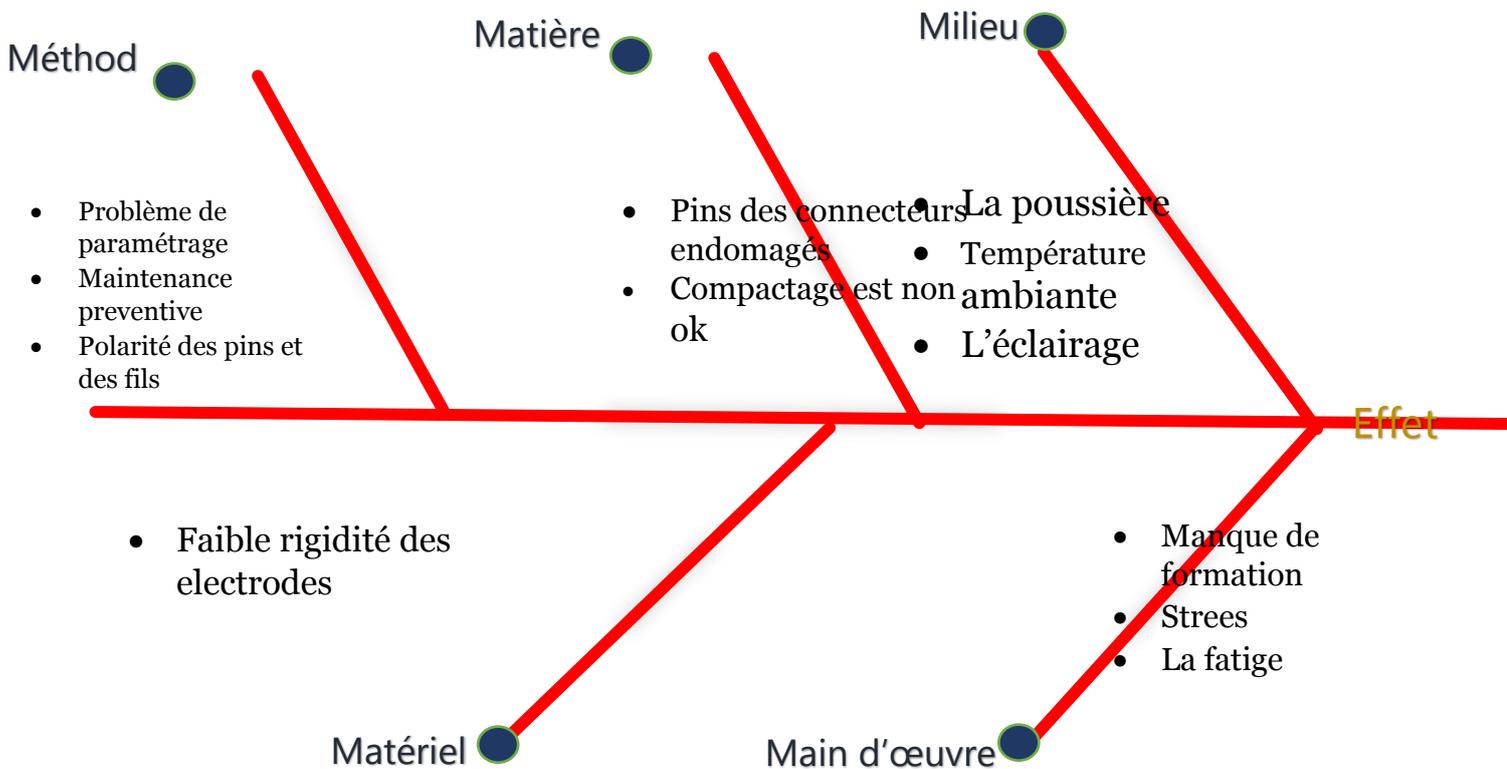


Figure 25: Application du diagramme d'Ishikawa

La machine de soudage tombe en arrêt lorsqu'elle détecte que le soudage des fils avec les pins et non ok.

Tant qu'on parle du soudage l'un des facteurs les plus intéressants et de connaître le point de fusion des métaux qu'on souhaite souder, on a défini que la matière des pins

et en **inox** qui a une température de fusion de **1482 °C** et les fils sont en **cuivre** sa température de fusion est **1083 °C** puisqu'ils ont deux points de fusion différents il y aura une déformation au niveau des fils puis l'endommagement des électrodes à cause de la haute température.

Alors, d'après le diagramme d'Ishikawa appliqué à la machine de soudage on peut conclure que les causes racine derrière ses arrêts de machine est l'endommagement des électrodes de soudage à cause des paramètres de la température qui ne sont pas bien définis.

1.3.2. Analyse au niveau de la machine de moulage/injection.

La machine de moulage cause un retard de 24min au niveau de la ligne ce qui fait un décalage entre les postes dont 20 min de séchage, cette étape est obligatoire dans le processus de fabrication des câbles et on ne peut pas la raté mais on peut accélérer l'étape de séchage de polyuréthane.

1.4 Étape d'amélioration

Après avoir terminé la phase de l'analyse ou nous avons obtenu les origines des principaux problèmes qui sont responsable de ces arrêts nous avons entamé la phase d'amélioration.

1.4.1. Actions d'amélioration au niveau de la machine de soudage.

Dans cette étape nous avons passé de la théorie à l'application au niveau de la machine de soudage et de mettre en place des solutions pour éliminer les causes problèmes identifiées dans la phase précédente.

Comme on a vécu dans la précédente phase, la cause racine derrière les arrêts du soudage est le problème de soudage de l'inox avec le cuivre qui impact aussi sur les électrodes.

J'ai essayé de faire une réunion avec les responsables de ce projet pour proposer des solutions et de les analyser, s'ils vont respecter les exigences du client comme premier but et aussi d'être efficaces.

Parmi les solutions amélioratives qu'on a proposées :

- L'utilisation de l'end sleeve en inox.
- Changement des pins en inox par des pins de cuivre.

Avant la mise en place de solutions proposées il faut respecter les exigences du client s'il va accepter les changements proposé par l'équipe du projet. L'utilisation de l'end sleeve en

inox parmi les solutions les plus efficaces en termes de qualité du produit dont il aura le soudage de deux métaux de même matière.

1.4.2. Actions d'amélioration au niveau de la machine d'injection de polyuréthane (P.U.R.).

Comme on a vu dans l'étape d'analyse de la démarche DMAIC que la machine d'injection prendre 4 min pour remplir 30 connecteurs avec le polyuréthane par un robot et 20min dans le gabarit pour le séchage de polyuréthane. On effet on ne peut pas réduire le temp d'injection de polyuréthane par le robot mais par contre on peut accélérer le temps de séchage de polyuréthane.

On appelle « temps de séchage de polyuréthane » aussi bien le temps mis par le solvant pour s'évaporer que le temps de réaction de groupements (NCO) sur les groupements (OH), d'après la réaction de la Figure 26.

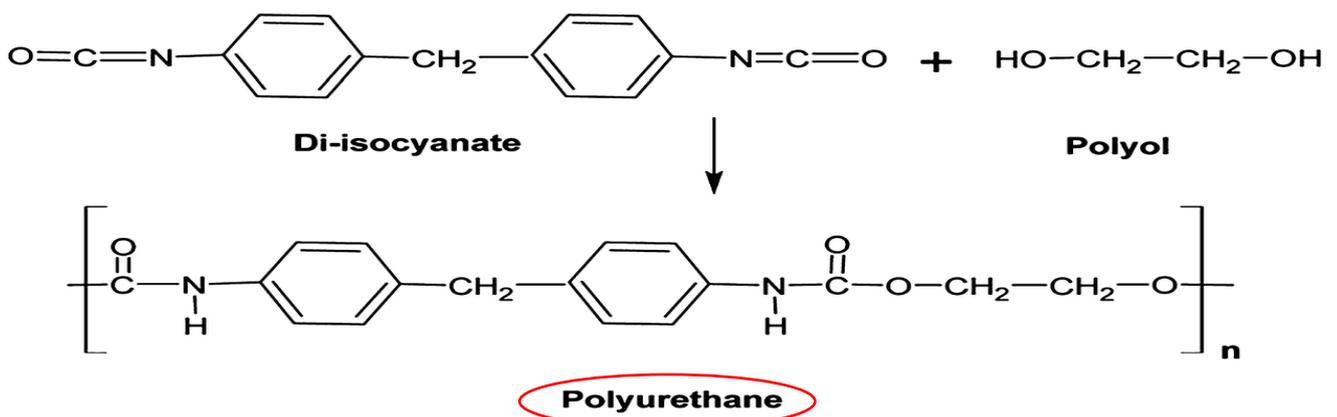


Figure 26 : La réaction de formation de Polyuréthane

Alors, pour accélérer le temps de séchage de polyuréthane on peut jouer sur un seul facteur qui est la température, et comme on a vu dans le chapitre 2, les gabarits restants dans la température ambiante pour que le polyuréthane sèche.

Une des actions amélioratives est d'augmenter la température de séchage de polyuréthane en mettant de ces gabarits dans une chambre qui nous permet d'augmenter la température de séchage et par conséquent la réduction du temps de séchage de polyuréthane .

Conclusion générale et perspectives.

Ce stage vient de mettre en valeur mes connaissances techniques et théoriques, outre la fréquentation du milieu de travail. Avoir effectué une expérience au sein d'une société à d'envergure de PAM est un privilège qui m'a permis d'acquiescer une initiation dans l'industrie automobile et particulièrement l'industrie des câbles des bicyclettes électriques.

Le but principal de ce travail a été l'amélioration de la productivité dans la ligne de production des câbles de bicyclettes électriques par la recherche des causes principales des arrêts répétitifs des machines qui composent cette ligne. L'application de la démarche DMAIC qui est une méthode de résolution des problèmes, nous a permis d'identifier à l'aide de l'application du diagramme d'Ishikawa et la méthode des 5 pourquoi les machines qui tombent en pannes. Des actions amélioratives ont été proposées pour accélérer la production des câbles dans la ligne. Comme l'utilisation des pins en inox au lieu des pins en cuivre pour éviter l'endommagement des électrodes de la machine de soudage qui cause la panne de cette dernière. Et aussi l'augmentation de la température de séchage de polyuréthane a été proposée pour éviter le décalage entre les machines de la ligne et par la suite l'augmentation de la productivité dans la ligne de production des câbles power tube batterie.

Références *bibliographiques*

[1] : Oudina, a. s. (2021). Technolecte du câblage automobile au Maroc. Quelles particularités linguistiques ? Langues, cultures et sociétés, 7(1), 87-96.

[2] : Site de l'entreprise : <https://www.prettl.com/en/prettl-think-global-act-local.html>

[3] : Taidi, m. s. (2017). Tout savoir sur les câbles électriques. Blog, disponible sur : <https://blog.materielectrique.com/cables-electriques>

[4] : Van den, G. (2011). Adaptation du procédé RTM (moulage par transfert de résine) a la mise en œuvre de matériaux composites à matrice thermoplastique

[5] : Palomar baro, E. (1972). La mousse de polyurethane rigide, materiau d'isolation thermique dans la construction. mat. maq. Met. constr., (91).

[6] : Deprez, G., Hazebrouck, R., & Sfaoui, A. (1990). Étude de la transmission d'une sphère de mousse de polyuréthane en régime impulsionnel. Journal de Physique Colloques, 51(C2), C2-411.

[7] : J.m.g. Cowie, (1973). « Polymers Chemistry and physics of modern materials », Ed Keithstead., p 188.

[8] : Bogyat, Z, (2017). « Préparation d'une mousse de polyuréthane. Mémoire de Master académique ». Institut national de sciences appliquées 86p.

[9] : Kergoat, A. (2016). Application d'une démarche DMAIC dans le cadre d'une problématique de compression (Doctoral dissertation, Université Toulouse Lil-Paul Sabatier).

[10] : Petit, S. (2011). Le Lean 6 sigma dans l'aéronautique : un cas de management par projet comme modèle d'organisation. Sociologies pratiques, (1), 113-114.

[11] : IDRISSI, I., & BENAZZOUZ, B. Etude du niveau d'implémentation de la Démarche DMAIC au niveau des entreprises marocaines,(2015).

[12] : Seghrouchni, A., Obel, M., Razine, R., & Bouaiti, E. (2019). Diagramme d'Ishikawa appliqué à la performance de la prise en charge hospitalière. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique, 67, S167-S168.