



## *Remerciements*

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail. En second lieu Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances à Mr. Kahouadji Housseyn notre encadrant de mémoire de fin d'étude, pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre travail.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes que nous aimons ici à remercier. Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement Mr. BELHAOUAS Riad le directeur de l'unité de production chez l'entreprise CHIALI Tubes qui nous a permis de bénéficier de ses conseils. Sa patience et sa confiance témoignées ont été déterminantes dans la réalisation de notre travail.

Nous remercions M. BELKAID F, Maître de conférences à l'Université de Tlemcen d'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma soutenance.

Nos remerciements vont également à M. BENSMAIN A, Maître de Conférences à l'université de Tlemcen et Mme BENSMAIN N Maître Assistant à l'université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études. A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.

Finalement nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail.

## *Dedicaces*

### *A MES TRÈS CHERS PARENTS*

*Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Vous avez su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir.*

*que Dieu le tout puissant vous préserve, vous accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et vous protège de tout mal.*

*Nor El Houða*

## *Dedicaces*

*Je tiens en premier lieu à remercier mes parents Bendjelloul Omar et Bel Ghoumari Dalila qui ont œuvré pour ma réussite leur amour, leur soutien et tous les sacrifices consentis et leur précieux conseils.*

*En second lieu je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à mes professeurs, ma famille et mes chers amis.*

*Enfin je tiens à remercier infiniment mon encadrant, M. Housseyn Kahouadji et je veux lui témoigner ma gratitude pour sa patience et son soutien qui m'a été précieux afin de mener à bien notre travail.*

# Table des matières

---

## **Remercîments**

## **Dédicaces**

Listes des figures.....	5
Listes des tableaux .....	8
Liste des abréviations .....	9
Table des matières .....	4
Liste des figures .....	7
Liste des tableaux .....	8
Liste des abréviations .....	9

<i>Introduction générale</i> .....	10
------------------------------------	----

<i>Chapitre I</i> .....	13
-------------------------	----

Notions sur la qualité.....	13
-----------------------------	----

<i>Introduction</i> .....	14
---------------------------	----

1. Définition .....	15
---------------------	----

2. Historique de la Qualité .....	15
-----------------------------------	----

3. Les maitres de la qualité : .....	16
--------------------------------------	----

4. Les outils de la qualité : .....	18
-------------------------------------	----

4.1. Les sept outils de base du contrôle qualité .....	20
--	----

4.2. Les sept nouveaux outils du management de la qualité :.....	23
--	----

5. Les cadres d'utilisation des outils de la qualité.....	27
---	----

6. Conditions de réussite dans la mise en œuvre d'un outil.....	28
---	----

7. Le Lean Six Sigma : .....	29
------------------------------	----

7.1. Lean .....	29
-----------------	----

7.2. Six Sigma :.....	31
-----------------------	----

7.3. Etat de l'Art, Les applications du Lean et Six Sigma :.....	33
<i>Conclusion</i> .....	37
<b>CHAPITRE II</b> .....	38
<i>Introduction</i> .....	39
1. Présentation de l'entreprise :.....	40
1.2. Historique :.....	40
2. Un groupe orienté solution : .....	40
3. Qualité et certifications au niveau de l'entreprise CHIALI :.....	41
4. CHIALI Tubes .....	44
5. Lignes de production PE.....	49
<i>Conclusion</i> .....	49
9	
<b>CHAPITRE III</b> .....	62
Application de la méthode Lean Six Sigma .....	62
<i>Introduction</i> .....	63
1. Objectif.....	62
2. Démarche DMAIC.....	62
2.1 Etape -1- Définition du problème.....	67
2.2 Etape -2- Mesure des données.....	70
2.3 Etape -3- Analyse des données.....	72
2.4. Etape -4- Amélioration des résultats Y du processus.....	75
2.4.1. Les actions correctives de chaque panne.....	77
2.5. Etape -5- Contrôle de l'évolution des résultats .....	85
<i>Conclusion</i> .....	88
<b>Conclusion générale</b> .....	89
Références .....	91
Annexe .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
ملخص .....	105



# Liste des figures

---

Figure 1. Développement du concept qualité.....	15
Figure 2 Diagramme de PARETO .....	20
Figure 3 Diagramme d'Ishikawa .....	21
Figure 4. Carte de contrôle.....	23
Figure 5. Flugramme .....	26
Figure 6. Diagramme de Pert .....	27
Figure 7. Evolution de la norme ISO .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 8. Politique QHSE.....	43
Figure 9. Siège CHIALI GROUPE .....	44
Figure 10. L'organigramme de CHIALI Tubes .....	45
Figure 11. Les relations de la direction de production.....	45
Figure 12. Gaines pour PEX .....	46
Figure 13. Grillage Avertisseur.....	47
Figure 14. Grillage de Balisage.....	47
Figure 15. Une description globale. ....	50
Figure 16. Molécules PEBD et PEHD .....	51
Figure 17. Sac de matière première.....	52
Figure 18. Silo de matière première .....	53
Figure 19. Le gravimètre .....	53
Figure 20. Chaîne de production PE .....	53
Figure 21. Extrudeuse .....	54
Figure 22. Une vis de l'extrudeuse .....	55
Figure 24. Poinçon filière / Figure 23. Calibreur .....	55
Figure 25. Ligne PEX.....	57
Figure 26. Tube Multicouches .....	58
Figure 27. La variabilité et le Six Sigma.....	64
Figure 28. La démarche DMAIC .....	65
Figure 29. % Arrêts par poste.....	69
Figure 30. Calcul du TRS.....	71
Figure 31. Arrêts de la ligne K.....	73
Figure 32. Fréquences des pannes électriques dans les trois mois.....	77
Figure 33. Fréquences des pannes mécaniques dans les trois mois .....	78
Figure 34. Bac de refroidissement.....	79
Figure 35. Lieuse de tubes en couronne .....	79
Figure 36. Dévidoir du cabestan .....	80
Figure 37. Fréquences des pannes de défaut qualité dans les trois mois .....	81
Figure 38. Électrode pour soudeuse TIG .....	82
Figure 39. Échantillons de Matière première .....	83
Figure 40. Soudure du tube en aluminium .....	84
Figure 41. La fréquence des pannes non-classées.....	85



# Liste des tableaux

---

Tableau 1. Les outils de la qualité.....	19
Tableau 2. Cadres d'utilisations des outils de la qualité .....	28
Tableau 3. Les lignes de productions et les types de produits .....	48
Tableau 4. Définition du problème avec la méthode QQQQCP .....	67
Tableau 5. Réponses pour la charte projet .....	68
Tableau 6. La charte Projet .....	68
Tableau 7. Total Arrêts des Lignes .....	70
Tableau 8. PARETO -Type de Pannes .....	73
Tableau 9. Les trois pannes choisis en détail .....	74
Tableau 10. Les actions correctives .....	76

# Liste des abréviations

---

<b>PE</b>	Polyéthylène
<b>PEX</b>	Polyéthylène Réticulé
<b>PEBD</b>	Polyéthylène à base densité
<b>PEHD</b>	Polyéthylène à haute densité
<b>PN</b>	Pression Nominale
<b>ML</b>	Mètre Linaire
<b>PDCA</b>	Roue de DEMING
<b>OHSAS</b>	Certificat de santé sécurité au travail
<b>QHSE</b>	Certificat : Qualité ; Hygiène ; Sécurité ; Environnement

# Introduction générale

---

La qualité est aujourd'hui une notion utilisée par tous les êtres humains dans tous les domaines, en particulier les entreprises, qui sont sensée être à-jour avec tous les changements attribués. Les outils de la démarche qualité sont toujours en évolution, même des normes sont établies pour les maintenir tels que l'ISO.

Nous avons choisi comme projet de fin d'études, l'application d'une méthode de la qualité connue sous le nom de « Lean Six Sigma », qui est aujourd'hui utilisée par beaucoup d'entreprises, en choisissant comme cas d'étude l'entreprise CHIALI Tubes située à la Wilaya de Sidi-Bel-Abbès.

Une des raisons qui nous a poussé à choisir ce sujet a été parce que l'entreprise CHIALI nous a offert un confort de travail en nous fournissant les données nécessaires à notre étude. Mais aussi par ce qu'ils sont les leaders en Algérie dans la fabrication des tubes multicouches, et comme nous sommes dans l'ère d'encouragement des produits locaux « Mantouj Bladi », nous nous sommes dit qu'il était judicieux de mettre en valeur le travail des algériens qui font l'effort de produire des gammes de produits généralement importées, tout en essayant de vulgariser les méthodes de la qualité modernes qui sont appliquées à l'étranger et qui ont montré leur efficacité pour les personnes qui auront l'occasion de lire ce mémoire

L'objectif de ce modeste travail est d'essayer de minimiser les temps d'arrêts de production en appliquant la méthode citée plus haut sur l'entreprise « CHIALI Tubes », précisément la ligne qui produit les tubes multicouches, parce qu'elle a le plus grand taux de perte de temps opératoire et elle est la ligne la plus sensible parmi les autres, car elle combine une nouvelle technologie avec l'extrusion traditionnelle, et la solution de chaque problème peut coûter cher à l'entreprise.

Après cette introduction générale, le reste de ce mémoire est organisé en trois chapitres :

Chapitre 1 : ce premier chapitre est dédié à une synthèse bibliographique où nous avons présenté une définition de la qualité, son historique et les maîtres qui ont participé à fonder une base de données extraordinaire qui est indispensable aujourd'hui, nous avons aussi cité les outils de base anciens et nouveaux dans la qualité. Une définition du système de la qualité avec les systèmes les plus courants avec des exemples sont mentionnés, avant la définition détaillée des deux méthodes « Lean » et « Six Sigma » avec leurs historiques et les applications les plus connus de ces deux méthodes, qui sont aujourd'hui fusionnés pour avoir un système managérial plus efficace avec les minimisations de tous types de gaspillage possibles.

Chapitre 2 : dans ce deuxième chapitre, nous avons donné une présentation du Groupe CHIALI, son historique, et une présentation détaillée de la filiale CHIALI Tubes et son système de gestion. Après nous avons présenté la partie qui nous importe dans notre travail et qui est l'unité de production, nous avons listé tous ses produits finaux, ainsi que les processus de fabrication des tubes PE et PEX en détail qui va être utile pour comprendre les données dans le

chapitre suivant. Finissons avec un prélude sur le Polyéthylène et l'utilisation des tubes multicouches.

Chapitre 3 : dans ce dernier chapitre nous avons commencé avec l'objectif de la méthode « Lean Six Sigma » qui nous intéresse le plus dans ce travail. Après, nous avons défini la démarche DMAIC que nous avons appliqué ultérieurement sur les données que nous avons récoltées de l'entreprise pendant notre stage pratique, en synthétisant avec des propositions des actions correctives, techniques, mécaniques, pour les problèmes qui ont causés les arrêts de la ligne de production du multicouches.

# Chapitre I

## Notions sur la qualité

---

### Introduction

Quand nos mères nous demandent d'acheter de la farine pour préparer des gâteaux, elles insistent toujours sur une marque bien définie, la raison de leur choix est d'avoir la même qualité de gâteaux à chaque fois.

La qualité n'est pas une chose nouvelle, elle fait partie de nos vies quotidiennes, juste elle n'était pas assez connue au passé, par ce que avant la révolution industrielle, la production était exclusive, donc pas de différentes marques, on trouvait un seul producteur pour chaque produit, ce qui ne fait aucune différence, mais aujourd'hui, on peut trouver une centaine de producteurs d'un seul produit, ce qui pousse les entreprises à toujours rechercher la qualité de leurs produits finaux. Pour arriver à ce but, plusieurs méthodes liées à cette notion de qualité existent ; parmi elles, on peut trouver des outils de contrôle qui facilitent au producteurs d'atteindre la qualité attendue et au consommateur de trouver les meilleurs produits.

Il est impossible à quiconque aujourd'hui d'ignorer l'existence de cette composante du management, c'est une situation relativement nouvelle puisqu'en 1980 une seule grande école, l'école supérieure des travaux publics (group Eryolles), avait porté le management de la qualité a son programme, on compte en l'an 2000 une vingtaine de grandes écoles d'ingénieurs et de grandes écoles de commerces qui enseignent cette matière a raison d'une douzaine d'heure en moyenne, et ces chiffres sont toujours en une révolutions dans tout le monde. Il existe même des formations aujourd'hui d'un nombre défini d'heures sanctionné par un diplôme.

Dans ce chapitre nous allons donner une bibliographie sur la qualité, son historique, et les hommes qui ont travaillé pour installer cette notion et lui donner la valeur qu'elle a aujourd'hui, tout en donnant les outils les plus utilisés dans ce domaine pour avoir un produit fini ou un service de bonne qualité.

### 1. Définition

Selon la norme ISO 9000 : 2015 (Fr) ; la qualité est :

« *L'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques d'un objet à satisfaire des exigences.* »

### 2. Historique de la Qualité

Afin de décrire l'évolution de la qualité à travers le monde, nous aimerions citer une phrase du professeur ALLALA de l'université de Tlemcen qui dit que « *La qualité est un enfant américain, élevé par les japonais pour devenir citoyen du monde* »

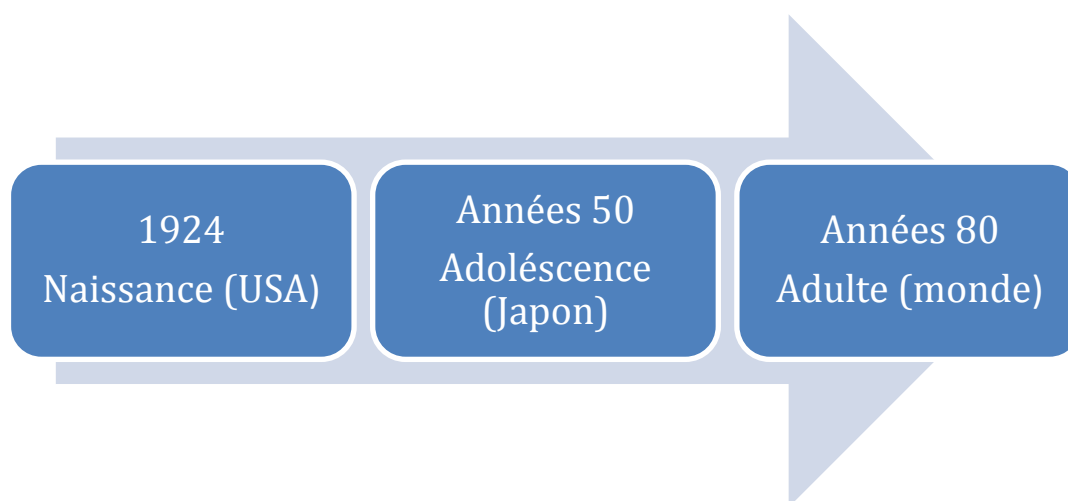
Le concept de la qualité moderne a passé par les trois grandes étapes suivantes :

- Les séminaires à Stanford par les collègues de Shewhart de 1942 à 1945.
- La fondation de « l'American Society for Quality Control » (ASQC) en 1947.
- La conférence de Deming à TOKYO en 1950.

La plupart des techniques utilisées actuellement par des responsables de la qualité dans le monde entier ont été élaborées à partir de 1960 par les chercheurs de la JUSE<sup>1</sup>.

En 1970 les ouvrages sur le management de la qualité étaient encore peu nombreux, même aux États-Unis. Les plus connus dans le monde étaient ceux de deux consultants américains, Feigenbaum et Juran, qui faisaient des visites en France et l'Europe pour donner des séminaires pour ingénieurs et cadres. Aussi il y'a une distribution des informations du Japon, et notamment sur le développement des cercles de qualité, grâce à l'excellente revue trimestrielle de la JUSE, un ouvrage qui était édité sous l'autorité de Kaoru Ishikawa.

Au cours des années 1980, les traductions en anglais puis français de nombreux livres concernant la qualité ont été établies, en France et plusieurs pays occidentaux.



**Figure 1. Développement du concept qualité**

---

<sup>1</sup> JUSE (Japanese Union of Scientists and Engineers) : Une association scientifique pour aider l'industrie japonaise à se relever.



### ❖ Les origines Américaines :

En 1924, pour optimiser la production des usines et pour satisfaire les besoins des consommateurs, BELL TELEPHONE LABORATORIES (USA) décida de constituer un département Qualité, des grands noms ont été dans cette équipe : DODGE, ROMING, et SHEWHART, aussi DEMING à effectuer deux stages avec eux pour son Doctorat à YAL (USA), JURAN travaillait comme Technicien au service d'assurance de la qualité. Et en 1931, SHEWHART publia le livre « ECONOMIC CONTROL OF QUALITY OF MANUFACTURED PRODUCT » qui contient les résultats de ses recherches. Les collègues de SHEWHART ont donné des séminaires à STANFORS (USA) dans les années 1942-1945. Comme un résultat de tous ces évènements, la création de L'AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL (ASQC) été en 1947. JURAN édita son livre « QUALITY CONTROL HANDBOOK » en 1951, qui reste la référence à ce jour. [1]

### ❖ Le développement Japonais :

Pendant la 2<sup>o</sup> guerre mondiale le haut état-major japonais avait réuni un comité de scientifique dont la mission était d'améliorer la productivité et la qualité dans les usines d'armement. Ce comité était présidé par Koyanagi. (Même démarche des américains à l'époque avec un comité présidé par DEMING). En 1945, Koyanagi a fondé la JUSE. Et en 1950 Deming a donnée des conférences devant le comité exécutif du Keidanren (patronat) à Tokyo (japon), après un an la « JUSE » a institue le Deming-Prize qui est aujourd'hui la plus haute distinction concernant le management, elle a aussi invitée Juran pour donner des conférences en 1954. En 1956, Ishikawa lança la formation des ouvriers pour une meilleure maitrise de la qualité, et après dix ans il a lancé les cercles de la qualité dans le premier numéro de la revue « GEMBA TO QC ».

En 1970, 20000 cercles de qualité existent au JAPON. Et en 1980 : 100000 cercles de qualité au JAPON.

### 3. Les maitres de la qualité :

*Dr. Walter SHEWHART (1891-1967)*

Un physicien et statisticien américain, né à « New Canton » (Illinois) et mort à « Troy Hills » (New Jersey). Il a passé toute sa carrière, de 1924 à 1956, au sein de la direction technique des « Bell Telephone Laboratories », où il a réalisé d'importants travaux concernant la qualité des produits manufacturés. Ses études expérimentales, dans l'usine Hawthorne Western Electric (Illinois), sont à l'origine de la théorie des variations, une nouvelle branche de la statistique.

*Dr. W. Edwards DEMING (1900-1993)*

Un statisticien, professeur d'université, auteur et consultant américain. Bien que son nom soit attaché principalement à la notion de qualité, son enseignement concerne toutes les branches du management d'une entreprise. Il a contribué à l'amélioration de la production des

## Chapitre I. Notions sur la Qualité

---

industries d'armement aux États-Unis avec la création d'un programme de formation à l'université Stanford. Il est aussi connu par son influence au Japon après la Seconde Guerre mondiale et les nombreux séminaires qu'il a dirigés aux États-Unis de 1980 à 1993.

*Dr. Joseph JURAN (1904-2003)*

Un acteur de la conception originaire et du portage mondial de la démarche qualité globale. Il est considéré par Kaoru Ishikawa comme le principal fondateur des démarches qualité. Il développa de très nombreux concepts, méthodes, et outils qualité qui trouvent aujourd'hui des dénominations différentes :

### Concepts :

- Amélioration continue ;
- Client interne ;
- Coût de la qualité ;

### Méthodes :

- La roue de la qualité (ou PDCA) ;
- L'analyse de la résistance au changement (1964).

### Outils :

- Diagramme de Pareto, distribution de Pareto qui permet d'identifier la répartition des défauts d'une production (selon la logique des "20/80").

*Dr. Armand FEIGENBAUM (1920-2014)*

Président et CEO de « General Systems Company » qu'il a fondé avec son frère. Il est le développeur de « Total Quality Control » en 1946 quand il travailla à GE (the General Electric Company), lors de son Doctorat à MIT il a édité son livre « Total Quality Control ». Il a établi les principes de la « TQM » (the principles of Total Quality Management).

*Dr. Kaoru ISHIKAWA (1915-1989)*

Est un ingénieur chimiste japonais, professeur à la Faculté d'Ingénierie de l'Université de Tokyo, et un des théoriciens précurseurs de la gestion de la qualité. Le développeur du diagramme de « causes et effets » qui est un des outils fondamentaux pour assister les cercles de qualité.

Kaoru Ishikawa développa notamment les idées suivantes en qualité :

- Omniprésence de la qualité à chaque processus.
- Implication de tous les acteurs (services, employés) de l'entreprise dans la qualité.

*Dr. Genichi TAGUCHI (1924-2012)*

Un ingénieur et un statisticien japonais. Depuis les années 1950. Sa contribution majeure a consisté à combiner les techniques de l'ingénierie et des statistiques pour obtenir une amélioration rapide de la qualité et de réduction des coûts, en recherchant une optimisation au niveau de la conception du produit et des processus de fabrication. On lui doit la fonction perte de qualité et

## Chapitre I. Notions sur la Qualité

---

le rapport Signal/Bruit qui permettent de se positionner dès le début du développement du produit et, lorsqu'il est encore temps, d'apporter des améliorations d'un coût raisonnable.

La méthode Taguchi a été introduite aux Etats-Unis dès 1980 avec, comme pionniers, AT & Bell Laboratories, Ford Motor Company et Xerox, c'est un outil qui s'inscrit dans une démarche de recherche de la qualité totale.

Les facteurs influents sont :

- Concurrence et mondialisation.
- Recherche de la qualité dès la conception des produits en tenant compte des dispersions liées à la fabrication.
- Recherche de réglages stables et robustes.

Genichi Taguchi a su démocratiser et rendre les plans d'expériences utilisables pour des techniciens.

Il est bien connu pour ces techniques :

- Taguchi Methods.
- Taguchi Loss Function.
- Design of Experiments.

### 4. Les outils de la qualité :

Leur seul objectif est l'amélioration continue, ces outils facilitent la résolution des problèmes du quotidien du manager. Ce sont d'excellents instruments pour dynamiser les équipes. Ils ne sont pas pour autant interchangeables. Chacun est adapté à un usage spécifique. Ce ne sont pas non plus des recettes magiques. Ils ont leur limite qu'il s'agit de bien connaître. On ne s'improvise pas du jour au lendemain expert en Brainstorming par exemple. Sont spécifiquement destinés à faciliter :

- L'établissement de diagnostics.
- L'analyse rationnelle des problèmes en mode résolution comme en mode prévention,
- La créativité collective.
- La mise en place durable de bonnes habitudes.

La démarche qualité propose toute une panoplie d'outils d'aide (méthode, analyse, statistique, suivi contrôle). Ces outils, créés et/ou diffusés par les principaux fondateurs de la démarche qualité dans le cadre de leurs actions de conseil auprès des entreprises, ont vocation pédagogique. Il est utile de répartir les outils de la qualité en deux catégories :

→ *Les outils complexes* : utilisés dans les domaines de l'ingénierie, de la logistique, de la métrologie, des statistiques, par les services de planification et de méthode, ... Ces outils ont souvent été créés au début du siècle dernier.

## Chapitre I. Notions sur la Qualité

---

→ *Les outils simples* : d'aide à la réflexion, à l'analyse, à la méthode, utilisables par tout public sans formation particulière. [1]

C'est la JUSE qui fera la première diffusion systématique en 1977, de 7 outils "Tout Public" sélectionnés pour la simplicité de leur utilisation. Ces outils ont été dénommés les "7M" ou les outils de bases. Ils existent aussi des nouveaux sept outils qui ont été créés par les Japonais dans les années 70 ainsi que le rapporte le professeur Yoshinobu Nayatani dans un rapport publié en 1986 par la JUSE.

Le tableau ci-dessous résume les 14 outils de la qualité développés par la JUSE :

<b>Les 7 outils du contrôle qualité</b>	<b>Les 7 nouveaux outils</b>
Diagramme de Pareto	Diagramme d'Affinité
Diagramme Causes-Effets	Diagramme de Relations
Stratification	Diagramme en arbre
Check-List	Diagramme matriciel
Histogramme	L'Analyse en Composantes Principales
Diagramme de dispersion	Flugramme
Carte de control	Diagramme de PERT

**Tableau 1. Les outils de la qualité**

### 4.1. Les sept outils de base du contrôle qualité

#### Diagramme de Pareto

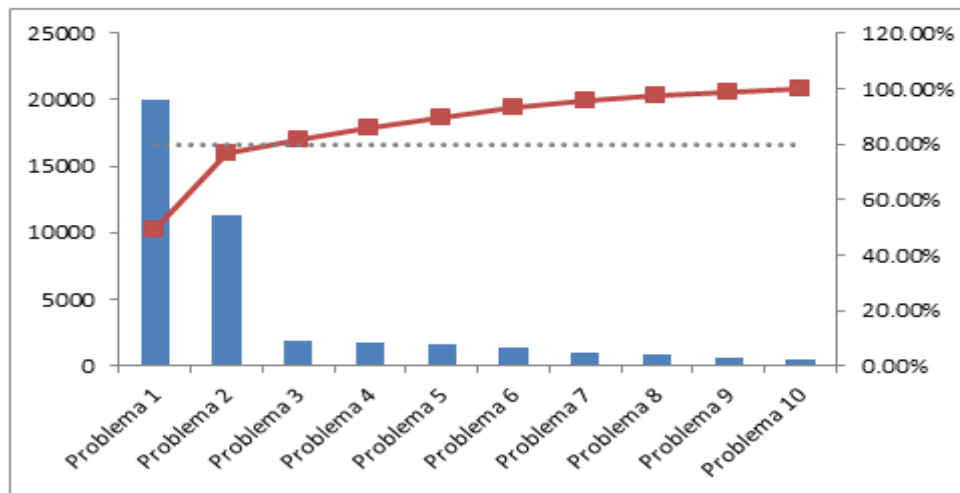


Figure 2 Diagramme de PARETO

C'est un diagramme qui sert à la classification des caractéristiques d'un produit, d'un service ou d'un processus par ordre décroissant d'importance sur la base d'un principe qui peut s'énoncer ainsi :

En observant la performance d'un groupe de personnes ou d'objets, on constate souvent qu'un petit présente une grande importance alors qu'un grand nombre présente une faible importance.

Ce principe est intéressant pour l'étude des problèmes liés à la qualité car la plus grande partie du coût de la non-qualité d'une entreprise s'explique généralement par un petit nombre de causes spéciales.

Le diagramme de Pareto est aussi appelé **règle des 80/20**, environ 20 % des critères représentent environ 80 % de l'effet, sa variante est : la courbe **A-B-C** découpe de diagramme de Pareto en 3 segments délimitant l'effort de traitement à effectuer.

C'est un graphique en bandes simple, servant, après la collecte de données, à classer les causes des problèmes et à établir des priorités d'action. Il indique les causes des problèmes selon l'ampleur de leurs effets et aide à définir les activités d'amélioration selon leur ordre de priorité.

**Critères :** \*idée \*causes \*solutions.

**Enjeux :** Faire ressortir ce qui paraît important et ce qui l'est moins. Engager une réflexion efficace et performante en fonction de priorités. Etc.

**Principe** Classifier dans un ordre décroissant d'importance les critères d'une liste à l'origine d'un effet (lorsqu'il est possible de mesurer leur valeur).

Vérifier ensuite que 20 % des critères sont à l'origine de 80 % de l'effet.

### Diagramme Causes-Effets

Pour rechercher les causes des défauts et qualifier leur impact. Le Diagramme de causes et effets ou diagramme d'Ishikawa (Kaoru Ishikawa) (synonyme : diagramme en arêtes de poisson). Diagramme permettant d'examiner les causes profondes des problèmes. En posant continuellement la question « Pourquoi ? », on finit par découvrir la véritable cause du problème. Généralement utilisé pour mettre en évidence les causes d'un problème et les regrouper dans des catégories distinctes (par. ex. méthode, main-d'œuvre, matériel, machines, matières).

#### Objectif

Classer par famille les causes d'un effet observé.

#### Enjeux

Rechercher les causes d'un effet.

Structurer la vision des causes d'un effet.

Faciliter la recherche de solutions.... Etc.

#### Principe

Le diagramme causes/effet (appelé aussi diagramme d'Ishikawa ou arête de poisson) se pratique en groupe de travail.

Il consiste à classer par famille les causes susceptibles d'être à l'origine d'un problème afin de rechercher des solutions pertinentes.

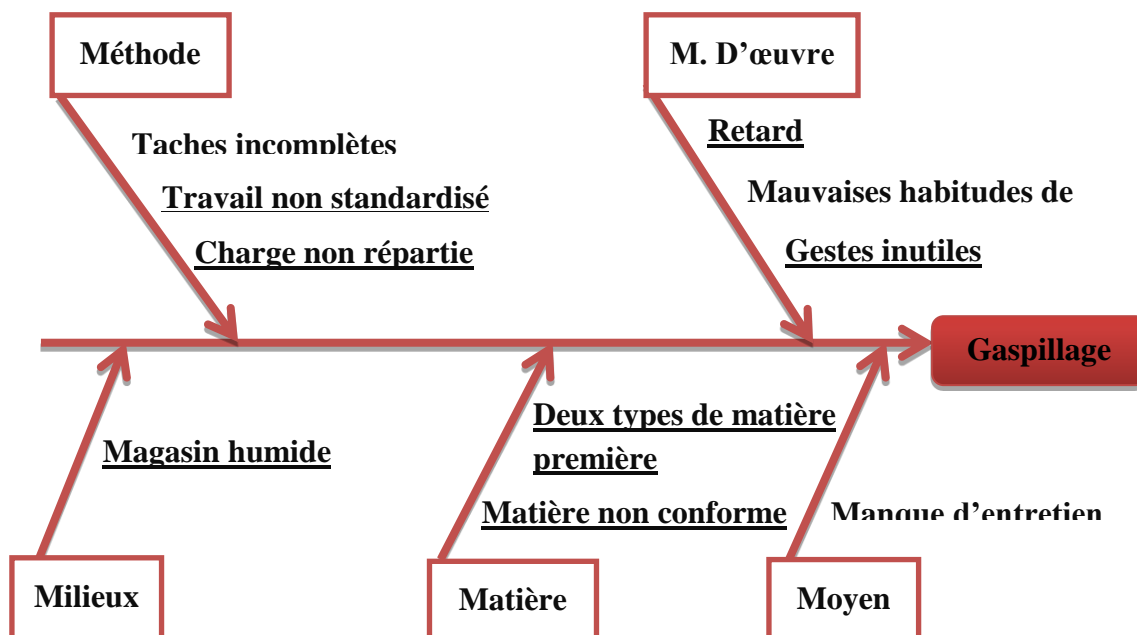


Figure 3 Diagramme d'Ishikawa

### **Stratification**

Pour analyser un fonctionnement, il est possible d'utiliser la "figuration du processus" ("process mapping") ou analyse de processus. Cet outil, déjà utilisé dans les années 1930 aux États-Unis où il est toujours utilisé, est depuis décliné sous diverses formes, des plus simples au plus complexes, par exemple les suivantes :

Présentation permettant la lecture simultanée de données compilées de natures et sources diverses, mettant en évidence leurs variations singulières, leurs influences respectives, l'impact du contexte, et ce pour donner une vision d'ensemble du mode de fonctionnement d'un système et de ses variables.

### **Check-List**

Une check-list/Liste de tâches, ou liste de vérifications à effectuer, est un document construit dans le but de ne pas oublier les étapes nécessaires d'une procédure pour qu'elle se déroule avec le maximum de sécurité. Cette opération peut se dérouler à voix haute et/ou en cochant une liste écrite de procédure. C'est un outil qui facilite l'organisation et la collecte d'information. Il consiste en un pointage des problèmes ou autres événements selon leur catégorie.

### **Histogramme**

C'est un graphique qui montre une distribution de fréquence empirique, pour rechercher les causes des défauts et qualifier leur impact graphique en bandes indiquant la distribution d'une variance. Il montre également les écarts par rapport à la norme, sous forme d'analyse sélective par exemple. Il permet de mesurer la fréquence à laquelle quelque chose se produit.

### **Diagramme de dispersion (corrélation)**

Il s'agit d'un graphique qui montre le degré et la direction de la dépendance entre deux variables.

### **Graphe / Carte de contrôle**

Pour analyser une performance il est possible de vérifier la performance à partir d'une carte de contrôle. (États-Unis) (Auteur : Walter A. Shewhart) (Variantes : suivi de tableau de bord, contrôle statistique de processus (CSP) : méthode de gestion de la qualité selon laquelle on mesure, à l'aide de techniques statistiques, un processus pour déterminer s'il faut lui apporter des changements ou le maintenir tel quel).

C'est un graphique qui représente chronologiquement les caractéristiques des biens ou des services produits.

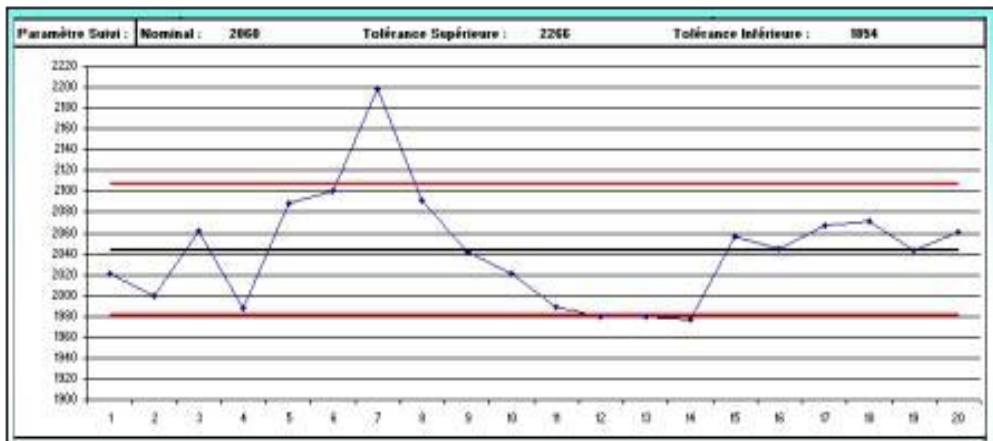


Figure 4. Carte de contrôle

### 4.2. Les sept nouveaux outils du management de la qualité :

#### Le diagramme d’Affinité

Nommé aussi « Méthode KJ » -du nom Kawakita Jiro- c’est l’outil de base des sept nouveaux outils car sa maîtrise est également utile lors de l’application des autres outils. Compte tenu de la place importante qu’il occupe, il fait l’objet d’une présentation détaillée.

La construction d’un diagramme d’affinité est faite par des étapes successives, et chaque étape a son importance, donc il est important de la traiter correctement pour obtenir une bonne efficacité de la méthode.

- ✓ Phase 1 : Organisation préalable
- ✓ Phase 2 : Choisir la bonne question
- ✓ Phase 3 : Lancer une brève discussion de 5 minutes
- ✓ Phase 4 : Production des idées
- ✓ Phase 5 : S’accorder sur le sens (la lecture de ce qui est écrit)
- ✓ Phase 6 : Regrouper les idées (fiches)
- ✓ Phase 7 : Vérifier les omissions
- ✓ Phase 8 : Réalisation des titres
- ✓ Phase 9 : Regroupement des titres (le 2eme niveau de regroupement)
- ✓ Phase 10 : Titres de second niveau
- ✓ Phase 11 : Montrer les relations
- ✓ Phase 12 : Présentation
- ✓ Phase 13 : Evaluation et conclusion

La méthode en 13 phases a été mise au point chez Philips France à partir des méthodes existantes.



### Le diagramme de Relations

Découvrir les liens logiques entre les idées, comme celles libérées par le diagramme des affinités, elles permettent au group d'identifier un certain nombre de difficultés, et de s'accorder sur la façon de les exprimer. Leurs relations ont été à peine esquissées. Il faut maintenant explorer en profondeur le problème que le groupe a choisi de traiter et mettre à jour les ramifications logiques qui existent entre ses différents aspects.

Le diagramme des relations prend comme point de départ un concept qui se situe au centre des préoccupations du groupe, conduit celui-ci à en extraire toutes les idées qui s'y rapportent, à en découvrir les relations et à les visualiser.

C'est en quelque sorte un diagramme cause-effet généralisé mais conçu pour représenter toutes les causes possibles et la complicité de tous leurs liens. Cependant la grande souplesse de cet outil nécessite une forte conviction du groupe sur l'objectif poursuivi. La méthode n'est proposée qu'en tant que support possible pour atteindre cet objectif.

La construction du diagramme des Relation se fait sur 7 étapes :

- ✓ *La préparation* : Constitution du groupe, et préparation du papier Kraft.
- ✓ *Expression du problème à traiter (A)* : Poser les bonnes questions.
- ✓ *La production des idées (B)* : Une séance de productivité silencieuse pour le groupe, écrivant leurs réponses aux questions déjà posées et les raisons probables pour le problème sur des fiches collante.
- ✓ *Regrouper les idées (C)* : Les fiches qui contiennent des idées identiques ou qui n'ont pas lieu d'être séparées doivent être regroupées, et on propose un titre pour chaque groupe d'idées.
- ✓ *Etablir des relations (D)* : Indiquer quelle cause est responsable de quel effet.
- ✓ *Etablir le deuxième niveau de relations (E)* : Si c'est nécessaire, c'est-à-dire si les idées exprimées restent trop vagues ou trop générales.
- ✓ *Progression sur l'échelle sémantique (F)* : En fonction de la situation obtenue on peut identifier un ensemble d'idées très liées les unes aux autres.
- ✓ *Causes de deuxième niveau (G)* : A partir soit de la cause générale recouvrant une zone comme précédemment, soit d'une cause quelconque que l'on se propose d'approfondir, on considèrera celle-ci comme l'effet de causes que l'on se propose de rechercher, les sous-causes en quelque sorte.

### L'Arborescence : Le diagramme en arbre

Identifier tous les moyens pour atteindre un but. Cet outil consiste à rechercher de façon logique et exhaustive tous les facteurs qui contribuent à la production d'un effet.

Sensibiliser le groupe à l'importance des tâches à accomplir, ce diagramme permet de mettre l'accent sur les étapes à franchir nécessairement pour obtenir l'effet escompté. Il trouve plus particulièrement son utilité lorsque le problème considéré est suffisamment général et important et que les facteurs de temps autorisent cette analyse.

Ce diagramme se construit généralement dans le sens horizontal en partant de la gauche vers la droite, passant avec les étapes suivantes :

- ✓ *Exprimer l'objectif*
- ✓ *Engendrer l'arbre*
- ✓ *Variante*
- ✓ *Evaluer les idées obtenues*

Le diagramme d'arborescence nous a permis de rechercher tous les moyens possibles pour résoudre une difficulté ou bien pour trouver toutes les causes d'un problème.

### **Le diagramme Matriciel**

Mettre en évidence les corrélations entre groupes de facteurs. Souvent, pour résoudre un problème il est nécessaire de comparer ou de relier entre elles des séries de résultats partiels pour faire apparaître les combinaisons utiles à réaliser entre éléments appartenant à des séries de type ou de provenance différents. Deux séries de facteurs, l'une placée sur une ligne horizontale, l'autre placée sur une colonne verticale, gèrent une matrice qui constitue le moyen idéal pour analyser de façon systémique les corrélations entre facteurs ligne et facteurs colonne et représenter leur degré de corrélation.

- ✓ *Préparer les moyens pour agir sur les causes.*
- ✓ *Définir les séries d'éléments à prendre en considération.*
- ✓ *Définir le type de la matrice, Les différents types de matrices : Matrice en L, T, Y, X, ...*
- ✓ *Définir en group les symboles d'intersection.*
- ✓ *Le faciliteur.*
- ✓ *Vérifier la cohérence*
- ✓ *Dégager avec le groupe les conclusions.*

### **L'Analyse en Composantes Principales**

L'ACP est une méthode statistique de traitement de données, qui fait suite à la saisie des données dans un diagramme matriciel.

Une population statistique est caractérisée par un ensemble de P variables quantitatives  $X_1, \dots, X_p$ . L'analyse en composantes principales a pour but de fournir une visualisation graphique mettant en évidence :

- ✓ *Les relations de cause à effet entre ces variables ;*
- ✓ *Les variables indépendantes ;*
- ✓ *Les catégories de qualité des produits et leur positionnement par rapport aux produits concurrents.*
- ✓ *Les données sont centrées réduites en un nuage de points autour d'un centre de gravité G.*

### Le Flugramme

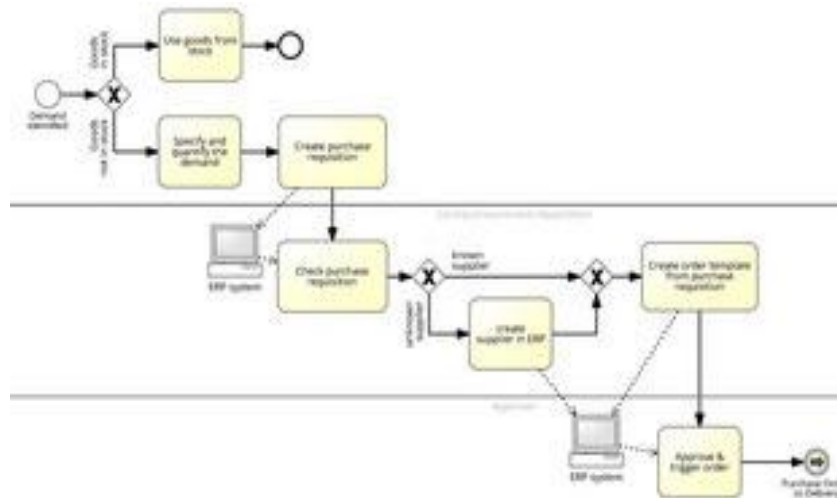


Figure 5. Flugramme

Un flugramme représente un Processus (Logigramme processus ou flugramme) est une représentation graphique des tâches et activités (actions et événements) observés réellement dans une organisation de travail. Cette représentation implique de faire apparaître non seulement le séquençement des tâches entre elles mais aussi de préciser les rôles des différents intervenants. Cette représentation est utilisée lorsque nous décrivons une organisation détaillée du travail par processus, comme lors des accompagnements et formations pour mettre en place un système de processus ISO 9001 ou une démarche dans une entreprise. Elle est essentielle dans une approche processus.

Les principaux éléments de modélisation d'un logigramme processus sont :

- Les tâches élémentaires
- Les connecteurs logiques (ou/et)
- Les flèches de séquence
- Les éléments de départ et d'arrivée
- Les attributs de compléments
- Les couloirs et corridors
- Les rôles

### Le diagramme en flèche PERT

A pour but d'optimiser le planning d'un programme complexe en intégrant les couts, délais et ressources. On identifie les chemins critiques qui permettent de porter une attention supplémentaire aux opérations qui risquent de retarder les programmes. [2]

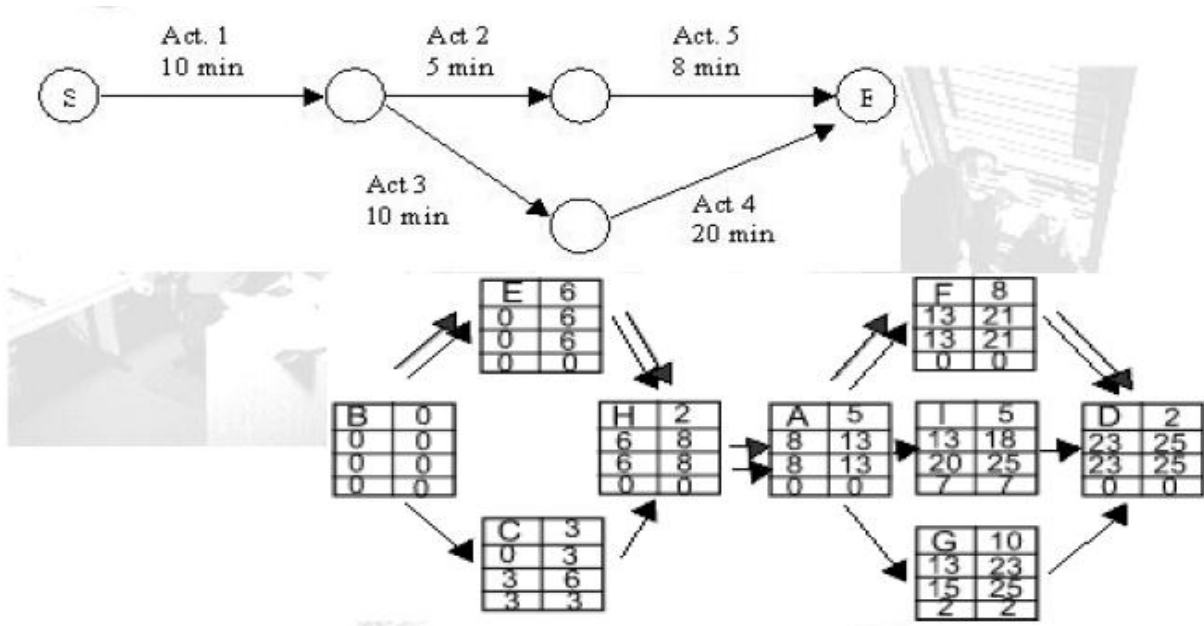


Figure 6. Diagramme de Pert

### 5. Les cadres d'utilisation des outils de la qualité

Etape	Outils
Identification du problème	Pareto Diagramme d'affinité/ de relations
Recherche des causes possibles	Diagramme d'affinité Diagramme de relations
Identification des causes principales	Diagramme de Pareto Diagramme d'Ishikawa L'Histogramme
Génération d'idée de solution	Brainstorming
Choix d'une solution	Matrice de compatibilité Arbre de décisions

Planification de l'implantation	Diagramme de Gantt Méthode Lean/ Lean Six Sigma
---------------------------------	--

**Tableau 2. Cadres d'utilisation des outils de la qualité**

Ces techniques ne sont pas des baguettes magiques, leur application doit être correctement faite pour qu'elle nous donnera les meilleurs résultats. Leur mise en œuvre nécessite du temps et des moyens qui coutent à l'organisme.

Finalement, un outil ou une méthode seule ne saurait résoudre tous les problèmes, c'est pourquoi, après avoir analysé la situation de l'entreprise, fixé des objectifs, pris conscience de sa culture, de ses traditions et de son organisation, nous sommes souvent amenés à chercher un « *Bouquet* » de méthodes.

### **6. Conditions de réussite dans la mise en œuvre d'un outil**

Après avoir sélectionné la technique adaptée pour traiter une situation donnée, il est nécessaire d'organiser sa mise en œuvre pour se donner toutes les chances d'atteindre les objectifs fixés. Il existe un certain nombre de principes fondamentaux à respecter, tels que :

- ❖ **Informez toutes les personnes concernées par la situation :**
  - En expliquant les conséquences de cette situation pour l'entreprise, mais aussi à un niveau plus individuel, plus personnel. Ainsi averties, ces personnes seront plus à même de s'investir pour participer à la démarche. Connaissant le but à atteindre et son intérêt, elles seront prêtes à fournir les efforts nécessaires ;
  - En présentant la manière dont sera traitée cette situation afin qu'elles mesurent l'implication de toute l'entreprise au travers des moyens mis en œuvre ;
  - En précisant les rôles que chacun devra tenir afin de prendre conscience que la démarche engagée est l'affaire de tous et que seul un travail collectif garantira sa réussite ;
- ❖ Respecter les étapes de mise en œuvre de la technique. Ne pas chercher à vouloir aller trop vite ou trop en faire dans un délai donné ;
- ❖ Mesurer, analyser et exploiter régulièrement les résultats obtenus de manière à corriger tous les écarts constatés entre le réalisé et le prévu ;
- ❖ Tenir informés régulièrement tous les acteurs de manière à ce qu'ils visualisent l'amélioration et ainsi, continuent à fournir des efforts ;
- ❖ Apprécier le travail réalisé par tous, c'est-à-dire reconnaître la qualité de l'implication des différents acteurs ;
- ❖ Veiller à ce que les résultats obtenus perdurent dans le temps en poursuivant les mesures (avec une fréquence qui peut être plus faible), en intensifiant l'esprit d'équipe, en faisant en

sorte que les solutions appliquées deviennent des habitudes et en mettant en place des dispositifs anti-erreurs.

### 7. Le Lean Six Sigma :

#### Définition :

Le terme Lean Six Sigma est la fusion des deux concepts qui relient les notions de productivité (Lean) et la qualité (Six Sigma). C'est une méthodologie de résolution de problèmes en 5 étapes, pour réduire la variabilité d'un processus, et supprimer le gaspillage.

#### 7.1. Lean

Visé à l'élimination des tâches sans valeurs ajoutées, des pertes ; contribuer à l'amélioration des performances des entreprises.

##### – Origine du Lean Manufacturing

Au cours des premières années du dix-neuvième siècle, Henry Ford a bâti les premiers traits du Lean manufacturing, les japonais ont l'adopté et l'amélioré. Établi officiellement en 1948, le Lean manufacturing est un résultat de trente ans d'expérience de Taïchi Ohno, un ingénieur à Toyota. En effet, après la seconde guerre mondiale, des fabricants japonais faisaient face à un manque dans les ressources humaines, financières et dans la matière. Ceci est l'origine de la naissance du Lean manufacturing.

Le Lean manufacturing découle de la philosophie visant la réalisation des améliorations en suivant les voies les plus économiques tout en se focalisant spécialement sur la réduction des gaspillages (muda en japonais). Le gaspillage est toute chose autre qu'un minimum d'équipements, de matière et du temps de travail absolument essentiels pour la production. D'après Toyota, la surproduction est le pire des types de gaspillage parce qu'elle engendre et camoufle les autres types.

La définition du Lean manufacturing est plus précise dans les premiers livres japonais publiés en matière de Lean manufacturing. Taïchi Ohno, le fondateur du Lean manufacturing définit le Lean comme étant la chasse totale des gaspillages.

Plusieurs définitions sont associées au Lean manufacturing, quelques chercheurs donnent des définitions spécifiques au processus de production, alors que d'autres emploient des définitions générales qui peuvent être utilisées dans une variété d'industrie. Définit le Lean comme étant un ensemble de pratiques visant la réduction des gaspillages et des étapes à non valeurs ajoutées. Définit le Lean selon 4Ps : Philosophie, Process, Partenaire et résolution de problèmes.

Au début, les chercheurs scientifiques se sont concentrés sur le juste-à-temps à cause de son concept de réduire le stock, de diminuer les gaspillages et d'assurer une amélioration continue. Ce fait est étonnant vu que chaque document venant de Toyota pour expliciter son système évoque toujours les deux piliers, le juste-à-temps et le judoka de la même attention.

Le Lean manufacturing est appliqué à partir d'un ensemble de pratiques, y compris le juste-à-temps, la qualité totale (TQM) et la maintenance productive totale (TPM).

### – Histoire du Lean manufacturing

Le Lean manufacturing a passé de plusieurs étapes critiques. D'un côté, a tracé la ligne du temps du Lean manufacturing allant d'avant 1927 (fordisme) jusqu'au 2006, cette ligne de temps est constituée de cinq phases :

- Avant 1927 : la période pendant laquelle Henri Ford a tracé les bases de sa philosophie tout en réalisant une révolution avec le fordisme.
- De 1945 à 1978 : la période de progrès au Japon, où Taichii Ohno a publié son livre « Toyota production System » en 1978.
- De 1973 à 1988, le Lean arrive à l'Amérique du Nord : cette période est marquée par la crise du pétrole de l'Amérique du Nord, et la publication du premier article scientifique concernant le Lean en 1977 par Sugimori, ainsi que la propagation des notions du Lean manufacturing comme le juste-à-temps et le kanban.
- De 1988 à 2000 : cette période est connue par le progrès académique du Lean, où il y a une grande publication de plusieurs articles sur le Lean manufacturing ainsi que le fameux livre « The Machine That Changed The World ».[3]
- De 2000 à 2006 : publication de plusieurs livres sur le Lean manufacturing. Toyota est projetée pour devenir le numéro un dans l'Amérique du Nord.

D'un autre côté, et suite à une revue de la littérature des quatre dernières décennies, Stone a identifié cinq phases du Lean manufacturing. Ces cinq phases peuvent être récapitulées comme suit :

- De 1979 à 1990, « la phase de découverte » : cette phase est marquée par l'introduction des pratiques de « management » japonais et leur comparaison avec celles du monde occidental, et par la conduite du programme IMVP par MIT.
- De 1991 à 1996, « la phase de dissémination » : pendant laquelle les principes ainsi que le langage du Lean manufacturing sont devenus répandus dans les entreprises occidentales (surtout en Amérique).
- De 1997 à 2000, « la phase de mise en œuvre » : pendant cette phase, les études empiriques ont commencé à apparaître dans la littérature, employant des méthodes de recherche quantitatives et qualitatives et contribuant à l'expansion de plusieurs connaissances de base sur le Lean manufacturing.
- De 2001 à 2005, « la phase d'entreprise » : dans cette phase, les recherches sur le Lean manufacturing dépassent la gestion des opérations et les disciplines de l'ingénierie pour s'introduire dans les domaines de l'économie et du développement des ressources humaines.
- De 2006 à 2009, « la phase de performance » : reconnue par la publication d'un grand nombre d'articles par un certain nombre de cadres chez Toyota et consultants

intimement familiers avec le Lean manufacturing, ces publications ont exposé les pratiques de Toyota en matière du Lean manufacturing.

### 7.2. Six Sigma :

Le Six Sigma est avant tout une raison d'être pour l'entreprise, il se définit comme une stratégie ayant pour but d'améliorer en permanence les performances de l'entreprise. Mais aussi la recherche de l'excellence de la satisfaction des parties intéressées...le Six Sigma est plus qu'une stratégie, il est aussi une culture qu'une entreprise doit faire adopter dans les différentes fonctions de son organisation, afin de sensibiliser tout le personnel des différents niveaux hiérarchiques.

#### Définitions

Il n'existe aucune définition claire et complète de la méthode Six Sigma, cela est dû tout simplement à l'utilisation de cette méthode dans tous les domaines et sur tous les départements d'une entreprise. Sa définition se résume sur les 11 points suivants :

#### ✓ Six Sigma comme valeur :

La stratégie ou valeur Six Sigma peut être illustrée dans la mission de l'entreprise et concerne aussi bien la recherche de l'excellence des produits, prestations et services proposés au client.

#### ✓ Six Sigma comme qualité :

Le Six Sigma est une méthode de management visant à l'amélioration permanente de la qualité. Equivalent : PDCA, dont elle est une version améliorée. Vise à la diminution de la variabilité des processus afin de les fiabiliser, les rendre stables et prévisibles, s'assurer de la productivité « parfaite » du processus pour tendre vers le Zéro défaut et la satisfaction des clients. Le Six Sigma représente aussi un symbole de la qualité, il entre dans les démarches d'améliorations continues. La qualité Six Sigma représente l'atteinte d'une qualité dite 'world class', ce qui veut dire qu'elle atteint une qualité irréprochable dépassant ainsi les exigences des normes ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001. Le concept qualité Six Sigma définit en lui-même le pilier de l'excellence organisationnelle. [3]

#### ✓ Six Sigma comme vision :

Le Six Sigma peut s'articuler comme une vision à long terme, comme un objectif que l'entreprise cherche à obtenir dans le but d'atteindre l'excellence.

#### ✓ Six Sigma comme approche managériale :

L'application du Six Sigma dans une entreprise a pour but l'amélioration des critères, des exigences et des tolérances de la qualité concernant la satisfaction des clients, des employés, des actionnaires et de toute partie intéressée. Cette approche se déploie sous forme d'objectifs



inscrits dans la stratégie et la politique QHSE de l'entreprise ; elle exige la mise en place de tout moyen et de toute action aidant à l'atteinte complète des objectifs signés par l'entreprise.

Elle nécessite toute une réorganisation dans toutes les structures de l'entreprise avec une définition exacte des rôles et responsabilités de chaque acteur. La formation de nouvelles compétences est nécessaire à la réussite des projets Six Sigma lancés au niveau des différentes fonctions.

### ✓ **Six Sigma comme mesure :**

Le Six Sigma est une mesure dans le sens qu'il permet de contrôler la performance des tableaux de bord, et d'être à son tour un indicateur significatif de mesure des variations et écarts cachés liés à un phénomène interne comme externe à l'entreprise.

### ✓ **Six Sigma comme objectif :**

L'objectif du Six Sigma est l'atteinte d'un taux de défaut de 3,4 sur un million d'opportunités. Ceci représente 3,4 défauts sur un million de produits fabriqués, ou même 3,4 clients insatisfaits sur un million. Cet objectif vise l'excellence et la réduction de pertes financières liées aux défauts ou toute insatisfaction pour une qualité de 99,99966% sur les produits, services, satisfactions, performances, processus ou tous projets définis.

### ✓ **Six Sigma comme indicateur d'évaluation des performances :**

Le Six Sigma est considéré comme un indicateur car il permet d'évaluer les performances de l'entreprise. Pour cela, il évalue la capabilité des processus par rapport aux tolérances choisies par la direction ; Cette évaluation touche aussi le temps de cycle total d'exécution, de mise en œuvre et d'atteinte des objectifs, entre autres par l'évaluation du nombre de perte par million d'opportunité, ou par la perte de performance, qui est dans la plupart des cas causée par des facteurs cachés.

### ✓ **Six Sigma comme symbole :**

En statistique le symbole " $\sigma$ " représente l'unité de mesure de la variabilité dit '*écart type*', cette mesure calcule la dispersion des valeurs autour de la moyenne ; le terme Six Sigma signifie donc '*six fois l'écart type*'.

### ✓ **Six Sigma comme méthode :**

Le Six Sigma est une méthode de résolution des problèmes qui s'articule en 5 étapes (*Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler*) nommée **DMAIC**. Cette méthode permet la réduction de la variation ou de tout écart par rapport à la cible souhaitée par l'entreprise, ou par rapport à la qualité  $6\sigma$  qui représente une efficacité de 99,99966% et une défaillance (écart- perte-défaut) de 0,00034%.

Cette méthode peut être appliquée sur n'importe quel problème tant qu'il y a des valeurs à mesurer et à analyser par rapport à leur cible. Elle englobe les défauts, la perte de temps,

l'insatisfaction, le dysfonctionnement ou tout autre problème générant une perte de performance ou d'efficacité.

✓ **Six Sigma comme ensemble d'outils :**

La méthode Six Sigma emploie pour chaque étape de DMAIC des outils statistiques et managériaux afin de regrouper le maximum de données mesurables (tableaux de bord, des données chiffrées, des rapports) et de données subjectives (problèmes, analyses et idées d'amélioration proposées par une personne ou un groupe).

✓ **Six Sigma comme approche systémique :**

Le Six Sigma aborde dans son analyse une approche systémique en analysant la capacité de chaque processus, la relation et l'interdépendance entre les différents processus, mais encore il analyse aussi la performance de l'ensemble du système de management intégré appliqué à l'entreprise.

Toutes ces définitions peuvent être classées en trois grandes catégories :

- ❖ *La philosophie de Six Sigma*
- ❖ *La mesure de Six Sigma*
- ❖ *La méthode Six Sigma.* [14]

### **7.3. Etat de l'Art, Les applications du Lean et Six Sigma :**

Les grands maîtres du Lean Six Sigma sont arrivés à un point, que cette méthode peut apporter de nombreux avantages pour toute organisation. Il estime que LSS est efficace pour rendre une entreprise plus rentable, en augmentant ses recettes, en réduisant les coûts, le délai de livraison et les stocks et en améliorant la satisfaction client. Le concept LSS peut également servir à développer les compétences du personnel pour mieux prendre des décisions, résoudre des problèmes et travailler en équipe. L'impact du LSS peut aussi concerner l'organisation du poste de travail, ce qui permet d'apporter des solutions d'ergonomie et d'hygiène et d'augmenter la productivité et la satisfaction du personnel. La méthode Lean Six Sigma a été implémentée avec succès dans les grands groupes, comme par exemple : Caterpillar, GE, Honeywell, International Truck, ITT Industries, NCR, Northrop Grumman, Lockheed Martin, Rockwell et Raytheon.

#### **7.3.1. Les applications du Lean**

Parmi les entreprises ayant déjà utilisé la démarche Lean, nous pouvons citer les cas suivants :

- Toyota : Toyota production system (TPS)
- Valeo: Valeo Production System (VPs-Valeo)
- Danone: Danone Manufacturing Way (DaMaWay)
- Delphi: Delphi Manufacturing System (DMS-Delphi)

- Renault: Renault Production System (RPS-Renault)
- Autolive: Autolive Production System (APS-Autolive)
- Alstom: Alstom Production System (Apsys-Alstom) [4]
- **2013** : selon le mémoire de OUHABI, Mr Mohamed, ELRHAZI, Mr Mohammed, EMI, Pr D. BOUAMI Encadrant, *et al.* Optimisation des postes de travail mécaniques selon l'approche « Lean » dans les ateliers de réparations automobiles TOYOTA DU MAROC.

Ont mis en place un plan d'amélioration au niveau des ateliers mécaniques de Toyota Maroc, en y intégrant le principe du *Lean Manufacturing* à travers la méthode de la Value Stream Mapping pouvant remédier aux problèmes constatés. Après avoir dressé un état des lieux, ils ont déterminé les points de dysfonctionnements, établi les priorités et déterminé les outils d'amélioration à mettre en place. Ils ont par ailleurs proposé un ensemble de solutions à mettre en œuvre afin d'optimiser le processus des révisions, par l'élimination des gaspillages et autres opérations sans valeurs ajoutée. Pour assurer le suivi et vérifier l'avancement par rapport aux objectifs, ils ont élaboré une grille d'audit et des fiches d'auto-évaluation 5S. De plus, ils ont mis l'accent sur la nécessité de standardiser la procédure de travail et les opérations d'intervention sur le véhicule. Les résultats suivants ont été obtenus :

- Réduction du temps du processus d'entretien de 48%.
- Passage d'un délai d'entretien de 145 min à 75 min soit un gain de 70 min.
- Augmentation de la capacité de l'atelier de 8 véhicules par jour.
- Réduction des mouvements inutiles au sein de l'atelier.
- Amélioration des conditions et Simplification des procédures de travail.
- Standardisation et automatisation des tâches.

La mise en place des recommandations proposée, permettra à la société de réaliser des gains considérables en termes de réactivité, estimés en moyenne de 900 DHS par véhicule. Ceci revient à dire que le gain est de 216.000 DHS par mois, pour un investissement de 283.000 DHS récupérable au bout d'un mois et 10 jours.

- **2016** : LEFEBVRE, M., HUTT-CLAUSS, A., JOUIN, G., et al. Lean management en pharmacie hospitalière : intégration dans la démarche qualité des essais cliniques. *Le Pharmacien Hospitalier et Clinicien*, 2017, vol. 52, no 3, p. 285-292.

L'objectif de leur travail été l'intégration des principes du *Lean management* dans la démarche qualité des pharmacies afin d'optimiser cette prestation pharmaceutique auprès de ses clients, tel que la forte croissance d'activité enregistrée au sein du secteur essais cliniques de la pharmacie à usage intérieur, la recherche d'efficacité des activités réalisées en termes de qualité, de sécurité et de maîtrise des coûts est incontournable pour

La démarche de *Lean management* a été appliquée au processus de gestion des pharmacies. S'appuyant sur la politique qualité existante, un groupe de travail a été créé afin d'évaluer la satisfaction client, consolider le processus, identifier les gaspillages et piloter la mise en place d'actions d'amélioration.

Les résultats des enquêtes de satisfaction sont positifs. À partir de l'analyse systématique du processus avec les opérateurs de terrains et des outils *Lean*, douze documents ont été revus, vingt-deux créés, vingt-quatre gaspillages identifiés et le tableau d'enregistrement des indicateurs révisé. Dans un contexte d'augmentation de la charge de travail, de la complexité et des exigences des EC, l'approche *Lean* est apparue comme un véritable catalyseur de système de management de la qualité.

### 7.3.2. Les applications du Six Sigma :

Selon le mémoire de magister de BOUNAZEF, Djida [4], parmi les entreprises ayant déjà utilisé la démarche six sigma, nous pouvons citer les cas suivants :

- **1987** : Motorola (inventeur de la méthode) ;
- **1990** : IBM ;
- **1991** : Texas Instruments ;
- **1994** : AlliedSignal (Honeywell) ;
- **1996** : Kodak, General Electric... ;
- **1998**: Sony, 3M, Toshiba, Nokia, Ford, Dupont;
- **2000**: Johnson Controls, Cameron, Pioneer Hi Bred International;
- **2001**: Caterpillar, 3M, Schneider Electric, Delphi...;
- **2002** : Groupe AXA, RCI Banque(Renault), Nissan, Société générale, Textron, RCI, Ingram Micro.
- **2003**: SFR, CHEP, Home Depot, Tyco Fire & Security, ADT, Axa, AXA Investment Managers, Freudenberg, Pitney Bowes, CALETEC, hager, GC Partner;
- **2004**: Xerox, Monsanto, Plasticomnium;
- **2005**: BNP Paribas, MasterCard Worldwide, Nortel, Ineum Consulting;
- **2006**: Orange - France Télécom Group, Eli Lilly, MERIAL;
- **2007** : DHL et Groupe Deutsche Post ;
- **2008**: Burner System International, Freyssinet, SAFRAN, BELAMBRA;
- **2009** : Faurecia, Zoomici SA, Renault ;
- **2010**: Groupama Banque, INSIDE Contactless, Metro Cash & Carry France;
- **2013** : MARTÍNEZ BADIA, Aleix. *Amélioration des processus dans l'industrie navale*. 2013. Thèse de baccalauréat. Universitat Politècnica de Catalunya.

Une conceptualisation du sujet et une identification de ses enjeux ont été effectuées. A ce moment, après avoir réalisé une caractérisation des notions clés, les principales méthodes d'amélioration des processus (*le Six Sigma, Lean Thinking, le Total Quality Management, le Business Process Re-engineering et l'Agile Manufacturing*) ont été analysées de façon approfondie. Une résolution par comparaison deux à deux, en considérant leurs origines, principes et outils, a été envisagée et, finalement, une approche Lean Six Sigma a été retenue. Pour proposer une méthodologie de mise en œuvre et, finalement, arriver à justifier la validité de ce choix, une étude de cas a été réalisée.

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une idée globale sur la qualité, tout en citant les gourous de ce domaine, aussi nous avons cité les quatorze outils de la qualité les plus utilisés dès l'invention de ce concept jusqu'aujourd'hui, une revue détaillée sur la définition de la méthode LSS, et en donnant les applications de ces deux méthodes qui ont été rassemblées pour créer une méthode de qualité qui est aujourd'hui indispensable dans toutes les entreprises.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter des informations concernant notre stage et l'entreprise qui nous a accueilli, après nous allons présenter les données que nous avons collectées pour afin de réaliser notre projet qui est l'application de la méthode LSS pour réduire les temps d'arrêts des lignes de productions des tubes PE.

# CHAPITRE II

## Présentation de l'entreprise CHIALI Tubes et des données récoltées

---

### Introduction

Afin de réaliser notre travail de fin d'étude nous avons contacté plusieurs entreprises, la majorité n'a pas accepté de nous fournir les données nécessaires à notre étude, à part l'entreprise CHIALI qui a accepté de nous fournir l'accès à ses données.

Après un stage de courte durée au niveau de l'entreprise CHIALI TUBE du groupe CHIALI, nous avons remarqué que certaines problématiques n'avaient toujours pas de solutions jusque-là. Nous avons donc proposé à notre maître de stage d'appliquer une démarche (LSS) pour essayer d'apporter des solutions à certains problèmes.

Dans ce chapitre nous allons faire une brève présentation de l'entreprise en question, toute en mentionnant ses ateliers et leurs produits finaux, car notre travail ne peut être réalisé sans une connaissance satisfaisante sur l'entreprise ciblée.

CHIALI Tubes, est la seule entreprise en Algérie, et la deuxième en Afrique qui fabrique les tubes multicouches PEX, cette information nous a encouragé pour effectuer notre stage avec eux, pour but de familiariser les gens avec cette nouvelle technologie et pour leur donner de la confiance au produit local.



### 1. Présentation de l'entreprise : [5]

*Nom : Groupe CHIALI,*

*Raison sociale : Spa*

Adresse : Zone Industrielle, voie A BP 160 22000 Sidi Bel Abbes—Algérie.

Le groupe CHIALI comprend quatre filiales :

- **CHIALI TUBES**
- **CHIALI PROFIPLAST**
- **CHIALI SERVICES**
- **CHIALI NAWAFID**

#### 1.2. Historique :

Fondée en 1981, par son actuel Président, M. Ahmed CHIALI, la société STPM CHIALI, s'est spécialisée dans la fabrication des tubes PVC à coller, destinés aux réseaux d'eau potable et d'irrigation.

Les perspectives de développement du marché, conjuguées à la vision prospective et ambitieuse de son fondateur, ont rapidement permis d'enrichir l'offre de la société à travers une large extension des produits fabriqués et une diversification des domaines d'activité.

Les investissements consentis pour accompagner ce développement, tant en termes d'infrastructures et équipements, qu'en terme de ressources humaines, ont à leur tour imposé une nouvelle forme d'organisation. Cette évolution de la forme d'organisation de la société STPM CHIALI en GROUPE de 4 filiales, traduit son dynamisme, sa vitalité ainsi que ses perspectives d'évolution et de développement.

Aujourd'hui, le GROUPE CHIALI, professionnel des plastiques extrudés depuis le début des années 80, se présente comme fournisseur de solutions intégrées, complètes, viables et durables dans l'ensemble des domaines d'activité dans lesquels il évolue : l'eau, le gaz, l'irrigation et le bâtiment.

Par cette nouvelle organisation, le GROUPE CHIALI confirme son ambition de se positionner durablement en tant que leader sur le marché dans ses différents métiers.

### 2. Un groupe orienté solution :

L'évolution des métiers a amené le Groupe CHIALI à migrer du statut de fournisseur de produits vers un statut de fournisseur de solutions techniques, en adéquation avec les attentes des clients. Une solution technique complète suppose la fourniture de tous les produits nécessaires à la réalisation des réseaux, mais aussi la fourniture de tous les services associés (conseil, assistance, formation, service après-vente...).

Au niveau de chacune des filiales, le Groupe a mis en place des équipes d'ingénieurs dédiés au service des clients et joignables à tout moment. Nos prestations de service au profit de notre clientèle :

- Conseil et assistance lors de la spécification d'achat,
- Catalogues avec offre commerciale complète,
- Formation sur les produits et les techniques d'assemblage,
- Livraison des produits sur site,
- Assistance technique sur site,
- Fourniture de la documentation technique...

### 3. Qualité et certifications au niveau de l'entreprise CHIALI :

#### – Qualité :

La qualité des produits fabriqués au niveau du GROUPE CHIALI jouit d'une attention particulière à travers un ensemble de dispositions dédiées à sa gestion et un système de management de la qualité ISO 9001.

Au niveau de l'ensemble des sites de production du GROUPE CHIALI, les produits sont fabriqués conformément aux normes internationales (ISO & EN) et aux normes & règlements algériens. Les produits et les matières premières subissent, au niveau des laboratoires du GROUPE, tous les tests et essais prescrits dans les normes de référence. La traçabilité des produits bénéficie d'un suivi particulier et est gérée par une procédure dédiée. Une attention particulière est accordée au stockage et à la manutention des produits afin d'en garantir une préservation parfaite avant leur livraison aux clients.

#### – Environnement :

Le GROUPE CHIALI a pris conscience de sa responsabilité face à la protection de l'environnement, à la santé et la sécurité de ses employés ainsi que de ses clients et de l'ensemble des utilisateurs de ses produits et en a fait un engagement à travers son adhésion et sa conformité au Système de Management Intégré (SMI).

Des efforts notables et des améliorations continues sont réalisés chaque année dans le cadre du système SMI afin de se conformer à tous les règlements et exigences dans ce domaine.




## **Chapitre II. Présentation de l'entreprise CHIALI Tubes et des données récoltées**

---


Des installations dédiées au recyclage des produits non conformes, au traitement des effluents, ainsi qu'une volonté de plantation d'arbres au niveau des unités de production, constituent la preuve tangible de cette démarche volontariste en vue d'un respect rigoureux de l'environnement. D'autre part, des prescriptions très strictes en matière de sécurité et un programme de formation permanent sont mis en œuvre afin de préserver la sécurité des personnes et des biens.

### **– Certifications :**

- ✓ Certifié ISO 9001 (qualité) (CHIALI Tubes & CHIALI ProfiPlast),
- ✓ Certifié ISO 14001 (environnement),
- ✓ Certifié OHSAS 18001 (santé sécurité au travail),
- ✓ Agréé par SONEGAS pour les tubes PEHD utilisés dans les réseaux de distribution du gaz (CHIALI Tubes & CHIALI ProfiPlast),
- ✓ Agréé ACS pour les tubes PEHD utilisés dans les réseaux de distribution d'eau potable (CHIALI Tubes & CHIALI ProfiPlast),
- ✓ Agréé TEDJ par l'IANOR pour les tubes PEHD utilisés dans les réseaux de distribution d'eau potable (CHIALI Tubes & CHIALI ProfiPlast),
- ✓ Agréé par VERITAL pour les tubes PEHD utilisés comme gaine pour les réseaux de télécommunication.

**CHIALI  
TUBES**

**POLITIQUE QHSE  
DRB01 REV 07**



**QUALITE,  
HYGIENE, SANTE, SECURITE  
ET ENVIRONNEMENT**

Dans une perspective de développement durable, CHIALI TUBES est une entreprise spécialisée dans la production des tubes plastiques (eau, gaz, irrigation, assainissement, bâtiment). Elle place la satisfaction des **parties intéressées** (clients, fournisseurs, personnel,.....), la sécurité des personnes et la protection de l'environnement au cœur de ses valeurs et de sa stratégie.

Pour atteindre ces objectifs, je m'engage à fournir les moyens nécessaires à tous le personnel afin de s'assurer de la **transition de notre SMI** et l'amélioration continue du système de management QHSE en veillant à :

**Mes engagements**

1. Nous conformer aux obligations légales, réglementaires et administratives en matière de qualité, d'environnement, de santé sécurité au travail, applicables à nos activités.
2. Respecter les exigences de la norme ISO 9001(2015) pour la qualité, de la spécification OHSAS 18001(2007) pour l'hygiène santé sécurité et de la norme ISO 14001(2015) pour L'environnement.
3. Maintenir la marque de conformité aux normes algériennes « TEDJ » pour les produits finis PEHD eau potable.
4. Surveiller et revoir les besoins et attentes des **parties intéressées**.
5. S'assurer que **les risques et les opportunités** susceptibles d'avoir une incidence sur la conformité des produits et des services et sur l'aptitude à améliorer la satisfaction du client sont déterminés et pris en compte
6. Fournir un cadre pour établir et revoir les objectifs QHSE.
7. Continuer le développement des compétences du personnel de l'entreprise CHIALI TUBES
8. Promouvoir l'amélioration continue en termes de qualité, santé sécurité et environnement.
9. Impliquer notre personnel et celui travaillant pour notre compte dans des actions de formation et de sensibilisation concernant le volet QHSE.
10. Vérifier la compréhension, la mise en œuvre et le maintien de la politique QHSE à tous les niveaux de la société.
11. Conserver et développer notre partenariat avec nos fournisseurs.
12. Communiquer et collaborer avec **les parties intéressées** au sujet des questions environnementales et de santé sécurité.
13. Revoir régulièrement notre politique QHSE quant à son adéquation permanente.

SBA, le 26 Janvier 2017  
Le Directeur Général  
Tewfik CHIALI




Figure 7. Politique QHSE

### 4. CHIALI Tubes

- Année de création : 1999,
- Capital : 1500 000 000 DZD,
- Nature de l'établissement : Siège.

Filiale 100% du GROUPE CHIALI, cette entreprise dispose de deux usines spécialisées (Usine PVC & Usine PE) dotées de plusieurs lignes d'extrusion de technologie récente et de grandes plateformes de stockage.

L'usine PVC est implantée sur une superficie de 03 ha et assure la fabrication d'une large gamme de tubes PVC (jusqu'au Ø 630 mm) destinés à l'adduction & la distribution de l'eau potable ainsi qu'à l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées.

L'usine PE est implantée sur une superficie de 12 ha et assure la fabrication d'une large gamme de tubes PEHD (jusqu'au Ø 630 mm) destinés à la distribution du Gaz naturel et de l'Eau potable.



**Figure 8. Siège CHIALI GROUPE**

### 3.1. Les niveaux de responsabilité

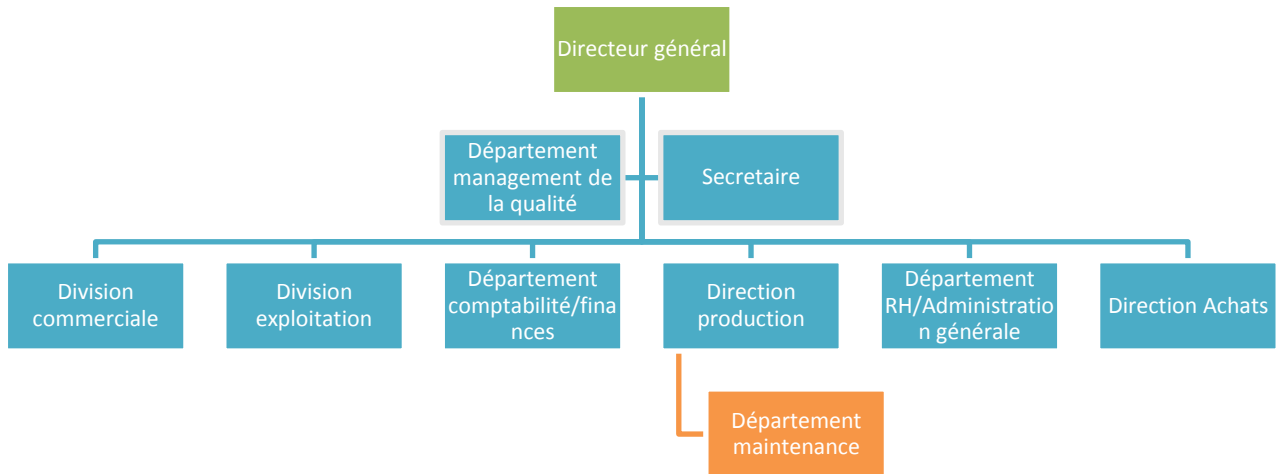


Figure 9. L'organigramme de CHIALI Tubes

#### a. Les relations de la direction de production

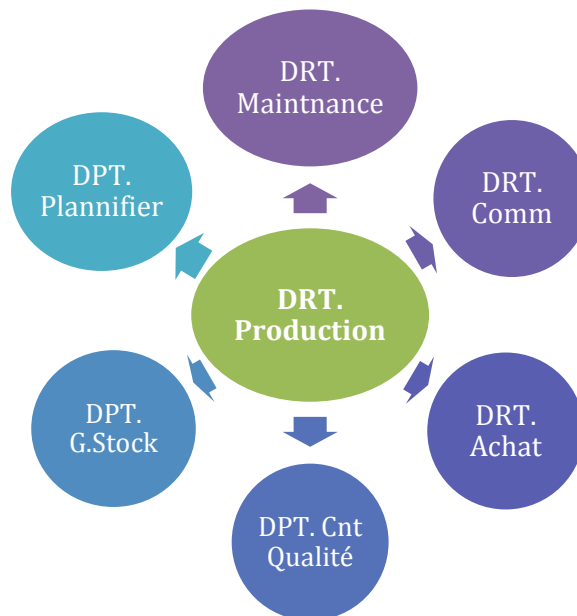


Figure 10. Les relations de la direction de production

### 3.2. Système de gestion

L'entreprise utilise une méthode bien organisée pour gérer le travail entre tous les départements, et aussi les commandes des clients jusqu'à la phase finale. En premier c'était un processus de papiers, mais après ils ont utilisé le logiciel **COSWIN** pour un temps mais il a fait des problèmes pour l'entreprise.

Aujourd'hui ils utilisent un **ERP**, c'est une interface qui aide à la gestion du travail entre tous les départements, elle donne un accès limité à chaque responsable dans l'entreprise, et il a

le droit de seulement changer les champs qui a leur accès, mais quand il fait un changement sur un champs tous les autres champs qui ont relation avec lui seront changés directement, sans qu'un responsable fait appel aux autres pour qu'ils aussi changes dans leurs champs.

**SAGE X3** est le tableau de bord du manager, par ce qu'il lui donne une vision de tous ce que passe lors de la production d'une commande.

Quand une commande est acceptée, le service commercial lance par l'ERP cette commande, et le service planification qui fait le suivi de la fabrication va vérifier les niveaux de consommation de la matière 1ere, s'il y a un manque il fait un bon de commande pour commander de la matière première, pour que le service commercial achète de la matière, sinon le responsable de la planification va faire le plan de la nouvelle commande, et il décide quel est la ligne qui doit produire cette commande. Il fait aussi la prévision de la quantité fabriquée par le débit de la fabrication, il calcule la quantité consommée entre chaque deux achats de matière première. Ce dernier service est responsable de la création des ordres de fabrication **O.F** sous l'ERP pour qu'il donne la main pour l'agent de saisi pour lancer la nouvelle fabrication.

### 3.3. L'unité de production :

Elle possède deux types de ligne de production, des lignes d'extrusion des tubes PE et des lignes d'extrusion des tubes PEX.

Les lignes de production des tubes PE sont des ateliers de production continue qui sert à la transformation des particules PE en tube par extrusion, il existe neuves lignes de ce type qui travaillent en parallèle, pour satisfaire les clients de l'entreprise.

Dans cette spacieuse partie de l'usine on trouve, plus les lignes de production une zone de stockage interne pour les produits finis sensibles comme le PEX, et un atelier de maintenance avec une partie pour stockage des outils et des pièces mécaniques comme magasin. Il y a un laboratoire pour les tests et les contrôles de qualité. Dans le premier étage on trouve la direction qui contient plusieurs bureaux, à côté de celui du directeur et une salle de conférence, comme le chef de production et le responsable de planification.

Il existe aussi hors l'unité une grande zone de stockage externe pour stockage des tubes PE, et des accessoires, on trouve une zone de stockage de la matière première, un atelier de recyclage des rebuts, et la direction maintenance.



**Figure 11. Gaines pour PEX**

A part les lignes de production des types de tubes, il existe une ligne soudeuse des gaines pour le tube multicouche, qui peuvent être utilisés lors de la canalisation et installations sanitaires d'un bâtiment assurant l'alimentation en eau, aussi pour la réparation des conduites d'eau. Les gaine sont en couleurs Bleu pour l'eau froide, et rouge pour l'eau chaude, elles sont produites en trois différents diamètres : 25 pour les tubes de diamètre 16 ; 32 pour les tubes de diamètre 20 ; 40 pour les tubes de diamètre 26.



Figure 12. Grillage Avertisseur



Figure 13. Grillage de Balisage

On trouve aussi une ligne de production des grillages avertisseurs pour la signalisation des réseaux souterrains, le jaune pour le gaz, vert pour le rainuré, bleu pour l'eau, il y'a le marrons et l'orange aussi comme des grillages de balisage pour délimiter les zones de travaux.

### 3.4. Les lignes de production et les types de produits

Malgré qu'il existe plusieurs types de tubes et plusieurs diamètres pour chaque type, on ne trouve que chaque ligne est spécifiée à un type ou un diamètre défini, mais la production est faite par disponibilité des lignes. La planification est faite pour définir laquelle des lignes est susceptible pour quelle commande, on respecte les temps de production et les quantités de la matière première.

Voici dans le tableau suivant toutes les lignes de production disponible dans l'unité, avec tous les types de produits et diamètres qu'elle peut produire, on remarque qu'il y a des lignes pour les tubes de petits diamètres et d'autres pour les tubes de grands diamètres.



## Chapitre II. Présentation de l'entreprise CHIALI Tubes et des données récoltées

Le tableau suivant donne tous les diamètres et types de tubes qu'on peut réaliser sur chaque ligne :

Lignes	Diamètre de tube	Type de produits
A	110 ; 90 ; 75 ; 40 ; 63 ;	Rainuré ; (PN16 ; PN25 ; PN10) ;
B	20 ; 40 ; 25 ; 10 ; 16 ;	Gaz, PEBD goutte à goutte ; (PN16 ; PN10 ; PN6 ; PN25) ;
C	50 ; 63 ; 75 ; 125 ; 200 ; 160 ; 110 ;	Aspersion, Gaz, PEHD, (PN6 ; PN10) ;
D	50 ; 63 ; 40	Rainuré ; Gaz
E	16 ; 20 ; 25 ; 40 ; 50 ; 63	PEHD ; PEBD
F	315 ; 400 ; 500 ; 630	PEHD ; PEBD
G	50 ; 63 ; 75 ; 125 ; 200 ; 160 ; 110 ;	Aspersion, Gaz, PEHD, (PN6 ; PN10) ;
H	50 ; 63 ; 40	Rainuré ; Gaz
I	50 ; 63 ; 40	Rainuré ; Gaz ; PEHD ; (PN10/16/6) ;
J	/	Grillage
<b>K</b>	<b>16 ; 20 ; 26 ; 40</b>	<b>Multicouche (50m, 100m)</b>
Soudeuse	25 ; 32 ; 40	Gaine
L	50 ; 63 ; 75 ; 125 ; 200 ; 160 ; 110 ;	Aspersion, Gaz, PEHD, (PN6 ; PN10) ;
M	20 ; 40 ; 25 ; 10 ; 16 ;	Gaz, PEBD goutte à goutte ; PEHD ; (PN16 ; PN10 ; PN6 ; PN25) ;
N	800 ; 710 ; 630 ; 400 ; 315 ; 500 ;	PEHD (PN16 ; PN10 ; PN6 ; PN25) ;
O	50 ; 63	Aspersion : Rouleuse

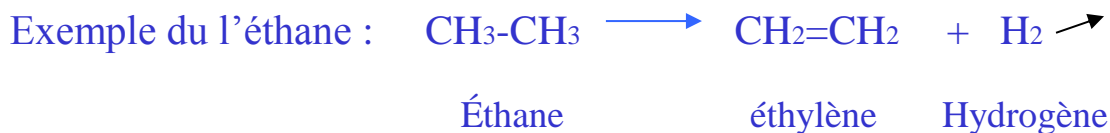
**Tableau 3. Les lignes de productions et les types de produits**

### 5. Lignes de production PE

#### ❖ Historique du polyéthylène :

- Découvert à l'environ de 1900.
- LDPE a été commercialisé en 1939
- HDPE a été commercialisé en 1957

Le pétrole brut est constitué essentiellement d'hydrocarbures saturés. Comme ils sont très peu réactifs, on ne peut pas les utiliser tels quels dans l'industrie chimique. On commence par distiller le pétrole brut de manière à séparer les différents composants. C'est la deuxième partie légère qui subit alors une réaction chimique appelé Craquage thermique (haute température : 700-800 C) :



Cette réaction fournit des molécules insaturées comme l'éthylène CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>, le propylène CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>3</sub>, le butadiène CH<sub>2</sub>=CH-CH=CH<sub>2</sub> et le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) qui sont en particulier à la base des principaux polymères.

#### ❖ Classification

Il existe deux Familles Principales de Polymères : les thermoplastiques et les thermodurcissables. Les polymères *thermoplastiques* se ramollissent en présence de la chaleur et reviennent à leur état (solide) initial après refroidissement.

**Exemple :** *Polyéthylène, polypropylène, polyamide etc.*

Par contre les polymères *thermodurcissables* durcissent en présence de la chaleur et ne reviennent pas à leur état initial après refroidissement.

**Exemple :** *Epoxy, Silicone, Polyester etc.*

***Le polyéthylène fait partie de la Famille des Thermoplastiques***

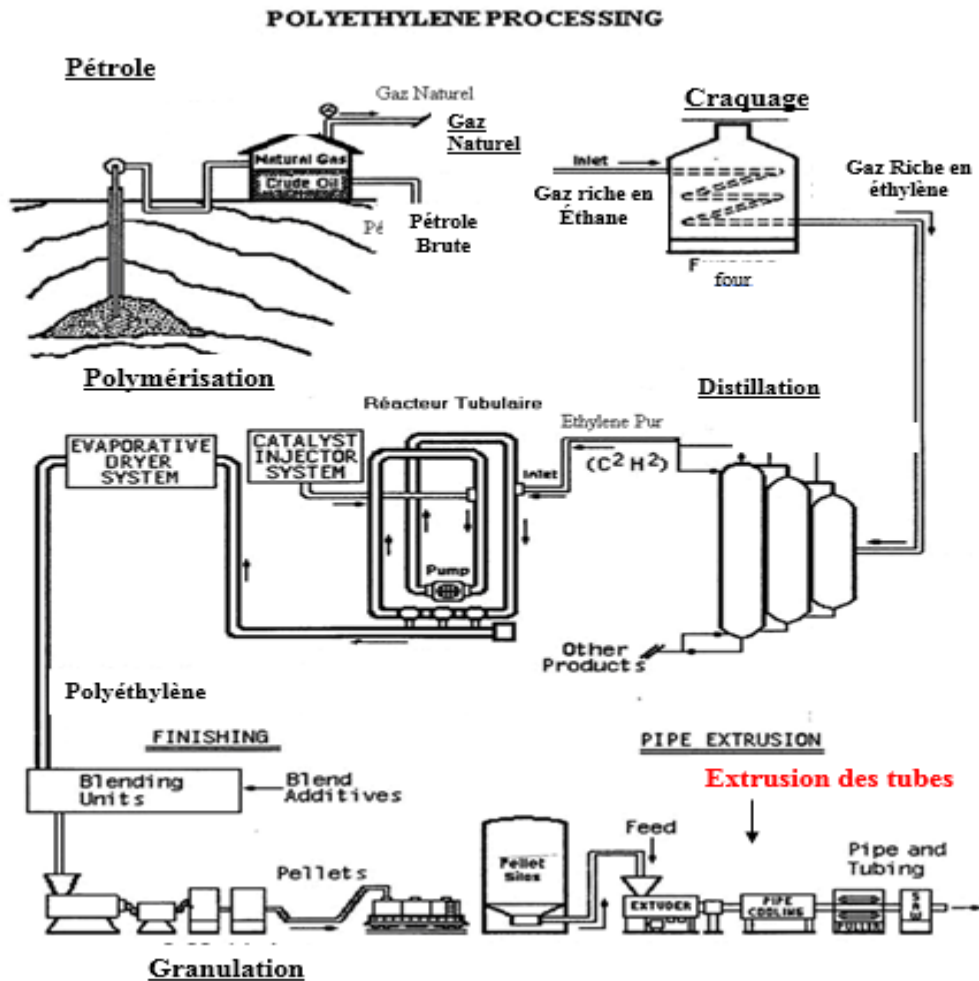


Figure 14. Une description globale.

❖ Définition du PEBD et PEHD :

Le polyéthylène est un polymère constitué de longues chaînes d'atomes. Les chaînes comportent souvent plus de 10,000 atomes de carbone. Le PEHD a des chaînes moléculaires beaucoup plus linéaires donc la densité est élevée (haute densité)  $0.941$  à  $0.960 \text{ gr/cm}^3$ , par contre celles du PEBD sont beaucoup plus ramifiées d'où la densité est basse (basse densité)  $0.915$  à  $0.925 \text{ gr/cm}^3$  et entre les deux le PEMD moyenne densité allant de  $0.926$  à  $0.940 \text{ gr/cm}^3$

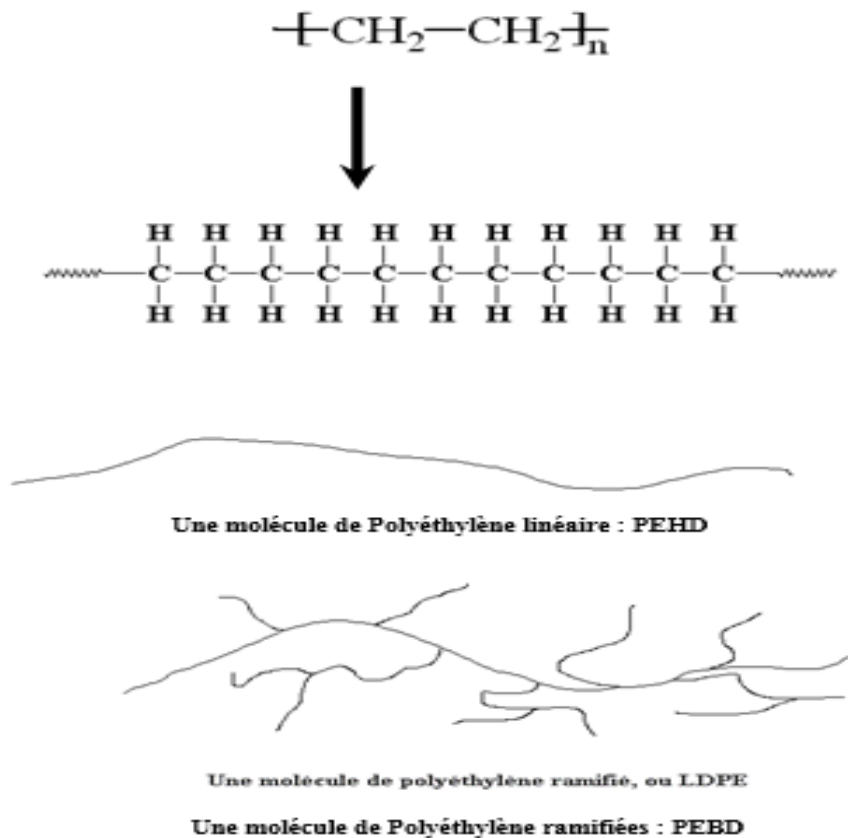


Figure 15. Molécules PEBD et PEHD

❖ **Définition du PE 80 & PE 100**

Le polyéthylène est classé selon une classification internationale ISO. Cette norme classe les différents types de polyéthylène selon leurs caractéristiques mécaniques. Elle attribue un code sous la forme : **PE XX**. Il existe jusqu'à présent cinq classes de PE :

PE 32 : (PEBD)

PE 40 : (PEBD)

PE 63 : (PEHD)

PE 80 : (PEHD)

PE 100 : (PEHD)

**Exemple** : PE 80 : PE Polyéthylène

**80** signifie MRS (Minimum Required Strength) : C'est la contrainte minimale exigée (qui sert au calcul de pression du tube) de 8 MPa (8 à 9.9 MPa) que doit supporter une conduite transportant un fluide à 20°C pendant 50 ans sans éclatement.

### ❖ Processus de production des tubes :

Préparation de la matière première dans l'atelier de stockage par des spécialistes qui vérifie la date de péremption et l'humidité, car le polyéthylène est une substance qui nécessite une grande attention, pour que le produit fini sera de bonne qualité et aussi pour rester toujours dans les normes. L'entreprise utilise plusieurs types de matière première : ALTOFINA ; BAZEL ; SABIC... parce que chaque type de produits à ces propres exigences, selon : PE100 a une grande densité et c'est utilisé pour les tubes de grands diamètres, alors que PE80 a une moyenne densité alors c'est utilisé pour les tubes de petits diamètres.



**Figure 16. Sac de matière première**

Après vérification des sacs de PE, on les vide dans des silos pour réserver la matière, cette dernière va être conduite souterrainement jusqu'à la ligne de production, elle passe par un sécheur pendant 2 heures, pour l'élimination de la médité, il y a neufs sécheurs, à cause de la diversité des matières utilisés , la matière est chargé par des chargeurs qu'on trouve sur chaque silo et sécheur, ce sont des compresseurs qui aspirent l'air pour conduire la matière, après il y a la vérification GRAVICOLOR qui sert à mélanger le colorant et le la matière première avec des quantités bien définis, utilisant une balance et 4 compartiments chaqu'un a son chargeur pour le transporter, et il n'y a aucune relation entre eux, et dessous il y on a un mélangeur qui comprend un débitmètre pour suivre les quantité a utilisé par le gravimètre qui est l'élément connecté directement avec la machine, il sert à alimenter la machine par la matière déjà préparer basant sur le system de gravité.



Figure 17. Silo de matière première

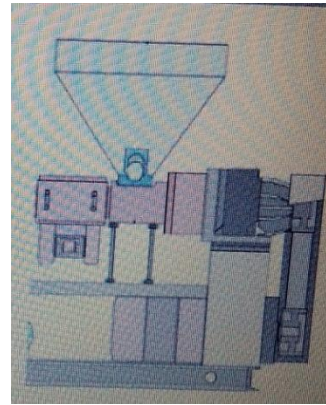


Figure 18. Le gravimètre

La chaîne de production est séparée en quatre zones, la première est l'extrudeuse, la deuxième est la tête d'extrusion, après la tireuse et la quatrième contient la scie et la marqueuse.

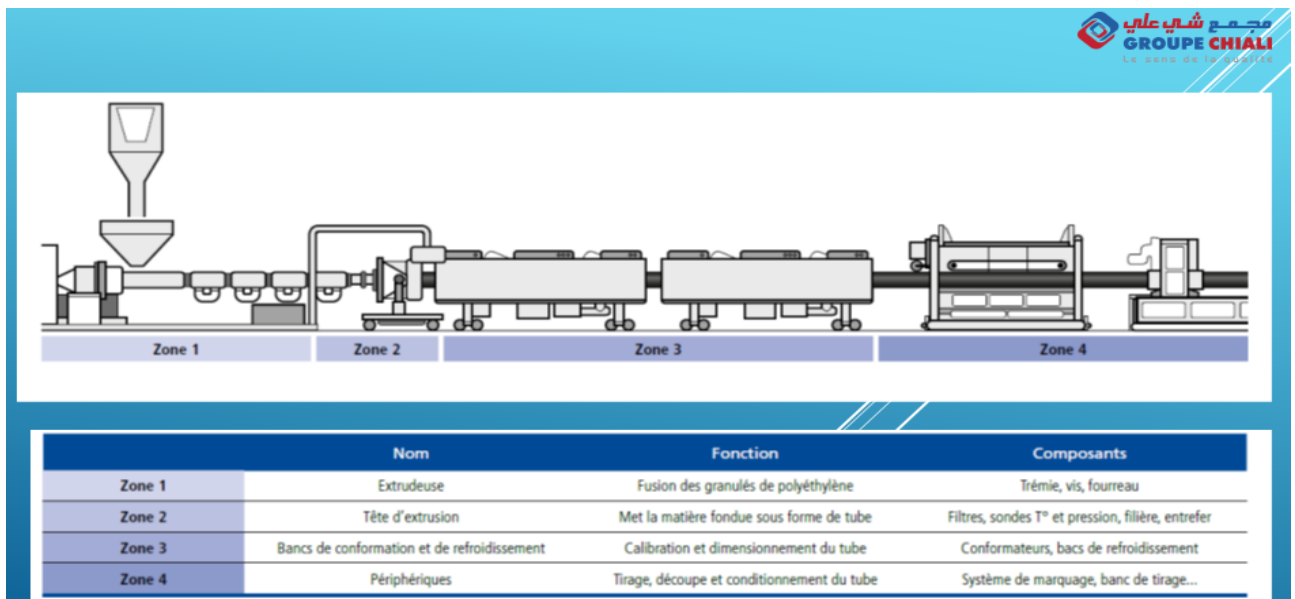


Figure 19. Chaîne de production PE

La figure ci-dessous montre le composant le plus important de la chaîne de production qui est l'extrudeuse, elle sert à chauffer la matière première en parallèle avec sa conduction par une vis sans fin, qui sert aussi à l'homogénéisation du produit, la haute température va fondre la matière et la rendre pâteuse, malléable pouvant être mise en forme, à la sortie de l'extrudeuse le tube sera chaud et déformable, alors on le colle avec un ancien tuyau du même ou inférieur diamètre qui est collé avec une tireuse et elle tire le produit fini avec la même vitesse de production pour que notre produit garde sa forme et son diamètre. Dans son chemin, le tube va

passer par plusieurs composants qui vont aider à la formation du tube, comme les bancs de refroidissement qui arrose le tube par l'eau froide (14°), c'est un choc thermique pour qu'il garde sa forme.

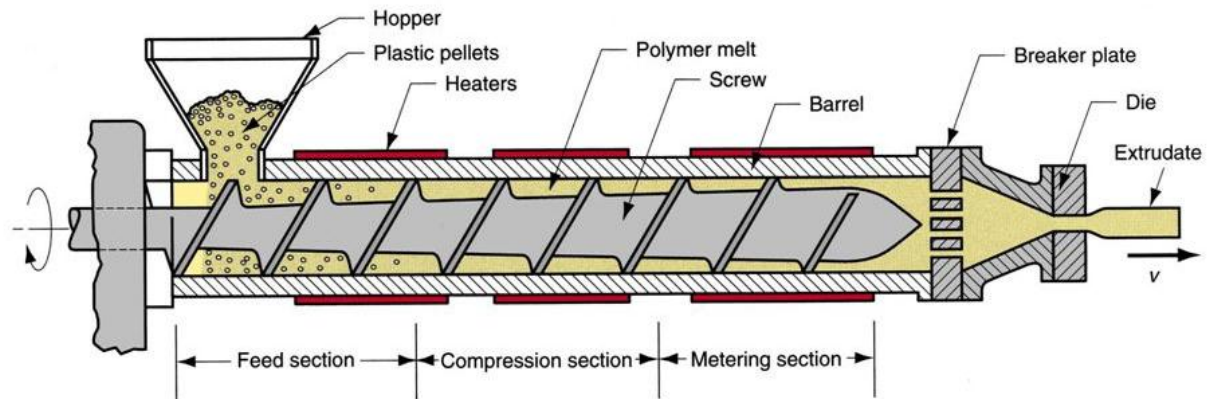


Figure 20. Extrudeuse

### – Rôle de chaque élément de la ligne d'extrusion

L'extrusion est un procédé travaillant en continu. La fabrication des tubes nécessite le passage par les étapes citées ci-après.

**Sécheur :** Le rôle de cet équipement est d'abord d'éliminer une éventuelle humidité pouvant se trouver piégée dans les granules. L'humidité affaiblit la qualité du produit fini. Le deuxième rôle est de préchauffer cette matière pour faciliter sa mise en œuvre (fusion et réduire la charge de la vis de l'extrudeuse).

**Balance Gravimétrique :** L'intégration de ce système de dosage permet d'accroître l'efficacité de l'extrusion, l'objectif est de maintenir un poids au mètre constant en ajustant sur le tirage. Cela permet d'éviter les tâtonnements pour obtenir aux premiers coups les bons débits à chaque démarrage ou en production.

**Extrudeuse :** L'extrudeuse est caractérisée généralement par son diamètre et le rapport  $L/D$  qui est le rapport de la longueur de la vis sur le diamètre. Ce rapport est généralement de l'ordre 25 à 33. Elle est construite des éléments suivants :

**Vis :** il y a eu une évolution rapide des vis. Cette évolution a été axée beaucoup plus sur l'augmentation des débits en maintenant les diamètres des vis plus ou moins fixe. En 1950, Maillefer a inventé la vis à barrière à double filet, en remplacement de la vis conventionnelle. La vis est composée de trois parties principales ; une zone d'alimentation, une zone de transition (fusion) et une zone de refoulement.

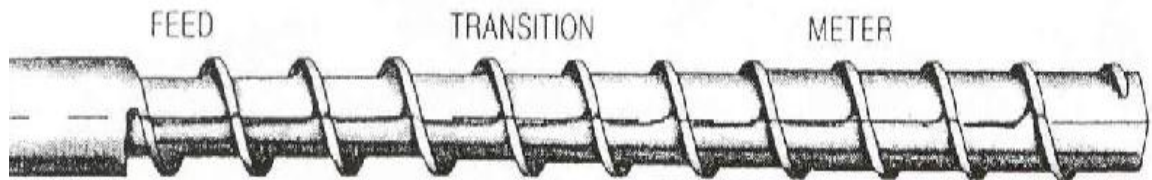


Figure 21. Une vis de l'extrudeuse

**Cylindre :** Le cylindre c'est un tube métallique traité intérieur (nitruration) pour pouvoir résister à toute usure.

**Tête :** le développement des têtes à distributeurs hélicoïdaux à l'avantage de répartir la matière uniformément, d'éviter les soudures et permettent un bon contrôle de la température.



Figure 22. Poinçon filière



Figure 23. Calibreur

**-Autres équipements périphériques :**

Bacs de refroidissement, scanner, marqueuses, tireuses, scie et basculeurs.

### b. Ligne de production du Tube Multicouches

Le tube multicouche est un tube de la famille des tubes synthétiques de type tuyau en PER. Comme son nom l'indique, il est composé de plusieurs couches lui apportant des caractéristiques précises.

Le tube multicouche présente les avantages des tubes métalliques. Par exemple les avantages du tuyau en cuivre et des tubes synthétiques réunis. Il permet une plomberie sans soudure en utilisant des raccords à visser principalement mais d'autres types de raccordement sont possibles.

Le tube multicouche est composé de trois couches (de l'intérieur vers l'extérieur) :

- Une couche de PE-X spécifique (PE-X-b ou PE-X-c) qui réduit l'entartrage et protège de la corrosion.



- Une couche d'aluminium soudée au laser qui permet la rigidité du tube, sa mémoire de forme et son étanchéité à l'oxygène.
- Une couche de PE-X (b ou c) qui lui offre une protection U. V.

Les tubes en PER ou PE-X peuvent être suivit d'une lettre minuscule a, b ou c, elle correspond au procédé de réticulation employé pour la fabrication :

- a : méthode Engel qui permet une utilisation de raccords à passage intégral.
- b : réticulé au silane.
- c : réticulé par irradiation, laser ou rayon X.

### ➤ **Le marquage obligatoire sur le tube multicouche**

Tous les tubes doivent avoir un marquage qui indique :

- le fabricant et/ou le nom commercial du produit ;
- le diamètre et l'épaisseur du tube ;
- le type de matériau ;
- la température et la pression maximale supportée ;
- le numéro de l'avis technique ;
- le logo du CSTB avec les deux derniers numéros du certificat ;
- la date de fabrication ;
- la taille en longueur du tube ;

### ➤ **Avantage:**

- Grâce à l'âme en aluminium, le tube multicouche est étanche à l'oxygène ;
- Parce que le multicouche est repéré par les détecteurs de métaux, on évite les accidents de « perçage », hors saison de chauffe ;
- Sur les dalles à plots, le PER est maintenu, mais sur des dalles planes, il est moins pratique que le multicouche qui, lui, reste en place et conserve la forme qu'on lui donne.
- En Ø 16 et 26, le multicouche présente une grande flexibilité et permet un rayon de cintrage de 5 fois son diamètre, contre 7 pour le PER ;
- Contrairement au PER qui durcit avec le froid, le multicouche est facile à travailler quelle que soit la température ;
- La couronne de multicouche entamée peut être utilisée en plomberie.

### ➤ **Inconvénients:**

- Le prix, plus élevé que celui du PER ;
- À partir du Ø 26, l'effort à fournir pour courber le tube est plus important qu'avec le cuivre.

### – **Processus de production**

La fabrication d'un tube multicouche est un trajet de taches bien étudié et organisé, il départ du magasin de stockage de la matière première ou elle doit être bien conditionnée dans des endroits secs, à l'abri des changements climatiques.

## Chapitre II. Présentation de l'entreprise CHIALI Tubes et des données récoltées

Quand une commandes arrive les opérateurs chargés dans le département de stockage, fait le déchargement des sachets de la matière première qui est le Polyéthylène PEX-B sous forme des granulés, dans des silos qui aident à la manutention de la matière jusqu'à la ligne de production avec l'air, ce dernier sert à chauffer les granulés et les sèchent de humidité, ce qui est très important lors de la production, les particules humides bloquent la machine d'extrusion. Pour garantir un produit fini qui répond aux exigences internationales.

Le procédé de fabrication est l'extrusion et la sur-extrusion, qui s'établie sur cinq étapes, sont les suivantes :

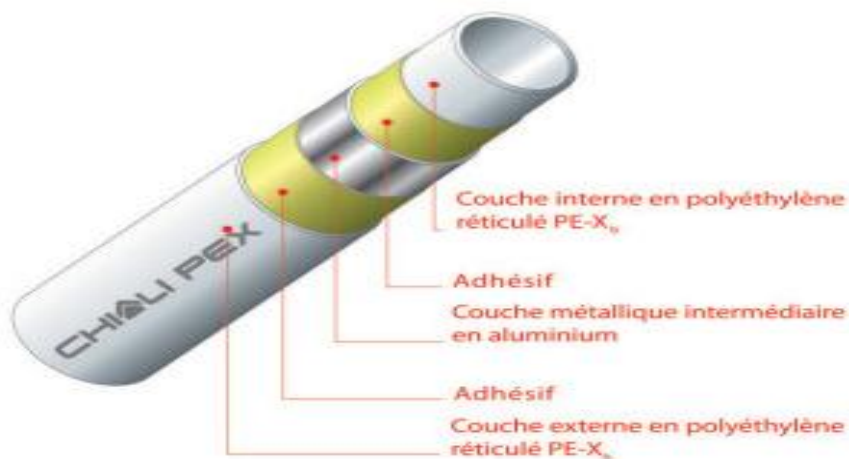
- Extrusion du tube interne, c'est la première couche en PE réticulé PE-Xb avec catalyseur.
- Une couche d'adhésif.
- La soudure de l'aluminium.
- Une couche d'adhésif.
- Extrusion du tube externe, aussi en PE-Xb, avec un catalyseur.



**Figure 24. Ligne PEX**

Nommée la ligne K, une ligne d'extrusion continue, son premier poste est une trémie, et un gravimètre, ou les granulés de Polyéthylène, arrivent en continue on leurs ajoute un catalyseur avec des dosages bien définis par des normes internationales, après que les particules entrent à la machine sont première destination est fourreau le premier composant de l'extrudeuse qui sert au chauffage des particules avec l'air chaude, pour les transformer en une pâte, un vis sans fin faire pousser cette dernière vers un poinçon filière pour le moulage sous la forme et le diamètre désirés, le tube entre a un calibreur et bac de refroidissement, avec l'eau froide 14°C ce choc-thermique aide le tube à ne pas changer de forme, ici arrive la nécessité a une tireuse, ou on prend un produit déchet avec un même ou un inférieur diamètre, et une longueur égale à la longueur de la machine, en les collent avec leurs extrémités, et en lance la tireuse avec la même vitesse que l'extrudeuse, le tube maintenant entre un séchoir à 50°C, pour le préparer à la réception de la colle, cette dernière est injectée à l'aide d'une seconde extrudeuse, elle sert a bien fixer l'aluminium au tuyau interne, on fait une aspiration de la colle au tour des parois, et pour n'est faire un travail hors les norme on établit un vérification du diamètre, on le fait dans cette étape, par ce qu'on peut récupérer le produit s'il n'est pas

conforme. D'une autre nous avons l'aluminium près dans des rouleaux vers un cabestan qui règle l'alimentation du pantin(extrudeuse AL) avec l'aluminium, ce dernier va être sur le tuyau interne et l'adhésif, après qu'on coupe les deux extrémités du filet d'aluminium, par ce qu'elles s'oxydent avec l'air et ne donne pas des bonne résultats de soudure, la soudure se fait bout à bout dans le sens de la longueur, des mécanismes de précision sont utilisé après cet poste pour garantir l'homogénéité du diamètre du tube, on fait le compactage, il existe un composant dans cette partie qui s'appelle EDDYCHEK qui fait des signaux si la soudure n'est pas conforme, maintenant on chauffe l'aluminium à 140°C, pour qu'il reçoit la deuxième couche d'adhésif, mélangé avec un catalyseur et un colorant, on refroidis une autre fois, et on fait l'extrusion de la couche finale, qui est blanche à cause du colorant ajouté, le ZUMBACH est un instrument qui fait assurer la conformité du diamètre tout au long du tube, après on trouve le SPARC-Tester qui détecte les défauts qualité de gaine extérieure du tube, il signale si la colle n'est pas totalement couverte par la dernière couche, et si oui le produit serai un déchet. On passe après à l'étape de marquage, pour préparer le tube à la réception de l'ancre et pour garantir une bonne impression, on chauffe le tube a une T° un peu élevée et après il entre un BETALASER qui détecte les non-conformités de l'impression, pour qu'il soit finalement délivré à la scie pour le découpage automatique après l'enroulement dans des couronnes de 100 ML.



**Figure 25. Tube Multicouches**

Des opérateurs faire l'inspection finale, après ils font l'emballage externe, et le placement de l'étiquette de marque et de caractéristique, le produit fini est stocké dans une zone de stockage temporaire couverte, par ce que le multicouche doit être conditionné selon des normes internationales.

### **Laboratoire control qualité :**

Les tubes en polyéthylène fabriqués par extrusion sont soumis au contrôle de qualité pour être réceptionner, stocker et livrer. Ces contrôles sont effectués par rapport à un référentiel EN 1555 & ISO 4437 pour le transport du combustible gazeux et EN 12201 & ISO 4427 pour le transport de l'eau potable. Elles spécifient les méthodes d'essai auxquelles il est fait référence.

Parmi ces méthodes essais les plus importantes sont :

### Densité :

Le principe de ce test est de déterminer la masse volumique du polyéthylène sous forme de granulés (matière première) ou échantillon prélevé sur le tube (produit fini).

Les méthodes les plus utilisées sont :

- Tube à gradient
- Balance hydrostatique

Le résultat obtenu classe le polyéthylène en basse ou en haute densité. C'est aussi un paramètre pour le calcul de la masse linéique réelle du tube.

### MFI :

L'indice de fluidité est mesuré à l'aide d'un plastomère ce test ne donne pas les paramètres rhéologiques du polymère mais un résultat comparatif pour prévoir les paramètres d'extrusion.

### TIO :

Le DSC (differential scanning calorimetric) est l'appareil de mesure du temps d'induction à l'oxydation. Le principe est de mesurer l'efficacité de l'antioxydant injecté dans la matière de base avant et après transformation. Cela veut dire qu'un échantillon soumis sous un courant d'oxygène pur à une température de 210°C doit résister à une oxydation au-delà de 20 minutes, pour confirmer une éventuelle bonne soudure, et vérifier les contraintes qu'a subi le polymère lors de la transformation.

### Pression Hydrostatique :

C'est l'un des principaux tests, qui permet de contrôler la résistance à la pression hydrostatique d'un tube, prévoir la résistance circonférentielle de la paroi, l'étanchéité et de définir son MRS.

### Retrait :

Ce test permet de mesurer le taux de retrait à une température de 110°C. Le retrait doit être inférieur ou égal à 3 %. L'influence sur les résultats peut provenir de la qualité de la matière première ou du système de refroidissement.

### Fissuration Lente :

- Test à la virole  $e < 5$  mm

Une entaille est initiée pour vérifier la résistance à la propagation en milieu tension actif accélérateur. Ce test c'est une assimilation si comme un tube, suite à une erreur de manipulation, reçoit un choc entraîne une fissure qui doit résister à une propagation.

### ➤ Test à l'entaille $e > 5$ mm

Des entailles longitudinales sont initiées le long de la génératrice du tube, celui-ci est soumis simultanément à une contrainte (défini dans les normes) et une température de 80°C sévères, doit résister sans éclatement durant 165 heures.

### **Teneur en Noir de Carbone :**

La couleur noire du polyéthylène est due à l'injection de 2% environs de noir de carbone. Cet additif a un rôle protecteur du produit fini contre les rayons solaires UV durant les stockages. La méthode la plus utilisée est la pyrolyse.

### **Dispersion :**

Ce test permet de vérifier la dispersion et les agglomérés du noir de carbone se trouvant dans la masse du polyéthylène à l'aide d'un microscope à oculaire gradué. Une bonne dispersion entraîne une protection couvrant toute la surface du tube exposée aux rayons solaires.

### **Traction :**

Le test est effectué sur une éprouvette prélevée d'un tube comme produit fini à l'aide d'un dynamomètre. Cette éprouvette est soumise à une contrainte de traction dont les dimensions et la vitesse de déplacement sont définies par les méthodes d'essai standards. Ce test est effectué sur le produit fini mais pour vérifier la qualité de la matière première.

### **Qualité du multicouche :**

Des tests sont établis lors de chaque production de commande pour assurer la bonne qualité du produit fini, et pour rester toujours dans les normes, ces tests sont faits pour but d'éliminer et éviter tout type de problèmes qui peut causer la non qualité du tube. On peut citer les suivants :

- × Aspect rugueux du tube interne ou externe.
- × Dépôt des résidus PE au niveau de l'outillage (moustaches) lors de l'extrusion qui peut causer des fissures au niveau du tube.
- × Dépôt de calcaire au niveau du calibreur causant des rayures sur le tube.
- × Défaut de soudure.
- × Test de pression hydrostatique.

### Conclusion

Après une présentation de l'entreprise CHIALI Tubes et leurs produits finaux, avec tous les ateliers de l'unité de production et les processus de fabrication des tubes de tout type, nous avons présenté l'historique et les transformations chimiques de la matière première utilisée dans ce domaine.

Nous allons dans le chapitre suivant mentionner les données fournies par le directeur de production en collaboration avec les chefs d'ateliers et aussi les opérateurs qui nous ont bien accueillis.

Une analyse des données est faite pour but de définition de la problématique, après avec la méthode LSS nous allons définir les solutions à proposer pour avoir un processus avec un minimum de problèmes au futur, et avec des temps d'arrêt bien étudiés.

# CHAPITRE III

## Application de la méthode Lean Six Sigma

---

### Introduction

Six Sigma ou 6 Sigma est une marque déposée de Motorola désignant une méthode structurée de management visant à une amélioration de la qualité et de l'efficacité des processus. La méthode Six Sigma a d'abord été appliquée à des processus industriels avant d'être élargie à tous types de processus, notamment administratifs, logistiques, commerciaux et d'économie d'énergie. Au début des années 2000, elle connaît un essor en raison de la complexité des organisations et de l'internationalisation des processus qui imposent une vision mondiale des problèmes.

La méthode Lean Six Sigma se base sur une démarche fondée à la fois sur la voix du client (enquêtes...) et sur des données mesurables (par indicateurs) et fiables. Cette méthode est utilisée dans des démarches de réduction de la variabilité dans les processus de production (ou autre) et au niveau des produits et vise ainsi à améliorer la qualité globale du produit et des services.

Dans ce chapitre nous allons attribuer les données que nous avons collectées et les analyser avec cette méthode pour définir la problématique de l'entreprise, puis proposer des solutions, pour réduire le maximum les temps d'arrêts de la ligne de production du multicouche.



### 1. Objectif du Lean Six Sigma

La méthode Lean Six Sigma est une approche qui vise plusieurs domaines, elle sert principalement à l'amélioration, mais elle peut être aussi :

- Une philosophie tournée vers la satisfaction du client.
- Un indicateur de performance mesurant la qualité.
- Une méthode de résolution de problème pour réduire la variabilité.
- Une organisation de compétence et de responsabilité des ressources de l'entreprise.
- Un mode de management pour la qualité.

C'est aujourd'hui une approche globale de l'amélioration de la satisfaction des clients, et la performance globale de l'entreprise, ce qui n'est pas tout à fait la même chose que l'amélioration de la qualité. La méthodologie Six Sigma est une source d'accroissement de la rentabilité pour l'entreprise en cumulant les effets suivants :

- Une diminution des rebuts, retouches, et plus généralement des coûts de non-qualité ;
- Une amélioration de la disponibilité des machines et du taux de rendement synthétique (TRS) ;
- De meilleures parts de marché consécutives à l'amélioration de la qualité des produits.
- Une augmentation ainsi qu'une fidélisation des clients grâce au progrès de la qualité.
- Une réduction des dépenses grâce à une minimisation du nombre de rebuts, de retouches et de gaspillages au cours de la production.
- Une optimisation de l'efficacité des moyens de production.
- Une augmentation significative du chiffre d'affaires de par la réduction des coûts et l'amélioration de la qualité. [7]

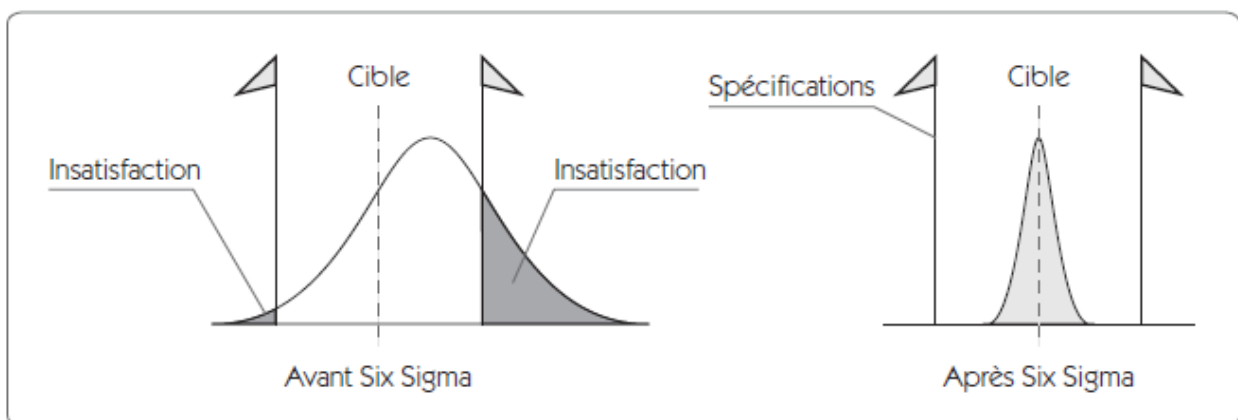


Figure 26. La variabilité et le Six Sigma

### 2. La démarche DMAIC

Atteindre un niveau de qualité satisfaisant la demande des clients est bien entendu l'objectif de toutes les entreprises. Le premier point que l'on doit avoir à l'esprit dans une démarche Six Sigma est la satisfaction du client. Un projet Lean Six Sigma doit apporter une

### Chapitre III. Application de la méthode Lean Six Sigma

---

amélioration significative au client. Pour cela, on doit s'intéresser à ce que souhaite réellement le client, non pas à ce qu'on pense qu'il souhaite.

DMAIC est une abréviation qui présente les cinq étapes de la démarche de réduction de la variation des processus. Cette approche est une ligne de conduite pour effectuer une démarche LSS.

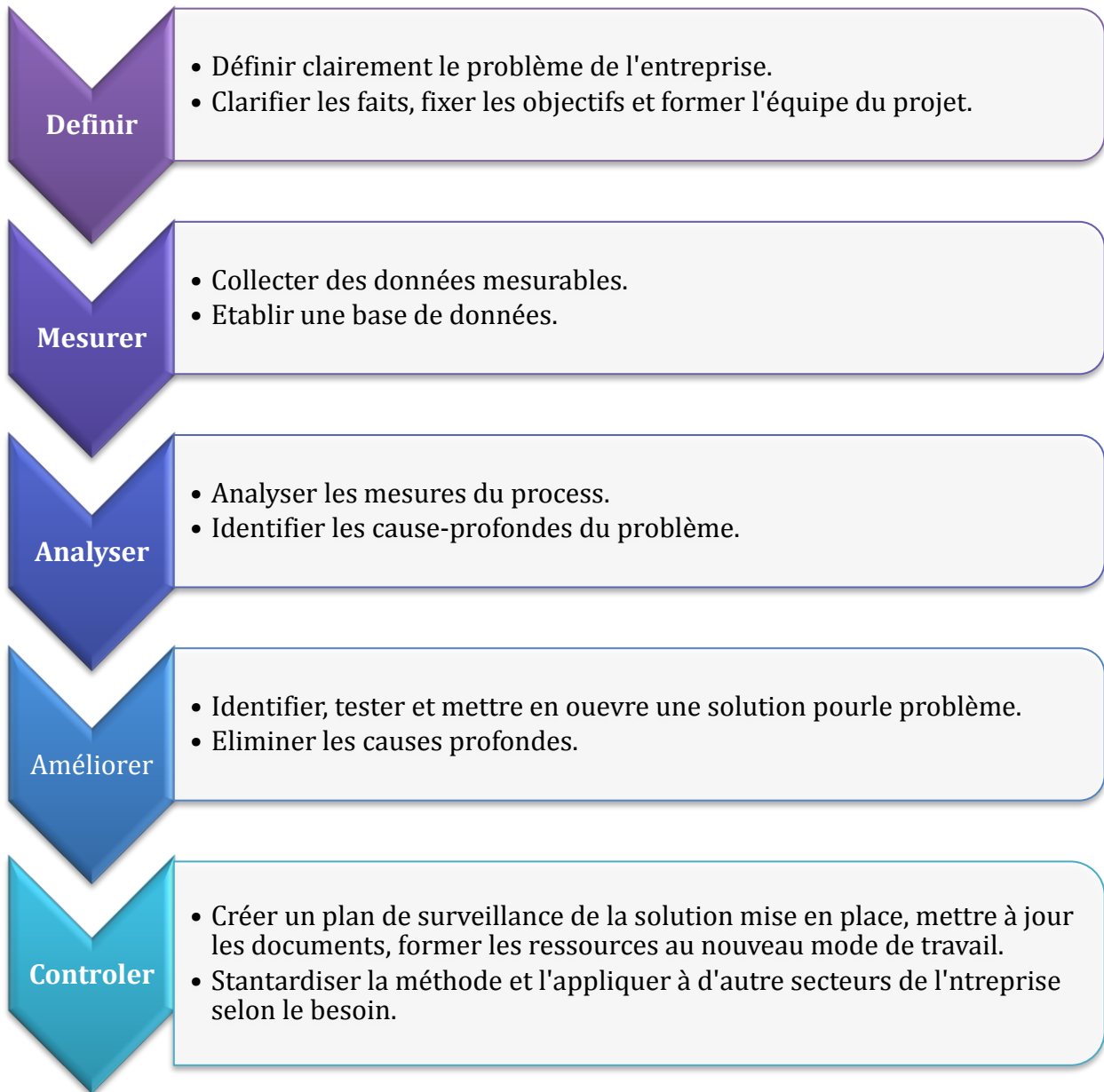


Figure 27. La démarche DMAIC

### 2.1. Etape -1- Définition du problème :

L'étape **D** de la démarche **DMAIC** est une phase d'une importance cruciale car elle permet de bien cerner et comprendre la problématique. Pour cela une base de données de la production obtenue par l'entreprise est indispensable comme point de départ pour pouvoir identifier la problématique.

Nous pouvons utiliser plusieurs outils afin de mieux cadrer le problème avant de se lancer dans la recherche des solutions.

1. Diagramme CTQ
2. Model de Kano
3. Voix du client
4. Charte de projet
5. Diagramme de processus
6. Diagramme FIPEC
7. Le logigramme LV2
8. QQQQCP

La phase Définir a comme finalité d'identifier le but du projet. Cela réside essentiellement dans le fait de bien identifier la problématique. Dans le cas contraire, nous pouvons avoir une mauvaise compréhension du problème observé en production et par conséquent une mauvaise identification des défaillances, des causes et des solutions. Ce qui constituerait une dérive pour tout le reste de la démarche.

#### 2.1.1. Étude de la problématique :

Afin de réduire cette dispersion et améliorer le processus il est indispensable de bien étudier la problématique afin de dégager les causes en tenant en compte des différents facteurs. Dans notre projet nous avons utilisé la méthode QQQQCP.

Le QQQQCP est un outil efficace qui permet une visualisation immédiate de la problématique.

#### ❖ Méthode QQQQCP :

Cette méthode permet d'analyser les problèmes d'une activité sur toutes les dimensions. Il est ainsi plus facile de décrire la situation en adoptant une attitude interrogative systématique. Le QQQQCP repose sur des questions élémentaires très pratiques pour mettre de l'ordre dans les idées.

De plus, chacune de ses questions peut être complétée par un Combien ? Afin de pouvoir les chiffrer avec beaucoup de précision.

- **Qui ?** : Quelles sont les personnes impliquées dans le problème ? (qu'elles soient émettrices ou réceptrice, interne ou externe).
- **Quoi ?** Quel est le problème? Quels sont les chiffres, les résultats qui le prouvent ?

### Chapitre III. Application de la méthode Lean Six Sigma

---

- **Où ?** : Où se pose le problème ? À quel endroit ? Dans quel lieu ?
- **Quand ?** : Quand apparaît le problème ? À quel moment ?
- **Comment ?** : Comment peut-on mesurer le problème ? Comment pourra-t-on mesurer ses solutions ?
- **Pourquoi ?** : Pourquoi doit-on résoudre le problème ? Quels sont les enjeux que nous devons avoir ?

Pour notre problématique, nous avons utilisé la démarche décrite ci-dessus et les réponses aux questions sont résumées ci-dessous :

**Qui ?** Le directeur de la production, le chef de production et les opérateurs.

**Quoi ?** Le gaspillage, et temps d'inactivité, arrêts partiels de la ligne.

**Où ?** La zone de production des tubes multicouches.

**Quand ?** A tout moment, et nous avons choisis une période définie (3 mois).

**Comment ?** Nous avons choisi comme indicateur le grand Y : TRS.

**Pourquoi ?** Pour minimiser tout type de gaspillage.

#### Tableau 4. Définition du problème avec la méthode QQQCP

##### ❖ La charte du projet :

La charte projet est un élément clef de la phase de construction d'un projet. Elle va présenter de manière synthétique le problème à résoudre, l'objectif à atteindre, le périmètre concerné. Elle va également définir les rôles et responsabilités du projet ainsi que les principaux jalons temporels.

La méthode Six Sigma insiste à juste titre sur l'importance de l'engagement de chaque membre du projet à porter le projet avec succès à son terme.

Pour valider la charte projet, on doit poser ces questions et évaluer le nombre de "oui".

Nous avons collecté nos réponses sur le tableau suivant, pour bien construire notre charte, et pour dessiner le chemin de notre projet, et bien savoir tous les risques qu'on doit être en connaissances avec :

Le projet vise-t-il à améliorer un processus ?	Oui.
Le problème à traiter est-il douloureux ?	Non.
Aucune solution n'existe pour répondre au problème ?	Des solutions existent
L'objectif visé est-il mesurable ?	Oui.
L'objectif est-il Mieux (moins de défauts), Plus Vite (réduction du lead time), ou Moins Cher (meilleure utilisation des ressources) ?	Plus Vite.
Le gain est-il mesurable ?	Oui.
Le délai de réalisation est-il court ?	Non
Des ressources seront-elles bien affectées et le cas échéant un budget complémentaire alloué ?	Non
Le projet fera-t-il une bonne utilisation des méthodes Lean Six Sigma ?	Oui

Tableau 5. Réponses pour la charte projet

#### Charte projet Application de la démarche Lean Six Sigma à l'entreprise CHIALI Tubes

<b>Problème :</b>	<b>Champion :</b>	<b>Fonction :</b>		
La ligne K génère des déchets à cause des pannes.		<b>Chef de projet :</b>		
		Le directeur de production. L'encadreur.		
<b>Objectif :</b>	<b>Equipe :</b>	<b>Planning :</b>		
Réduire les temps d'arrêts de 15 %.	Yasser BENDJELLOUL Nour El Houda SAHOULI	<b>Etapes</b>	Date début	Date fin
		<i>Définir</i>	18/12/2017	25/12/2017
<i>Mesurer</i>		25/12/2017	10/01/2018	
<b>Indicateur Y :</b>		<i>Analyser</i>	10/01/2018	07/02/2018
Le taux de rendement synthétique (TRS)		<i>Innover</i>	07/02/2018	05/03/2018
		<i>Contrôler</i>	-	-

Tableau 6. La charte Projet

### 2.1.2. Formulation de l'Objectif :

Après avoir récolté les données et avoir une idée sur l'entreprise qu'on a visée, l'objectif a définitivement changé, et nous avons choisi d'établir un Objectif de type **SMART**:

<b><u>Spécifique</u></b>	Réduire les temps des arrêts de la ligne de fabrication des tubes multicouches.
<b><u>Mesurable</u></b>	Réduire les temps d'arrêts de 15%.
<b><u>Assignable</u></b>	En travaillant avec le chef et le directeur de la production et quelques opérateurs à l'aide des outils de la qualité.
<b><u>Réaliste/Réalisable</u></b>	Oui, le projet est réaliste.
<b><u>Temporel</u></b>	L'application de la démarche doit être terminée avant la mi-mai 2018

### 2.2. Etape -2- Mesure des données :

C'est la deuxième étape, elle nous prépare à l'analyse des données et aux situations à améliorer. Après avoir élaboré une bonne définition du projet, nous avons délimité notre processus de travail. Pour bien comprendre le processus, nous avons choisi d'aller directement sur le terrain pour mesurer le processus dans son ensemble. L'approche Lean Six Sigma suggère de prendre des mesures précises à cette étape du ***DMAIC***.

#### Les outils :

- 1- Diagramme de processus
- 2- plan de collecte des données
- 3- analyse comparative calcul de sigma
- 4- les opportunités des défauts
- 5- l'analyse de la capacité
- 6- les données qualitatives [9]

La figure suivante montre les pourcentages des arrêts de toutes les lignes de l'usine :

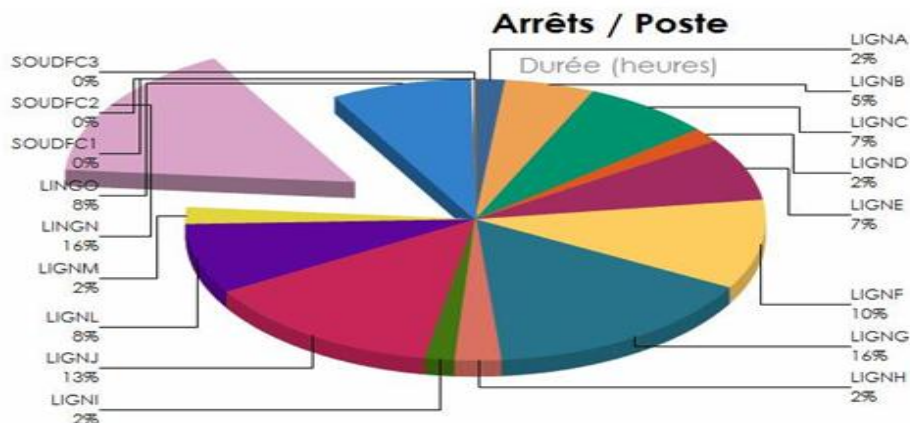


Figure 28. Le pourcentage des arrêts par poste

### Chapitre III. Application de la méthode Lean Six Sigma

Ci-dessous un tableau qui résume globalement toutes les pannes sur l'ensemble des lignes présentes dans l'atelier de production.

<b>Les pannes</b>	<b>Durée (h)</b>	<b>Fréquence/(3 mois)</b>
Panne électrique	225.6	36
Panne mécanique	31.5	18
Maintenance programmée	0.3	1
Défaut qualité / Nettoyage outillage	73.0	12
Changement de programme	30.5	7
Défaut Utilités	1.0	1
Défaut Pompes Refroidissement	-	-
Coupure de courant	10.8	20
Rupture Matière Première	-	-
Blocage Matière Première	-	-
Défaut plan de charge	-	-
Congé annuel	-	-
Panne technique	37.5	18
Autres	50.0	22
Démarrage	2.0	2
Manque Effectif	0.00	0.00
Ecrasement	0.00	0.00
Panne d'imprimante	0.00	0.00
<b>TOTAL ARRETS LIGNES</b>	<b>462.1</b>	<b>137</b>

**Tableau 7. Total arrêts des lignes**

### ❖ Identification des réponses mesurables Y :

Le directeur de production nous a exigés de travailler avec seulement les données des 3 mois : Janvier, Février, Mars de l'année 2017. Nous avons décidé de choisir comme indicateur mesurable, le Taux de Rendement Synthétique « **TRS** » que nous avons calculé comme suit :

#### Définition :

Le TRS est à la fois une méthode et un indicateur permettant d'évaluer les performances des moyens de production. Il permet de mettre en évidence les causes de pertes de productivité.

Selon la norme AFNOR NF E 60-182, le TRS est représenté selon la figure suivante :

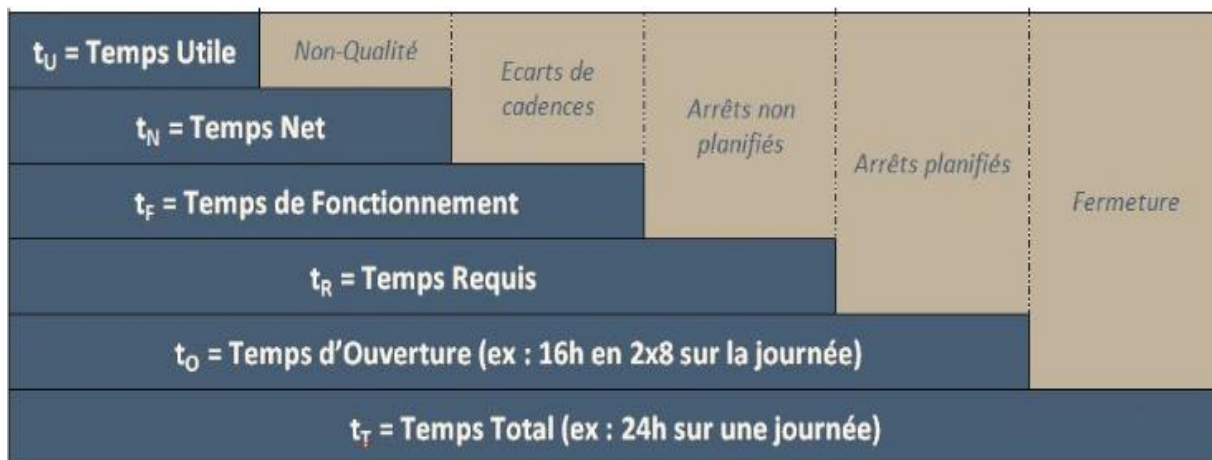


Figure 29. Calcul du TRS

Pour calculer cet indicateur, il est nécessaire de calculer les temps suivants :

- Temps Total de production (**TT**) :  
 $TT = 31 \text{ jours} + 28 \text{ jours} + 31 \text{ jours} = 90 \text{ jours} = 2160h$ .  
 L'entreprise travail 24h/24h, et 7j/7j, elle ne prend pas des jours fériés, alors pour le temps de production total on calcule la somme des jours des trois mois donnés.
- Temps d'Ouverture (**TO**) :  
 $TO = TT - \text{Temps de Fermeture des ateliers (TF)} = 90 \text{ jours} = \mathbf{2160h}$   
 Nous avons **TF=0** ; car L'entreprise travaille par équipe de 3 x 8h.
- Temps Requis (**TR**) :  
 $TR = TO - \text{Arrêts planifiés} = 2160h - 0.3h = \mathbf{2159.7 h}$   
 D'après les données nous avons comme arrêt planifié seulement la maintenance programmée qui a pris une durée de 20min = 0.3h
- Temps de Fonctionnement (**TF**) :  
 $TF = TR - \text{Arrêt non planifiés} = 2159.7h - 461.8 = \mathbf{1697.9h}$   
 Les arrêts non planifiés sont tous les arrêts du système pendant la durée des 3 mois à part la maintenance programmée.



➤ Temps Net (TN) :

$$TN = TF - \text{Ecart de cadence} = 1697.9 \text{ h} \times 80\% = \mathbf{1358.32h}$$

L'écart de cadence entre le taux de production planifié et le réalisé, en terme d'une production sans arrêts et c'est un taux de 80% de la capacité des machines.

➤ Temps Utile de production (TU) :

$$TU = TN - \text{Rebuts} = 1358.32 - 1358.32 \times 10\% = \mathbf{1222.49h}$$

Dans l'état normal sans arrêts l'entreprise produit :

$$4.5 \text{ Tonnes/j} \rightarrow 4.5 \times 90 = 405 \text{ Tonnes/3mois}$$

Mais elle a réalisé seulement : 367 Tonnes lors des 3 mois donnés.

Donc, le **rebut** = 405 - 367 = **38 Tonnes** (soit à peu près 10 % de la production totale)

Alors nous avons pris le taux des rebuts = **10%**

➤ Temps de Rendement Synthétique **TRS** =  $Tu / Tr = 1222.49h / 2159.7 \text{ h} = \mathbf{56.60\%}$

### 2.3.Etape -3- Analyse des données :

Le Lean Six Sigma recommande d'éliminer les tâches sans valeur ajoutée. À cette étape, on analyse les mesures quantifiées prises dans la section précédente et nous faisons un retour sur les objectifs définis à la première phase du **DMAIC**.

Avant d'analyser les données nous avons établie comme objectif : « **Minimisation des temps d'arrêts des lignes de production les plus élevé** », mais après avoir une idée globale sur les temps d'arrêts de toutes les lignes, nous avons décidé plus précisément à cette étape du **DMAIC** que nous sommes obligés de choisir deux points à étudier pour faire une étude pour notre projet qui est plus précise, et avoir de bons résultats :

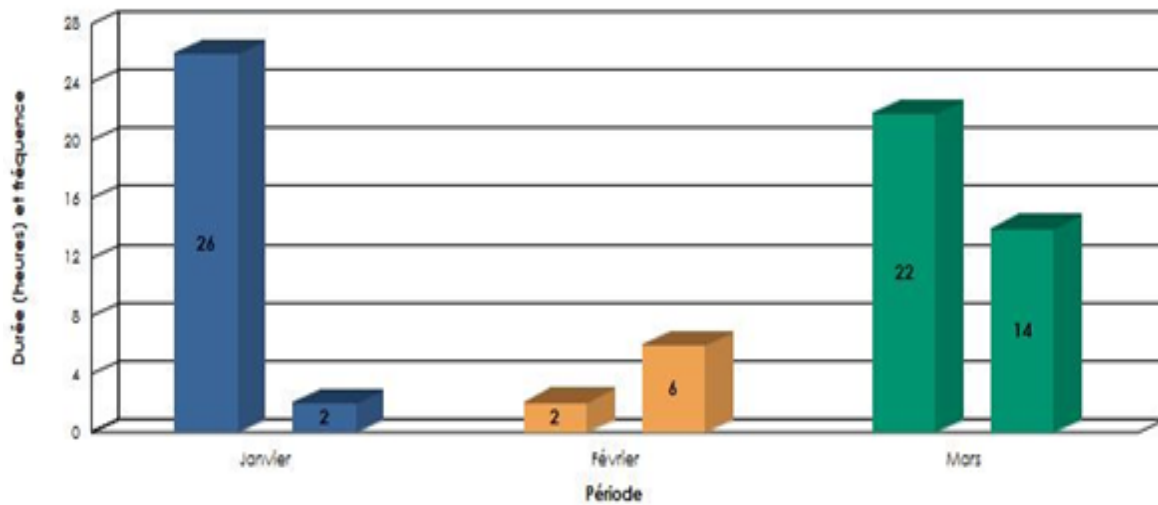
- Les lignes qui ont le plus grand temps d'arrêt pour les améliorer, et donc minimiser tout gaspillage de temps, et éliminer tous les problèmes qui produisent un temps d'arrêts.
  - ⇒ La ligne qui a le plus grand temps perdu est la ligne K qui est responsable à la fabrication des tubes multicouches.
- Les pannes qui ont pris le plus grand temps perdu.
  - ⇒ Pour effectuer cette étape il existe toute une liste de méthodes qu'ont peu fait appel, mais nous avons choisi lors de notre projet la méthode PARETO.

#### Les outils :

- 1- Diagramme de Pareto
- 2- diagramme d'Ishikawa
- 3- les travaux statistiques exploratoires TSE
- 4- la méthode des 5 pourquoi
- 5- histogramme
- 6- nuage de point
- 7- analyse de tendance

8- diagramme de cause à effet

Plusieurs pannes ont causé l'arrêt de la ligne K « multicouche », que nous avons choisi de traiter avec la méthode Lean Six Sigma.



**Figure 30. Arrêts de la ligne K**

Voici le tableau qui présente l'application de la méthode PARETO pour définir les types de pannes qui ont causé les plus grands temps perdus :

❖ **Méthode Pareto :**

Les pannes	Arrêts	Cumulé	Pourcentage
Panne électrique	225.6	225.6	0.48
Défaut qualité / Nettoyage outillage	73	298.6	0.64
Autres	50	348.6	0.75
Panne technique	37.5	386.1	0.83
Panne mécanique	31.5	417.6	0.90
Changement de programme	30.5	448.1	0.96
Coupure de courant	10.8	458.9	0.99
Démarrage	2	460.9	0.99
Défaut Utilités	1	461.9	0.99
Maintenance programmée	0.3	462.2	1

**Tableau 8. PARETO -Type de Pannes**

### Chapitre III. Application de la méthode Lean Six Sigma

Le tableau ci-dessous affiche les détails sur les trois pannes que nous avons choisies par la méthode PARETO, on remarque que chaque panne est toute un groupe de panne du même type.

	<b>Pannes</b>	<b>Durées</b>
<b>Pannes Electriques</b> 225.6h/36fois	Imprimante	2
	Enrouleur (encodeur)	2.16
	Pupitre de commande (extrudeuse 1)	3
<b>Pannes mécaniques</b> 31.5h/18fois	Refoulement de la pompe	0.5
	Beta-laser	246.5
	Enrouleur (lieuse)	5.30
	Dévidoir du cabestan	7.5
	Câble pantin	4
<b>Défaut qualité</b> 73h/12fois	L'instabilisation du tube interne	-
	Mauvaise coupure des couteaux d'hacheuse	-
	Forme d'électrode mauvaise	-
	Problème spack testeur	-
	Dégradation de matières	-
	Changement de matière	-
	Prob accumulateur	-
	Intervention des maintenances	-
	Problème station soudure	-
	Test de pression	-
	Changement de bobine d'aluminium	-
Tubes interne instable	-	

**Tableau 9. Les trois pannes choisies en détail**

### 2.4. Etape -4- Amélioration des résultats Y du processus

Dans cette nouvelle partie, nous entrons vraiment dans la phase d'amélioration du processus. Avec les données déjà traité nous passons maintenant à proposer une solution pour chaque problème pour objectif de diminutions des temps d'arrêts des lignes.

On peut utiliser plusieurs méthode dans cette partie aussi pour bien répondre au toutes les questions qui se pose, pour avoir un bon résultat à la fin du projet ; Nous avons choisis le Brainstorming.

- Brainstorming
- Cercle de qualité
- Vote simple
- Vote pondéré
- Diagramme en arbre
- Diagramme matriciel
- Méthode TRIZ
- AMDEC

#### ❖ *Brainstorming*

Le brainstorming consiste à regrouper un nombre de personnes en groupes de travail afin de proposer des solutions sur un problème donné. Il consiste en la génération d'idées et de solutions individuelles grâce aux savoirs tacites et explicites de chaque acteur ; la collaboration entre les différentes personnes du groupe de travail stimule les capacités collectives en créant un effet de synergie. Les relations informelles jouent ici un rôle primordial dans la santé de l'esprit d'équipe et du management des conflits.

Pour bien compléter cette étape nous avons distribué un questionnaire aux opérateurs pour qu'ils nous donnent leurs idées pour améliorer les problèmes cités.

### Chapitre III. Application de la méthode Lean Six Sigma

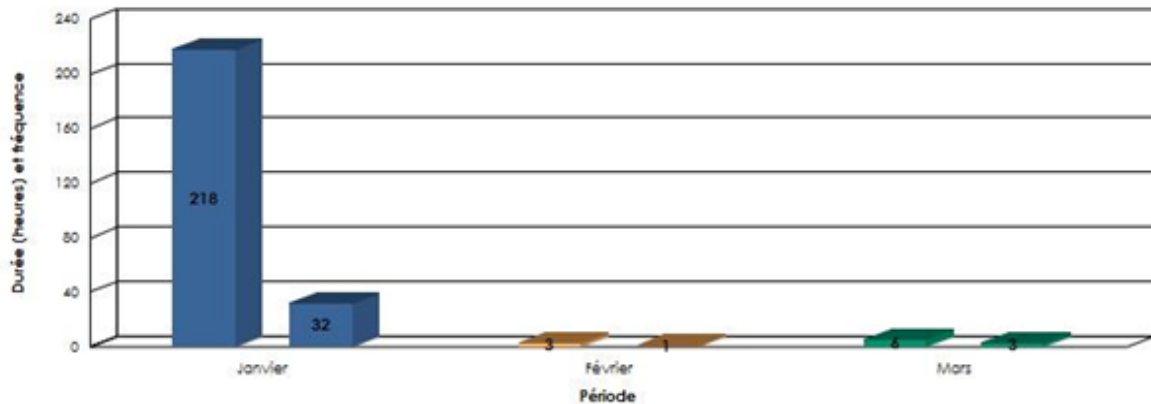
Le tableau suivant présente toutes les états correctifs proposé et trouvé pour bien améliorer le processus

	<b>Pannes</b>	<b>Action corrective</b>
<b>Pannes Electriques</b>	Imprimante	Existe
	Enrouleur (encodeur)	Existe
	Pupitre de commande (extrudeuse 1)	Existe
<b>Pannes mécaniques</b>	Refoulement de la pompe	Existe
	Beta-laser	Existe
	Enrouleur (lieuse)	Existe
	Dévidoir du cabestan	Existe
	Câble pantin	Existe
<b>Défaut qualité</b>	L'instabilisation du tube interne	Existe
	Mauvaise coupure des couteaux d'hacheuse	Existe
	Forme d'électrode mauvaise	Non
	Problème spack testeur	Existe
	Dégradation de matières	Existe
	Changement de matière	Non
	Prob accumulateur	Non
	Intervention des maintenances	Non
	Problème station soudure	Non
	Test de pression	Non
	Changement de bobine d'aluminium	Non
	Tubes interne instable	Existe

**Tableau 10. Les actions correctives**

### 2.4.1. Les actions correctives de chaque panne

#### ❖ Pannes Electriques :



**Figure 31. Fréquences des pannes électriques dans les trois mois**

Les pannes qui ont causé le plus grand taux de perte des temps opératoires de la ligne K qui est 225.6h perdues avec une fréquence de 36 pannes lors les 3 mois.

#### • **Imprimante**

On sait que l'imprimante est responsable de l'impression des informations liées à l'entreprise et au tube sur le tube, et elle doit travailler en cohérence avec la tireuse, parce-que chaque 200m du produit fini doit être datées et bien repérées avec toutes les informations obligées par la norme, et bien imprimé. Mais l'imprimante de la ligne K a su faire des arrêts avec une grande fréquence, et un temps d'arrêt supérieur au temps normal qui est de 5min et 5h sans arrêts, ces arrêts ont causé un grand problème qui est la perte des données enregistrés, donc il était obligatoire d'appeler un programmeur après chaque arrêt non attendu pour qu'il réenregistre les données nécessaires.

Alors les actions correctives de ce problème sont :

- Nettoyage du circuit d'encre avec un calendrier bien défini collé à point de vu de tous les opérateurs.
- Installation d'un onduleur avec l'imprimante pour éviter la perte des données en cas d'arrêts non programmé.
- Emplacement d'une deuxième imprimante pour ne pas gâcher le temps de non-fonctionnement de la première.

#### • **Enrouleur (encodeur)**

C'est l'outil responsable du métrage, il donne à la scie l'ordre pour découper, sachant que le multicouche est emballée en couronne de 100 ML et 200 ML, alors il faut que à chaque métrage de 100m ou 200m selon la commande, l'enrouleur donnera une commande pour que la scie faire son travail, sa vitesse doit être de 1m/2sec. Le problème était causé par le tube de diamètre 20 qui touchait l'enrouleur, se problème a arrêté toute la ligne K.

Les actions correctives sont :

- Une protection mécanique de la fiche de l'enrouleur avec une cage pour qu'elle ne soit pas touchée par le tube de tout diamètre.

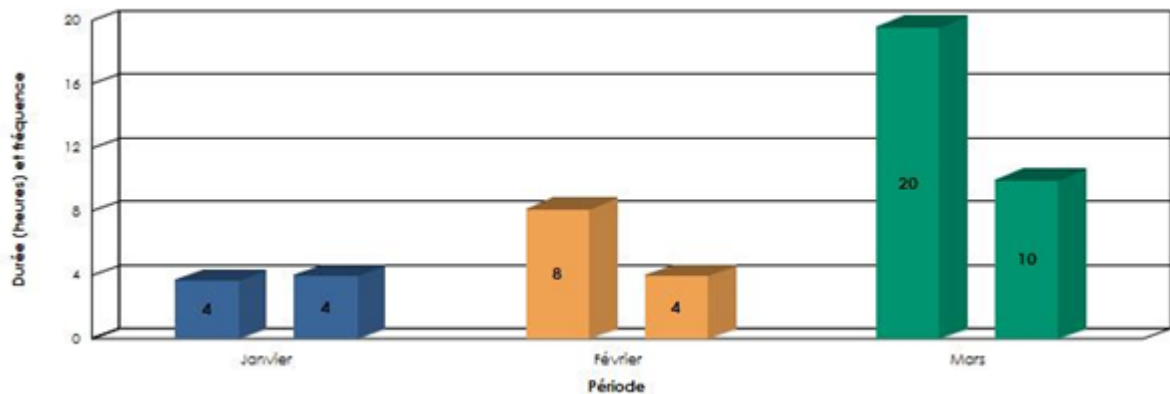
- **Pupitre de commande (extrudeuse 1)**

C'est un PC pour régler les machines de la ligne, et pour donner les ordres de la commande à produire, il était lent et il bloquait chaque fois, ce qui cause la perte des données, on était obligé de faire appel au programmeur à chaque blocage qui coûte très cher. L'arrêt du pupitre arrêtera toute la ligne pour 8h chaque fois, mais après la correction du problème c'était devenu un blocage d'1h seulement, pour la maintenance.

Les actions correctives sont :

- Installation d'un deuxième PC, un pour communication et l'autre pour la commande, cette action, cette action nous permettra de stocker les données du système sur un PC séparé, alors quand un blocage est arrivé on ne perd pas ces données.
- Enregistrement du Data nécessaire au système sur un disc-dur séparé pour qu'on peut faire le back-up des data en cas de perte.
- Installation d'un onduleur pour ne pas risquer des arrêts non programmés du pupitre, cette action nous donne la chance de stocker les données avant chaque arrêt.

- ❖ **Pannes mécaniques**



**Figure 32. Fréquences des pannes mécaniques dans les trois mois**

Ce type de panne a causé une perte de 31.5h avec une fréquence de 18 pannes pendant les 3 mois donnés.

- **Refoulement de la pompe**

La pompe est une partie indispensable de toutes les lignes de productions des tuyaux de tous les types, aussi pour la ligne K car elle est responsable de purger l'eau pour alimenter le bac de refroidissement pour que le tuyau ne perde pas son diamètre désiré après son sortie de

l'extrudeuse. Alors le refoulement de la pompe arrête toute la ligne, et c'est causé par les granulés du calcaire qui la bouche, on remarque que c'est bouchée quand elle fait des sons anormales, alors un opérateur responsable est sensé de l'arrêter.

Les actions correctives sont :

- L'installation de deux pompes en parallèle.
- L'installation d'une zone de traitement des eaux qui est alimenté par la bêche d'eau et qui alimente les lignes de production.
- Nettoyage de la pompe régulièrement.



**Figure 33. Bac de refroidissement**

- **Beta-laser**

Une pièce qui compose l'encodeur, et ses pièces de rechange n'existe pas en Algérie ce qui a pris un long temps pour l'acheter de l'étranger, le problème c'était que sa vitesse était variable, et qu'il sautait des sections de produit fini sans métrage.

Les actions correctives :

- Toujours acheter un secours et le stocker dans le magasin pour ne jamais tomber en panne.
- Faire une deuxième roue, avec un autre type d'encodeur qui existe en Algérie en attendant l'arrivée de l'original.

- **Enrouleur (lieuse)**

C'est la partie responsable de lier les couronnes chaque fois l'encodeur atteint les 100 ML ou les 200 ML. Qui s'affiche dans la figure suivante :



**Figure 34. Lieuse de tubes en couronne**



Le problème était compliqué, à cause de l'usure des pièces mécaniques elle faisait des commandes non programmées, et elle cintrée plusieurs fois par minute ce qui est supérieur à son rythme de cintrage normale, se problème a causé un risque aux opérateurs, car dans l'état normale chaque fois qu'elle réalisera un cintrage elle ouvre ces portes pour que l'opérateur prendre la couronne pour l'emballée, alors l'opérateur qui attend le cintrage était en risque de blessure si elle ouvre ses portes avant le temps programmé.

Les actions correctives sont :

- Commande des pièces manuellement, et en avance, et rester loin de son chemin.
- Installation d'une deuxième lieuse manuelle.
- Son affutage dans le cas normale reste pour un an, mais après le problème c'est obliger de faire un affutage de trois fois au maximum.
- Faire un entretien journalier, et faire de la colle avec un liquide spécial pour éviter les corrosions, et pour que les composantes de la lieuse ne risquent pas de tomber.

- **Dévidoir du cabestan**

C'est comme une tireuse pour l'aluminium, elle sert à vider les bobines d'aluminium, et d'alimenter la chaîne de production du multicouches avec l'aluminium avec un débit étudié et qui convient au niveau d'attraction du tube par la tireuse.



**Figure 35. Dévidoir du cabestan**

Le problème c'était la vibration sur l'axe principale, qui provoque un problème avec l'alimentation en aluminium qui ne tend pas bien, ce qui cause des problèmes lors de la soudure.

Les actions correctives sont :

- Déplacement d'une partie, et l'élimination de la partie qui mal fonctionne pour la maintenir.

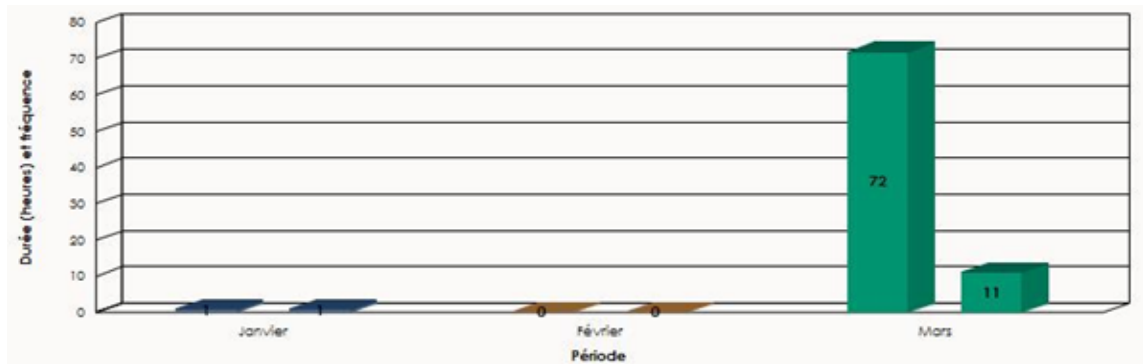
- **Câble pantin**

Le problème est causé par le jeu d'un boulon dans sa place, il a produit une vibration alors un frottement.

Les actions correctives sont :

- Une maintenance préventive qui sert au changement du câble après chaque six mois du travail malgré qu'il reste au bon état, cette opération doit être faite l'ors du changement du programme qui prendre une langue durée, pour ne pas gâcher plus de temps.

- ❖ **Défaut qualité du tube**



**Figure 36. Fréquences des pannes de défaut qualité dans les trois mois**

Ce sont les problèmes qui affecte la qualité du tube finale, elles sont causées l'arrêt de la ligne K pendant 73h avec une fréquence de 12 fois/ 3 mois.

- **L'instabilisation du tube interne**

Le tube interne est la première couche, elle le corps initial du produit final, si elle n'est pas de bonne qualité tout le tube sera un rebut, le problème avec cette partie importante de la production c'été le jeu du tube interne à cause du mal lien avec la tireuse, et l'usure de plusieurs boulons de la machines, ce qui affecte le diamètre désiré pour le tube, il va être variable, et c'est de la non-qualité.

Les actions correctives sont :

- Un agent doit contrôler le tube lors du déplacement, en remplissant une fiche de suivi.
- Réglage de la température de l'eau (14°C)
- Installation d'une deuxième pompe pour control du débit de l'eau.

- **Mauvaise coupure des couteaux d'hacheuse**

Avant l'utilisation de l'aluminium, nous sommes obligés de couper les extrémités pour éliminer l'oxydation, car l'aluminium est un matériau qui se dégrade facilement quand il fait un contact avec l'air qui contient de l'Oxygène. Les extrémités oxydées causent une mauvaise soudure de la deuxième couche en aluminium, car la soudure est faite en reliant les deux extrémités l'une à côté de l'autre, et si les extrémités sont oxydées, la soudure ne donne pas un bon résultat comme le souhaité, ou comme normalisé.

Les actions correctives sont :

- Affutage toutes les trois mois.
- Avoir un secours dans le magasin.
- Doit être changée toutes les six mois au maximum.

- **Forme d'électrode mauvaise**

Avant de souder, il faut bien choisir le diamètre de l'électrode et de la buse, l'intensité de courant, le débit de gaz, le type et le diamètre du métal d'apport. [11] Car la soudure TIG est faite avec un mélange de gaz rares l'hélium et l'argon (2L : He/4L : Ar)/min, plus des additifs pour renforcement de la soudure ; ce sont des gaz très chers alors un défaut de soudure est une grande perte pour l'entreprise, et le mauvais choix de l'électrode provoque des défauts de qualité sur le tube tels que :

- Rayure sur la couche externe.
- Gonflement de tube.

Les actions correctives sont :

- Toujours contrôler les diamètres avant de choisir l'électrode pour ne pas tomber dans le même problème.
- Afficher une liste des électrodes qui convient à chaque diamètre et hauteur, pour faciliter le travail aux opérateurs.
- Installation d'une caméra pour l'obtention des caractéristiques précises.

- **Problème spack testeur**

La station finale avant la lieuse, il teste la couche extérieure, et il détecte la présence de l'aluminium, des fissures. Le problème c'est qu'il a cessé de fonctionner, il n'a pas été capable de détecter les défauts sur le produit final.

Les actions correctives sont :

- Installation d'un deuxième.
- Commande d'un autre pour ne pas tomber en panne à la future.
- 



Figure 37. Électrode pour soudeuse TIG

- **Dégradation de matières**

La matière première doit être stockée dans des conditions bien étudiée car elle se dégrade facilement avec les changements climatiques, se problème causera de sérieux complications lors de la production, et le résultat sera un tube non conforme, ou pire elle reste collée sur les parties de la machine, et causera des langues arrêts pour nettoyage.

Les actions correctives sont :

- Faire des tests dans le laboratoire de contrôle qualité pour la matière quand elle arrive au stock, et avant qu'elle sera lancée pour la production pour éviter tous type de problème.



**Figure 38. Échantillons de Matière première**

- **Changement de matière**

Un seul tube ne peut être fabriqué avec deux différentes matières premières, car chaque une a ses propres caractéristiques comme : la température de fusion, et le taux d'humidité... ; Alors quand une matière est complètement utilisée on doit arrêter la production pour lancer les deuxièmes types de matière avec un nouveau produit. Des problèmes sans causés par les changements de matières car des fois la matière s'épuise avant la fin du métrage voulu.

Les actions correctives sont :

- Demande au département de planification, de faire une étude pour le taux de consommation de chaque type de matière première.
- Faire une promotion sur les produits qui n'ont pas atteint le métrage désiré (100m/200m).

- **Intervention des maintenances**

Des fois le service de maintenance doit intervenir pour faire le back-up ou pour faire des maintenances préventives, se risque d'arrêter la ligne et complètement gâcher le produit en cours.

Les actions correctives sont :

- Prendre la chance du changement du programme, ou changement de matière pour intervenir sans causant des arrêts non nécessaires.

- **Problème station soudure**



**Figure 39. Soudure du tube en aluminium**

Elle a subi plusieurs problèmes par ce que c'est nouvelle technologie, et elle demande la concentration de l'opérateur, si non les problèmes les plus connus sont :

- Electrode mal affuté.
- Sous diamètre ou su-diamètre du tube interne.
- Découpe des rives de bande mal affuté.
- Mauvaise qualité de l'aluminium.

- **Test de pression**

C'est un test pour savoir le taux de pression qui peut être supporté par le tube, le problème c'est que des fois lors du test le tube éclate et devenir un déchet, qui est une perte qu'on peut pas éviter, et la seule action à faire c'est de refaire la production avec un changement de matière première et de nouveaux réglages.

- **Changement de bobine d'aluminium**

Puis que la bobine est grande elle demande de la force et du temps pour la changer qui fera une perte d'une période de temps opératoire assez importante.

L'action corrective qu'on peut donner c'est en plain production quand on remarque que la bobine est presque consommée on prend la nouvelle et on colle son début avec la fin de l'ancienne, et la production finira simplement sans perte de temps.

### ❖ D'autres pannes :

Il existe plusieurs pannes qui ont causé l'arrêt de l'extrudeuse pour 50h avec une fréquence de 22 fois/3mois, ou un défaut sur le tube et qui ne sont pas classés.

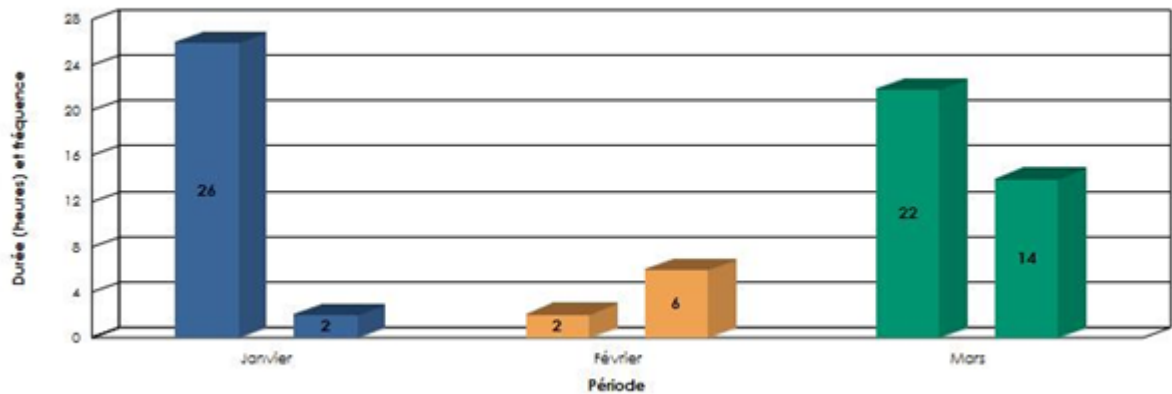


Figure 40. La fréquence des pannes non-classées

### 2.5. Etape -5- Contrôle de l'évolution des résultats

Après la détermination des solutions adéquates à appliquer, la finalité de la méthode Six Sigma consiste à contrôler l'application et la bonne mise en œuvre des améliorations.

Une fois que les améliorations de notre production ont été mises en place, nous devons contrôler notre procédé. Ceci s'effectue par la mise en place des outils de contrôle. Nous proposons de mettre en place l'utilisation des cartes de contrôles basées sur les données qui vont être récoltées dans le futur pour s'assurer de l'efficacité de la méthode Lean Six Sigma.

A cause de la période limitée de notre stage nous avons décidé de calculer le nouveau TRS avec les temps de pertes estimé après la mise en place des actions correctives que nous avons proposé.

Le tableau suivant montre les temps d'arrêts éliminés :

	Pannes	Temps éliminé
<b>Pannes Electriques</b> <b>-7.16h</b>	Imprimante	- 2
	Enrouleur (encodeur)	- 2.16
	Pupitre de commande (extrudeuse 1)	- 3
<b>Pannes mécaniques</b> <b>-255.5h</b>	Refoulement de la pompe	- 0.5
	Beta-laser	- 240
	Enrouleur (lieuse)	- 5
	Dévidoir du cabestan	- 6
	Câble pantin	- 4
<b>Défaut qualité</b> <b>-36h</b>	L'instabilisation du tube interne	-
	Mauvaise coupure des couteaux d'hacheuse	-
	Forme d'électrode mauvaise	-
	Problème spack testeur	-
	Dégradation de matières	-
	Changement de matière	-
	Prob accumulateur	-
	Intervention des maintenances	-
	Problème station soudure	-
	Test de pression	-
	Changement de bobine d'aluminium	-
Tubes interne instable	-	

**Tableau 11. Les temps perdus éliminés**

Sachant que les temps perdus par les pannes de défaut qualité ne sont pas disponible en détail, nous avons décidé d'estimer une valeur logique pour faire nos calculs du nouveau **TRS**, pour avoir une idée sur l'amélioration que nous avons établi après la correction des problèmes qui ont causé les temps d'arrêt pour la ligne K.

### Chapitre III. Application de la méthode Lean Six Sigma

---

Pour calculer le nouvel indicateur TRS, il est nécessaire d'avoir les temps suivants :

- Temps Total de production (**TT**) :  
 $TT = 31 \text{ jours} + 28 \text{ jours} + 31 \text{ jours} = 90 \text{ jours} = \mathbf{2160h}$ .  
L'entreprise travail 24h/24h, et 7j/7j, elle ne prend pas des jours fériés, alors pour le temps de production total on calcule la somme des jours des trois mois donnés.
- Temps d'Ouverture (**TO**) :  
 $TO = TT - \text{Temps de Fermeture des ateliers (TF)} = 90 \text{ jours} = \mathbf{2160h}$   
 $TF = 0$ ; car L'entreprise travaille par équipe de 3 x 8h.
- Temps Requis (**TR**) :  
 $TR = TO - \text{Arrêts planifiés} = 2160h - 1h = \mathbf{2159h}$   
D'après les données nous avons comme arrêt planifié seulement la maintenance programmée qui a pris une durée de **20min = 0.3h** ; mais après correction nous avons proposé d'autres action de maintenance programmée alors le nouveau temps va augmenter vers une estimation => **1h**.
- Temps de Fonctionnement (**TF**) :  
 $TF = TR - \text{Arrêt non planifiés} = 2159h - 163.14h = \mathbf{1995.86h}$   
Les arrêts non planifiés sont tous les arrêts du système pendant la durée des 3 mois à part la maintenance programmée, après correction ils sont devenus à une estimation :  
 $461.8 - (36 + 255.5 + 7.16) = \mathbf{163.14h}$
- Temps Net (**TN**) :  
 $TN = TF - \text{Ecart de cadence} = 1995.86 \text{ h} \times 80\% = \mathbf{1596.68h}$   
L'écart de cadence entre le taux de production planifié et le réalisé, en termes d'une production sans arrêts et c'est un taux de 80% de la capacité des machines.
- Temps Utile de production (**TU**) :  
 $TU = TN - \text{Rebut} = 1596.68h - 1596.68 \times 10\% = \mathbf{1437.01h}$
- Temps de Rendement Synthétique :  
 $\mathbf{TRS} = Tu / Tr = 1437.01h / 2159h = 0.6655 \times 100 = \mathbf{66.55\%}$

Nous pouvons conclure que l'application de la méthode Lean Six Sigma a augmenté le Taux de Rendement Synthétique (TRS) ce qui signifie une diminution des pertes de temps de la ligne de production des tubes multicouches.



### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons détaillé la démarche DMAIC de la méthode Lean Six Sigma, en présentant son application sur les pannes qui ont causé les plus grands temps non opératoires.

Ensuite, nous avons expliqué toutes les pannes et nous avons proposé des solutions pour la majorité des problèmes, et nous avons estimé les nouveaux temps non opératoires de ligne K pour calculer le taux de rendement synthétique qui est l'indicateur de réussite de notre projet et nous avons remarqué qu'il a été augmenté. Ce qui constitue l'objectif principal de ce modeste travail.

# Conclusion générale

---

Le stage de fin d'étude que nous avons établi chez l'entreprise CHIALI Tubes était centré par un objectif donné par notre maître de stage après révision des données récoltées de l'unité de production des tubes multicouches, qui est la minimisation des temps d'arrêts de ligne « K ».

Nous avons donc choisi comme méthode « Lean Six Sigma » que nous avons défini dans les premiers chapitres, pour l'appliquer aux données récoltées pour minimiser les temps non opératoires.

Avant l'application nous avons détaillé toutes les pannes qui ont survécu lors de la période étudiée, et nous avons cité les causes de chaque panne, après nous avons proposé des solutions pour ces pannes, pour but d'éliminer le plus que possible de temps perdu.

Nous avons choisi comme indicateur le taux de rendement synthétique qu'on a calculé avant la correction et après avec des estimations à cause du manque de temps de réalisation de la dernière partie du projet, et nous avons trouvé que le TRS a diminué complètement après la correction des pannes.

Alors la méthode LSS est efficace pour diminuer tous types de gaspillage parmi eux les temps non opératoires comme dans le cas de ce projet

Comme perspectives, nous aimerions proposer à l'entreprise d'appliquer toutes les actions correctives et préventives présentées dans ce mémoire. Cela nous permettrait de savoir si elles ont été acceptées sans réticence par les employés de l'entreprise et de démontrer clairement qu'une démarche Lean Six Sigma peut donner des résultats satisfaisants si on y ajoute une gestion managériale convenable comme par exemple l'application d'une compétition mensuelle pour choisir l'employé du mois, ce qui poussera les employés à être vigilants et productifs.

Comme autre perspective nous proposons de mesurer financièrement toutes les actions correctives que nous avons proposées, afin de démontrer si l'application d'une démarche LSS vaut vraiment la peine pour les résultats escomptés.

# Références

---

- [1] © Gouvernement du Québec Institut de la statistique du Québec, 2010. Gestion de la qualité : Document de principes sur la qualité dans les enquêtes , septembre 2010.
- [2] BEZZAZE, Lamiaa. Analyse de l'impact du Lean Management sur la performance des organisations: une méta-analyse. 2016. Thèse de doctorat. Université du Québec à Chicoutimi.
- [3] BHASIN, Sanjay. Lean management beyond manufacturing. New York, NY : Springer, 2015.
- [4] BOUNAZEF, Djida. Application de la méthode Six Sigma sur un Système de Management Intégré QSE Étude de cas: Chiali Tubes. 2012. Thèse de doctorat. HEC Algiers, Algiers, Algeria.
- [5] CHIALI Group. 2018. Www.CHIALI.com. [En ligne] Mars 2018.
- [6] *Cours de formation sur la normalisation qualité, certification et métrologie, Institut Algérien de Normalisation IANOR, Alger, 2000, p 106.*
- [7] DAHLGAARD, Jens J., KHANJI, Ghopal K., et KRISTENSEN, Kai. Fundamentals of total quality management. Routledge, 2008.
- [8] ERNOUL, Roger. Le grand livre de la qualité: management par la qualité dans l'industrie, une affaire de méthodes. AFNOR éd., 2010.
- [8] GEORGE, Michael L. et GEORGE, Mike. Lean six sigma for service. New York, NY : McGraw-Hill, 2003.
- [9] GOGUE, Jean-Marie. *Le traité de la qualité.*
- [10] IDRISSE, Ismail et BENAZZOUZ, Bouchra. Etude du niveau d'implémentation de la Démarche Lean Six Sigma au niveau des entreprises marocaines.
- [11] ISO. 2018. Www.iso.com. [En ligne] Mars 2018.
- [12] Jean-Marc\_GALLAIRE. *Les outils de la performance industrielle.*
- [13] Leclercq Simon Black Belt Lean Six Sigma. [www.youtube.com/Leclercq Simon](http://www.youtube.com/LeclercqSimon). [En ligne]
- [14] Legacy. *Www.legacy.com*. [En ligne]  
[Www.legacy.com/obituaries/berkshire/obituary.aspx](http://Www.legacy.com/obituaries/berkshire/obituary.aspx).
- [14] Lilian CHAVANON, Xueyun CHENG et al. GUIDE DE MISE EN PLACE D'UNE DEMARCHE SIX SIGMA. Étude de cas d'une démarche Six Sigma. : APPLICATION PRATIQUE ET THEORIQUE, 2013.

[15] Lorraine Trilling, Bertrand Pellet, Sabine Delacroix, Hélène Colella Fleury, Eric Marcon. Retour.

[16] Pascal Ughetto. Le travail \_a l'heure du lean. L'industrie, notre avenir, Jun 2014, Cerisy-la-Salle,France. <hal-01248328>.

[17] PILLET, Maurice. Six Sigma: comment l'appliquer. Editions Eyrolles, 2013.

[18] Samah Elrhanini, et al. *l'entreprise, Proposition d'un tableau de bord pour l'\_evaluation de l'impact du Lean manufacturing sur la performance globale de.*

2018. Wikipedia. [En ligne] mai 2018.

2018. www.iso.com. [En ligne] mai 2018.

X\_eme Conf\_erence Internationale : Conception et Production Int\_egr\_ees, Dec 2015, Tanger,.

# Annex

---

EXECUTION DES TRAVAUX  
D'ENTRETIEN & DE FABRICATION

- Direction / Maintenance : \_\_\_\_\_  
- Unité / Service : \_\_\_\_\_

EQUIPEMENT DE PRODUCTION  
 AUTRES  
 SOUTIEN LOGISTIQUE

N° : 26/17 Date : 26.03.17 Heure : 14h 48  
Réf : \_\_\_\_\_ Le Demandeur : Atelier PER

Désignation de l'équipement (Emplacement, Code, Caractéristiques ...)	SYMPTOMES OBSERVES
<u>ligne 11</u>	<u>guide de tube</u>
	<u>lâché</u>
	<u>enrouleur</u>
	<u>Pauluy</u>

Temps d'exécution : 1/2 heure  
Temps d'arrêt de l'équipement : soit

Résultat des travaux effectués :  
remplacement des guides d'enrouleur

Fait par : M. Pauluy  
Le : 26.03.2017

Contrôlé / Réceptionné par : \_\_\_\_\_  
Le : 26.03.17

**Figure 1** : Illustration d'une fiche d'entretien de la machine intersites



	38 Coupures/micro coupures : 25h40		
I	Panne mécanique système avance recule : 01 h 15 Panne électrique pupitre de commande (blocage) : 15 min 38 Coupures/micro coupures : 51h55		01 h 30
J	Panne électrique la commande du bac étirage : 20 h 30 00 Coupures/micro coupures : 00h00		20 h 30
K	Panne mécanique niveau refoulement de la pompe : 30 min Panne beta laser (remplacé par un encodeur) : 246 h 30 20 Coupures/micro coupures : 07h10		247 h 00
L	00 Coupures/micro coupures : 00h00		00 h 00
M	30 Coupures/micro coupures : 19h10		00 h 00
N	38 Coupures/micro coupures : 69h20		00 h 00
O	Panne pupitre de commande : 240 h 00 Panne mécanique échangeur extrudeuse : 175 h 35 Panne mécanique scie (Courroie) : 02 h 00 15 Coupures/micro coupures : 05h15		417 h 35

Ligne K : défaillance du BETA LASER, on a dû faire une modification par un encodeur en remplacement du bêta laser.

GROUPE CHIAL  
CHIALI TUBES  
Direction Maintenance

**TABLEAU DE BORD INDICATEURS DE QUALITE- ARRETS NON  
PLANIFIE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION**

Unité : 1 = PVC :  Janvier  
2 = PE :

		Durée des arrêts non
--	--	----------------------

**Tableau 1 : Arrêts de toutes les lignes pendant les 3 mois**

TABLEAU DE BORD INDICATEURS DE QUALITE- ARRETS NON PLANIFIE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION

Unité : 1 = PVC : ■

Mois Février 2017

2= PE : ■

Ligne de production	Equipements de production	Durée des arrêts non planifiés		
		Cum M-1	Mois M	Total
A	06 Coupures/micro coupures : 20min		00 h 00	
B	06 Coupures/micro coupures : 55min		00 h 00	
C	06 Coupures/micro coupures : 02h15		00 h 00	
D	Panne mécanique tireuse : 18 h 00 06 Coupures/micro coupures : 40min		18 h 00	
E	06 Coupures/micro coupures : 50min		00 h 00	
F	06 Coupures/micro coupures : 00h00		00 h 00	
G	06 Coupures/micro coupures : 10min		00 h 00	
H	38 Coupures/micro coupures : 01h00		00 h 00	
I	38 Coupures/micro coupures : 01h00		00 h 00	
J	06 Coupures/micro coupures : 01h55		00 h 00	
K	Panne électrique imprimante (paramétrage) : 02 h 00 Panne mécanique enrouleur (la lieuse) : 05 h 20 Panne électrique enrouleur (encodeur) : 02 h 10 06 Coupures/micro coupures :		09 h 30	

**Tableau 2 : Arrêts de toutes les lignes pendant les 3 mois**

I	Panne mécanique Co-extrudeuse (rotation vis) : 7 Coupures/micro coupures : 04h12	10 h 00		10 h 00
J	Panne mécanique paliers rouleau entrée : 01 Coupures/micro coupures : 12min	20 h 00		20 h 00
K	Panne mécanique dévidoir du cabestan : Panne électrique pupitre de commande extrudeuse 1 : Panne mécanique câble pantin : 02 Coupures/micro coupures : 30min	07 h 30 03 h 00 04 h 00		14 h 30
L	Panne mécanique Scie : 07 Coupures/micro coupures : 04h24	01 h 00		01 h 00
M	07 Coupures/micro coupures : 04h12			00 h 00
N	00 Coupures/micro coupures : 00h00			00 h 00
O	Panne mécanique Co-extrudeuse (bouchon de matière) : 07 Coupures/micro coupures : 04h12	45 min		45 min

GROUPE CHIAL  
CHIALI TUBES  
Direction Maintenance

TABLEAU DE BORD INDICATEURS DE QUALITE- ARRETS NON  
PLANIFIE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION

Unité : 1 = PVC :  Mars  
2 = PE :

Ligne de production	Equipements de production	Durée des arrêts non planifiés		
		Cu m M- I	Mois M	Total
I	07 Coupures/micro coupures :			00 h 00

Tableau 3 : Arrêts de toutes les lignes pendant les 3 mois

Mois	Panne électrique	Panne Mécanique	Défaut de refroidissement
Janvier	563:45:00	183:05:00	5:50:00
Février	11:40:00	23:20:00	0:00:00
Mars	7:30:00	46:05:00	8:00:00
Avril	13:10:00	17:30:00	2:45:00
Mai	50:45:00	416:55:00	15:05:00
Juin	39:40:00	23:15:00	11:30:00
Juillet	6:30:00	97:40:00	0:00:00
Août	68:00:00	38:00:00	6:00:00
Septembre	14:23:00	6:10:00	15:30:00
Octobre	29:45:00	132:00:00	0:00:00
Novembre	124:40:00	57:30:00	3:30:00
Décembre	151:30:00	49:10:00	52:05:00
<b>Total</b>	<b>1081:18:00</b>	<b>1090:40:00</b>	<b>120:15:00</b>

**Tableau 4 :** Arrêts de toutes les lignes pendant l'année 2017

**Désignation**

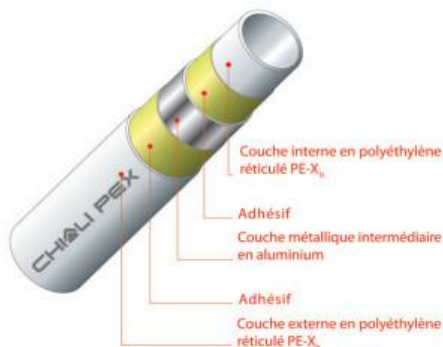
- Les tubes multicouches sont fabriqués, sous la marque **CHIALIPEX**, conformément aux normes internationales
- Le tube multicouche **PEX/Al/PEX** se compose d'un tube en aluminium (**Al**) soudé bout à bout dans le sens de la longueur et de deux couches interne et externe en polyéthylène réticulé (**PE-X<sub>2</sub>**).
- Les différentes couches sont reliées entre elles par une couche d'adhésif.
- Le tube est opaque et de couleur extérieure blanche.

**Marquage :**

- **Norme de référence :** EN ISO 21003
- **Sigle du fabricant :** CHIALI PEX
- **Composition du tube :** EX. : PEX/AL/PEX
- **Diamètre nominal & épaisseur de paroi nominale :** Ex. : 16 x 2.0
- **Classes d'application (température, pression) :** Classe 2, 4, 5
- **Identification du lot de fabrication :** Ex.: Lot n° 105 date fab.01 03 2013
- **Longueur du tube :** EX. : 50m,100m

**CHIALI PEX**

Marque du **GROUPE CHIALI**



**Gamme de Produits**

**Tubes Multicouche**

Ø externe	Epaisseur	Conditionnement couronne		Conditionnement barre	
		Code	Longueur	Code	Longueur
16	2	180010161	100 m	180020161	5m
20	2	180010201	100m	180020201	5m
26	3	180010261	50m	180020261	5m
32	3	180010321	50m	180020321	5m
40	3.5	---	---	180020401	5m
50	4	---	---	180020501	5m
63	4.5	---	---	180020631	5m

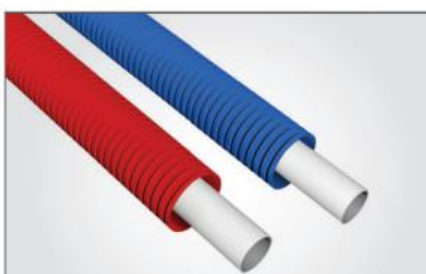
*Epaisseur nominale en mm*



**Tube Multicouche en couronne & en barre**

**Tubes Multicouche Gainés**

Ø	Conditionnement couronne			
	Code tube multicouche gainé rouge		Code tube multicouche gainé bleu	
	Code	Longueur	Code	Longueur
16	180120161	50m	180130161	50m
20	180120201	50m	180130201	50m
26	180120261	50m	180130261	50m
32	180120321	50m	180130321	50m



**Tube Multicouche gainé**

**Figure 2 : Informations sur les performances du tube multicouches**

## Tube Multicouche CHIALI PEX

### Propriétés Techniques

		Ø 16	Ø 20	Ø 26	Ø 32	Ø 40	Ø 50	Ø 63
Diamètre extérieur	mm	16	20	26	32	40	50	63
Épaisseur	mm	2,0	2,0	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5
Poids au MI	gr	106	138	255	335	542	850	1220
Rayon de courbure sans cintréuse	mm	80	100	110	160	-	-	-
Rayon de courbure avec cintréuse	mm	50	60	100	120	140	-	-
Température en régime normal	°C	0 - 95						
Température de pointe	°C	110						
Pression max. de service à 95°C	bar	10						
Coefficient de dilatation thermique	mm/m°C	0,026						
Conductivité thermique	w/m k	0,43						
Rugosité interne	mm	0,007						
Taux de réticulation	%	≥ 65						

### Domaines d'Utilisation

Les tubes multicouches **CHIALIPEX** sont essentiellement utilisés dans les applications suivantes :



Alimentation en eau chaude et froide sanitaires 20°C / 10 bars  
Classe 2



Radiateurs haute température / 06 bars  
Classe 5



Radiateurs basse température, chauffage par le sol / 10 bar  
Classe 4

### Exemple d'installation

#### Avantages du tube CHIALI PEX

- Fabriqué avec des matériaux de 1er choix,
- Bonne tenue à la température (95°C) et à la pression (10 bar),
- Cintrage facile,
- Pas de dépôt de calcaire,
- Pas de corrosion,
- Faible dilatation thermique,
- Facilité d'installation.

Installation avec collecteurs

Collecteurs  
Coudes de sortie muraux  
Tube Multicouche: Eau chaude  
Tube Multicouche: Eau froide

[www.groupe-chiali.com](http://www.groupe-chiali.com)

Figure 3 : Informations sur les performances du tube multicouches (Suite)

PEHD EAU POTABLE < DN 90 mm																								
Φ(mm)	PE80		PE100 SDR26		PE80 SDR 13.6		PE100 SDR 17		PE80 SDR 09		PE100 SDR 11		PE100 SDR 09		PE100 SDR 11		PE100 SDR 09		PE100 SDR 7.4		Oval			
	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m				
20+0.3	2+0.3	0.116	/	/	2.0+0.3	0.116	/	/	2.3+0.4	0.132	2.0+0.3	0.116	2.3+0.4	0.132	2.0+0.3	0.116	2.3+0.4	0.132	3.0+0.4	0.163	3.0+0.4	0.163	1.2	
25+0.3	2+0.3	0.148	/	/	2.0+0.3	0.148	/	/	3.0+0.4	0.210	2.3+0.4	0.210	3.0+0.4	0.210	2.3+0.4	0.210	3.0+0.4	0.210	3.0+0.4	0.212	3.5+0.5	0.242	1.2	
32+0.3	2+0.3	0.193	/	/	2.4+0.4	0.229	2.0+0.3	0.194	3.6+0.5	0.326	3.0+0.4	0.279	3.6+0.5	0.328	3.0+0.4	0.328	4.4+0.6	0.388	4.4+0.6	0.388	5.5+0.7	0.605	1.3	
40+0.4	2+0.3	0.244	/	/	3.0+0.5	0.358	2.4+0.4	0.294	4.5+0.6	0.507	3.7+0.5	0.431	4.5+0.6	0.512	3.7+0.5	0.431	5.5+0.7	0.605	5.5+0.7	0.605	6.9+0.8	0.944	1.4	
50+0.4	2.4+0.4	0.369	/	/	3.7+0.5	0.545	3.0+0.4	0.453	5.6+0.7	0.785	4.6+0.6	0.669	5.6+0.7	0.793	4.6+0.6	0.669	6.9+0.7	0.793	6.9+0.8	0.944	8.6+1.0	1.484	1.5	
63+0.4	3.0+0.4	0.573	2.5+0.4	0.492	4.7+0.6	0.868	3.8+0.5	0.722	7.1+0.9	1.253	5.8+0.7	1.057	7.1+0.9	1.266	5.8+0.7	1.057	7.1+0.9	1.266	8.6+1.0	1.484	10.3+1.2	2.114	1.6	
75+0.5	3.6+0.5	0.820	2.9+0.4	0.674	5.6+0.7	1.230	4.5+0.6	1.019	8.4+1.0	1.762	6.8+0.8	1.476	8.4+1.0	1.780	6.8+0.8	1.476	8.4+1.0	1.780	10.3+1.2	2.114	12.5+1.5	3.20	1.6	
PEHD EAU POTABLE 2DN 90 mm																								
PE 100																								
Φ(mm)	PN06 SDR 26				PN10 SDR 17				PN16 SDR 11				PN20 SDR 09				PN25 SDR 7.4				Ovalisation ▲			
90+0.6	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m	Epais (mm)	M/L Kg/m		
110+0.7	3.5+0.5	0.985	5.4+0.7	1.465	6.6+0.8	2.190	8.2+1.0	2.150	10.1+1.2	3.190	10.1+1.2	2.6	12.3+1.4	3.85	12.3+1.4	3.03	15.1+1.4	4.54	15.1+1.4	4.54	17.1+1.6	5.85	2.2	
125+0.8	4.2+0.6	1.440	6.6+0.8	2.190	7.4+0.9	2.790	10.1+1.1	3.190	12.3+1.4	4.130	14.1+1.6	4.95	17.1+1.6	5.85	17.1+1.6	5.85	21.9+1.9	9.56	21.9+1.9	9.56	27.4+2.4	14.94	2.5	
150+1.0	4.8+0.6	1.860	7.4+0.9	2.790	8.2+1.0	3.190	10.1+1.1	3.190	12.3+1.4	4.130	14.1+1.6	4.95	17.1+1.6	5.85	17.1+1.6	5.85	21.9+1.9	9.56	21.9+1.9	9.56	27.4+2.4	14.94	3.2	
200+1.2	6.2+0.8	3.070	9.5+1.1	4.570	11.9+1.3	7.150	14.6+1.6	6.750	17.9+1.9	8.05	22.4+2.4	12.6	27.4+2.4	19.6	27.4+2.4	19.6	34.2+2.9	23.31	34.2+2.9	23.31	43.1+3.7	37.00	5.0	
280+1.5	7.7+0.9	4.740	11.9+1.3	7.150	14.8+1.6	11.100	18.2+2.0	10.600	22.7+2.4	16.400	22.7+2.4	12.6	27.4+2.4	19.6	27.4+2.4	19.6	34.2+2.9	23.31	34.2+2.9	23.31	43.1+3.7	37.00	5.0	
315+1.9	9.6+1.1	7.400	14.8+1.6	11.100	18.7+2.0	17.7	28.6+3.0	26	35.2+3.7	31.15	44.7+4.6	50.20	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	65.5	55.8+5.7	78.30	78.30	110+1.0	3.20	5.5	
400+2.4	12.1+1.4	11.8	18.7+2.0	17.7	28.6+3.0	26	35.2+3.7	31.15	44.7+4.6	50.20	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	65.5	55.8+5.7	78.30	78.30	110+1.0	3.20	5.5	
500+3.0	15.3+1.7	18.8	23.7+2.5	28.4	36.3+3.8	42	44.7+4.6	50.20	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	65.5	55.8+5.7	78.30	78.30	110+1.0	3.20	5.5	
630+3.8	19.1+2.1	29.3	29.7+3.1	44.2	45.4+4.7	65.5	55.8+5.7	78.30	78.30	110+1.0	3.20	5.5	54.7+4.6	59.58	54.7+4.6	59.58	65.5	55.8+5.7	78.30	78.30	110+1.0	3.20	5.5	
	24.1+2.6	46.5	37.4+3.9	70	57.2+5.9	104	70.3+7.2	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	124.30	22.1
PEHD GAZ																								
Φ(mm)	PE 80 SDR 11				PE 100 SDR 17.6				Ovalisation admissible															
20+0.3	Epais	M/L	épais	M/L	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	1.6
40+0.4	3.7+0.5	0.428	/	/	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	2.0
63+0.4	5.8+0.7	1.050	/	/	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	2.5
90+0.6	8.2+1.0	2.130	/	/	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	3.1
125+0.8	11.4+1.3	4.090	/	/	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	4.5
200+1.2	/	/	/	/	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	5.5
250+1.5	/	/	/	/	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	6.2
PEHD RAINURE																								
Φ(mm)	PE80				PE80																			
20+0.3	Epais	M/L	épais	M/L	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	0.29	32+0.3	2.9+0.5	0.29	1.6
40+0.4	3.7+0.5	0.428	/	/	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	0.45	40+0.4	3.7+0.6	0.45	2.0
63+0.4	5.8+0.7	1.050	/	/	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	0.69	50+0.5	4.6+0.7	0.69	2.5
90+0.6	8.2+1.0	2.130	/	/	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	1.08	63+0.6	5.8+0.8	1.08	3.1
125+0.8	11.4+1.3	4.090	/	/	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	2.17	90+0.9	8.2+1.1	2.17	4.5
200+1.2	/	/	/	/	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	3.20	110+1.0	10.0+1.2	3.20	5.5
250+1.5	/	/	/	/	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	4.15	125+1.2	12.5+1.5	4.15	6.2

Tableau 5 : Liste des tubes fabriqué par CHIALI Tubes

## Questions Pannes

### Questions à poser :

- Quelles sont les effets de cette panne ?
- Quelles sont les causes possibles de ces pannes
- Comment peut-on éviter ces pannes ?

### Pannes Electrique :

**Imprimante : 2h**

.....

**Enrouleur (encodeur) : 2h10**

.....

**Pupitre de commande –extrudeuse 1- :3h**

.....

### Pannes Mécanique :

**Refoulement de la pompe : 30min**

.....

**Bêta-Laser : 246h30**

.....

**Enrouleur (lieuse) : 5h20**

.....

**Dévidoir du cabestan :7h30**

.....

**Câble pantin : 4h**

.....

### Défauts Qualité :

**L'instabilisation du tube interne (Ø & aspect)**

.....

**Collé interne (pompe vide)**

.....

**Mauvaise coupure des couteaux d'hacheuse**

.....



**Forme d'électrode mauvaise**

.....

**Prob spack testeur**

.....

**Dégradation de matière**

.....

**Changement de matière**

.....

**Prob accumulateur**

.....

**Intervention des maintenances**

.....

**Prob station soudure**

.....

**Test de pression & redémarrage chaque fois**

.....

**Changement de la bobine d'aluminium**

.....

**Ø Tube interne instable**

.....

## ملخص

لما نعلم الجودة حاضرة منذ القدم، مفهوم الجودة قد أقام ثورة في أساليب الإدارة خاصة بعد النصف الثاني من القرن العشرين مع ظهور المعايير " ايزو".

في هذا العمل تطرقنا الى تطبيق حديث من تطبيقات الجودة المعروفة باسم "لين ستة سيغما" على مستوى إحدى شركات المجمع "شياي"، حيث قمنا بتدريبنا الخاص بنهاية الدراسة من أجل اقتراح حلول لمشكلة أثرت على هذه الشركة منذ مدة معينة والتي تتمثل في التقليل من أزمدة التوقف عن التصنيع.

**الكلمات المفتاحية:** الجودة، الصناعة، مجمع شياي، لين ستة سيغما

## Résumé

Bien que la notion de qualité existe depuis toujours, le concept de la qualité moderne a révolutionné les modes de gestion des entreprises notamment depuis la deuxième moitié du 20<sup>ème</sup> siècle et l'apparition des normes ISO.

Ce travail se veut une modeste application d'un outil de la qualité connu sous le nom de « LEAN SIX SIGMA » au niveau d'une entreprise du groupe « CHIALI » où nous avons effectué notre stage de fin d'études afin de proposer des solutions à une problématique qui touche cette dernière depuis un certain temps qui est la minimisation des temps d'arrêts de production.

**Mots clés :** Lean Six Sigma, LSS, DMAIC, CHIALI Tubes, qualité, Tube multicouches, PER, production.

## Abstract

Although the term of Quality has always existed, the idea of modern quality has developed business management methods, especially since the second half of the 20<sup>th</sup> century and the appearance of ISO standards.

This work is a modest application of a quality tool known under the name of « LEAN SIX SIGMA » at one of « CHIALI » Group's companies where we have had our end of study internship in order to suggest solutions for an issue that has touched the company since a while which is the minimizing production downtime.

**Key words:** Lean six sigma, LSS, DMAIC, CHIALI Tubes, quality, multilayer pipe, PEX, manufacturing.