

Mémoire De Projet De Fin D'étude
En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur D'état

Spécialité – Génie Industriel

- Thème -

Contribution à l'amélioration du système de
contrôle qualité par le Lean Six Sigma
Cas : BMS-MONO Electric

Réalisé par
M. Djamel Eddine KAHLERRAS
M. Abdel Hadi MESSAOUD

Les membres de Jury :

M. Salah Eddine MESSEKHER (MAA)	Président
M. Mahdi RAHMOUNE (MAA)	Promoteur
M. Hamza BOUDHAR (MCB)	Examineur

Alger, le 12/07/2022

Année universitaire 2021–2022

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma Mère et mon Père

A ma tante Hafida et toute ma famille

A tous mes Amis

Djamel

Je dédie ce travail :

A ma Mère et mon Père

A mon frère Mohamed et toute ma famille

A tous mes Amis

Abdelhadi

Remerciements

La réalisation de ce rapport n'est que le fruit d'une aventure humaine faite de rencontres, parfois voulues, souvent fortuites mais toujours enrichissantes. On espère que ces quelques lignes nous permettront de dire à toutes ces personnes combien nous leur sommes reconnaissants.

Nous remercions tout d'abord Dieu tout-puissant de nous avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Nous exprimons notre gratitude à notre enseignant M. Mehdi RAHMOUNE pour son encadrement, son aide, son soutien, sa disponibilité et le temps qu'il a consenti.

Nous remercions vivement toute l'équipe de l'entreprise BMS-MONO Electric pour leurs aides durant la réalisation de notre projet de fin d'étude. Surtout M. Aissa SAIDOUNE, le directeur d'unité de production, M. Mehdi LOUNES et Mlle. Amina HAMEUR-LAIN du service qualité.

Nous remercions également tous les enseignants du département Génie Industriel et Maintenance de l'école nationale supérieure de technologie.

Nous remercions les membres du jury de nous faire l'honneur d'évaluer notre travail.

Résumé

Ce mémoire porte sur l'application de la démarche Lean Six Sigma (LSS) dans le but d'améliorer la performance du système de contrôle qualité de l'atelier d'injection plastique (CQAI) de l'entreprise BMS/MONO Electric.

Suite aux plaintes émises par les ateliers de montages, la fonction CQAI a été identifiée comme source majeure de ces dernières. Pour améliorer ses performances, nous avons commencé par faire une mesure sur le sigma actuel du service qui a donné des résultats justifiant la nécessité d'un tel projet. L'analyse des causes nous a permis d'identifier le manque de traçabilité sur l'origine des pièces défectueuses, comme l'une des causes racines responsables du dysfonctionnement de ce système. Pour remédier à cela, nous avons proposé un ensemble de solutions, parmi elles, l'utilisation d'un code couleur pour faciliter l'identification du lot contenant les articles défectueux et de là, retracer l'origine de la non-conformité (NC). Cette traçabilité permettra à l'entreprise de définir les responsabilités et d'instaurer un système de pénalités.

Mots-Clés : Lean Six Sigma, Injection Plastique, Contrôle Qualité, Les 5M, Traçabilité.

Abstract

This work focuses on the application of the Lean Six Sigma (LSS) approach in order to improve the performance of the quality control system of the plastic injection workshop (QCIW) of BMS/MONO Electric.

Following complaints from the assembly shops, the QCIW function was identified as a major source of these. To improve its performance, we started by measuring the service's current sigma, which gave results justifying the need for such a project. The analysis of causes allowed us to identify the lack of traceability on the origin of defective parts, as one of the root causes responsible for the malfunction of this system. To remedy this, we have proposed a set of solutions, among them the use of a color code to facilitate the identification of the batch containing the defective items and thence traced the origin of the noncompliance (NC). This traceability will allow the company to define responsibilities and introduce a system of penalties.

Keywords: Lean Six Sigma, Plastic Injection, Quality Control, 5M, Traceability.

ملخص

تتمحور هذه المذكرة على تحسين أداء نظام مراقبة الجودة بإتباع منهجية Lean six sigma في ورشة الصناعة البلاستيكية لشركة BMS/MONO Electric

بعد شكاوى وردت من ورشة التركيب، تم تحديد مكان المشكل وهي ورشة الصناعة البلاستيكية كمصدر رئيسي لها. لتحسين أدائها، بدأنا بقياس السيجما الحالية للخدمة، والتي أعطت نتائج تبرر الحاجة إلى مثل هذا المشروع. سمح لنا تحليل الأسباب بتحديد الافتقار إلى إمكانية تتبع مصدر الأجزاء المعيبة، كأحد الأسباب الجذرية المسؤولة عن عطل هذا النظام. لعلاج ذلك، اقترحنا مجموعة من الحلول، من بينها استخدام رمز ملون لتسهيل تحديد الدفعة التي تحتوي على العناصر المعيبة، وتعديل منهجية التركيب، ستسمح إمكانية التتبع للشركة بتحديد المسؤوليات وإدخال نظام للعقوبات.

الكلمات المفتاحية: حقن البلاستيك، مراقبة الجودة، 5M، التتبع، Lean six sigma

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Etude de l'existant	5
Introduction.....	6
1. Présentation de MONO Electric	6
1.1. Vision	6
1.2. Mission	6
1.3. Stratégie.....	6
2. Présentation de BMS Electric	7
3. Relation des deux sociétés	7
4. Organigramme de la direction générale.....	7
5. Présentation de lieu de stage	8
6. Présentation des ateliers	9
6.1. Ateliers injection plastique.....	9
6.2. Ateliers de montage	10
6.3. Atelier de presse à découpe.....	10
6.4. Atelier d'usinage et maintenance des moules.....	10
6.5. Atelier de recyclage	10
7. Contrôle de qualité.....	12
7.1. Contrôle qualité fait à l'atelier de l'injection plastique	13
7.2. Contrôle qualité fait à l'atelier de montage	15
Conclusion	15
Chapitre II : Fondements du Lean Six Sigma	16
Introduction.....	17
1. Qu'est-ce que le Lean	17
1.1. Domaines d'application du Lean.....	18
1.2. Forces du Lean.....	18
1.3. Faiblesses du Lean.....	18
2. Qu'est-ce que le Six Sigma	19

2.1. Domaines d'application de Six Sigma.....	19
2.2. Six Sigma en statistiques.....	19
2.3. Forces du Six sigma.....	21
2.4. Faiblesses du Six Sigma.....	21
3. Qu'est-ce que le Lean Six Sigma	22
3.1. Revue littéraire du Lean Six Sigma.....	22
3.2. Cinq lois du Lean Six Sigma.....	24
3.3. Application du LSS dans la littérature.....	25
3.4. 10 clés de la réussite d'un projet Lean Six Sigma	26
4. Différents outils du Lean Six Sigma.....	27
4.1. Démarche DMAIC.....	27
4.2. QQQQCCP.....	28
4.3. Diagramme SIPOC	29
4.4. Voix du client VOC et Arbre de la qualité CTQ.....	30
4.5. Gage R&R	30
4.6. Calcule du niveau de sigma.....	31
4.7. Diagramme d'Ishikawa	32
4.8. Cinq Pourquoi (5W).....	32
Conclusion	32
Chapitre III : Expérimentation	33
Introduction.....	34
1. Étape de définition (Define).....	34
1.1. Méthode QQQQCCP	34
1.2. Charte du projet	35
1.3. Fonctionnement actuel	35
1.4. Identification de la voix client.....	40
1.5. Résultat de l'étape.....	41
2. Etape de mesure	43
2.1. État actuelle	43
2.2. Analyse du système de mesure.....	44

Table des matières

2.3. Mesures liées au processus.....	46
2.4. Calcul de niveau de Sigma.....	52
2.5. Résultats de l'étape	53
3. Étape d'analyse.....	54
3.1. L'analyse du dysfonctionnement de la fonction CQAI.....	54
3.2. Le fonctionnement des ateliers de montage.....	60
3.3. Résultat de l'étape.....	63
4. Étape Innover & Contrôler.....	64
4.1. Phase de génération des solutions	64
4.2. Evaluation et le tri des solutions d'améliorations proposées	65
4.3. Phase d'implémentation.....	66
4.4. Perspectives de l'étape.....	68
Conclusion.....	68
Conclusion générale	70
Références	71
Annexes	

Liste des figures

Chapitre I

Figure I-1. Organigramme de la direction générale	8
Figure I-2. L'organigramme de l'usine Baba Hassen.....	8
Figure I-3. Schéma d'une machine d'injection thermoplastique	9
Figure I-3. Plan des ateliers d'injection et de montage	11
Figure I-5. L'organigramme du service qualité	12
Figure I-6. Illustration des caractéristiques d'un plan d'échantillonnage	14
Figure I-7. Courbes d'efficacité de quelques plans d'échantillonnage simple	14

Chapitre II

Figure II-1. La maison du Lean	17
Figure II-2. Courbe de Gauss avec moyenne, dispersion et écart type	20
Figure II-3. Courbe de Gauss avec les niveaux de performances Sigma	20
Figure II-4. Différence entre le Lean et le Six Sigma	22
Figure II-5. Avantage concurrentiel des trois méthodes	23
Figure II-6. Matrice des méthodes d'amélioration de la qualité.....	27
Figure II-7. Exemple d'application de la méthode CTQ	30
Figure II-8. Décomposition de la dispersion dans une mesure.....	31

Chapitre III

Figure III-1. Processus de fabrication dans l'atelier d'injection	38
Figure III-2. Processus de contrôle qualité dans les ateliers d'injection et de montage	39
Figure III-3. Schéma directeur.....	42
Figure III-4 les sources de NCs du mois de septembre et octobre	43
Figure III-6. Résultats du gage R&R	45
Figure III-7. Fréquences d'apparition des défauts.....	52
Figure III-8. Déploiement de la méthode CTQ	55
Figure III-9. Déploiement du diagramme d'Ishikawa	57
Figure III-10. Exemple d'un écart de couleur entre deux produits.....	59
Figure III-11. Déploiement de la méthode des cinq pourquoi.....	59

Liste des tableaux

Chapitre II

Table II.1 : Application du Six Sigma dans divers domaines.....	20
Table II.2 : Niveau de qualité en fonction du niveau sigma.....	22
Table II.3 : Méthode DMAIC	29
Table II.4 : Méthode QQQQCP	30

Chapitre III

Table III.1 : Déploiement de la méthode QQQQCP	35
Table III.2 : Charte du projet	36
Table III.3 : Processus de production et de contrôle qualité au niveau de l'injection	37
Table III.4 : Processus de transfert des pièces de l'injection vers le montage	37
Table III.5 : Concordance d'évaluation intra-évaluateur	46
Table III.6 : Concordance d'évaluation en fonction du standard	46
Table III.7 : Les NCs plastiques de févriers, détectées aux AMs de l'usine de Baba Hassen	48
Table III.8 : Les NCs plastiques détectées à l'atelier de montage de l'usine de Birkhadem	50
Table III.9 : Défauts principaux avec leurs descriptions et fréquences d'apparition	51
Table III.10 : Taux de NC global des articles plastique détectée aux ateliers de montage.....	54
Table III.11 : Table des causes à effets	57
Table III.12 : Évaluation de différentes solutions possibles par le Brainstorming	65

Liste des abréviations

- LSS : Lean Six Sigma.
- NC : Non-conforme.
- AI : Atelier d'injection
- AM : Atelier de montage
- CQAI : contrôle qualité à l'atelier de l'injection.
- DCQAI : Défaillance du contrôle qualité à l'atelier de l'injection.
- CQAM : contrôle qualité à l'atelier de montage
- DMAIC : Define, Measure, Analyse, Improve, Control ; Étapes du déploiement du Six sigma.
- Lean : approche visant à éliminer toutes les sources de gaspillage dans un processus
- Six Sigma : approche visant à éliminer la variation dans un processus
- CTQ : Critical To Quality
- SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer.
- VOC: Voice of the Customer.
- R&R : Répétabilité & Reproductibilité
- TPS : Toyota production system
- CAI : Contrôleur de qualité de l'atelier d'injection
- CAM : Contrôleur atelier de montage
- DPU : Défaut par unité
- DPO : Défaut par opportunité

Introduction générale

Avec l'avènement de la société de consommation, notamment l'intensification de la mondialisation et des échanges internationaux, la réponse à la demande des clients requiert beaucoup d'exigences. En outre, faire face à une concurrence intense rend les défis à relever de plus en plus complexes. Cela a créé un ensemble de menaces, obligeant les entreprises locales à être plus efficaces, en recherchant de nouvelles opportunités pour innover et améliorer leurs processus internes de façon continue. Aujourd'hui, les entreprises n'ont pas d'autres choix que d'être compétitives économiquement et ainsi assurer leur pérennité. Cette survie passe par un management de qualité, le respect des délais et la satisfaction des clients pour espérer jouer un rôle dans le marché d'aujourd'hui et de demain.

De nos jours, l'un des secteurs industriels les plus convoités par la concurrence est celui de la fabrication d'appareillages électriques qui connaît une ascension de plus en plus importante avec l'épanouissement que connaissent les secteurs du BTP (Bâtiment et Travaux Publics). Ces derniers sont considérés comme les clients principaux de l'industrie en question. Pour répondre aux exigences des consommateurs, les entreprises de fabrication électrique sont amenées à concevoir des appareils d'une plus grande qualité en termes de technicité et de fiabilité, assurant des fonctions plus complexes. En outre, un autre enjeu de cette industrie est de garantir une protection plus accrue pour les installations et les consommateurs ainsi qu'une utilisation plus optimale de l'énergie électrique.

Considéré comme l'un des leaders nationaux dans son domaine, BMS/MONO Electric est devenue un incontournable du marché des appareillages électriques en Algérie et dans les pays où elle exporte une grande variété de produits ayant un rapport qualité-prix des plus intéressants. Rappelons toutefois que BMS et MONO Electric sont deux entreprises à part entière. Mais qui partagent le même espace de production, le même secteur d'activité, et qui ont surtout le même propriétaire à quelques parts de capitale prêt. Par conséquent, ils seront considérés dans ce mémoire comme une seule entité, et le nom BMS-MONO Electric sera utilisé pour désigner les deux entreprises à la fois. Leur relation est expliquée plus en détail dans le premier chapitre.

Le cœur du métier de BMS/MONO Electric, réside dans son atelier d'injection plastique qui représente l'une des étapes d'opérations les plus importantes dans le processus de réalisation de l'entreprise. En effet, l'atelier permet de fournir à ses différents clients des composants en plastique afin de les assembler et donner lieu à des produits finis. Pour arriver à ses fins, l'atelier travaille 24 heures/24, 7 jours/7. Cette énorme cadence de travail se traduit par des capacités et des quantités de production très élevées. Un contrôle de qualité placé en amont et en aval de l'opération d'injection permet de vérifier et d'assurer des produits conformes à la sortie de chaque machine.

Les clients principaux de l'atelier d'injection sont les ateliers de montages. Ils sont constitués de plusieurs chaînes d'assemblage et d'emballage. Ce statut force l'atelier à mener un contrôle de qualité des plus élevés sur ses produits. Et ce, à la réception, en cours et à la fin de chaque ligne de montage. Tout cela, afin de garantir un produit de bonne qualité et d'éviter toute maladresse qui porterait préjudice à l'image de l'entreprise.

Pour être compétitives au niveau national et même international, BMS/MONO Electric suit le chemin de l'excellence opérationnelle à tous les niveaux. Pour cela, elle a mis en place de nombreuses

mesures d'amélioration, telles que les cercles de qualité, les formations Kaizen en Six Sigma et l'utilisation de normes nationales et internationales en particulier les normes ICE dont l'entreprise s'est dotée pour la conformité de ses produits.

Malgré les efforts effectués par les responsables pour améliorer la performance de leurs services, des anomalies subsistent encore. En effet, ces derniers temps, des plaintes ont été recensées au niveau des ateliers de montage de l'entreprise. Ces dernières sont apparues suite à des produits non conformes (NCs) détectés au niveau des ateliers de montage. D'après les interviews réalisées et les données collectées auprès des différents services de l'entreprise, la source majeure de ces articles défectueux est l'atelier d'injection plastique, qui envoie des lots contenant des produits de mauvaise qualité à ses clients. La fonction responsable de ce dysfonctionnement est le contrôle qualité de l'atelier d'injection (CQAI).

Il s'agira dans ce mémoire d'identifier les causes principales responsables de la défaillance de la fonction CQAI. Puis de les analyser, les prioriser, et enfin les éliminer en proposant un ensemble de corrections et d'améliorations.

Pour réaliser cet objectif, nous avons besoin d'une démarche structurée et efficace qui permettra d'une part de réduire la variabilité du processus de contrôle qualité, et d'autre part éliminer toutes les opérations non créatrices de valeur, afin d'accélérer les flux de production, réduire les coûts, maximiser la qualité et la satisfaction des clients.

L'une des démarches d'amélioration continue des plus prisées dans la littérature scientifique, est le Lean Six Sigma (LSS) qui est une méthode composée à partir de la combinaison du :

- Lean qui vise à réduire le gaspillage, améliorer le rendement et à promouvoir la normalisation du travail et son organisation pour le rendre plus efficace.
- Six-Sigma qui décrit la façon dont un processus s'écarte de la cible souhaitée et qui, par conséquent, cherche à l'améliorer, en réduisant sa variabilité pour obtenir un produit de meilleure qualité assurant la satisfaction des clients.

Le LSS sert, donc, à cumuler les avantages et combler les faiblesses des deux méthodes pour une amélioration optimale des processus. Ainsi, l'objectif final de ce mémoire sera de contribuer à l'amélioration de la performance du système de CQAI de BMS-MONO par le Lean Six Sigma.

Pour assurer une présentation cohérente de notre travail, notre mémoire sera organisé en deux grandes parties décrites comme suit :

- 1) La première partie est consacrée à une analyse de l'existant et une revue de la littérature. Elle contient deux chapitres.

Dans le premier chapitre, nous allons faire une présentation de l'entreprise BMS-MONO Electric. Nous commencerons par une description générale de la société (production, chiffre d'affaires, nombre d'employés, département... etc.). Puis nous détaillerons, un peu plus, sur les rôles et les fonctions des ateliers d'injection et de montage, avec élaboration d'une cartographie qui montre

la relation entre eux. Nous finirons ce chapitre par une présentation des systèmes de contrôles qualité mis en place dans les deux ateliers.

Le deuxième chapitre est réservé, quant à lui, à une étude de l'état de l'art sur la méthode LSS. Nous commencerons par l'introduction des méthodes Lean et Six Sigma séparément. Et ce, en donnant leurs définitions, leurs principes de fonctionnement, leurs avantages et leurs faiblesses. Puis, dans un second temps, nous aborderons le Lean Six Sigma avec un regard sur des applications faites dans la littérature. Nous terminerons ce chapitre par une présentation des différents outils auxquels nous avons fait appel dans ce travail.

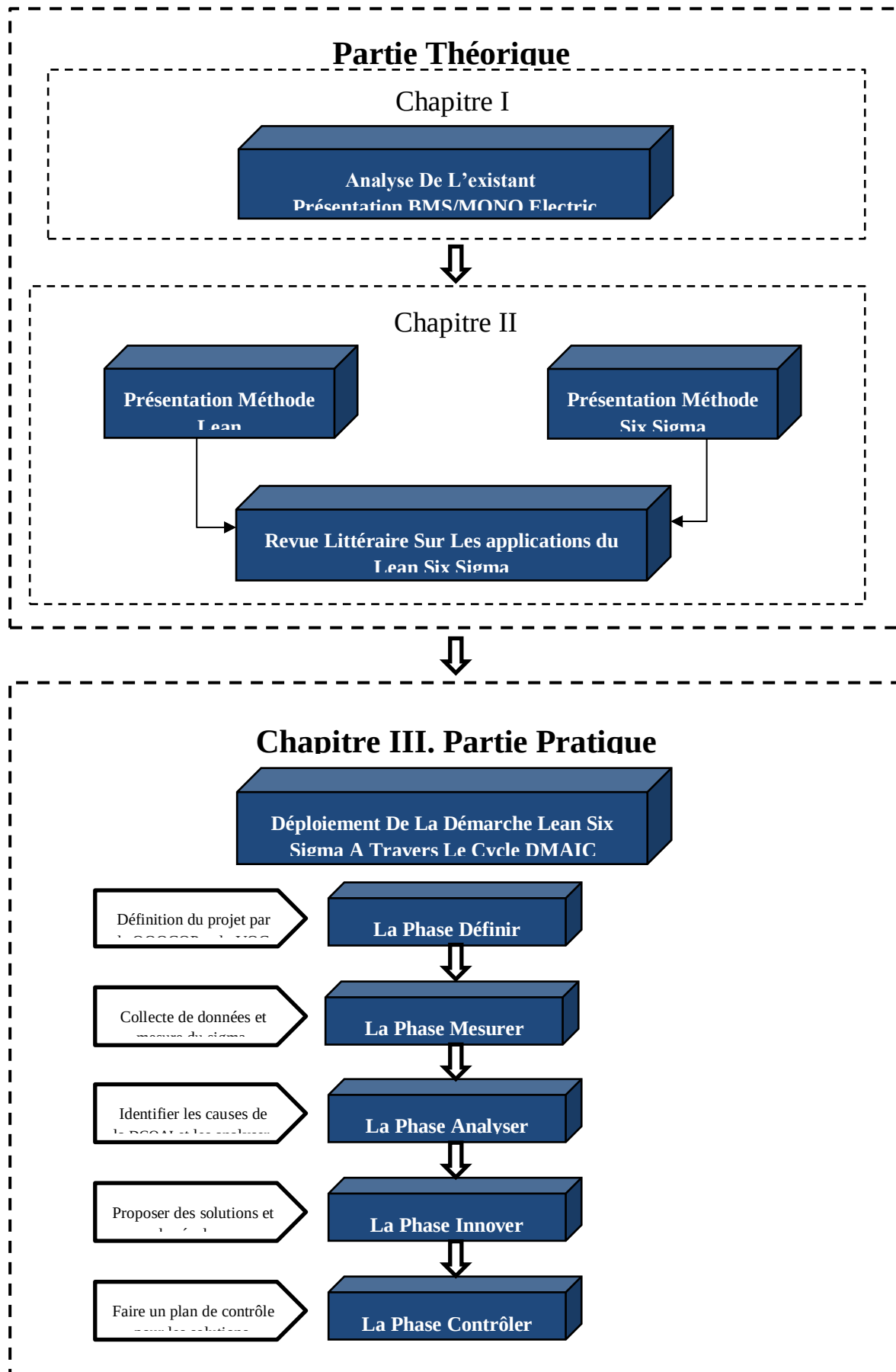
- 2) La deuxième partie concerne la phase pratique. Elle est constituée du troisième chapitre, dans lequel nous allons démarrer notre approche d'amélioration LSS, à travers le déploiement du cycle DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler).

Dans la première étape nous allons définir notre problématique en utilisant les outils QQQQCP. À l'issue de la méthode VOC (Voice Of the Customer), nous avons déterminé deux projets sur lesquels nous allons nous focaliser pour atteindre notre objectif.

Durant la deuxième phase de mesure, nous allons collecter les données qui nous permettront d'évaluer le sigma actuel du système de CQAI. L'étape suivante est celle de l'analyse. Elle est répartie en deux parties. Dans la première, nous allons énumérer les causes probables de la défaillance du CQAI. Ensuite, nous allons faire une analyse de sensibilité pour déterminer les causes les plus influentes. La seconde partie est consacrée à une analyse du fonctionnement des ateliers de montage. Cette partie sert de support qui aide à la réussite du premier projet vu que cette insuffisance informationnelle est considérée comme l'une des causes racines du dysfonctionnement de la fonction CQAI.

Les plans d'actions correctifs et les projets d'amélioration sont présentés lors de la phase innovation. En plus, nous allons faire une évaluation des risques, des coûts et des bénéfices liés à l'implémentation des solutions proposées. La dernière étape, est celle du contrôle et de la standardisation. Durant cette phase, nous allons nous assurer que les solutions mises en place sont pérennes.

Nous clôturons ce mémoire par une conclusion générale résumant les apports théoriques et pratiques essentiels de notre travail, en ouvrant le champ sur de nouvelles perspectives et problématiques dans ce domaine.



Chapitre I : Etude de l'existant

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise BMS-MONO Electric et son secteur de travail. D'abord une description générale de la société est donnée à travers la présentation des différentes directions qui composent son système organisationnel. L'unité de production de l'entreprise est ensuite mise en évidence à travers l'introduction des principaux départements qui la composent, avec une attention particulière vers les ateliers d'injection et de montages considérés comme pionniers dans le processus de production de l'entreprise. Nous finirons ce chapitre par une présentation des aspects théoriques utilisés dans les procédures de contrôles qualité des deux ateliers cités précédemment. Ceci nous servira à mieux entamer notre projet.

1. Présentation de MONO Electric

MONO Electric est une entreprise Algéro-Turc qui conçoit, fabrique et commercialise des produits électriques à utilisation domestiques. Ses produits sont constitués d'appareillages électrique, fiches et blocs multiprises, ainsi que la goulotte et d'autres produits avec un design moderne. Depuis sa création en 2010, MONO Electric n'a cessé de lancer des gammes complètement nouvelles et de hautes qualités, avec une facilité d'utilisation et des prix très compétitifs. Ceci a permis à MONO d'acquérir l'ISO 9001 de management de la qualité. En Algérie, ses sites de fabrication sont :

- Site baba Hassen : nous retrouvons l'usine de l'injection, d'extrusion, compression, presse à découpe, d'assemblage, d'appareillages et accessoires.
- Site de Douera, d'eucalyptus, et de Saoula, dédiés au stockage.

1.1. Vision

- Fournir des produits de haute qualité pour l'utilisation de ces clients.
- Effectuer la production à des normes universelles dont les consommateurs ont besoin.
- Offrir un design esthétique et ergonomique aux grandes masses de consommateurs.

1.2. Mission

- Assumer un rôle de premier plan dans ce domaine.
- Ajouter la technologie, la sécurité et le confort à la vie de nos produits.
- Offrir nos produits aux consommateurs à des prix raisonnables sur le marché.

1.3. Stratégie

- L'utilisation la plus efficace des nouvelles technologies.
- Atteindre le marché cible grâce à de bons
- Fabriquer des produits selon les normes internationales.
- Exploiter les ressources de l'entreprise par les méthodes les plus efficaces.
- Utiliser les connaissances du domaine pour ajouter de la valeur à l'industrie.
- Être toujours accessibles aux consommateurs grâce à une communication puissante.

2. Présentation de BMS Electric

La SARL BMS ELECTRIC, dont le capital social est de 40.000.000 DA est un établissement industriel privé créé en 2000 suite aux décisions ministérielles et le précieux concours des avantages de l'APSI (Agence de Promotion, de Soutien et de Suivi de l'Investissement). La société s'est engagée depuis février 2002 dans la fabrication d'accessoires et d'appareillages électriques destinés à l'utilisation domestique.

Après seulement quatre années d'activité, la société devient le leader du marché algérien, elle couvre actuellement 90% du territoire national avec une capacité globale de production de 100.000 pièces par jour tout article confondu. Avec le projet d'extension, BMS prévoit la création d'une centaine de nouveaux postes d'emploi ainsi que plusieurs autres chaînes de fabrication entrant dans le cadre de la redynamisation du potentiel productif.

BMS ne s'est pas contenté de leader le marché national, elle est aussi passée à l'exportation. Ses produits sont aujourd'hui disponibles dans onze pays africains.

Les efforts des responsables de BMS ont amené cette dernière au stade de société industrielle, aujourd'hui fleuron de l'économie nationale. Son personnel, hautement qualifié, se distingue par sa rapidité d'exécution et sa capacité à satisfaire les différentes exigences de ses clients et leur fournir une gamme de produits variées. BMS possède aujourd'hui plusieurs certifications notamment l'ISO 9001 pour la qualité des produits qu'elle fournit.

3. Relation des deux sociétés

A la base, MONO est une société turque (MONO Elektrik) qui, en voulant créer une filiale en Algérie, s'est associée avec le propriétaire de la société BMS Electric. Ceci a donné naissance à la société MONO Electric qui est considérée maintenant comme partenaire de la SARL BMS Electric.

Bien qu'elles soient concurrentielles sur le plan commercial. Les deux sociétés collaborent ensemble sur une multitude d'aspects. En effet, elles partagent dans leur travail plusieurs choses en commun, notamment l'espace de production, les ressources matériels et immatériels, les procédures de production et les flux d'informations.

En vue de tout cela, les informations citées et les données utilisées dans ce mémoire ont été tirées des deux sociétés à la fois. Par conséquent, il n'y aura pas de différenciation entre eux et elles seront considérées comme une et une seule entité. Comme signalé dans l'introduction générale, le terme BMS-MONO Electric sera utilisé pour désigner les deux organismes à la fois.

4. Organigramme de la direction générale

La mission de la direction générale est d'établir, de mettre en œuvre et de contrôler le système du management de qualité en vue de satisfaire les parties intéressées (les actionnaires, les partenaires et le personnel). La Figure I.1 représente l'organigramme de la direction générale de l'entreprise BMS-MONO ELECTRIC. Elle est composée par les différentes directions suivantes :

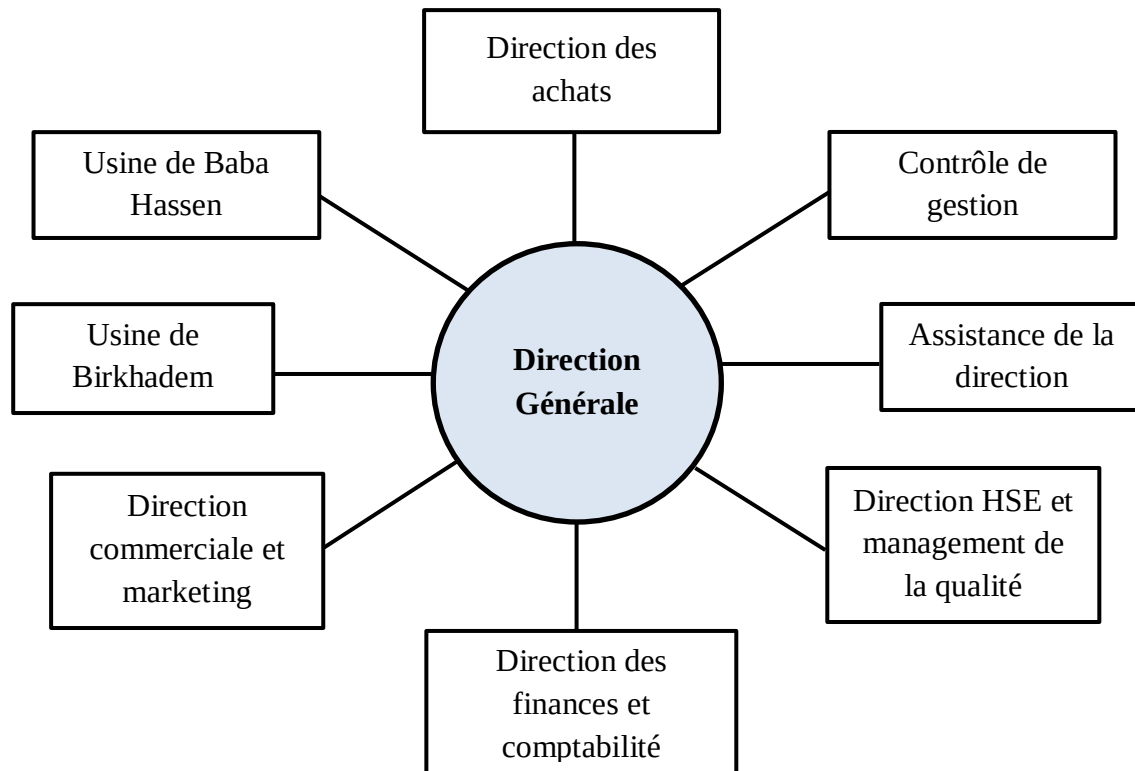


Figure I-1. Organigramme de la direction générale (source document interne)

5. Présentation de lieu de stage

La mission de la direction de l'usine est d'animer les équipes qui composent les différentes structures de l'usine dans le but d'atteindre les objectifs stratégiques tracés par la direction générale ainsi que la préservation du patrimoine de la société. L'unité de production de BMS-MONO Electric située à Baba Hassen, est organisée comme suit :

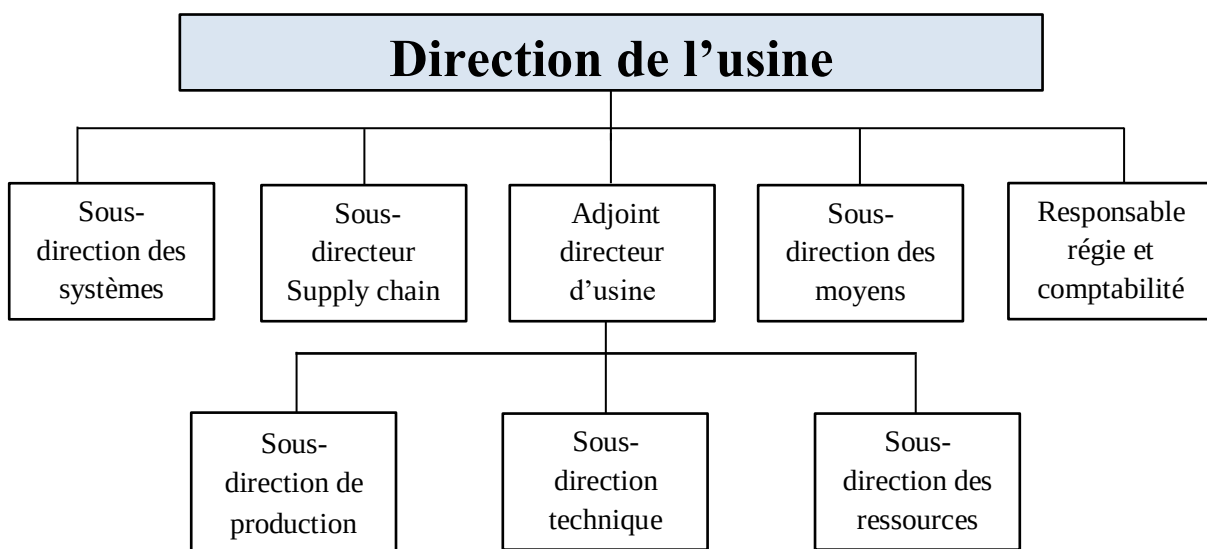


Figure I-2. L'organigramme de l'usine Baba Hassen (source : document interne).

6. Présentation des ateliers

6.1. Ateliers injection plastique

Il a pour rôle la fabrication d'appareillages à partir de différents types de granulés de plastique (ABS, polyamide, polycarbonate, PVC, Bakélite). C'est le cœur du métier de BMS-MONO et son processus opérationnel principal. Ce dernier possède la plus grande capacité et quantité de production. Son client principal est l'atelier de montage et quelques clients extérieurs. Avec 48 machines d'injection et quatre équipes de 26 personnes chacune et un effectif total d'environ 100 personnes. L'atelier d'injection travail 24H/24,

6.1.1. Procédé d'injection plastique

L'injection plastique est un procédé de transformation des thermoplastiques. La mise en œuvre par les machines d'injection en plastique normales se réalise d'abord à travers les granulés de plastique qui alimentent la vis de plastification. Cette dernière est réchauffée par des moteurs hydrauliques et l'action conjuguée de la température du fourreau sert à ramollir les granulés. De là, cette matière est acheminée à l'avant de la vis de plastification prête à être injectée. Cette étape est appelée phase dosage. Ensuite, commence la phase d'injection dynamique. C'est là où la matière présente à l'avant de la vis de plastification est injectée à l'aide d'une forte pression, à l'intérieur d'un moule ayant des emprunts donnant la forme de la pièce souhaitée. Le moule est réglé à une température inférieure à la température de transformation. Ce changement de température a pour effet de solidifier la pièce qui est éjectée à l'extérieur.

6.1.1. Machine d'injection plastique et son fonctionnement

C'est une machine de production de masse. Elle est généralement utilisée pour la matière plastique, mais elle supporte également le caoutchouc. Elle existe en plusieurs tonnages, qui représentent la pression exercée sur le moule. La machine d'injection de BMS-MONO Electric est une Mark Huarong, modèles : 150, 300, 320, 420 Newton.

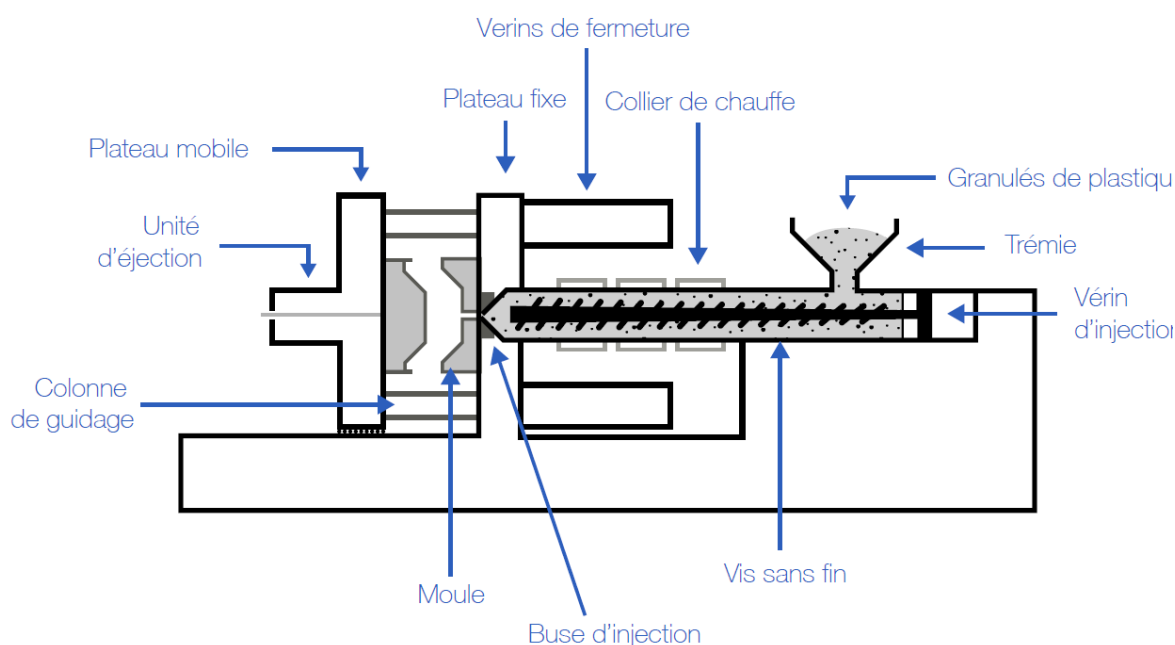


Figure I-3. Schéma d'une machine d'injection thermoplastique [56]

6.2. Ateliers de montage

Les ateliers de montages sont responsables de transformer les pièces semi finis produites par l'atelier de l'injection plastique et l'atelier de la presse à découpe en produit finis emballés et prêts pour la distribution. Les opérations sont faites manuellement.

Il existe cinq ateliers de montage : deux ateliers BMS (Homme/Femme), deux ateliers MONO (Homme/Femme) et un atelier spécialisé dans le montage des disjoncteurs. L'effectif total est de 300 personnes. Il existe aussi un sixième atelier qui est celui de Birkhadem. Ce dernier appartient à BMS seulement et reçoit régulièrement une grande quantité de produits semi-finis. Le processus de montage nécessite parfois des opérations de préparation qui regroupent un ensemble d'activités manuelles ou automatiques pour assembler une partie des composants du produit avant l'assemblage final.

Il y a aussi un atelier d'automatisation en développement. Elle fait des opérations qui demandent un certain niveau de précision. Ce type d'opération sont appelées préparation de quelques composants pour qu'ils soient faciles à assembler dans les ateliers de montage. Il y a aussi des machines qui montent tout le produit mais cette opération est effectuée à petite échelle en comparaison avec les opérations manuelles.

6.3. Atelier de presse à découpe

Cet atelier est spécialisé dans la fabrication de composantes à partir de langue barre très fine de laiton, tôle galvanisée ou de platine à l'aide de machines semi automatiques.

6.4. Atelier d'usinage et maintenance des moules

Qui a pour mission le contrôle, la révision, et la réparation des moules pour garantir le bon fonctionnement de ces derniers, contenant plusieurs types de machines pour assurer la capacité de traiter les problèmes rencontrés.

6.5. Atelier de recyclage

Il exploite les rebuts et les produits non conformes issus des opérations d'injection pour les réutiliser dans un nouveau cycle de production (matières broyées). Cela dépend de la nature du produit. En effet, si c'est un composant représentant la partie externe visible du produit et de ce fait son esthétique aura une grande importance, alors on privilégie l'utilisation de matière première neuve jamais utilisée. Si c'est un composant qui va être caché dans un boîtier alors il sera fabriqué avec de la matière plastique broyée, soit entièrement ou dans une proportion déterminée.

Comme cité précédemment, une attention particulière sera portée vers les ateliers d'injection et de montage. L'efficacité du processus de production de l'entreprise repose en grande majorité sur la réussite de leurs opérations. En vue de cette importance et suivant la voie de notre projet. La suite de notre mémoire portera seulement sur ces deux ateliers. Pour mettre en évidence la relation qui existe entre eux. La Figure I.4 est prévue à cet effet.

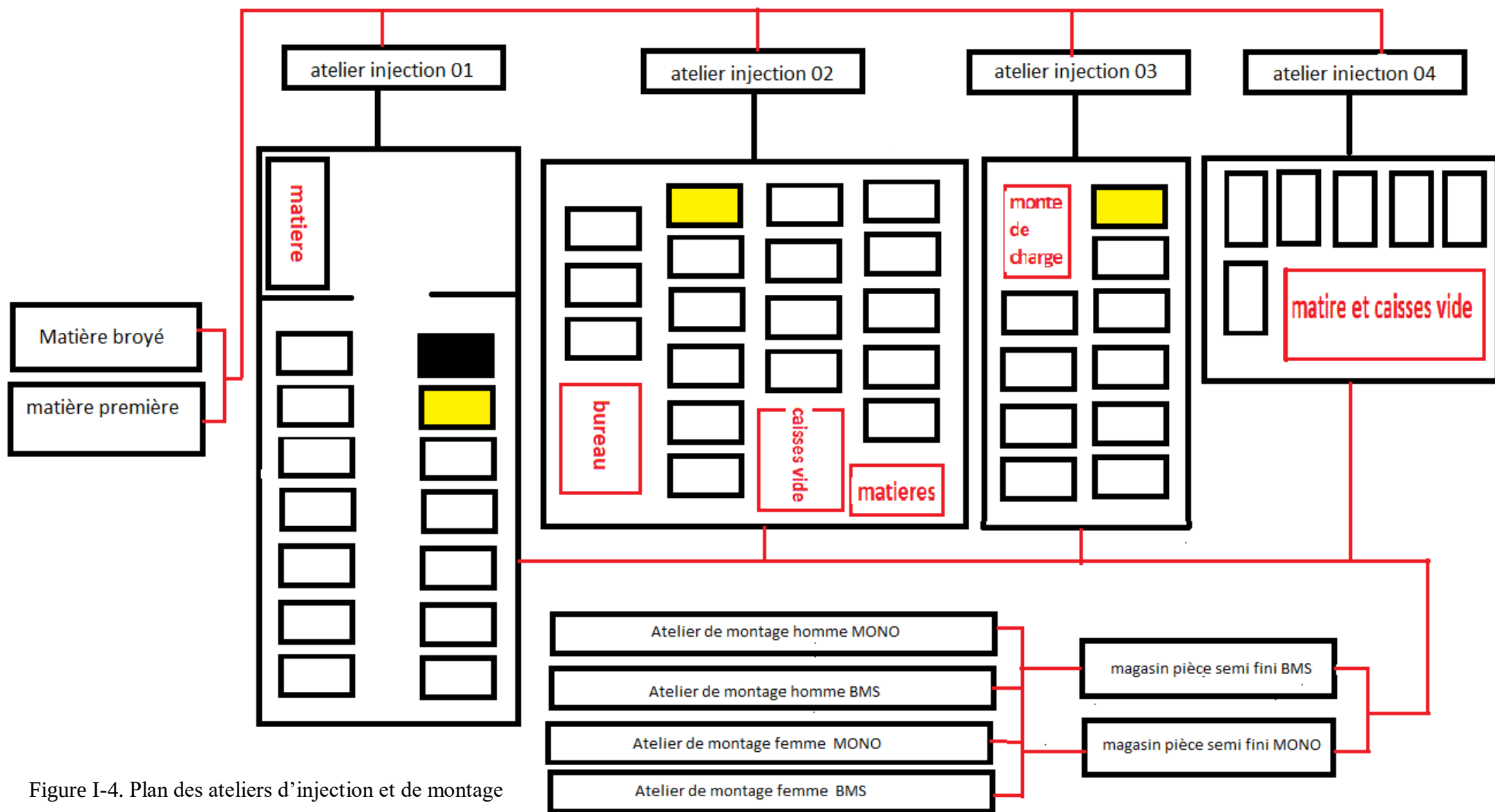


Figure I-4. Plan des ateliers d'injection et de montage

(Source document interne)

7. Contrôle de qualité

La qualité est avant tout au service de la performance de l'entreprise et constitue l'une de ses principales exigences. Elle permet d'optimiser les moyens et les ressources disponibles pour améliorer l'organisation et son efficacité. Notamment, en facilitant la diffusion de l'information. Le service contrôle qualité de BMS-MONO Electric est composé de :

- Sous-directeur du service qualité
- Quatre superviseurs affectés à chaque département.
- Trois responsables, un pour chaque département.
- Un contrôleur au niveau de chaque atelier de montage.
- Un contrôleur au niveau de l'atelier d'injection plastique pour chaque équipe de production.

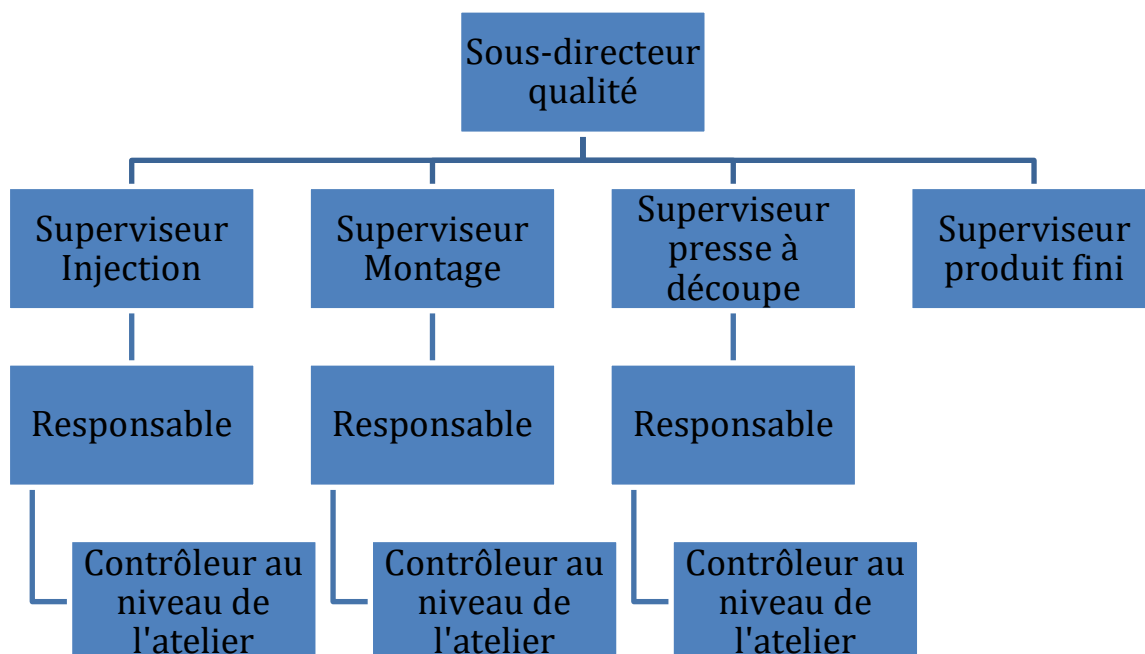


Figure I-5. L'organigramme du service qualité (source document interne)

Le contrôle de qualité est effectué pour vérifier et garantir que les produits finaux sont conformes à leurs conceptions et leurs caractéristiques prédéterminées. Le contrôle de qualité se fait régulièrement à chaque étape du processus de fabrication (matière première, injection plastique, presse à découpe, automatisme, assemblage) au début et à la fin dans chaque processus de production.

La procédure de contrôle qualité de BMS-MONO Electric, commence avec la réception de la matière première, jusqu'à la sortie de produit fini emballé. Dans ce qui suit, on va présenter le mode de contrôle choisi dans l'atelier de l'injection plastique et l'atelier de montage. Puisqu'ils sont considérés comme les étapes les plus importantes de la production et leurs efficacités est cruciale pour la conformité des produits. Dans ce qui suit, nous allons présenter les aspects théoriques des types de contrôle fait aux ateliers d'injection et de montage. Nous détaillerons les processus pratiques de ces derniers dans le chapitre III à la phase de définition.

7.1. Contrôle qualité fait à l'atelier de l'injection plastique

7.1.1. Contrôle par échantillonnage

Le contrôle de la qualité concerne l'échantillonnage, l'établissement de spécifications et l'analyse. Ainsi que l'organisation, l'établissement des documents et des procédures de libération des lots qui garantissent que les essais nécessaires et appropriés ont bien été effectués. Et cela, pour minimiser les risques de passage des produits NCs (D. Martin, 2016).

Le contrôle de la qualité est utilisé à grande échelle dans l'industrie. Au cours des trente dernières années de nombreuses tables d'échantillonnage accompagnées des instructions correspondantes ont été mises au point et utilisées. Par l'application de principes statistiques, le contrôle des lots qui était naguère mené sans directives définies, a reçu maintenant une solide base théorique et logique et cela a conduit à des progrès considérables.

Contrôler un grand lot en entier serait onéreux et des fois impossible surtout dans le cas d'un contrôle par tests destructifs, d'où la nécessité de faire un contrôle par échantillonnage. L'idée est de contrôler une poignée représentative des produits présents dans le lot et ainsi avoir une idée sur la totalité de sa contenance. Cependant, quelques risques subsistent encore car l'échantillon ne reflète pas toujours la réalité de la cargaison.

La procédure du contrôle par échantillonnage consiste à sélectionner dans un grand lot, un échantillon de taille n et noté par X le nombre de défauts dans ce dernier. On rejettera le lot si $X > C$. Où C , est une valeur fixée à l'avance. Une question alors se pose : quelles valeurs de n et de C doit-on prendre ?

Pour tenter de répondre à cette question. On suit généralement une courbe d'efficacité décrite par une loi de poisson. Cette courbe donne la probabilité d'acceptation d'un lot en fonction de sa proportion en défauts P . Un lot est dit conforme si le nombre de NC dans l'échantillon choisi est tolérable. Le contrôle de qualité du lot doit spécifier :

- Le niveau acceptable de qualité P_0 : le consommateur est satisfait si $P \leq P_0$.
- Le niveau inacceptable de qualité P_1 : le consommateur est insatisfait si $P > P_1$.

Le contrôle se fait en essayant de minimiser les risques suivants :

- α = probabilité de rejeter un lot conforme = $1 - L(P_0)$ appelé risque du producteur ou erreur de première espèce.
- β = probabilité d'accepter un lot de mauvaise qualité = $L(P_1)$ appelé risque du consommateur ou erreur de deuxième espèce.

Lorsque l'on a déterminé les risques clients et fournisseurs correspondant à des lots contenant différents pourcentages de défautueux, on peut construire la courbe d'efficacité des plans

d'échantillonnage (régi par une loi de Poisson) qui permet d'établir la relation entre la probabilité d'acceptation du lot et le pourcentage de défectueux du lot.

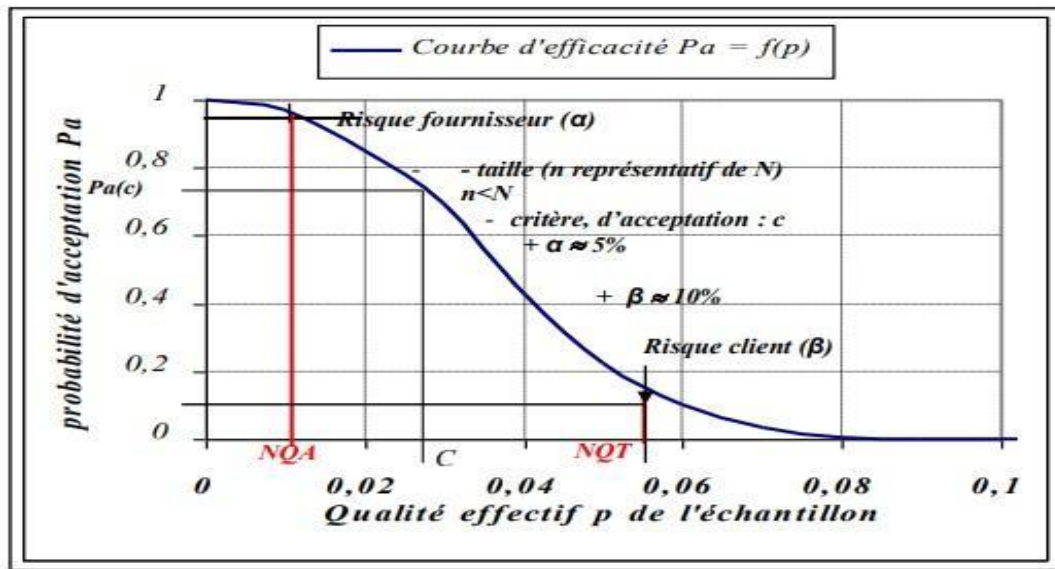


Figure I-6. Illustration des caractéristiques d'un plan d'échantillonnage [55].

Il est délicat de déterminer facilement le plan qui convient aux deux risques. L'utilisation de tables standards nous permet de définir le plan d'échantillonnage, c'est-à-dire, déterminer sa taille n , le critère d'acceptation c (ou k) et le nombre de défectueux admis dans l'échantillon avant de rejeter le lot.

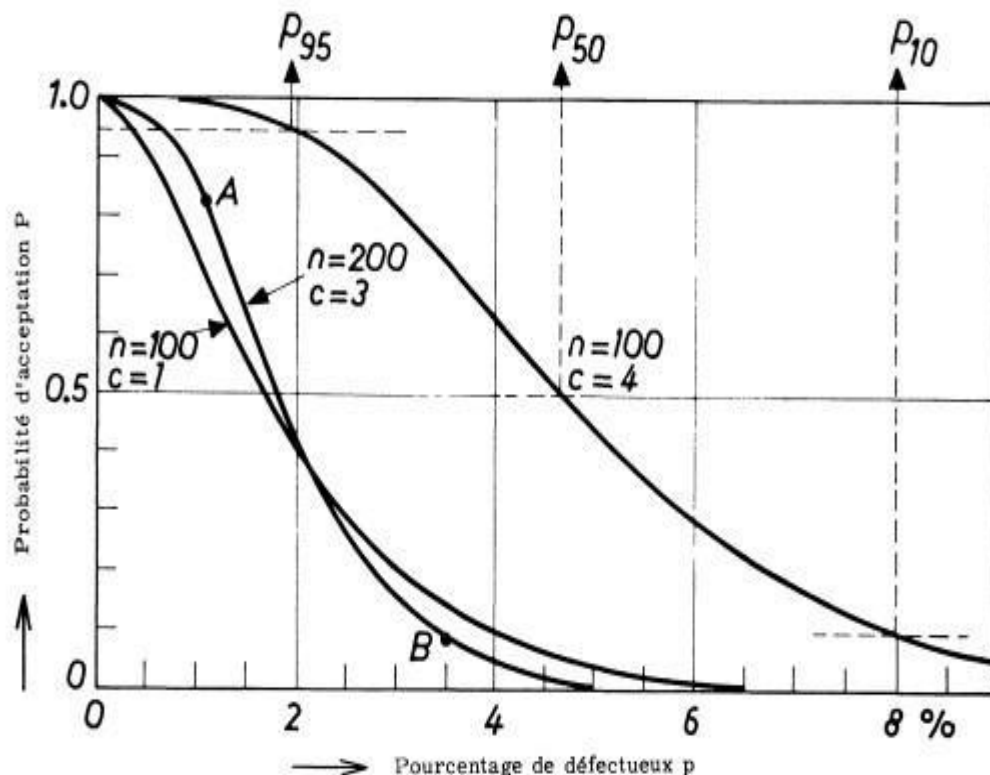


Figure I-7. Courbes d'efficacité de quelques plans d'échantillonnage simple [55].

7.1.1. But et domaines d'application des tables d'échantillonnage

Une étude attentive des différentes tables d'échantillonnage conduit à la conclusion que leurs auteurs ont poursuivi un certain nombre d'objectifs différents dont les plus importants sont

- Faire la part entre les exigences du client, les aptitudes du producteur et les possibilités du contrôleur
- Séparer les mauvais lots des bons.
- Simplifier la procédure d'échantillonnage et réduire le nombre d'observations par lot contrôlé lorsque la qualité de ce dernier est satisfaisante
- Diminuer les risques de conclusions incorrectes lorsque la taille du lot augmente.
- Tirer le maximum de l'information fournie par les données de l'échantillonnage.
- Exercer une pression sur le producteur ou le fournisseur lorsque la qualité des lots reçus est reconnue douteuse et (ou) non satisfaisante.

Ce sont en partie des objectifs contradictoires qui ne peuvent tous être simultanément satisfaits. La procédure d'échantillonnage utilisée en définitive dépend des caractéristiques considérées comme les plus importantes. Les opinions varient et dépendent des conditions dans lesquelles on doit appliquer l'échantillonnage (D. Martin, 2016).

7.2. Contrôle qualité fait à l'atelier de montage

La procédure de contrôle varie d'un produit à un autre et prend aussi en compte la nature d'opération de montage si elle est faite par une seule personne (par poste) ou sur chaîne. Ce qui fournit des approches différentes d'un atelier à un autre. La position du contrôle dans le processus. Peut-être, à la réception des lots des pièces semi finis de l'atelier d'injection ou de presse à découpe, au tout début de la chaîne de montage, au milieu, à la fin de l'opération, ou bien tout à la fois. En principe on a deux types de contrôles qualité effectués :

- Le contrôle esthétique : Il est fait sur les produits qui portent un aspect esthétique. Principalement sur les pièces en plastique qui représentent la face visible du produit aux clients, comme par-exemple, les fronts des interrupteurs électriques, le contrôle doit vérifier s'il existe des rayures, des tâches ou des excès de matières,...etc.
- Le contrôle Fonctionnel : C'est un ensemble de tests effectués à la fin du montage pour s'assurer dans le contexte d'utilisation réelle. Le comportement fonctionnel obtenu du produit est bien conforme avec celui attendu.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait une présentation de l'entreprise BMS-MONO Electric ainsi qu'une description des différents départements qui la composent. Suivant la thématique et les enjeux de notre projet, une attention particulière a été portée vers les ateliers d'injection et de montage. Et ce, à travers une présentation plus détaillée de leurs fonctionnements et la nature des contrôles qualité faits dans ces derniers. Le chapitre suivant est consacré à une revue bibliographique de la démarche Lean Six Sigma.

Chapitre II : Fondements du Lean Six Sigma

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons faire une présentation de la démarche Lean Six Sigma. Cette dernière est la forme hybride de deux concepts d'amélioration continue destinées à accroître les performances d'un processus ; à savoir le LEAN et le Six Sigma. Nous allons commencer ce chapitre par une présentation séparée des deux méthodes qui la compose. Une fois cela fait, nous aborderons les concepts de la démarche LSS en mettant d'abord en évidence les mérites de jumeler le Lean et le Six Sigma et en donnant un état de l'art portant sur l'application de cette approche dans les problèmes d'amélioration performance. Enfin, nous terminerons ce chapitre par l'énumération des différents outils du LSS en se limitant seulement à ceux qu'on va utiliser dans la réalisation de notre projet.

1. Qu'est-ce que le Lean

Le Lean est une méthode de management Toyota efficace développée au Japon dans les années 1970, dont le but est d'améliorer les processus, d'éliminer toutes les opérations inutiles et de créer de la valeur ajoutée pour l'entreprise et le client. Le Lean est souvent illustré sous la forme d'une maison, créée par Taiichi Ohno et Eiji Toyoda pour expliquer le TPS de manière ludique aux salariés et aux fournisseurs. Le choix d'une maison a été fait car il renvoie à une idée de stabilité, de lieu familier et de protection.

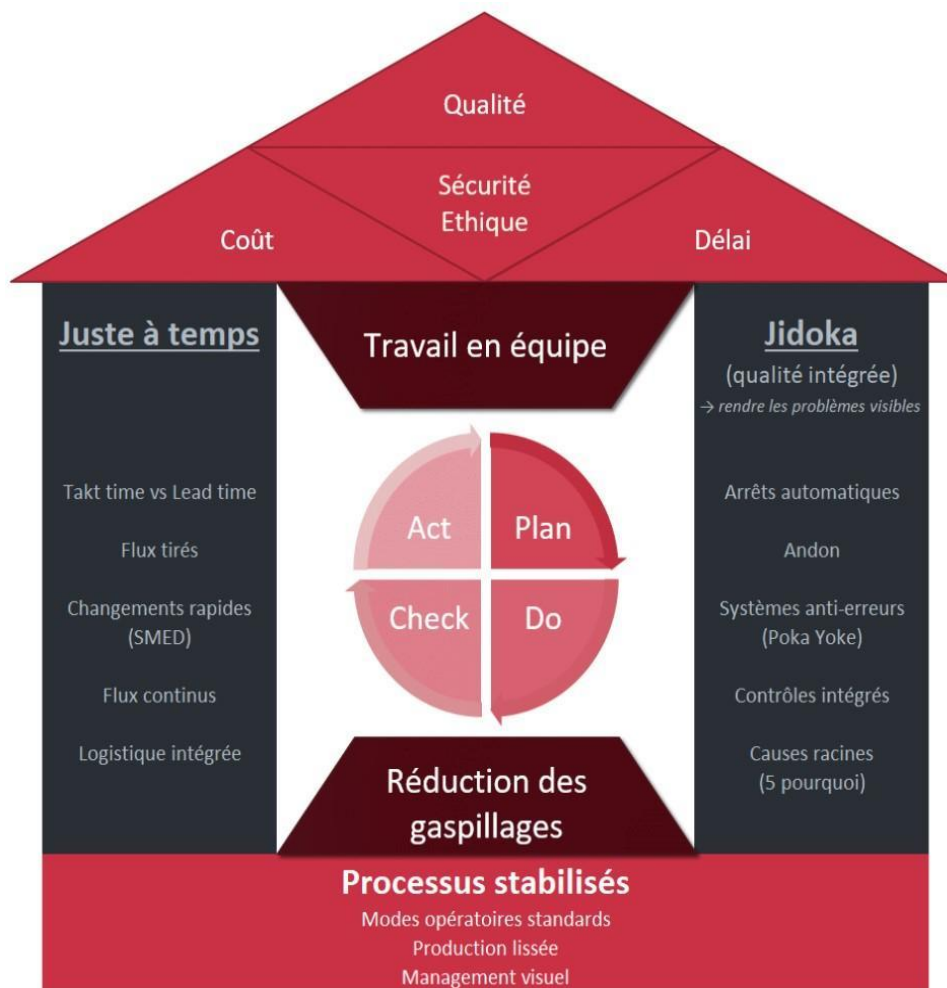


Figure II-1. La maison du Lean (M. Souillard, 2018)

1.1. Domaines d'application du Lean

Historiquement né dans l'industrie automobile, le concept Lean continue de se répandre et d'évoluer et il est appliqué aujourd'hui dans plusieurs domaines d'activité. Les grandes entreprises étendent le Lean au-delà de la fabrication, et l'appliquent à la logistique, à la distribution, aux services, au commerce de détail, à la santé, à la maintenance et même au gouvernement. Les variantes du Lean les plus connues sont comme suit (Leseure, 2012) :

- Le Lean Manufacturing qui optimise l'utilisation de toutes les ressources productives de l'entreprise.
- Le Lean Logistique qui élimine tous les types de gaspillage tout au long de la chaîne d'approvisionnement pour augmenter leur performance.
- Le Lean Warehousing dont l'objectif est d'optimiser les flux de matières, les processus de prélèvement, de réapprovisionnement et de manutention.
- Le Lean Office qui optimise les processus administratifs.

1.2. Forces du Lean

Les méthodologies Lean ont prouvé leur efficacité face aux défis persistants auxquels sont confrontées les entreprises. Ils permettent d'avoir une vision globale du processus et favorise l'analyse des zones au plus près des salariés de la chaîne de production. Cet avantage peut compenser ce que les statistiques fournissent. L'essence de cette approche est d'éviter le gaspillage pour augmenter la productivité. Par conséquent, il peut définir et réduire l'excès de qualité produit par Six Sigma. (Snee et al, 2010)

1.3. Faiblesses du Lean

Le Lean est basé sur le travail et défie continuellement le processus. Cette amélioration constante peut entraîner des inconvénients (Ravallec et al, 2017).

- Les employés sont submergés physiquement et mentalement par un travail plus intensif, ce qui peut entraîner des problèmes de santé tels que des troubles musculo-squelettiques ou le stress.
- L'équilibre entre la santé et la sécurité des travailleurs d'une part et l'optimisation des performances et de la production d'autre part n'est pas toujours respecté. Pour réduire le gaspillage, certaines actions bénéfiques pour l'opérateur peuvent être supprimées
- Les formations n'ont pas toujours le temps d'être réalisées.
- L'objectif de tout standardisé réduit l'autonomie décisionnelle des salariés.
- En raison des diverses pressions à court terme, ces problèmes et insatisfactions ne peuvent être aggravés et résolus par le gestionnaire.
- Les résultats obtenus sont rapides mais succincts. En fait, l'engouement pour les outils et méthodes Lean s'estompe rapidement lorsqu'une vision à long terme n'est pas mise en œuvre.

2. Qu'est-ce que le Six Sigma

La méthode Six Sigma est née au sein du groupe Motorola dans les années 1980, elle est le résultat d'une recherche drastique pour améliorer la qualité des processus de production. Six Sigma est une méthode de gestion dont le but est de tendre vers le zéro défaut en éliminant les variations et les défauts et leur probabilité de survenance.

2.1. Domaines d'application de Six Sigma

Six Sigma est souvent associé à l'industrie manufacturière, ce qui est une réflexion parfaitement compréhensible puisque cette philosophie a été développée par les entreprises manufacturières. Cependant, cela ne devrait pas être un argument pour réfuter la possibilité de son application dans d'autres secteurs. Six Sigma s'applique partout dans l'entreprise et dans chaque type d'entreprise, car chaque fois qu'il y a des activités, il y a des processus chaque fois qu'il y a des processus, il existe des façons d'améliorer la prévisibilité et la performance de ce processus. Des exemples du degré de qualité attendue dans la vie courante permettent d'illustrer le niveau Six Sigma sont présentés dans le Tableau II.1 :

Table II.1 : Application du Six Sigma dans divers domaines (Leseure, 2012).

Sigma	3.8	6
Défaut par million	10 000	3.4
%Qualité	99.00%	99.9997%
Eau potable	15 minutes d'eau non potable chaque jour	1 minute d'eau non potable tous les 7 mois
Erreur médicale	5.000 erreurs médicales par semaine	1,7 erreur médicale par semaine
Aéroports	1 atterrissage raté par jour	1 atterrissage raté tous les 5 ans
Electricité	Pas d'électricité 3h par mois	1 heure de coupure tous les 34 ans
Courrier	20.000 lettres perdues par heure	7 lettres perdues par heure

2.2. Six Sigma en statistiques

Avant que le terme de Six Sigma ne devienne le nom de la célèbre méthode, il était une simple référence statistique à la courbe de Gauss (ou loi normale) qui précise la dispersion d'une série de données autour de la moyenne. Le Six Sigma en statistiques est une méthodologie basée sur les principes de MSP. Afin d'avoir une représentation, l'ensemble de la population est représenté par l'aire sous la courbe typique appelée courbe de Gauss. L'approche de Six Sigma est puissante puisque c'est une approche "empirique". Elle est pilotée par des données et par l'utilisation de mesures

quantitatives pour vérifier la manière dont le système se comporte, pour atteindre l'objectif d'amélioration du processus et la réduction de la dispersion.

2.2.1. Courbe de Gauss et écart-type

Un des grands classiques de la statistique est la courbe de Gauss, ou courbe en cloche. En effet, elle symbolise à elle seule l'idée de la moyenne, de la dispersion et des variations aléatoires. La notion de "6-sigma" peut être assimilée des graphiques ci-dessous, dans le cas où, pour une population normale, la quasi-totalité des individus se retrouvent dans une fourchette comprenant la moyenne plus ou moins 6 fois l'écart-type.

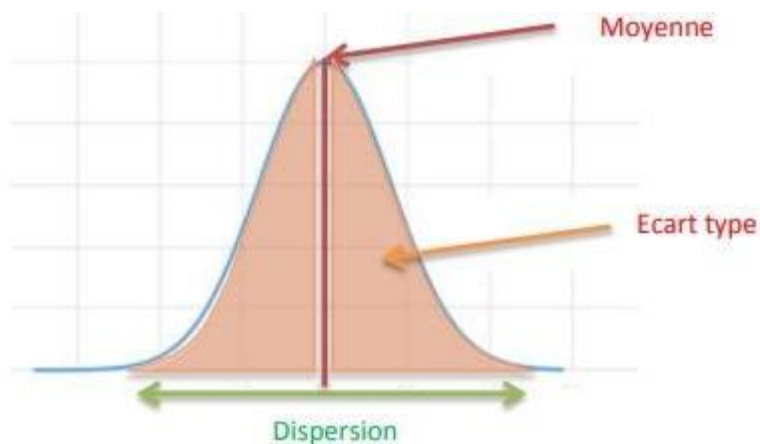


Figure II-2. Courbe de Gauss avec moyenne, dispersion et écart type (M., Souillard 2018).

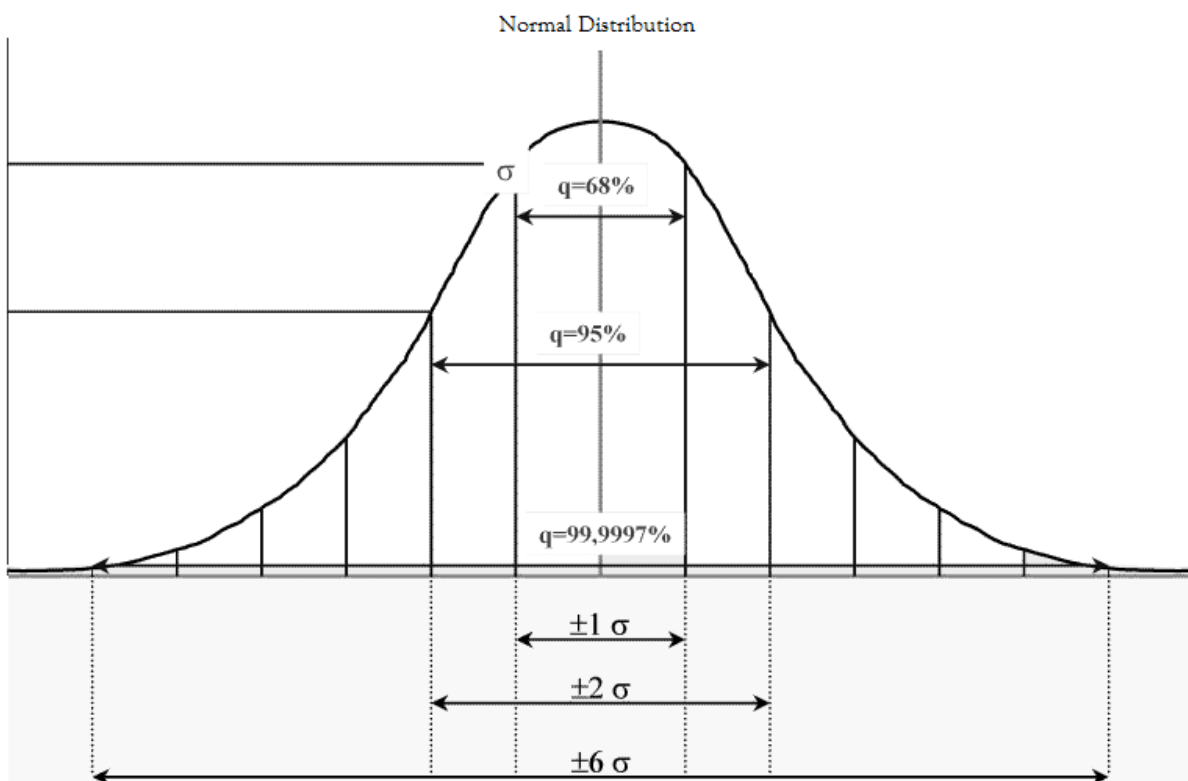


Figure II-3. Courbe de Gauss avec les niveaux de performances Sigma (M. Souillard, 2018).

Parler de Six Sigma pour des défauts de qualité, c'est plutôt parler d'une exceptionnelle absence de défauts. En effet, Six Sigma c'est 3,4 défauts par million d'opportunités de défauts, soit un taux de conformité de 99.999966%.

Table II.2 : Niveau de qualité en fonction du niveau sigma (Leseure, 2012).

Sigma	%Qualité	%Défaut	Nombre de défaut par million d'opportunités
1	30.9%	69.1%	691 462
2	69.1%	30.9%	308 538
3	93.3%	6.7%	66 807
3.5	97.73%	2.27%	22 700
3.8	99.00%	1%	10 000
4	99.38%	0.62%	6 210
4.5	99.86%	0.14%	1 350
5	99.977%	0.023%	233
6	99.9997%	0.00034%	3.4

2.3. Forces du Six sigma

Les processus sont optimisés, engendrant une meilleure exploitation des ressources et donc une diminution des coûts de fonctionnement. Étant donné que le client est satisfait de son produit, il reste fidèle à l'entreprise, contribuant ainsi à la viabilité de cette dernière et donc un accroissement de la part du marché. Les stratégies de résolution de problèmes permettent à l'entreprise de rentrer dans une dynamique d'amélioration continue et d'une vision à long terme.

2.4. Faiblesses du Six Sigma

L'approche Six Sigma est une approche par les statistiques. Sa mise en place est complexe et doit être progressive pour être efficace et intégrée par les employés (Fréchet, 2005).

- Les problèmes concrets du terrain sont rendus abstraits par des chiffres et des indicateurs qui ne délivrent pas toujours des résultats tangibles.
- La collecte et l'analyse de toutes les données statistiques sont complexes et demandent du temps. Certaines entreprises peuvent se décourager. De même, cette approche est tellement centrée sur la qualité du produit final que la vision globale de l'entreprise et de la satisfaction des employés peut être omise.
- Si l'homme n'est pas considéré, il peut nuire à la qualité et au bon fonctionnement
- Chercher la sur-qualité compromet la rentabilité
- C'est une méthodologie rigide, qui n'est pas adaptée dans toutes les structures.

- Des formations longues et onéreuses sont nécessaires pour devenir acteur du Six Sigma.

3. Qu'est-ce que le Lean Six Sigma

Les concepts Lean et Six Sigma sont de plus en plus appréciés par les grandes entreprises grâce à leur influence favorable sur la productivité (Bendell, 2006), Le Lean Six Sigma est le rapprochement de deux méthodes d'amélioration des processus connues et reconnues pour leur efficacité.

- Le Lean mis au point par Toyota, souhaite améliorer la productivité, les délais et la réduction des coûts en répondant au plus près du besoin du client.
- Le Six Sigma, né au sein du groupe Motorola a pour objectif de promouvoir la qualité Du processus de production et la résolution des problèmes pour satisfaire le client.



Qu'est-ce que le Lean Six Sigma ?

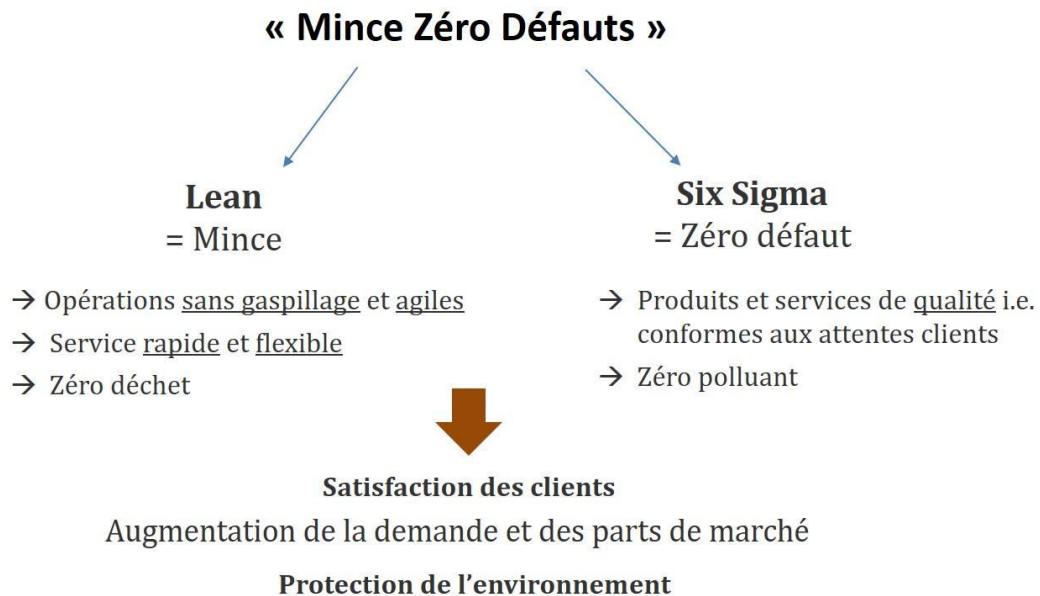


Figure II-4. Différence entre le Lean et le Six Sigma (Fréchet, 2005)

Les deux méthodes sont tournées vers le client. Lorsqu'elles sont additionnées, les valeurs délivrées par les deux démarches sont tout à fait compatibles et complémentaires. Le Lean Six Sigma est une méthodologie de résolution de problème pour réduire la variabilité, fiabiliser un processus et supprimer les gaspillages.

3.1. Revue littéraire du Lean Six Sigma

La question de savoir comment relever le défi de la norme de qualité et de la suppression des opérations sans valeur ajoutée préoccupe les spécialistes du domaine depuis quelques décennies. Cette nécessité de combiner le Lean et le Six-Sigma afin de combler les faiblesses de chaque méthode a poussé plusieurs auteurs à s'intéresser aux LSS faisant des problèmes d'amélioration continue parmi les problèmes les plus étudiés au niveau de la littérature. Nous allons présenter dans notre état de l'art

une sélection de travaux portant sur l'utilisation du LSS dans les problèmes d'amélioration de performance de service d'une manière générale, puis dans le contexte de la qualité et de l'industrie du plastique.

Avant 2003, selon Smith (2003) les approches du Lean et du Six-Sigma ont été très souvent traitées de manière séparée, Antony et al (2003) décrivent que l'absence d'une structure dirigée, comme c'est le cas avec l'approche six-sigma est un point faible pour le lean. Ce thème est repris par Sharma (2003), qui affirme que les méthodologies six-sigma devraient être utilisées pour aider à la mise en œuvre des concepts lean. George (2003) stipule dans son article que le Six Sigma se limite seulement aux notions de variabilité, besoin du client et de qualité et n'intègre pas la notion de vitesse, pourtant primordiale dans l'amélioration des processus et la satisfaction des clients.

Dans le contexte de fournir une méthode d'amélioration plus complète, plusieurs articles ont abordé les mérites de combiner les approches du lean et du six-sigma. Arnheiter et al (2005) décrivent dans leur article, les avantages de l'intégration du lean et du six-sigma présentés dans la Figure II.5. Bendell (2006) suggérant qu'il serait bénéfique pour tous si l'on disposait d'une approche unique qui réunisse le lean et le six-sigma, Snee et al (2010) ont fait une comparaison entre les objectifs de chaque méthode séparément puis communément.

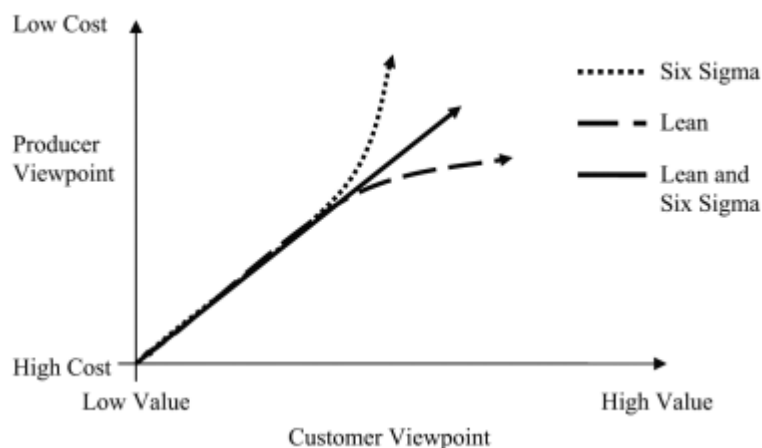


Figure II-5. Avantage concurrentiel des trois méthodes (Arnheiter et al, 2005)

Pepper et al (2010) ont retracé dans leur article l'évolution du LSS. Hang et al (2012) ont proposé une revue littéraire sur le LSS basée sur 116 articles publiés de 2000 à 2012. Ils ont trouvé que le LSS a, pour en grande partie, comme objectif l'amélioration des performances d'un processus, et que le secteur où le LSS est le plus mis en œuvre est celui de la santé, suivie par le secteur de la fabrication militaire.

Albliwi et al (2014) ont introduit dans leur revue littéraire, les facteurs critiques causant l'échec d'un projet LSS suivant une classification par taille d'entreprise petite, moyenne, et grande organisation. Dans l'article Albliwi et al (2015), ils ont fait un état de l'art sur l'application du LSS dans l'industrie manufacturière. Ils ont trouvé dans l'un de leurs résultats que les facteurs qui motivent le plus les industries à implémenter le LSS sont : le changement de la position concurrentielle sur le marché, l'augmentation de la satisfaction client et l'amélioration de la qualité d'un produit. Yadav et al (2016) ont proposé une classification de travaux utilisant le LSS en se basant sur huit critères différents. Notamment, par année de publication et secteur industriel. Une revue similaire a été publiée par Sreedharan et al (2016) avec un plus grand nombre d'articles examinés.

Chugani et al (2017) ont réalisé un état de l'art sur l'impact écologique du LSS. Muraliraj et al (2018) proposent dans leur article les tendances actuelles du LSS en plus des manques recensés sur le sujet. Ils rapportent aussi que les concepts autonomes du lean et du six-sigma sont très recherchés par rapport aux concepts intégrés. Singh et al (2018) ont décrit les avantages et les défis de la mise en œuvre du LSS suivant quatre secteurs dans les domaines de la fabrication, des soins de santé, des ressources humaines, des finances et de l'éducation.

Une revue littéraire très intéressante a été publiée par Rosa et al (2018) qui fait une analyse comparative des améliorations acquises par l'application des LSS dans les industries et les services. Un des résultats de l'article montre que la méthode DMAIC est l'outil le plus utilisé dans le cadre des projets LSS suivi par la VSM, la méthode des 5S et le diagramme de cause à effet. Pour des revues littéraires plus récentes, les lecteurs peuvent se référer aux articles de Patel et al (2021), Kurnia et al (2021), Tampubolon et al (2021) et Sarman et al (2022).

3.2. Cinq lois du Lean Six Sigma

Le Lean Six Sigma est une démarche efficace et performante, mais sa mise en place et sa réussite sont soumises à certaines conditions. En effet, intégrer les principes fondamentaux. Les deux méthodes requièrent certaines lois à suivre appelées les Cinq Lois du Lean Six Sigma.

Elles ont été formulées afin que les efforts d'amélioration de la qualité et des processus, visant à augmenter la satisfaction client et le retour sur investissement, soient les principales préoccupations (George, 2010 ; Tamssaouet et al, 2014).

- Loi n°1 – la loi du marché : « Les besoins du client définissent la qualité et sont la plus haute priorité de l'amélioration ».

Bien que le Lean insiste sur l'importance de ne pas trop dépenser et d'éviter l'excès, la qualité doit être au niveau des normes du client. Ainsi, la qualité et le service exigés par la clientèle déterminent le niveau de qualité requis par l'entreprise et sa stratégie doit être basée sur cette loi. Cette loi a la particularité d'être à la base de toutes les autres.

- Loi n°2 – la loi de la flexibilité : « la vitesse de n'importe quel processus est proportionnelle à sa flexibilité ».

Autrement dit, plus le processus est ouvert et flexible dans l'adaptation des changements et plus le taux d'avancement du projet progresse

- Loi n°3 – la loi de la concentration : « les informations montrent que 20% des activités au sein d'un processus causent 80% des problèmes et des retards ».

C'est une interprétation de la loi de Pareto. Ainsi, il convient de concentrer les efforts et d'agir sur ces principales activités afin de réduire considérablement les délais.

- Loi n°4 – la loi de la vitesse ou « loi de Little » : « la vitesse de tout processus est inversement proportionnelle à la quantité de travaux en cours ».

Ceci explique comment l'inertie des travaux en cours pèse lourdement sur la vitesse d'exécution du projet. Ainsi, lorsque les travaux en cours non achevés augmentent, la vitesse diminue et à l'inverse, au fur et à mesure que les travaux en cours diminuent, le processus s'accélère.

- Loi n°5 – la loi de la complexité et du coût : « la complexité d’une offre de service ou du produit ajoute généralement plus de coûts et des travaux en cours que ne le font des problèmes de qualité (sigma peu élevé) ou de lenteur (contraire de Lean) ».

La complexité de l’offre occasionne davantage de coûts à non-valeur ajoutée et de travaux en cours que les problèmes liés à un niveau de qualité faible ou à une vitesse faible. Ainsi, rendre le travail aussi simple que possible réduit donc le danger d’une mauvaise qualité ou d’une vitesse lente, et permet au travail d’être achevé à temps.

3.3. Application du LSS dans la littérature

Après avoir décrit l’évolution et passé en revue quelques articles présentant des classifications pour les travaux portant sur le LSS. Nous allons à présent aborder les applications du LSS dans la littérature, en se limitant seulement aux recherches les plus récentes et qui ont utilisé l’approche LSS dans la cadre de l’amélioration de la performance d’un service dans le cadre général puis dans le cas de la qualité et/ou de l’industrie du plastique. L’intersection des deux domaines permettra de situer notre travail.

3.3.1. Application du LSS pour l’amélioration de la performance des services dans le contexte général

BHAT et al (2016) ont appliqué le LSS à un service des archives médicales pour réduire le délai d’exécution du processus de préparation des dossiers médicaux et ainsi améliorer la productivité et la performance du département. Singh et al (2017) ont proposé une approche intégrée à base de LSS pour réduire le temps de production, mouvements de matériaux et les stocks des encours.

Shamsuzzaman et al (2018) ont utilisé le LSS pour améliorer le processus de traitement des commandes mobiles dans un secteur des services de télécommunications. Kovach et al (2018) ont appliqué le LSS pour réduire les refus de réclamation d’assurance en améliorant le processus d’inscription au centre d’urgence de l’hôpital. L’article de GIJO et al (2019) met en lumière une étude de cas réelle sur la façon dont la méthodologie LSS à travers l’outil DMAIC aide à réduire le temps de réponse aux réclamations porté au département de maintenance

Li et al (2019) décrivent comment utiliser la méthodologie LSS pour améliorer le processus de service dans l’enseignement supérieur. Praharsi et al (2021) ont utilisé le LSS pour soutenir l’amélioration continue aux services logistiques et transport dans l’industrie maritime, L’approche DMAIC est appliquée pour atteindre la résilience de la supply chain dans l’ère du Covid-19. Haekal et al (2021) ont appliqués l’approche LSS pour réduire la fatigue des travailleurs dans les zones de rayonnement en utilisant les méthodes de DMAIC, VSM, FMEA (Failure Mode Effect Analyze), et la simulation avec le logiciel ProModel. Panjaitan et al (2022) ont apportés des améliorations sur la productivité et la performance des gestionnaires d’un processus de prêt en utilisant le LSS par le biais de la méthode DMAIC, afin de minimiser le gaspillage en appliquant l’analyse d’Ishikawa et des 5 pourquoi pour identifier la cause racine.

3.3.1. Application du LSS dans le cadre de la qualité et/ou de l’industrie plastique

Chiarini et al (2015) Ont utilisé le LSS à travers la DMAIC, 5S, Single Minute Exchange of Die et Poka Yoke pour éliminer les causes de la variabilité de l’efficacité globale des équipements dans une PME qui produit des pièces moulées par injection en plastique. Desai et al (2017) ont illustré les

avantages concurrentiels obtenus grâce à la méthode DMAIC dans une unité de fabrication de pièces moulées par injection plastique.

De-Albuquerque Marques et al (2017) ont développé une approche basée sur le processus d'amélioration DMAIC pour réduire le taux de rejet et améliorer la qualité du produit. Dogan et al (2018) présentent dans leur travail des techniques et des outils du LSS adapté aux technologies 4.0 pour améliorer la qualité et ceci en optimisant la collecte de données pour une prise de décisions plus rapides, plus fiables et plus satisfaisantes.

Alshammari et al (2018) ont appliqué le LSS pour réduire la variation du processus de moulage par injection et le nombre de pièces non conformes au sein d'une PME en Koweït. Pereira et al (2019) ont utilisé les outils du LSS telles que l'amélioration continue, la cartographie des flux de valeur, l'analyse de Pareto et l'efficacité globale de l'équipement pour améliorer le processus de production dans l'industrie du moule

Moso et al (2021) ont appliqué les techniques du LSS pour accélérer la mise en œuvre de Kaizen dans l'industrie de l'emballage sous film de plastique. Yadav et al (2021) Ont proposé une hiérarchisation pour les facteurs critiques de succès (CSF) pour le LSS en qualité 4.0 à l'aide de plusieurs méthodologies, notamment ISM (modélisation structurelle interprétative) et TISM (modélisation structurelle interprétative totale), MICMAC (multiplication de matrice d'impact croisé appliquée à la classification) et clustering hiérarchique.

Kulkarni et al (2022) ont appliqué le LSS pour améliorer la qualité dans l'industrie des soins de santé, Yanamandra et al (2022) ont menés une enquête sur le rôle du six-sigma et des opérations lean dans la minimisation du coût de la qualité (COQ) dans les organisations de services au EAU. Alzoubi et al (2022) ont étudié l'impact des pratiques de gestion de la qualité totale et des processus LSS pour améliorer la qualité et réduire son coût dans le cas de l'industrie du plastique à Dubaï.

D'après notre étude de la littérature il semblerait que l'utilisation du LSS pour l'amélioration des performances de service reste en grande partie focalisée sur l'optimisation des procédures, avec un manque d'attention envers l'amélioration de la qualité qui est plus traité dans le cas de l'utilisation individuel du six-sigma ou du lean. En ce qui concerne le secteur d'activité une attention particulière est portée vers le domaine de la santé et des soins ce qui peut être expliqué par la grande intolérance aux défauts, l'industrie du plastique reste peu concernée par les cas d'étude lean six-sigma.

3.4. 10 clés de la réussite d'un projet Lean Six Sigma

1. Définir le projet, en utilisant les outils pour poser le problème et cadrer le processus.
2. Identifier les clients externes et internes du processus, et les interroger pour confirmer le choix des axes de percée.
3. Définir les variables à mesurer et comment les mesurer.
4. Identifier les opérations avec et sans valeurs ajoutées dans un processus.
5. Utiliser les outils statistiques pour quantifier et modéliser les processus.
6. Associer les experts de terrain au projet, dans le cadre d'une approche participative.
7. Utiliser les outils de créativité pour identifier et sélectionner les solutions les plus pertinentes et efficaces (sans oublier de s'appuyer sur les constats de l'analyse des données).

8. Préparer le déploiement des solutions, en prévoyant chaque fois que nécessaire un test pilote.
9. Créer des nouveaux indicateurs plus pertinents que les indicateurs traditionnels, et supprimer les indicateurs pas ou peu utilisés.
10. Utiliser les outils statistiques tels que les cartes de contrôle pour pérenniser les performances du processus améliorées.

4. Différents outils du Lean Six Sigma

L'organisation, la performance et la résolution de problèmes sont intimement liées, la force du Lean Six Sigma par rapport aux autres méthodes d'amélioration de qualité, réside dans le fait est qu'il possède une batterie d'outils, de techniques et de méthodes, pour optimiser plusieurs de ces notions à la fois. Il tombe sous le sens que la parfaite maîtrise de l'utilisation de ces outils est une condition sine qua non à leurs bonnes mises en place. C'est pour cela que nous allons nous limiter dans cette partie, à la présentation des outils auxquels nous avons fait appel pour réaliser notre projet.

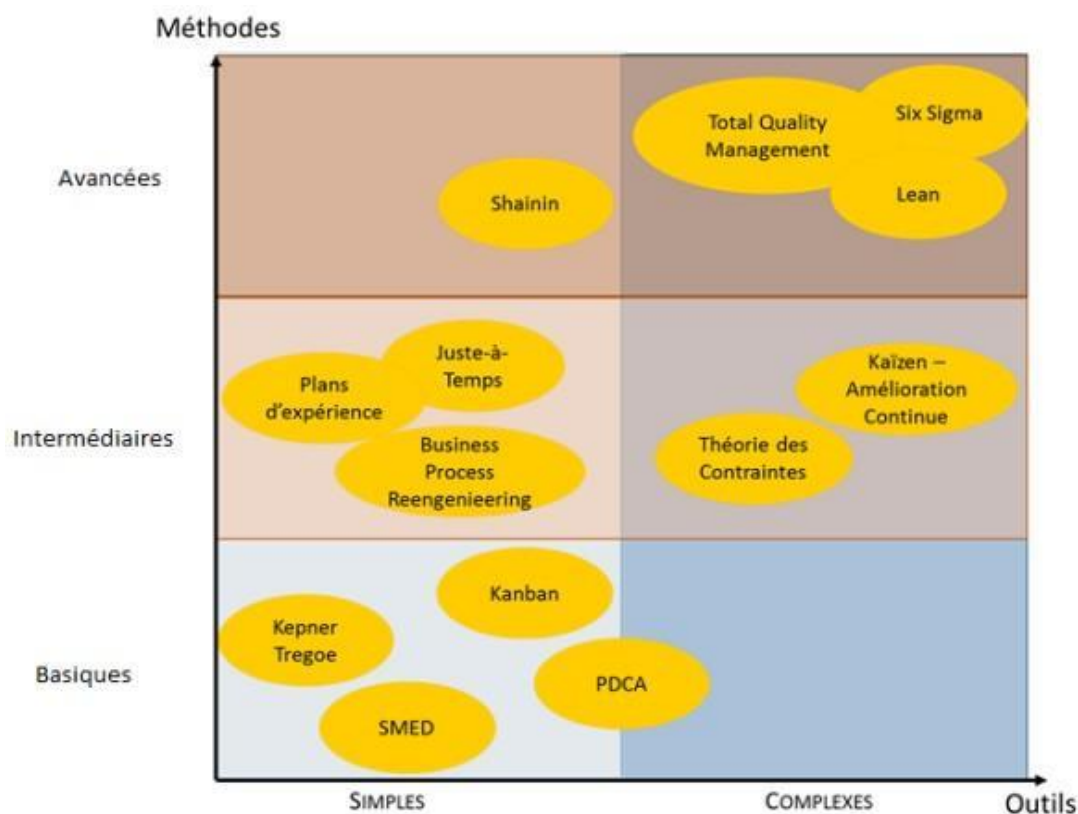


Figure II-6. Matrice des méthodes d'amélioration de la qualité (M. Souillard, 2018)

4.1. Démarche DMAIC

L'approche DMAIC englobe toutes les étapes pour résoudre un problème, c'est une méthode clé du Six Sigma. Elle vise à traverser des étapes d'investigation expérimentales, analytiques et scientifiques pour mener à bien un projet. Chaque lettre de cet acronyme est l'initiale de l'action de l'étape correspondante qui sont Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler, Chaque phase présente des objectifs et des outils standards.

Table II.3 : Méthode DMAIC (Rosa et al, 2018)

Etape	Question à se poser	Objectif	Résultats	Exemples d'outils utilisables
Définir	Quel est-le Problème ?	Définir le projet Définir, le périmètre, les limites du problème et Garder en tête le besoin du client	Cartographie macro du processus	QQOQCCP SIPOC VSM Pareto
Mesurer	Comment objectiver le Problème ?	Collecter des données Objectiver le problème Déterminer les systèmes et outils de mesure	Cartographie détaillée du processus	Brainstorming, Histogramme Feuille de relevé Indicateur de performance Gage R&R
Analyser	Comment le défaut se produit-il ?	Déterminer la(es) différente(s) cause(s) racine(s) du problème(s)	Analyse ciblée et réfléchie Partage d'idées Compréhension du processus	Diagramme d'Ishikawa, Pareto Diagramme de Flux Brainstorming 5 Pourquoi
Innover	Quels sont les axes d'amélioration et comment les mettre en place ?	Déterminer des solutions visant à éliminer la(es) cause(s) du problème	Améliorer le procédé	Brainstorming Vote pondéré AMDEC Créativité collective
Contrôler	La solution est-elle efficace ?	Vérifier et maintenir l'amélioration dans le temps	Efficiences des solutions	Diagramme de flux Audit Auto-inspection

4.2. QQOQCCP

Ce sont des questions dont les réponses sont considérées comme fondamentales pour la collecte d'informations et la résolution de problèmes. Selon le principe du QQOQCCP, un rapport ne peut être considéré comme complet que s'il répond à ces questions. Le Tableau II.4 montre les différentes questions et les réponses attendues de ces dernières :

Table II.4 : Méthode QQQQCP (Fréchet, 2005)

Question	Réponse
Quoi ?	Description du problème
Qui ?	Identification des parties prenantes (actrices et impactées)
Où ?	Identification du lieu d'occurrence
Quand ?	Spécification du moment d'occurrence, durée et fréquence
Comment ?	Analyse des procédures et des pratiques
Combien ?	Description des moyens et ressources engagées
Pourquoi ?	Description des causes sous-jacentes

4.3. Diagramme SIPOC

Un diagramme SIPOC (également appelé FIPEC) permet de schématiser un processus métier en consignait ses fournisseurs, ses intrants, ses processus, ses extrants et ses clients. «Son but n'est pas de fournir des détails, mais plutôt de donner aux décideurs des informations pertinentes sur un processus. Généralement, les diagrammes SIPOC servent à améliorer ou à comprendre les processus associés à l'expérience client. L'acronyme SIPOC renvoie aux cinq éléments suivants :

- Fournisseurs : la source des intrants dans le processus (S pour Supplier en anglais).
- Intrants : les ressources nécessaires au fonctionnement du processus (I pour Inputs en anglais).
- Processus : les étapes générales du processus.
- Extrants : les fruits du processus (O pour Outputs en anglais).
- Clients : les personnes qui reçoivent les extrants/résultats ou bénéficient du processus.

Un diagramme SIPOC est construit en sept étapes :

1. Identifier le processus P
2. Décomposer le processus en 4 ou 5 étapes générales, chacune avec sa propre action et son propre sujet.
3. Identifier les sorties O du processus
4. Identifier les clients C qui reçoivent les sorties du processus
5. Identifier les entrées I qui sont requises par le processus
6. Identifier les fournisseurs S
7. Validation du diagramme par des interviews avec les intervenants impliqués dans le processus.

4.4. Voix du client VOC et Arbre de la qualité CTQ

L'étude de la voix du client (ou VOC pour Voice Of Customer) est une méthode qui permet à l'entreprise de comprendre les besoins de ses clients et d'agir dans le sens de ces derniers. Suivant le type de client ou bien le degré d'appréciation souhaité, il existe de nombreuses techniques pour appliquer le VOC, parmi les plus importantes : l'écoute des réseaux sociaux, les sondages, les réunions de discussion et les interviews.

L'arbre de la qualité CTQ, regroupe ensuite les besoins critiques et essentiels exprimés dans le VOC et met en place les exigences et leurs moyens de mesure. Et cela, afin de déterminer les plans d'actions qui ont le plus d'impact sur la qualité du produit et la satisfaction des clients (Fréchet, 2005).

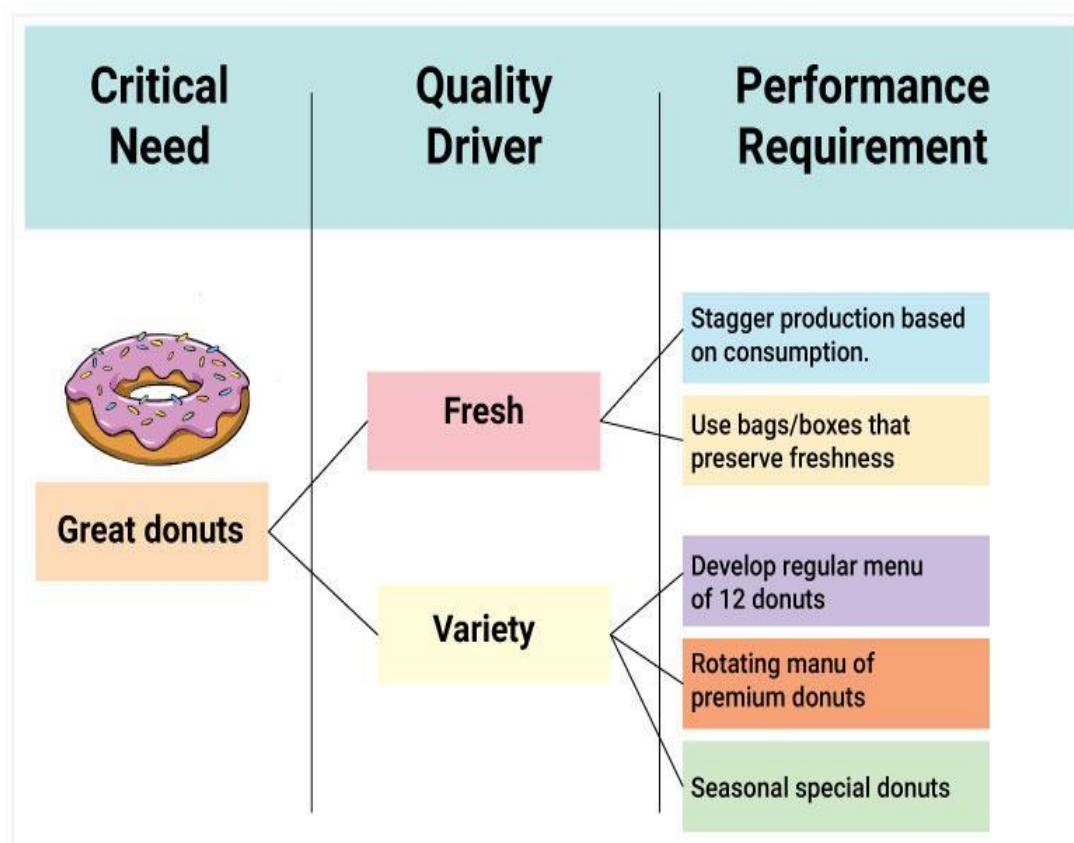


Figure II-7. Exemple d'application de la méthode CTQ (Fréchet, 2005).

4.5. Gage R&R

Le Gage R&R est une méthode statistique qui permet de vérifier la fiabilité d'un système de mesure. Son but est de vérifier que les données présentes dans ce dernier ne sont pas trop sensibles au problème de répétabilité et de reproductibilité.

- Pour tester la répétabilité, la même caractéristique est mesurée plusieurs fois par le même opérateur
- Pour tester la reproductibilité, on identifie les conditions de mesure qui sont susceptibles de changer (opérateurs différents par exemple) et on réalise une mesure dans les deux conditions.

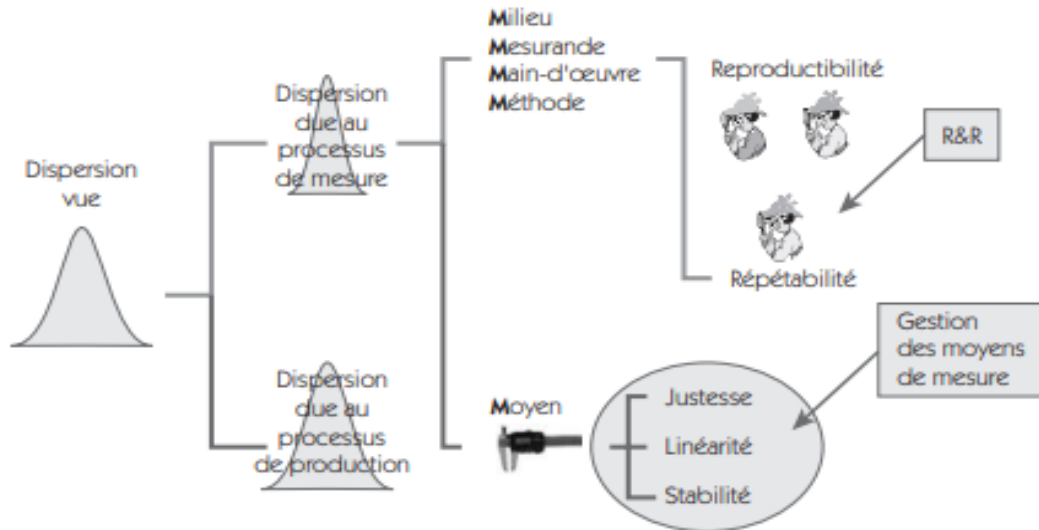


Figure II-8. Décomposition de la dispersion dans une mesure (Pillet, 2005)

La figure illustre la décomposition de la dispersion telle qu'elle apparaît lors d'une mesure. Une partie de cette dispersion provient du processus de production, et une autre du processus de mesure (Pillet, 2005). L'additivité des variances nous permet d'écrire l'équation II.1 :

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_P + \sigma_M} \quad (\text{II.1})$$

Avec : σ_T L'écart type total.

σ_P Variance réelle du processus de production.

σ_M Variance du processus de mesure.

L'objectif sera de vérifier que la part de la variance de mesure est faible par rapport à la variance du processus. Autrement dit, on veut vérifier qu'un écart entre deux mesures traduit bien un écart entre deux produits différents.

4.6. Calcule du niveau de sigma

Le calcul du niveau sigma noté souvent Z, dépend essentiellement des types de mesures effectuées. Ainsi, on a dans cas possible : (1) Cas des critères mesurables, ou (2) Cas des critères non mesurable

Dans le premier cas, on s'intéresse à une caractéristique d'une pièce ou d'un processus, telles que la longueur, le poids, le diamètre...etc. Dans le deuxième cas, on compte le nombre d'articles défectueux (DPU) ou le nombre de défauts par unité (DPO). Comme il sera expliqué dans la partie mesure du chapitre III. On s'intéresse dans ce travail au cas des critères non mesurables de type article défectueux DPU.

La formule d'approximation retenue pour le calcul du niveau de sigma est donnée par M. Pillet, dans son ouvrage de (Pillet, 2005) :

$$Z_{process} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \ln(\text{PPM})} \quad (\text{II.2})$$

Où PPM représente le ratio entre le nombre de défauts et le nombre d'unités réalisées multiplié par un million.

4.7. Diagramme d'Ishikawa

C'est un outil développé par Kaoru Ishikawa en 19621 et servant dans la gestion de la qualité. Il représente de façon graphique les causes aboutissant à un effet. Ce diagramme se structure habituellement autour du concept des 5 M qui sont :

1. Matière : Les matières et matériaux utilisés. Plus généralement les entrées du processus.
2. Matériel : L'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels et les technologies.
3. Méthode : Le mode opératoire, la logique du processus et la recherche et développement.
4. Main-d'œuvre : Les interventions humaines.
5. Milieu : L'environnement, le positionnement, le contexte.

4.8. Cinq Pourquoi (5W)

Cet outil permet de rechercher les causes racines d'un problème. Afin de mener l'investigation le plus en profondeur, il est nécessaire de se demander plusieurs fois pourquoi ? Le nombre est choisi symboliquement, ça peut être plus ou moins. Lorsque l'équipe ne peut plus agir sur la cause proposée, il convient d'arrêter de s'interroger.

Lors de la 1ère question « Pourquoi », plusieurs causes peuvent être proposées. « Pourquoi » est à nouveau demandé sur chaque sous-cause observée. Les causes racines sont les causes qui ne peuvent plus être approfondies.

Conclusion

Le but de ce chapitre est de présenter de manière générale les concepts de base des deux approches Lean et Six Sigma. Puis voir leur forme hybride, sous la forme du Lean Six Sigma (LSS) à travers son développement, son évolution et ses utilisations dans le domaine de l'industrie et des services. Le chapitre s'est terminé par une présentation non exhaustive des différents outils du LSS en se limitant seulement à ceux utilisés dans notre projet.

Chapitre III : Expérimentation

Introduction

Après avoir présenté les outils du LSS, ce chapitre est consacré au déploiement de cette approche basée sur le DMAIC à l'atelier d'injection plastique. Nous commençons par la définition des problèmes qui ont le plus d'impact sur le rendement de la fonction CQAI, la satisfaction des clients et la performance globale de l'entreprise.

Une fois les problèmes identifiés, la deuxième phase consiste à mesurer l'écart de la situation actuelle de la fonction CQAI par rapport à la situation souhaitée. La liaison entre ces deux étapes est l'analyse profonde des modes de fonctionnement des parties prenantes et des causes de dysfonctionnement.

1. Étape de définition (Define)

Dans cette étape, nous allons définir le problème principal qui motive notre étude. Pour ce faire, nous allons le caractériser en décrivant son fonctionnement actuel ainsi qu'en identifiant toutes les parties prenantes. L'objectif est d'adopter une approche systémique de notre objet d'étude.

Après la discussion avec le sous-directeur de la production et le chef d'atelier injection on s'est orienté vers le problème de l'inefficacité du contrôle qualité. Et ce, à cause d'apparition de réclamations dues à la présence de NCs dans des lots, pourtant, validés par les CQAI.

- Constat

La défaillance de la fonction CQAI qui laisse passer des pièces défectueuses sans pouvoir les détecter.

- Clients

Les ateliers de montage de l'usine de Baba Hassen et de Birkhadem, les ateliers de préparation et d'automatique.

- Gains attendus

L'amélioration de l'efficacité de la fonction CQAI, se traduira par une meilleure exploitation des biens produits et une réduction des coûts de non qualité.

1.1. Méthode QQQQCCP

Table III.1 : Déploiement de la méthode QQQQCCP

Question	Réponse
Quoi ?	La défaillance de la fonction CQAI. A travers le transfert de lots contenant une proportion élevée d'articles défectueux.
Qui ?	Les responsables du contrôle qualité et les opérateurs de l'atelier d'injection
Où ?	La défaillance du CQAI se manifeste au niveau des ateliers de montage.
Quand ?	Depuis le mois de septembre jusqu'à présent en février.

Question	Réponse
Comment ?	Des réclamations ont été portées par les opérateurs du montage suites à des NCs détectées à la réception des produits et au cours de l'assemblage.
Combien ?	Pour le mois de mars 195856 pièces défectueuses ont été détectées soit un taux de NC de 1.46 %.
Pourquoi ?	La fonction CQAI joue un rôle très important dans le processus de production l'entreprise, son efficacité permettra d'augmenter son flux productif et de minimiser le gaspillage des ressources matérielles et les coûts indésirables pour une meilleure rentabilité de l'entreprise.

1.2. Charte du projet

Table III.2 : Charte du projet

Projet	Contribution à l'amélioration du système de contrôle qualité par le Lean Six Sigma Cas : BMS-MONO Electric	
Clients intéressés	Chef de département production et chef de département qualité.	
Groupe de projet	Mr A. SAIDOUN	Responsable de l'usine
	Mr. MESSAOUD Abdel Hadi	Débutant
	Mr. KAHLERRAS Djamel	Débutant
Planification de projet	Etapes	Date
	Définir	Du 27 février au 1 mars 2022
	Mesurer	Du 2 au 17 mars 2022
	Analyser	Du 20 mars au 5 avril 2022
	Améliorer et contrôler	Du 6 au 21 avril 2022

1.3. Fonctionnement actuel

La fonction CQAI sert à garantir des produits de bonne qualité aux clients de l'atelier d'injection. Pour illustrer son fonctionnement nous allons cartographier son processus à l'aide d'un diagramme SIPOC (Tableau III.2 et III.3) et BPMN (Figure III.1 et III.2).

Table III.3 : Processus de production et de contrôle qualité au niveau de l'injection

Fournisseur (Supplier)	Entrant (Input)	Processus (Process)	Sortant (Output)	Client (Customer)
Fournisseur de la MP	Matière première	Contrôle à la réception	MP contrôlée	Magasin MP
Magasin moule /Service planification	Moule/Dossier du moule	Montage du moule dans la machine	Moule prêt à l'utilisation	Chef d'atelier injection
Magasin MP	Matière première	Injection et réglage machine	Pièces produites pour l'essai	RQA /Sous-direction qualité
Sous-direction qualité	Fiche de spécimens	Contrôle de qualité	Pièces bons / Validation des spécimens	Sous-direction qualité
Chef d'atelier injection/service de planification	MP /fiches de production	Opération d'injection	Pièces produites	Magasin produits semi-finis
Magasin produits semi-finis	produits semi-finis	Opération de montage	Produits finis	Magasin produits finis

Table III.4 : Processus de transfert des pièces de l'injection vers le montage

Fournisseur (Supplier)	Entrant (Input)	Processus (Process)	sortant (Output)	Client (Customer)
Atelier d'injection plastique	Caisses validés par les contrôleurs de qualité	Remplir les palettes des produits semi finies	Palette rempli par des caisses de produits semi fini	Magasin produit semi fini
Magasin produit semi fini	Produits semi finis	Trier les caisses	Caisses stockées	Magasin produit semi fini
Magasin produit semi fini	Bon de commande	Compter et préparer	Quantité disponible	Atelier de montage
Magasin produit semi fini	Produits semi fini	Expédier	Produits transféré	Atelier de montage
Atelier de montage	Emballage/ Produit fini	Emballage	Produit fini emballé	Magasin produit fini

1.3.1. Procédure de contrôle qualité

L'opération d'injection est réalisée par quatre équipes, chacune comporte un seul responsable de qualité (CAI) dans les shifts de travail d'équipe. Ces derniers sont assignés à une équipe de 26 opérateurs en moyenne et 48 machines.

Une fois la production lancée, un contrôle de qualité est réalisé et il est divisé en deux types manuel et automatique. Le contrôle automatique est réalisé par la machine qui détecte les NCs avec des capteurs de mesure et rejette les pièces défectueuses vers un lot qui sera transféré vers l'atelier de recyclage. La manuelle est décrite quant à lui par les étapes suivantes :

1. La procédure commence par un contrôle de quantité et de qualité sur la matière première reçue. Pour le deuxième aspect, on effectue une série d'essais de conformités sur les propriétés chimiques et thermiques de la MP. Ces essais sont faits généralement pour un nouveau type de matière ou si elle provient d'un nouveau fournisseur. Pour les anciens fournisseurs, le travail se fait par confiance.
2. Le contrôle de qualité en cours de fabrication commence par les monteurs/régleurs qui assurent que le moule est installé correctement dans la machine. Puis ils font des essais de conformité sur les premières pièces produites. Cette opération de montage du moule et réglage de la machine dure 1h 30 min en moyenne.
3. Validation de la direction de qualité ou bien le chef d'atelier que les pièces fabriquées sont conformes.
4. L'opérateur est en contact direct avec la machine. Dès qu'il observe une NC ou bien un dysfonctionnement de la machine, il va signaler le problème au CQAI de l'équipe pour qu'il intervienne. Celui-ci va remplir une fiche de NC avec tous les détails nécessaires.
5. Le travail du CQAI est de vérifier, puis, de valider les lots des pièces produites en faisant un contrôle par échantillonnage.
6. Si l'opérateur signale une NC, le CAI va régler le problème avec des actions correctives. Il va régler les paramètres de la machine (pression, température,...) pour éliminer la NC, cette opération dure de 5 min à 20 min. Cependant, l'intervention du responsable nécessite parfois un temps d'attente très long, tout dépend de son occupation. Si le problème est technique, il va demander l'intervention d'équipe de maintenance.
7. Une fois les lots validés, ils sont transférés vers le magasin des pièces semi finis.
8. Les personnels du montage signalent au cours du travail une NC. Ils vont ensuite remplir la fiche dédiée à cet effet. Une caisse commune est prévue pour mettre les articles défectueux en prenant en compte le type de la matière et du produit.
9. Les pièces NC sont soit rebutées ou retouchées. La quantité broyée sera utilisée pour fabriquer d'autres types de pièces, et cela pour minimiser les pertes. Cependant, la matière broyée n'a pas le même niveau de qualité que la MP.

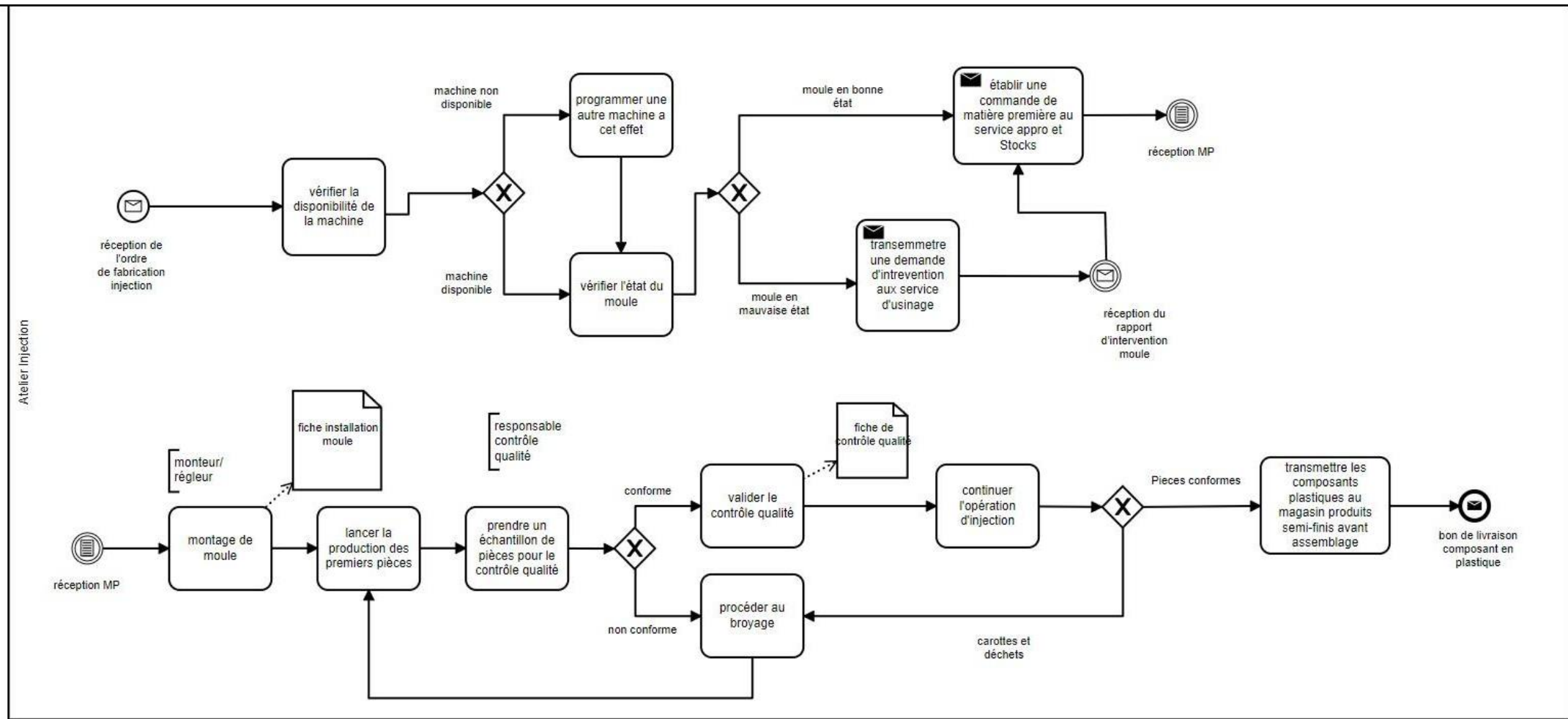
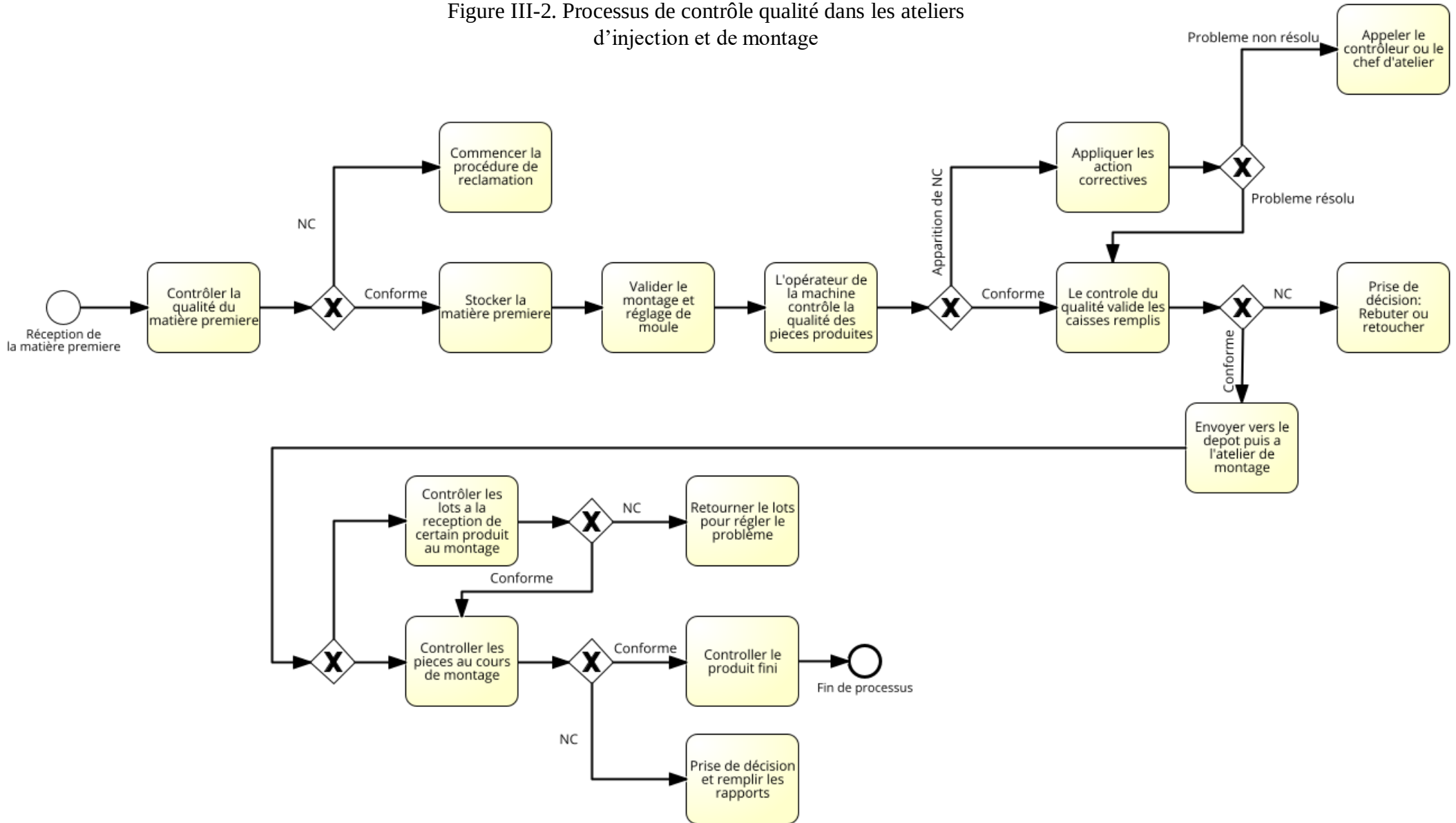


Figure III-1. Processus de fabrication dans l'atelier d'injection

Figure III-2. Processus de contrôle qualité dans les ateliers d'injection et de montage



1.4. Identification de la voix client

Après avoir cartographié le processus de contrôle de qualité. On va identifier dans cette étape la voix des clients, en recueillant leurs besoins. Après une série d'interviews et groupes de discussion avec les différents chefs d'ateliers on a collecté les témoignages suivants :

Responsable de production

- Le taux de production est stable et il n'y a pas de variabilité significative dans les quantités produites.
- La demande du marché a connu une baisse à cause de la pandémie du Covid-19. Ce qui fait qu'on n'a pas trop de pression pour produire. On essaye aussi de suivre un modèle de juste à temps pour éviter le sur-stockage.
- Il existe des NC dans les différents ateliers de production dans des taux relativement faibles par rapport à la quantité totale produite.

Responsable d'assemblage

- Dans le processus de montage on détecte parfois des composants NC validés par les contrôles de qualité des différents ateliers
- L'opération de montage nécessite un certain niveau de précision dans la conception des composants pour qu'un produit puisse être assemblé correctement. Des millimètres peuvent causer l'incompatibilité des composantes et l'échec de l'opération de montage.
- Ce sera mieux de mettre des stocks proches de l'atelier de montage.

Chef d'atelier d'injection

- Durant les mois récents et depuis le début de la pandémie du Covid-19. Le parc machine ne fonctionne pas à 100%. Actuellement 38/48 machines sont opérationnelles, et le taux de production a diminué.
- Le mode de fonctionnement des machines est semi-automatique. On affecte des opérateurs à chaque machine. Mais, il peut arriver que l'un d'eux supervise deux machines à la fois.
- Les produits qui nécessitent une propriété esthétique sont les plus importants en termes de contrôle de qualité. Et ce parce que les défauts vont être nettement visibles. Ceci va affecter grandement la qualité du produit et en conséquence la réputation de l'entreprise.
- Les opérateurs et les contrôleurs ne sont pas formés dans la plasturgie.

Sous-direction qualité

- Les opérateurs ne prennent pas la responsabilité d'intervenir pour régler les problèmes de NCs. Et même s'il existe des actions correctives à leurs dispositions.
- La plupart des opérateurs ne sont pas vraiment qualifiés pour appliquer les actions correctives. Ils pensent que la mission de qualité est sous la responsabilité du contrôleur et du chef d'atelier seulement.

- Le CQAI n'arrive pas toujours à intervenir sur toutes les machines rapidement, ce qui provoque parfois un arrêt de production ou la non-détection de plusieurs pièces NC.
- Le taux de NC détecté à l'atelier de montage ne représente pas le taux total de pièces défectueuses validées par le contrôleur. Il est probable qu'il reste encore des articles défectueux stockés dans le magasin, mais qu'ils n'ont pas été détectés car ils n'ont pas encore été utilisés.
- Il compte rajouter l'aspect de coût de NC pour mesurer les pertes et les performances de production

Projet 1 : Améliorer la performance du système de CQAI, en proposant une meilleure procédure de contrôle qualité :

On doit s'assurer que les pièces envoyées aux différents clients sont de bonne qualité. Nous proposons de considérer les opérateurs comme acteurs principaux de la qualité. Et ce, en les jugeant non seulement sur la quantité produite mais aussi sur la qualité. C'est-à-dire, les juger en fonction de la quantité des pièces de bonnes qualités produites.

Nous considérant que l'approche actuelle est compromettante, dans le sens où elle impacte très négativement les coûts liés à la qualité. Et ce, car premièrement l'opérateur bénéficie d'une prime sur les quantités produites, or une partie est de mauvaise qualité. Cela n'encourage guère les opérateurs aux bonnes habitudes. Deuxièmement, cela augmente les coûts de détection/évaluation dans les ateliers de montage ainsi que les coûts de non qualité interne et externe éventuellement

Projet 2 : Améliorer la procédure de traitement des NCs dans les ateliers de montage pour une mesure plus fiable.

On doit assurer un contrôle de la qualité des pièces (matière première) à la réception de façon à assurer la traçabilité sur l'origine de ces dernières. Cela va nous permettre de connaître et récompenser l'opérateur de l'atelier injection en fonction de performance : quantité produit et bonne .qualité

1.5. Résultat de l'étape

Dans cette étape, nous avons présenté notre problématique à l'aide de la méthode QQQQCCP. Afin de sélectionner les axes sur lesquels on va se focaliser dans notre projet. Nous avons d'abord confronté la cartographie des processus et les besoins des clients, captées respectivement par les diagrammes SIPOC et BPMN et la voix des clients. Les projets sélectionnés sont cohérents avec la vision de l'entreprise car ils poursuivent les mêmes objectifs, améliorent les processus et satisfont les besoins des clients.

La prochaine étape concerne la mesure du sigma actuel de la fonction CQAI. Elle sera commune pour les deux projets et permettra par la suite d'évaluer l'efficacité des solutions proposées. Pour faciliter la compréhension de la suite de notre travail, on va résumer le plan d'élaboration suivi à chaque étape du cycle DMAIC à l'aide d'un schéma directeur représenté dans la figure suivante.

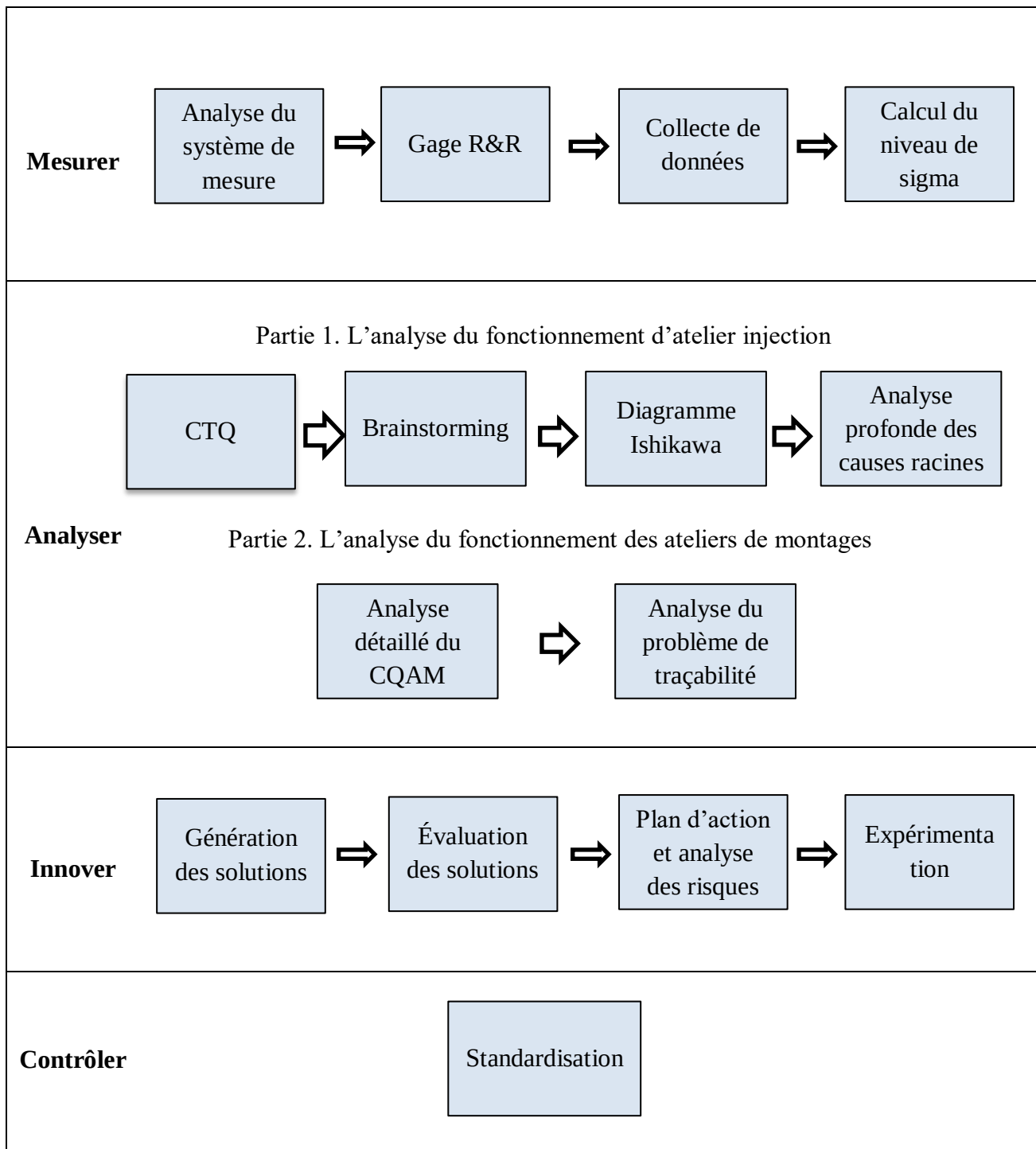


Figure III-3. Schéma directeur

2. Etape de mesure

L'étape de mesure consiste à évaluer de façon réelle la performance des processus concernés par l'étude. Ce qui dans notre cas, correspond à la détermination du niveau de sigma actuel de la fonction CQAI. Pour cela nous avons besoin d'une base de mesure qui est établie en recueillant des données pertinentes qui vont nous permettre de mieux quantifier le processus et de comprendre la manière dont il fonctionne.

Pour mener à bien cette étape, on fera d'abord une analyse sur notre système de mesure afin de vérifier qu'il n'est pas responsable en grande partie sur la variabilité du procédé. Après cela nous allons procéder à la mesure de notre processus en utilisant les différentes données recueillies, nous terminerons cette phase par le calcul du niveau de sigma actuel du service. La période de mesure s'étale du mois de septembre au mois de mars.

2.1. État actuelle

La collecte des données est faite régulièrement dans l'entreprise, après avoir consulté le service responsable. On a obtenu les données suivantes :

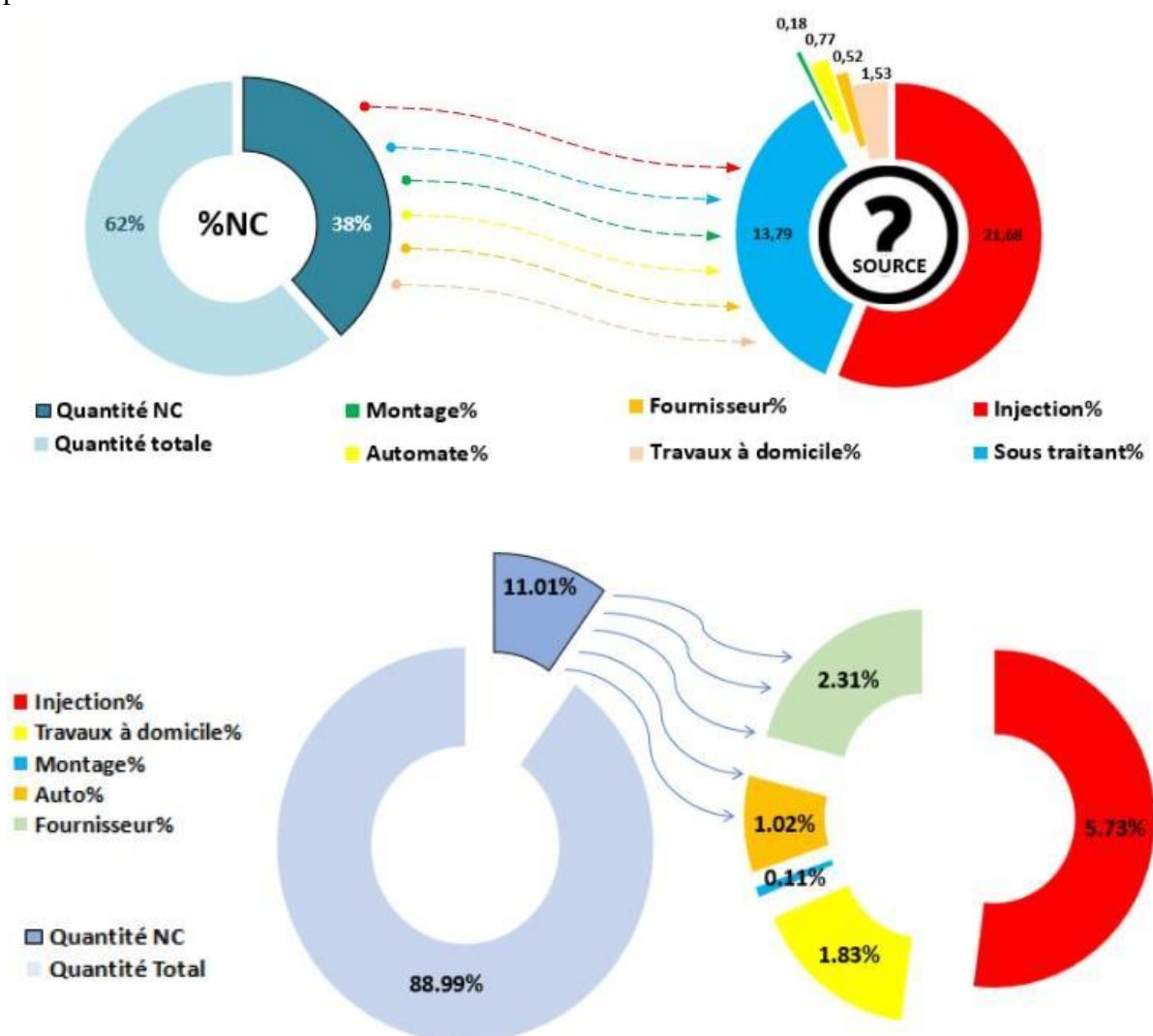


Figure III-4 les sources de NCs du mois de septembre et octobre

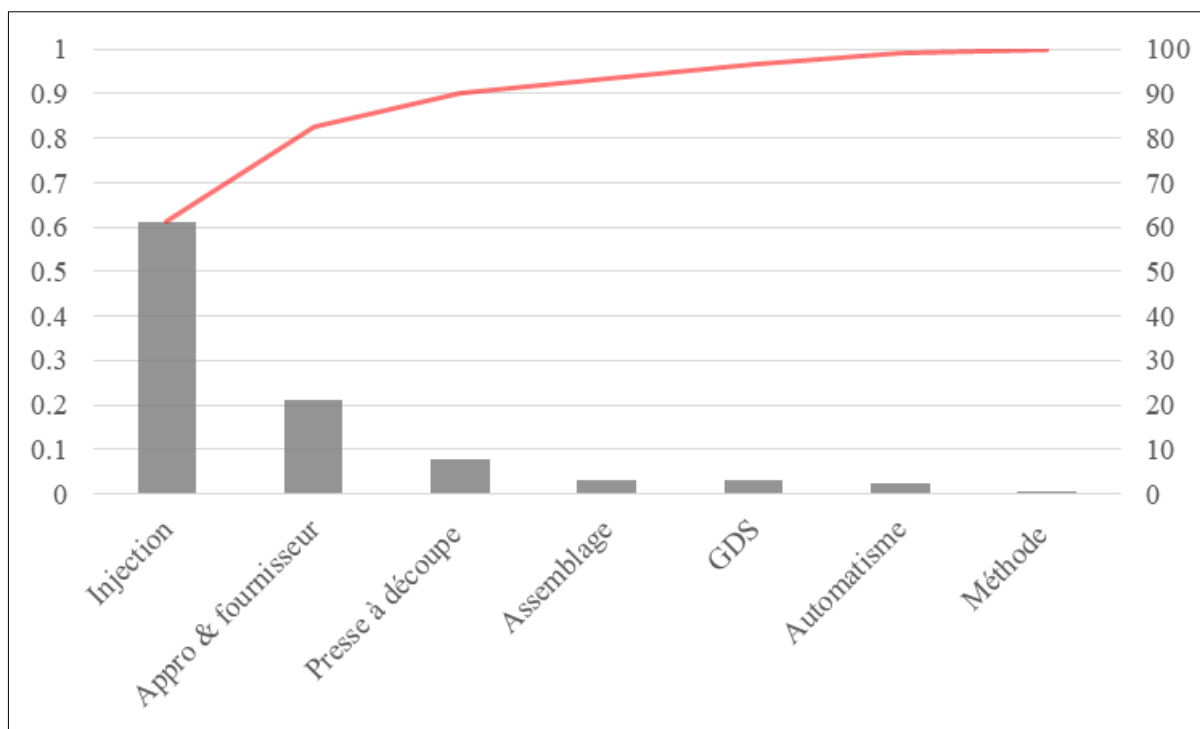


Figure III.5. Les sources de NCs de novembre à mars

On remarque des trois figures précédentes que les sources de NCs survenues à l'atelier de montage sont principalement causées par l'atelier d'injection plastique. Ce dernier est arrivé en tête des listes durant les 7 mois cités, avec une participation plus faible des autres services.

2.2. Analyse du système de mesure

Avant de pouvoir mesurer la performance actuelle du processus de CQAI, il nous faudra vérifier la fiabilité et la capacité du système sur lequel va se baser notre analyse, et s'assurer que ce dernier ne participe pas à la variabilité des quantités NCs qu'il détecte.

Les personnes responsables du comptage et de la déclaration des NCs sont les contrôleurs assignés à chaque chaîne de montage. Ces NCs sont ensuite vérifiées, calculées puis renseignées par les CAMs. Ce processus ayant une influence sur la quantité d'articles défectueux détectés, il doit donc faire l'objet d'une analyse. Le processus CQAM sera jugé performant s'il ne contribue pas à la variation des quantités NCs qu'on mesure. Autrement dit qu'il fournit toujours la quantité exacte d'article défectueux et qu'il ne confond pas entre un bon et un mauvais produit.

Pour mener cette étude, on fait appel au Gage R&R par attribut. Celui-ci permettra de mesurer la performance du CQAM en termes de répétabilité et de reproductibilité. La notion de répétabilité correspond dans notre cas à la capacité du CQAM à fournir des jugements identiques pour des articles identiques, effectués à des périodes de temps différentes. Quant à la reproductibilité, elle consiste dans notre cas à obtenir des jugements identiques quand bien même la personne qui fait le contrôle n'est pas le même. Les étapes suivies pour mener le test du Gage R&R sont présentées dans l'annexe II.

2.2.1. Résultat du gage R&R

Pour illustrer les résultats obtenus par notre gage nous avons utilisé le logiciel Minitab. Ce dernier nous a permis d'obtenir des résultats sous format graphique et analytique. La première figure est composée de deux graphes : celui de gauche montre le pourcentage de répétabilité de chaque opérateur, on remarque que la personne "C" est le plus répétable des quatre avec un pourcentage de 91.67%. L'autre graphe permet de comparer les mesures avec le standard et de déterminer l'opérateur qui a effectué le plus de contrôle correct, dans ce cas les personnes B et C ont obtenu le pourcentage le plus élevé avec 83.33% de bon contrôle. Les tables de données III.4 et III.5 sont utilisées pour modéliser les deux graphiques :

Table III.5 : Concordance d'évaluation intra-évaluateur

Evaluateur	Inspectées	Concordance	Pourcentage	IC à 95 %
A	12	10	83.33	(51.59, 97.91)
B	12	10	83.33	(51.59, 97.91)
C	12	11	91.67	(61.52, 99.79)
D	12	10	83.33	(51.59, 97.91)

Table III.6 : Concordance d'évaluation en fonction du standard

Evaluateur	Inspectées	Concordance	Pourcentage	IC à 95 %
A	12	9	75.00	(42.81, 94.51)
B	12	10	83.33	(51.59, 97.91)
C	12	10	83.33	(51.59, 97.91)
D	12	9	75.00	(42.81, 94.51)

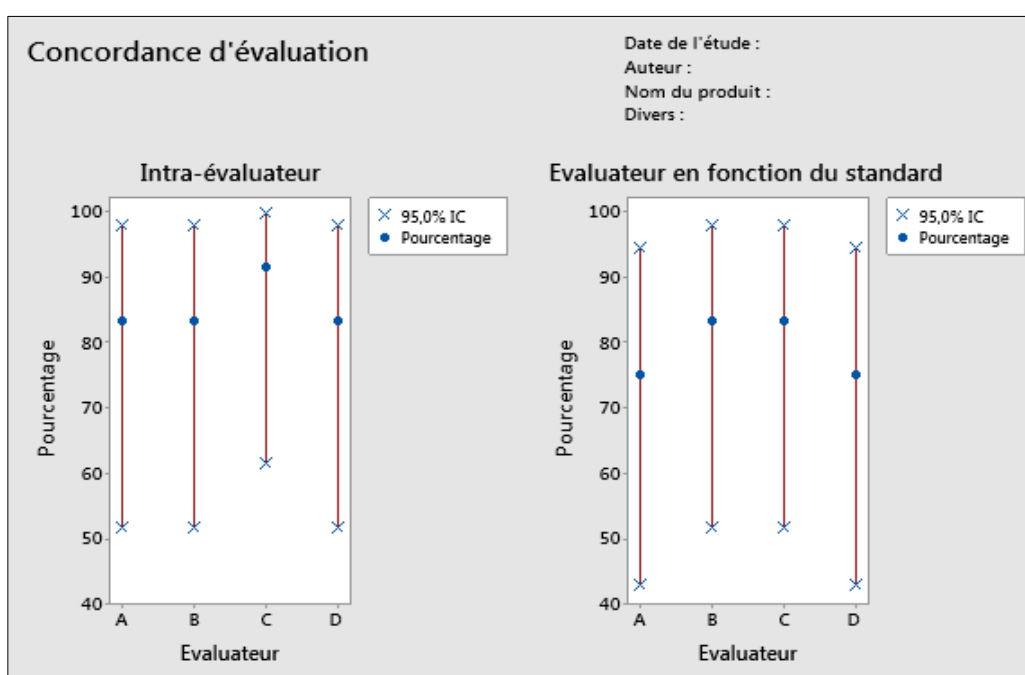


Figure III-5. Résultats du gage R&R

La concordance intra-évaluateur signifie que l'opérateur est conforme avec lui-même. Autrement dit, qu'il a émis le même avis pour les trois répétitions. La seconde signifie que l'évaluateur est concordant avec le standard connu.

Minitab nous donne aussi la performance globale de notre système de mesure. On remarque que celle-ci est égale à 75% c'est-à-dire que pour toutes les inspections effectuées il ya 9 fois sur 12 où chaque opérateur a été cohérent avec la référence, mais aussi avec lui-même et avec les autres opérateurs. Cette performance atteinte est supérieure à la valeur limite de 70% fixée par les standards (Pillet, 2005). Ceci nous permet d'affirmer que le CQAM est acceptable et que nos données de mesure sont fiables. Par conséquent, nous pouvons les utiliser comme support pour mesurer la performance actuelle du CQAI.

2.3. Mesures liées au processus

Après s'être assurés de la fiabilité de notre système de mesure. Nous passons à la deuxième étape qui consiste à réunir des informations mesurables sur le processus.

2.3.1. Collecte des données

Pour déterminer le niveau de performance actuelle du processus CQAI, nous avons collecté les fiches de suivis des NCs deux clients principaux de l'atelier d'injection qui sont les ateliers de montage de Baba Hassen et Birkhadem, cela pour une période allant du mois de septembre au mois de mars. Ces fiches sont remplies de façon mensuelle par l'analyste et coordinatrice de la direction de qualité et regroupent l'ensemble des non-qualités signalées par les responsables des ateliers d'assemblage. En exploitant les différentes données présentes sur ces fiches, on pourra faire plusieurs types d'analyses :

- Mesure par quantité d'articles plastiques NC
- Déterminer les produits les plus récurrents en termes de défectuosité
- Défauts avec les plus grandes fréquences d'apparition
- Le taux de NC pour chaque groupe et opérateur d'injection

Nous allons nous contenter dans notre cas, à une mesure sur quantité de produits plastiques NCs et une autre sur les défauts les plus récurrents. Et ce, car déterminer les produits avec le plus de réclamation ne semble pas intéressante vue qu'il n'y est pas de produits particuliers qui se démarquent des autres, et faire un suivi sur le taux de NC de chaque opérateur et de chaque groupe n'est pas possible à cause d'anomalies illustrées dans le point suivant.

2.3.2. Les indicateurs de mesure

Cette phase consiste à déterminer les indicateurs mesurables pertinents. Ces derniers vont nous permettre d'estimer la performance actuelle du système CQAI et d'évaluer l'efficacité des solutions proposées. Ces indicateurs sont les suivants :

- La quantité totale de NC issue de l'injection et détecté aux ateliers de montage
- La quantité des produits entrant aux ateliers de montage durant une période donnée.
- La nature des défauts les plus récurrents.

2.3.3. Mesure par quantité d'article NC

1. Usine de Baba Hassen

Table III.7 : Les NCs plastiques de févriers, détectées aux AMs de l'usine de Baba Hassen

Date De Détection	Désignation Produit	Quantité NC	Quantité totale du produit	Taux de NC marginal	Groupe
01/02/2022	Porte mécanisme prise mono	7369	29169	25,26	A+B+C+D
02-10/02/2022	Bouchon Oberon	9975	14900	66,95	C
02-03/02/2022	Boite d'encastrement BMS	20500	20500	100,00	A+D+C
02/02/2022	Multiprise 4P/INT N°02	772	1650	46,79	B
02/02/2022	Multiprise A3p	250	1750	14,29	A+D
03/02/2022	Bouchon Oberon	800	9860	8,11	(B+A)+A
08/02/2022	Ecrou E27 DOUILLE à bague	13454	36480	36,88	C+C+D
09/02/2022	Bouchon Oberon	2330	11330	20,56	B+C
13-14/02/2022	Corps D071 BMS N°2	16087	44000	36,56	C+A+B
13/02/2022	Bouchon Oberon	4290	13290	32,28	D+A
13/02/2022	Crochet boîte d'encastrement	23408	23408	100,00	(D)
14/02/2022	Bouchon Oberon	5645	13000	43,42	A+B
14/02/2022	Boîtes disjoncteur FA2+Couvercle	4692	9430	49,76	A
16-17/02/2022	Couvercle TDA N°12	1432	1432	100,00	A+ B+C
20/02/2022	Bouchon Oberon	1240	5900	21,02	B+D+C
23/02/2022	Multiprise 4P/INT N°02	143	1500	9,53	B+(C+D)
24/02/2022	Cage interrupteur EVO	789	3608	21,87	D
24/02/2022	Front simple allumage EVO	2000	2000	100,00	B
27-28/02/2022	Multiprise A03 ECO BMS Nouveau	3100	6200	50,00	C+A+D+B
27/02/2022	Bouton d'interrupteur du Multiprise	689	3000	22,97	D+B
28/02/2022	Bouchon Oberon	976	6976	13,99	C+B
28/02/2022	Bouton d'interrupteur du Multiprise	3600	3600	100,00	D
/	TOTALE	123541	262983	46,98	/

Le Tableau III.7, regroupe les différents NCs issues de l'injection et recensés aux ateliers de montage de l'usine de Baba Hassen. Elles sont identifiées par leurs date de détection, la désignation du produit, la quantité NC et les groupes responsables de cette dernière. A cause de la taille des données, nous allons présenter les NCs détectés au mois de février seulement, pour les autres mois, une partie d'en autre eux seront présentés dans les annexes (Annexe III).

On remarque du tableau précédent un nombre total de 123541 défauts détectés. Ce tableau contient seulement les produits présentant des défauts et n'inclut pas tous les articles rentrant aux ateliers de montage. Cette anomalie due à la mauvaise procédure de suivi, rend le taux de NC présent dans le tableau insignifiant car il ne représente pas le global du mois février. Ce dernier sera présenté quant à lui dans la partie calcul du niveau de sigma.

Pour illustrer l'anomalie du suivi de NC pour chaque groupe et opérateur d'injection, nous allons nous concentrer sur la quatrième colonne intitulée 'Groupe'. Elle désigne l'équipe responsable du lot dans laquelle la NC a été recensée. Par exemple, pour les portes mécanismes des prises MONO, 7369 pièces NCs ont été détectées. La notation 'A+B+C+D' signifie que ses défauts proviennent des lots des groupes A, B, C et D, mais avec des proportions qui restent inconnues.

En sachant que à chaque groupe d'injection est associé CQAI et des opérateurs, une mesure intéressante peut être faite. Elle consiste à déterminer le groupe responsable de la majorité des NCs détectées au montage. Autrement dit, répondre à la question : Qui est le contrôleur de qualité avec la performance la plus réduite, celui qu'on lui détecte le plus de défaut dans ses lots. La faisabilité d'une telle mesure est fortement liée à l'exactitude des taux de NC de chaque équipe, c'est à dire que pour une quantité NC donnée connaître le taux de participation du groupe A, B, C et D.

C'est pour cela que dans la prochaine étape d'analyse, nous allons expliquer avec détail et rigueur le processus actuel du CQAM. Pour ensuite proposer à l'étape d'amélioration, une nouvelle procédure pour les traitements des NCs. Celle-ci permettra cette fois-ci de retracer l'origine des défauts détectés. Ce qui fournira à la fin le taux de participation de chaque groupe et opérateur dans une quantité NC.

2. Usine de Birkhadem

Le deuxième client principal de l'injection est l'atelier de montage de l'usine de Birkhadem. Cet atelier reçoit une quantité importante de produits semi-finis plastiques afin de les assembler et de donner lieu à un produit fini prêt à être commercialisé. Les NCs détectées dans les ateliers de montage de l'usine de Birkhadem sont renseignées dans une fiche de NC produite avant d'être signalées à l'analyste et coordinatrice de la direction de qualité de l'usine de Baba Hassen.

Le Tableau III.8, présente les différents NCs issus de l'injection et recensées à l'atelier de montage de l'usine de Birkhadem. Elles sont identifiées par leurs dates de détection, la désignation du produit, la quantité NC, la quantité totale du produit et le taux de la NC. Pour sauvegarder le format original du tableau tel qu'il nous a été fourni, certaines informations ne seront pas renseignées (une case vide correspond à un manque d'information et elle est remplie par la notation NR pour non-renseigné).

Table III.8 : Les NCs plastiques détectées à l'atelier de montage de l'usine de Birkhadem

Date De détection	Désignation Produit	Quantité NC	Quantité totale du produit	Taux NC marginal
16/09/2021	Culot BMS (DR001)	NR	NR	15%
16/09/2021	Front prise simple étanche	NR	NR	
16/09/2021	Front simple Allumage Apparent	20	400	5
16/09/2021	H. Apparent	60	800	7,5
30/09/2021	Front prise terre ECO			
18/10/2021	Cage Interrupteur ECO	160	2000	8
16/11/2021	Front simple allumage apparent	NR	NR	
18/11/2021	Cordon Eco	18278	18278	100
28/11/2021	Châssis plastique	70	800	8,75
30/11/2021	Cage prise karéa	840	5000	16,8
09/12/2021	Porte mécanisme BMS	325	1300	25
23/12/2021	Habillage étanche	332	1430	23,22
26/12/2021	Cage Encastré	363	2900	12,52
27/12/2021	Cordant Optima (Noir)	3200	3200	100
29/12/2021	Cordon Optima Noir	6400	6400	100
09/01/2022	Front Prise Terre ECO	60	480	12,5
10/01/2022	Font Simple Allumage Eco	214	1500	14,27
11/01/2022	Cage interrupteur ECO	186	1500	12,4
18/01/2022	Cage prise karréa	687	5500	12,49
18/01/2022	Culbuteur karréa	8656	19007	45,54
01/02/2022	Cage interrupteur karréa	NR	NR	
01/02/2022	Cage prise karréa	1740	5000	34,8
09/02/2022	LA PLAQUE ECO			
13/02/2022	Cage prise karréa	1664	10000	16,64
14/02/2022	Front simple Allumage Apparent	1500	1500	100
16/02/2022	Front Double Allumage Apparent	980	3050	32,13114754
20/02/2022	Culbuteur karréa	132000	132000	100
24/02/2022	Cordon Eco	1200	12000	10
24/02/2022	Front Bouton Poussoir ECO	360	928	38,79310345
28/02/2022	Front Bouton Poussoir Eco	2400	2400	100

Pour comprendre les causes de cette anomalie, nous avons fait un audit avec le personnel de la direction de qualité. Ces derniers nous ont expliqué qu'elle est due à un manque de communication de la part la personne chargée des suivis des NCs à Birkhadem, et qui n'a pas une compréhension assez claire des informations qu'elle doit envoyer à son collègue de Baba Hassen. Rappelons toutefois qu'un tel suivi n'a vu le jour que depuis une courte période, c'est donc naturel de trouver beaucoup de failles.

Une telle défaillance dans le système de mesure ne peut être acceptée pour une entreprise qui cherche à mesurer et améliorer ses performances en continue, C'est pour cela que nous allons présenter dans la quatrième phase de l'innovation des solutions pour un suivi plus exacte des NCs détectées au niveau de l'atelier de montage de Birkhadem.

Ce manque d'informations et de renseignements ne nous permettra pas de mesurer de manière précise et juste la performance du système CQAI. En conséquent, le calcul du niveau de sigma du processus se fera uniquement en se basant sur les données présentes sur la fiche des suivis des NCs des ateliers de montage de l'usine de Baba Hassen

2.3.4 Mesure par récurrence de défauts

Nous allons à présent exploiter notre système de mesure pour effectuer une mesure sur les types de défauts les plus récurrents. Pour garantir cela nous avons regroupé toutes les NCs détectées aux ateliers de montage et nous avons décrit pour chaque article défectueux la nature du défaut qu'il lui a été associé. Le Tableau III.9, présente les principaux défauts recensés avec leurs descriptions et leurs fréquences d'apparition.

Table III.9 : Défauts principaux avec leurs descriptions et fréquences d'apparition

Défaut plastique	Description	Fréquence d'apparition
Bavures	Ils représentent un excès de matière sur la pièce en plastique ce qui gêne l'assemblage de cette dernière avec un autre composant.	79
Manque de matière	C'est le cas contraire du premier défaut où on a cette fois-ci un déficit de matière dû à un remplissage incomplet dans l'empreinte du moule.	53
Rayures	Elles sont généralement causées suite à une mauvaise préservation ou manipulation du produit.	21
Ecart de couleur	Cela se produit généralement pour des produits qui ont une partie de leurs composants qui sont importés et une autre fabriqué localement.	17

Défaut plastique	Description	Fréquence d'apparition
Tâches	C'est des petites marques disgracieuses laissées sur la pièce lors du retrait du point d'injection une fois le moulage effectué.	13
Givrages	C'est la transformation de l'humidité résiduelle contenue dans la matière en traces blanchâtres en surface de la pièce moulée.	9
Les fissures	Les fissures sont des cassures qu'on retrouve dans la pièce, ils sont dus à une manipulation non maîtrisée ou à une mauvaise manutention.	6
Déformation	C'est l'un des phénomènes les plus connus dans le domaine de la plasturgie, il est causé par le rétrécissement différentiel du matériau pendant le refroidissement.	5
Vides ou Fossettes	C'est des petits creux situés à la surface de la pièce en plastique ils apparaissent lorsqu'une certaine quantité d'air ne peut s'échapper du moule pendant l'injection.	5
Brûlure	Les marques de brûlure peuvent être identifiées comme une décoloration noire ou rouge foncé lorsque le plastique brûlé pendant l'injection.	3
TOTAL	/	211

Le graphe suivant est la représentation des différents défauts en fonction de leurs récurrences, ainsi que la fréquence cumulée utilisée pour trouver les 20% des défauts responsables des 80% des plaintes portées aux personnels de l'injection. Nous remarquons que les défauts avec la plus grande fréquence d'apparition sont les bavures, le manque de matière ainsi que les rayures avec plus de 72% de cas associés à eux.

Ce type d'analyse n'est pas une nouveauté pour l'entreprise qui possède déjà un suivi similaire pour ces NCs. Par conséquent, elle a mis en place un ensemble d'action corrective afin d'éviter ces défauts. Trouver de nouvelles procédures pour régler ces anomalies n'est pas dans nos missions. Ajouté à cela que plusieurs aspects théoriques et techniques sur la matière et la machine doivent être pris en compte. La solution la plus adéquate serait donc de garantir le respect des instructions et procédures de bonnes pratiques par le personnel de l'injection et veiller à ce que les actions correctifs mis en place soient appliquées de manière juste.

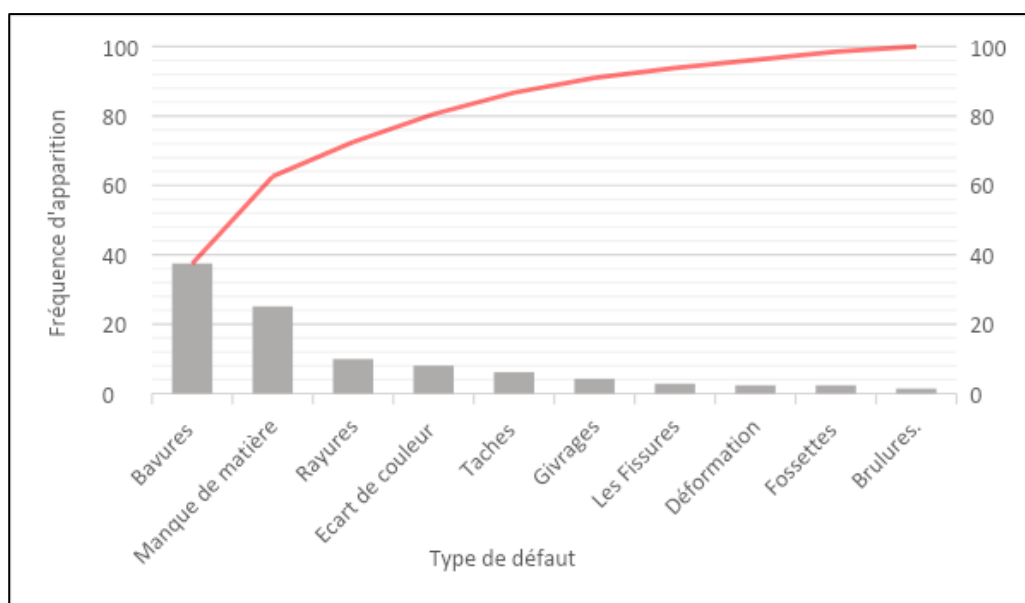


Figure III-6. Fréquences d'apparition des défauts

2.4. Calcul de niveau de Sigma

Après avoir effectué la collecte des données, on dispose à présent de moyens pour mesurer la performance actuelle du système CQAI. Dans notre cas, les défaillances correspondent au cas des critères non-mesurables de type article défectueux. Il existe dans cette catégorie deux grandes approches :

- Le cas où on traite le nombre de Défauts Par Unité (DPU)
- Le cas où on traite le nombre de Défauts Par Opportunité (DPO).

Dans le cas des défauts non mesurables par unité (DPU), on caractérise le défaut par le ratio entre le nombre de défauts et le nombre d'unités réalisées. Le DPO quant à lui est défini comme le rapport du DPU et le nombre total d'opportunités de défauts.

Puisque dans notre cas on ne s'intéresse pas à un produit en particulier mais au taux global de NC, et qu'il est difficile de décrire le nombre de défauts qu'une même pièce peut présenter, en raison de la grande taille des données et de la différence entre les niveaux d'exigences et de complexité dans la qualité de chaque produit. L'approche retenue pour le calcul de Z process est l'approche DPU.

Comme expliqué dans le chapitre II dans la partie outils Lean Six Sigma. Le calcul du niveau de sigma ou de performance actuelle de la fonction CQAI est fait en utilisant par l'équation II.2.

Où le PPM représente le taux de NC moyen par million de pièces. Dans notre cas, il est calculé à partir de la division entre le nombre d'articles défectueux et le nombre de produits total entrant à l'atelier de montage pour chaque mois.

Le Tableau III.10, présente, le nombre total de produits entrant aux ateliers de montage de Baba Hassen, le nombre et le taux d'articles NC détectés. Regroupés par mois.

Table III.10 : Taux de NC global des articles plastique détectée aux ateliers de montage.

Mois	Quantité entrante aux ateliers de montage	Nombre de NCs	Taux de la NC
Septembre	12928913	178631	1.3816%
Octobre	9412795	105987	1.1260%
Novembre	16247573	264787	1.6297%
Décembre	12674961	133189	1.0508%
Janvier	12750393	147854	1.1596%
Février	11172056	123541	1.1058%
Mars	13426687	195856	1.4587%
Moyenne	/	/	1.273%

On remarque du tableau une certaine constance dans le taux de NCs des sept mois précédents. Le calcul du niveau de performance du système CQAI donne :

$$Z_{process} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \ln(0.01273 \cdot 10^6)} = 3.735$$

Les données récoltées ne permettent pas d'affirmer de façon exacte la validité du niveau de performance actuel, en effet le manque de suivis sur les NCs détectées à Birkhadem et la faiblesse de la procédure de déclaration des NCs peuvent induire à de nombreuses erreurs. Une analyse primaire des résultats obtenus nous permet de dire que le processus a des performances assez moyennes. Mais qui cependant, n'atteignent pas encore le niveau Six Sigmas fixés par notre projet LSS (objectif avoir un $Z_{process} = 6$ soit 3.4 défaut par million, dans notre cas on a 12730 défaut par million). Ceci justifie l'insatisfaction des clients et la nécessité de mener un projet d'amélioration pour la fonction CQAI.

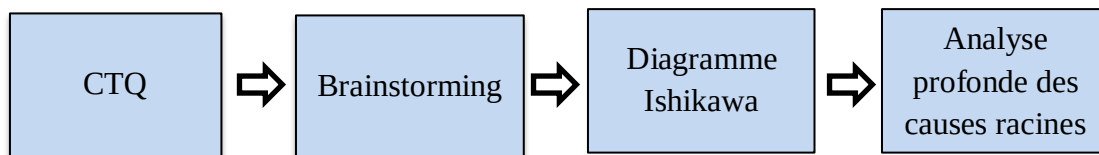
2.5. Résultats de l'étape

Nous avons effectué dans cette étape une mesure sur la performance actuelle du CQAI. Nous avons commencé par faire un test de gage R&R qui a confirmé la fiabilité de notre mesurant. Nous avons ensuite fait une mesure de sept mois sur le taux de NC détectées au niveau des deux clients principaux de l'atelier d'injection. Puis une autre mesure sur la nature des défauts les plus récurrents a été faite. Cela nous a permis de choisir l'approche qu'on a utilisée pour le calcul du niveau de sigma, en occurrence l'approche DPU. Son calcul a donné un sigma égal à 3.735 qui reste insuffisant par rapport aux exigences du LSS. Lors de la prochaine phase d'analyse nous allons donner les causes responsables de la défaillance du système CQAI.

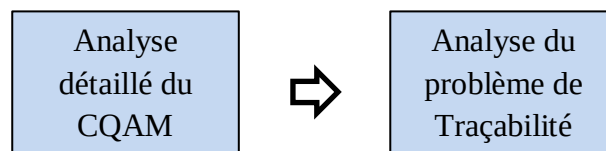
3. Étape d'analyse

Cette étape a pour objectif d'augmenter notre connaissance du processus afin de découvrir les causes « racines » de la variabilité, de la performance insuffisante et de savoir pourquoi les défauts surgissent. Pour notre cas il s'agit d'identifier et de comprendre les causes responsables du dysfonctionnement de la fonction CQAI. Pour qu'à la fin de cette étape, on n'ait une idée précise des sources d'insatisfaction et des paramètres qui devront être modifiés pour atteindre la performance attendue. Comme décrit dans le schéma directeur présenté dans l'étape de définition. Cette phase va se décomposer en deux parties :

Partie 1 : Analyse de fonction de la fonction CQAI



Partie 2 : Analyse du fonctionnement des ateliers de montage



Dans la première partie, on va énumérer les causes responsables du dysfonctionnement du système CQAI à l'aide des méthodes de brainstorming et d'Ishikawa. Puis dans un second temps on va approfondir un peu plus notre analyse pour déterminer les causes racines sur lesquelles il faudra déterminer les actions correctives.

La deuxième partie est dédiée quant à elle à une analyse détaillée sur le fonctionnement des ateliers de montage et notamment la procédure de contrôle qualité de chacun d'entre eux. Cette analyse va nous permettre de trouver une nouvelle procédure pour le traitement des NCs qui garantira cette fois-ci une bonne traçabilité sur l'origine des pièces défectueuses. La consécration de cette tâche va avoir un impact positif sur les performances de la fonction CQAI, car elle permettra de fixer les responsabilités de ses personnels qui devront surveiller les produits qu'ils délivrent sous peine de recevoir des pénalités liées à un mauvais rendement.

3.1. L'analyse du dysfonctionnement de la fonction CQAI

3.1.1. L'arbre CTQ

Après avoir consulté et collecté les besoins critiques des différents responsables à travers la méthode de la voix du client (décrit dans la partie définition). On va maintenant représenter à l'aide de la méthode CTQ, les exigences requises et les aspects d'améliorations sur lesquelles on va se baser pour rendre la fonction CQAI plus efficace et delà répondre au besoin du client.

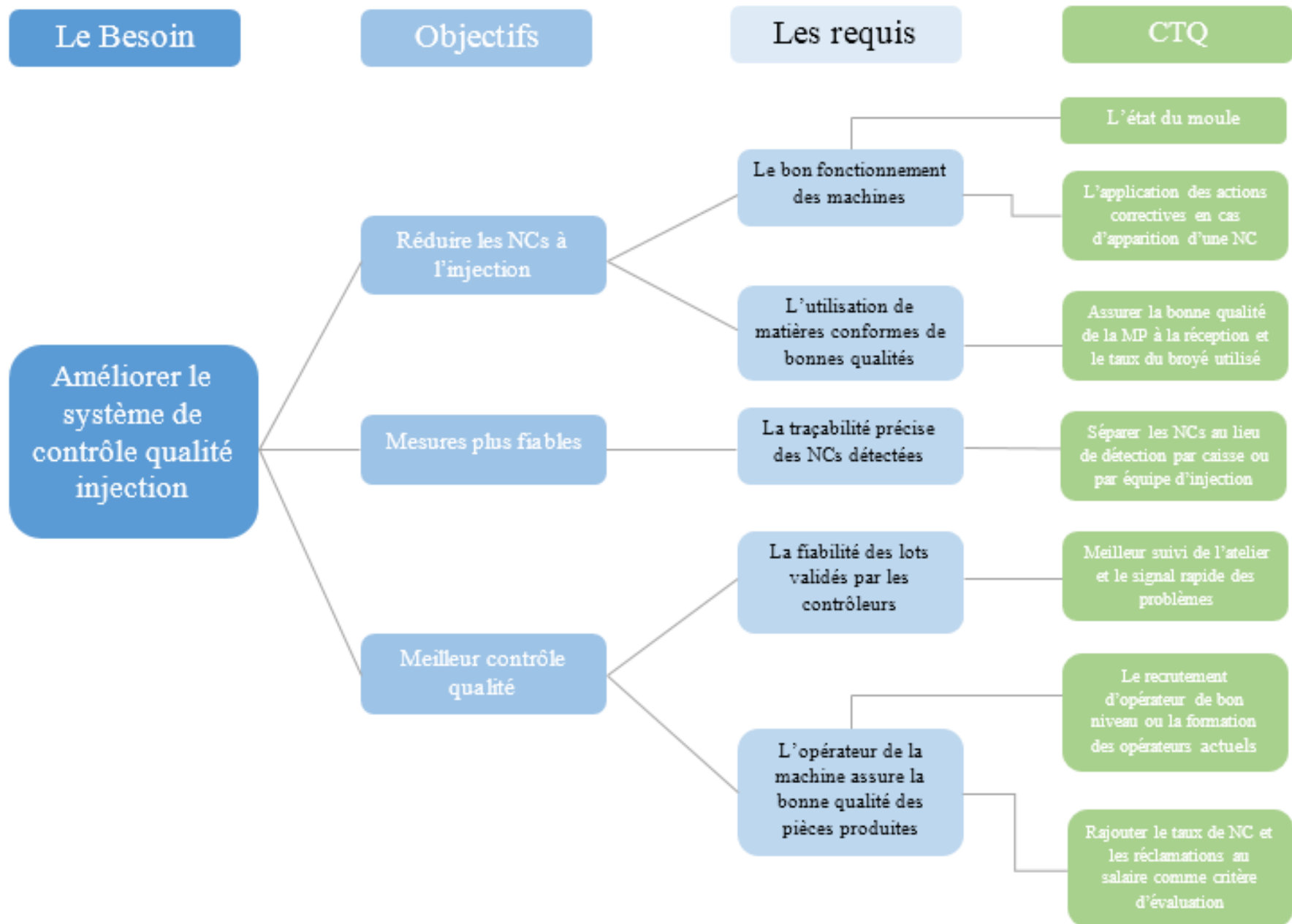


Figure III-7. Déploiement de la méthode CTQ

3.1.2. Brainstorming sur les causes possibles avec leurs effets

Table III.11 : Table des causes à effets

Causes	Effets
Les opérateurs ne sont pas assez formés, et ils attendent le CQAI ou le chef d'atelier pour intervenir.	Les opérateurs de l'injection n'interviennent pas pour régler une NC
La couleur blanche rend les défauts visuelles difficile à détectés, ajouté à cela la faible luminosité de l'atelier qui affecte la vue des opérateurs	Il existe des difficultés lors du contrôle visuel des défauts.
La grande quantité de pièces rend le contrôle par échantillonnage pas assez efficace, surtout dans le cas d'un échantillon de petite taille	La quantité est élevée parfois
La fatigue, Peu de personne responsable sur le contrôle	Le shift de nuit peut causer plus de NCs.
La gamme de produits a augmenté considérablement, mais la superficie du magasin de stockage n'a pas changé.	Le plan d'aménagement des magasins n'est plus applicable, et la disposition des articles dans les entrepôts est difficile à organiser par une caractéristique spécifique.
La production à l'atelier d'injection ne peut pas remplir les palettes par des lots du même groupe	Le flux de matière des pièces en plastique n'est pas organisé par groupes.
Le service de suivi de la qualité de Birkhadem et de Baba Hassen n'est pas assez performant et les données collectées ne sont pas précises l'opérateur qui trie les caisses ne mention pas les quantités NCs de chacun d'entre elles	Le taux de NC signalé par l'atelier de montage est le taux global détecté. Il n'est pas divisé par groupe et opérateur de l'atelier d'injection.
Il n'existe aucune procédure pour la distribution des caisses, le chargé du dépôt de ces dernières dans la chaîne de montage (polyvalent) l'alimente de façon aléatoire	L'atelier d'assemblage travail avec des lots différents dans la chaîne de montage.
Les opérateurs de l'atelier de montage donnent plus d'importance pour la quantité produite que sur sa qualité	Les opérateurs de l'assemblage ne font pas régulièrement le contrôle sur les pièces qu'ils assemblent

3.1.3. Diagramme d'Ishikawa

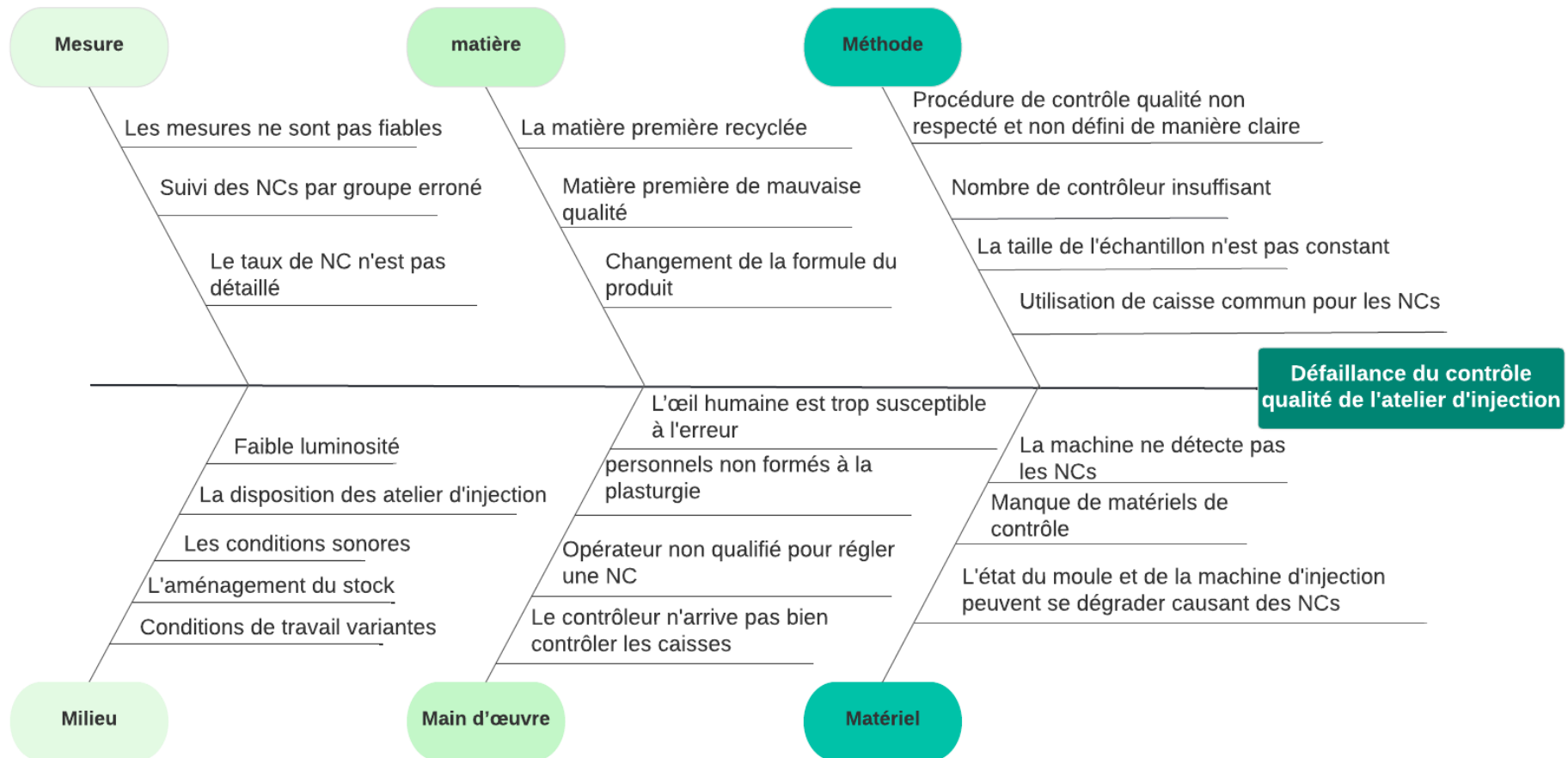


Figure III-8. Déploiement du diagramme d'Ishikawa

3.1.4. L'analyse profonde des causes racines

En se basant sur les deux méthodes précédentes. Les causes les plus importantes sont : (1) Personnels non formés à la plasturgie, (2) La traçabilité n'est pas toujours précise, (3) La criticité de l'état du moule utilisé, (4) La qualité de la matière première.

1. Personnels non formés à la plasturgie :

Actuellement. Les opérateurs de l'atelier d'injection chargent juste les pièces produites dans les lots et font parfois le nettoyage de la machine et de leur espace de travail. Ils ne participent pas vraiment à la détection et au réglage d'un dysfonctionnement.

Dans les années précédentes, la politique de l'entreprise pour les postes d'opérateurs de machines d'injection n'était pas définie. Le niveau d'éducation et les années expériences n'étaient pas des conditions ou des critères de recrutement. Ce qui n'est pas bon pour l'entreprise à long terme.

2. La traçabilité n'est pas toujours précise, le taux de NC n'est pas détaillé par groupes :

Les NCs détectées aux ateliers de montage ne sont pas séparées par les opérateurs. Le responsable du CQAM ramasse les rebuts des différents postes/chaînes d'assemblage, puis il informe le service de qualité avec un rapport contenant seulement la quantité NC totale de chaque produit sans prendre en considération l'origine des pièces défectueuses. Dans ce cas, on ne peut pas avoir la proportion d'articles défectueux envoyés par chaque groupe et par chaque opérateur.

3. La criticité de l'état du moule utilisé :

Le moule est très important pour la forme de la pièce produite, des petits changements dans les conditions extérieures ou des modifications dans le réglage de la machine peuvent engendrer des NC majeurs surtout pour les produits qui demandent des aspects esthétiques à respecter comme l'habillage. Si l'opérateur n'est pas informé sur les anomalies présentes dans le moule utilisé, il rendra la détection plus difficile et le temps de résolution des problèmes plus long.

4. La qualité de la matière première :

Selon la politique de l'entreprise qui consiste à trouver les meilleurs prix, la source de la matière première est souvent les enchères des matières recyclées. La variabilité des sources d'approvisionnement de la MP et le manque d'un laboratoire pour le contrôle de sa qualité, peuvent causer l'apparition de nouveaux défauts qui n'étaient pas présents dans l'ancienne formule utilisée. Par exemple un simple changement dans la nuance de couleur peut causer des rejets de pièces si les composants complémentaires de cette dernière ont été produits avec une matière de qualité différente. Et qui par conséquent, donne une autre nuance de couleur.



Figure III-9. Exemple d'un écart de couleur entre deux produits

3.1.5. Les cinq pourquoi

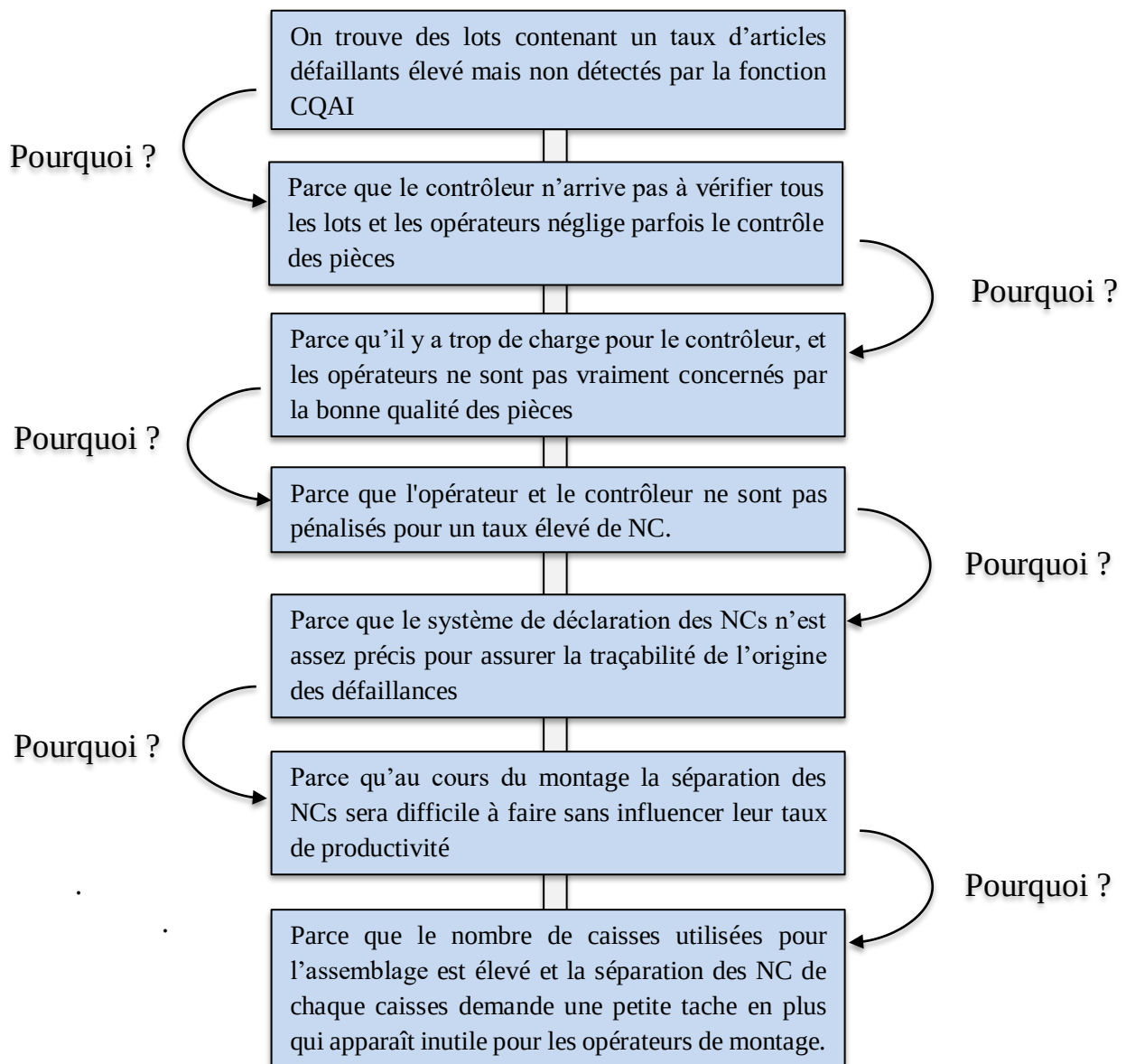


Figure III-10. Déploiement de la méthode des cinq pourquoi

3.2. Le fonctionnement des ateliers de montage

Les ateliers de montage sont les clients principaux de l'atelier d'injection plastique, si on veut comprendre pourquoi le taux de NC signalé n'est précisé par groupe ou bien par opérateur, on doit étudier comment le contrôle de qualité se déroule dans chaque atelier, car ils travaillent avec une manière différente.

On note que les opérateurs de l'atelier de montage ne sont pas généralement intéressés par les défauts esthétiques, qui ont pourtant une très grande importance dans la qualité du produit.

3.2.1. Montage Disjoncteur (1 atelier Femme)

Le montage est par poste indépendant, chaque opératrice assemble le produit à l'état final. L'atelier compte un effectif de 42 personnes. La procédure de contrôle de qualité est comme suit

- Contrôle à la réception

Un test avec échantillonnage est fait, la taille de l'échantillon est environ de 10% de la taille du lot. Si beaucoup de pièces NCs sont détectées, les caisses vont être mises dans une zone prévue à cet effet, afin de procéder au triage des bonnes et des mauvaises pièces et de signaler la quantité de ces dernières. Sinon, les caisses seront stockées en attendant leur entrée dans la chaîne.

- Contrôle au cours de montage

Il est fait par les opératrices au cours de montage. En cas où elles détectent des NCs, elles vont les isoler dans un emplacement défini en joignant l'étiquette de la caisse.

- Contrôle fonctionnel, effectué sur les produits finis avant d'être emballé.

Pour le problème de traçabilité. Les pièces NCs détectées sont ramassées dans un sac commun à la fin de la journée. En conséquence, le taux des NC de chaque caisse sera perdu.

3.2.2. Montage BMS (Homme)

Le montage est fait sur chaîne pour les tableaux électriques et les multiprises. Pour les douilles de lampes, les fiches mal D071/070 et les articles de préparation l'assemblage est fait par poste. Cet atelier a un effectif de 72 Opérateurs et 16 autres préparateurs. La procédure de contrôle de qualité est la suivante :

- Contrôle à la réception

Vérification des lots avec des échantillons de taille différente, si 20% de ces derniers sont estimés de mauvaise qualité, la palette sera renvoyée aux opérateurs de l'injection pour faire le triage. Pour les articles qui viennent de l'atelier de préparation ils ont une table dédiée à leurs tris, leurs NCs vont être retournés pour faire des retouches sur eux. Sinon, dans le cas idéal les lots seront stockés en attendant leur entrée dans la chaîne.

Le tri des caisses est plus accentué pour les produits où on constate une apparition récurrente de défauts. Ceci est fait afin d'assurer un travail sans interruption et une bonne qualité des produits finis.

- Contrôle au cours du montage

En cas de détection d'un article défaillant, l'opérateur va le mettre dans un sac posé à côté de lui et le signaler au CAM.

- Contrôle avant l'emballage

Contrôle visuel et fonctionnel si nécessaire. Si un défaut est détecté, l'opérateur désassemble le produit, afin de récupérer les composants conformes et rejette les défaillants. Cette opération peut causer la détérioration de bons composants suite à une mauvaise manipulation.

Pour d'autres produits comme les tableaux électriques, il y a un poste de contrôle au début de la chaîne qui assure que les produits entrants sont conformes. Cela garantit la continuité du travail et évite la perte de temps liée à leurs démontages.

Concernant le problème de traçabilité. La séparation des NCs est faisable juste pour les articles triés au début. Pour les autres défauts détectés au cours de montage, elles sont mises dans un sac commun qui rend le calcul du taux de défaillance de chaque caisse impossible si plusieurs d'entre elles ont été utilisées.

3.2.3. Montage BMS (Femme)

Cet atelier est principalement spécialisé dans l'assemblage en chaîne des multiprises. Pour les articles de préparation, le montage est fait par poste. Cet atelier compte 47 opératrices et 26 préparatrices. Ça procédure de contrôle de qualité est décrit comme suit :

- Contrôle à la réception

Vérification des caisses avec des échantillons de taille différente, si 50% d'entre elles sont estimées de mauvaise qualité la palette sera renvoyée vers l'équipe qui a produit ces caisses afin d'effectuer le tri. Une nouvelle commande est faite pour le magasin semi-fini plastique. La durée de réception des nouveaux lots est de 25 minutes en moyenne.

- Contrôle avant l'emballage

Le contrôle visuel et fonctionnel des produits est mis avant l'opération d'emballage. En cas de détection d'une NC, le produit sera démonté et le composant défectueux est isolé, les autres composants retournent dans la chaîne afin de les réutiliser. Cette opération dure de 20 à 60 secondes par produit.

En ce qui concerne le problème de traçabilité. Le retour direct des caisses NCs détectées au contrôle de réception sans les avoir triées ne donne pas leurs contenances en articles défectueux. Le tri qui est fait à l'injection n'est pas fiable et l'information est souvent perdue. Pour les NCs trouvés au cours de montage, elles sont mises dans un sac commun, ce qui rend le calcul du taux de NC de chaque caisse impossible si plusieurs d'entre elles ont été utilisées.

3.2.4. Montage MONO (Homme)

Le montage est fait sur chaîne pour les tableaux électriques et les multiprises. Pour les douilles de lampes et les articles de préparation, l'assemblage est fait par poste. On note qu'en ce moment les multiprises sont composés majoritairement par des composants importés de l'étranger. Cet atelier compte 32 opérateurs. La procédure de contrôle de qualité est comme suit :

- Contrôle à la réception

Vérification des caisses avec des échantillons de taille différente, si 50% des lots sont estimés de mauvaise qualité la palette sera triée dans la zone prévue à cet effet.

- Contrôle au cours de montage

Si l'opérateur détecte des NCs, il va les isoler et les signaler au contrôleur. Lorsque l'opérateur constate plusieurs articles défectueux à hauteur d'environ 20% de la contenance de la caisse, le contrôleur va retirer cette dernière de la chaîne et l'envoyer vers la zone de triage, la durée d'arrivée d'un nouveau lot est de 3 min en moyenne.

- Contrôle avant l'emballage

Contrôle visuel et fonctionnel si nécessaire. Si un défaut est détecté, l'opérateur désassemble le produit, afin de récupérer les composants conformes et rejeter les défectueux. Cette opération peut causer la détérioration de bons composants suite à une mauvaise manipulation.

Le problème de traçabilité est présent pour tous les articles rentrant dans cet atelier. Mais il est surtout illustré pour l'opération d'assemblage des douilles de lampes. Dans ce poste il ya quatre opérateurs qui font le montage complet du produit. Le problème survient dans deux cas :

Le cas 1 : Il intervient au cours du montage, lorsque les opérateurs détectent des articles défectueux, ils les mettent dans un emplacement commun. Dans ce cas, on ne peut pas connaître la quantité NC de chaque caisse.

Le cas 2 : Il fait surface au poste de contrôle avant emballage. Les douilles des lampes assemblées arrivent dans des caisses accompagnées de leurs étiquettes. Cependant, si le contrôleur détecte des NCs il va aussi les mettre dans un emplacement commun. La raison qui fait que ces NCs échappent aux opérateurs de montage, est qu'ils s'intéressent plus aux défauts qui gênent l'assemblage et non pas aux défauts esthétiques.

3.2.5. Montage MONO Femme (Convoyeur)

Le montage est fait sur chaîne à l'aide de convoyeurs, pour chacun d'eux, il ya deux lignes d'assemblage. Pour les articles de préparation, le montage est fait par poste. L'atelier à un effectif de 59 opératrices. La procédure de contrôle qualité est la suivante :

- Contrôle à la réception

Vérification des caisses avec des échantillons de taille différente, si 50% des caisses sont estimées de mauvaise qualité, la palette sera renvoyée aux opérateurs qui ont produit ces lots et une nouvelle commande est faite au magasin semi-fini plastique. La durée de réception des nouveaux lots est de 20 minutes en moyenne.

- Contrôle au cours du montage et un autre avant l'emballage

Le contrôle visuel est mis avant l'emballage, en cas de détection d'une NC sur un composant, l'opératrice de montage l'envoi sur le convoyeur accompagné de l'étiquette de la caisse où il a été retiré. Le contrôle qualité reçoit le composant en question et le met dans un sac dédié aux rebuts.

Si un composant NC échappe aux opérateurs de montage et que le contrôleur de la fin le détecte. Le produit sera démonté, afin de récupérer les composants conformes et rejeter les défectueux. Cette opération dure de 20 à 50 secondes par produit.

Concernant le problème de traçabilité. Il se manifeste pour les articles de préparation. Car leurs NCs ne sont pas séparés à la fin du shift bien que le nombre de caisses utilisées est de deux au maximum. Pour les rebuts des articles montés en chaîne, Le problème est présent car au début de chaque ligne il y a deux opératrices qui lorsqu'elles détectent des rebuts, elles l'envoient aux contrôleurs du fin de la chaîne sans pour autant faire attention à leurs trajectoires. Sachant que les caisses utilisées dans chaque ligne sont d'équipes/opérateurs différents, les deux derniers contrôleurs ne peuvent donc pas savoir si ce composant provient de l'opératrice de propre ligne ou de l'autre. Par conséquent, ils ne peuvent pas séparer les défauts de chaque caisse et le taux de NC de chacun d'elle ne peut pas être calculé.

3.2.6. Montage Birkhadem (FEMME)

Cet atelier est indépendant avec son propre responsable. Le montage se fait sur chaîne pour les interrupteurs et les prises électriques. Cette procédure de contrôle qualité est comme suit :

- Contrôle à la réception

Vérification des caisses avec des échantillons de taille différente, si 50% des lots sont estimés de mauvaise qualité, la palette sera renvoyée vers l'usine de Baba Hassen pour que les opérateurs de l'injection procèdent au triage.

- Contrôle au cours du montage

Si l'opérateur détecte des NCs il va les mettre dans emplacement commun, il va ensuite les signaler au contrôleur de l'atelier.

- Contrôle avant l'emballage

Contrôle visuel et fonctionnel si nécessaire. Si un défaut est détecté, l'opérateur désassemble le produit, afin de récupérer les composants conformes et rejeter les défectueux. Cette opération peut causer la détérioration de bons composants suite à une mauvaise manipulation.

Pour le problème de traçabilité. Il est présent de façon très importante car l'atelier à un flux informationnel très faible et la communication entre le service de qualité de Birkhadem et de l'usine de Baba Hassen est quasi inexistante. Par conséquent, plusieurs lots de mauvaise qualité ont été renvoyés à l'usine de production pour les recyclés, sans pour autant informer les services de qualité de leurs quantités.

3.3. Résultat de l'étape

Dans cette étape, on a identifié les causes racines de DCQAI à l'aide d'une série d'interview avec les différents responsables de la qualité, production et montage. La cause racine est liée principalement à la main-d'œuvre.

Les opérateurs des machines à l'injection ne sont pas jugés et pénalisés pour un taux de NC détecté dans leurs caisses, car les opérateurs et les responsables de qualité au sein des ateliers de

montage, ne séparent pas les pièces NCs par caisse. De-Là résulte une perte de production et d'argent sur les primes prises par les opérateurs de l'injection pour une quantité NC.

4. Étape Innover & Contrôler

Après qu'on ait analysé le fonctionnement de système contrôle de la qualité, ainsi que le contrôle à la réception fait au niveau des ateliers de montage, on arrive à l'étape de la proposition de solutions d'amélioration. Dans cette étape, on va générer plusieurs propositions et étudier leur l'applicabilité. Et ceci, afin de choisir les solutions optimales, en termes de coût, de facilité de mise en œuvre et d'augmentation de rendement.

4.1. Phase de génération des solutions

Nous avons organisé un brainstorming en présence des responsables et des opérateurs des différents ateliers. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Table III.12 : Évaluation de différentes solutions possibles par le Brainstorming

Solutions Possibles	Facilité de mise en œuvre / 5	Coût Faible / 5	Augmentation de rendement espéré / 5	Total / 15
L'implémentation d'un système d'évaluation des opérateurs de l'atelier injection (AI) qui prend en considération le volume et la qualité des pièces produites.	2	4	4	10
Modifier la politique d'aménagement du magasin des produits plastiques semi-finis ainsi que la mise en place d'une politique de gestion des stocks efficace.	1	1	3	5
Sensibilisation et formation du personnel. Notamment aux questions liées à la qualité et à la traçabilité.	3	3	3	9
Le travail avec des lots spécifiques pour chaque équipe de l'AI à la fois à l'AM	2	3	3	8
Assurer le bon fonctionnement du service du suivi de la qualité à l'AM de Birkhadem.	2	4	3	9
Ajouter le CONQ comme indicateur de mesure de la performance au niveau de tous les ateliers.	4	4	3	11

Solutions Possibles	Facilité de mise en œuvre / 5	Coût Faible / 5	Augmentation de rendement espéré / 5	Total / 15
Mise en place d'un système de d'identification des défauts détectés par lot au niveau de l'AM. Et ce, en utilisant des étiquettes.	3	4	4	11
Mettre en place un contrôle de la qualité au début de la chaîne de montage pour les produits esthétiques	2	2	4	8
A défaut de s'assurer de la qualité de la MP chez les fournisseurs, créer un laboratoire pour le contrôle de la qualité de la MP.	2	1	4	7

4.2. Evaluation et le tri des solutions d'améliorations proposées :

- Sensibilisation et formation du personnel

Suivant le principe du TQM, l'opérateur doit savoir qu'il est un acteur influent dans l'entreprise. Pour cela, il doit savoir que la qualité est l'affaire de tout le monde, à commencer par lui-même. Il est particulièrement concerné, puisqu'il est en contact direct avec les pièces produites. Il doit toujours garantir la qualité des biens qu'il fabrique et s'assurer du bon fonctionnement de la machine. En cas de détection de défauts, il faut toujours les signaler au chef d'équipe au plus vite possible, afin de minimiser le nombre de rebuts, éviter le gaspillage de la matière première et diminuer le coût de non qualité.

- Recrutement des opérateurs qualifiés

La majorité des opérateurs des machines ne sont pas formés à la plasturgie et n'ont pas un niveau élevé de formation. Cela est dû à l'ancienne politique de l'entreprise qui ne faisait pas une sélection rigoureuse lors du recrutement. Néanmoins, ces derniers temps l'entreprise entreprend d'améliorer ses processus de travail ainsi que ses équipements. Le défi serait de faire face à la résistance au changement. Concrètement, nous pensons que l'entreprise devrait mettre en place une politique adaptée de recrutement en plus de la mise à niveau des nouvelles recrues ainsi que des stagiaires à travers des formations professionnelles en continue.

- Implémentation d'un système d'évaluation

Modifier le système de prime actuel, en prenant cette fois-ci la qualité du produit et le taux de NC comme indicateur de mesure pour la performance des opérateurs. Et ce, dans le but de les motiver à traiter les dysfonctionnements à la source. En plus du tri et de la surveillance des produits de mauvaise qualité en amont.

Il est aussi possible d'instaurer un système de pénalités dissuasif quant à la fabrication de produits NCs au-delà d'une certaine limite. Ceci-dit, il faut tenir compte des capacités des opérateurs. En d'autres termes, il faut respecter la variabilité naturelle des processus et se concentrer sur la variabilité liée à des causes spécifiques. Cela nous amène à la proposition de la mise en place de cartes de contrôle visuel comme la carte « p » ou celle de la proportion des non conformes (voir annexe IV).

- Amélioration de la traçabilité

Pour améliorer la traçabilité, on doit séparer les rebuts détectés, afin de déterminer précisément l'opérateur et le contrôleur qui a validé la bonne qualité de ces pièces. Pour cela, on cherche à mettre en place des postes de triage pour les produits ayant un taux de NC élevés ou des défauts récurrents.

Une autre proposition consiste à rajouter un indicateur coloré aux étiquettes des caisses en provenance de l'AI plastique. Ceci va faciliter l'identification de l'équipe et de l'opérateur qui a envoyé des articles défectueux aux AMs

- Optimisation des opérations de contrôle de la qualité

Un contrôle devient inutile lorsqu'on est sûr que le risque de NC est quasiment nul. Ce qui est, en pratique, impossible. Ce qui veut dire que chaque processus subit une certaine variabilité. Celle qui a attiré notre attention au niveau de BMS-MONO, sont les deux points suivants : (1) Le changement fréquent des fournisseurs de la matière première à cause de la politique d'approvisionnement actuelle. (2) L'état de fonctionnement actuel des moules. Pour remédier à ces facteurs de variabilité, nous proposons les trois solutions suivantes :

- 1) Assurer l'application des méthodes de contrôle de la qualité de la MP à la réception. Ce qui est souvent négligé ou pas appliqué, faute d'une confiance injustifiée envers la source d'approvisionnement et les fournisseurs. Ainsi, nous recommandons un contrôle, par échantillonnage à la réception, en cours de fabrication et au début de l'atelier de montage.
- 2) A défaut de renouveler les moules actuels, il faudra penser à la mise en place d'une politique de maintenance adéquate. Pour ce faire, il faudra faire une étude de la fiabilité des moules en récoltant toutes les données historiques de son exploitation. Ce qui nécessitera un système d'information efficace.

- Ajouter d'autres aspects du CONQ dans le calcul des coûts

Dans l'état actuel, la mesure du CONQ est faite seulement par rapport au temps perdu causé par la NC. Pour approfondir l'analyse et pouvoir mieux estimer les pertes financières liées à la NC, on doit rajouter d'autres coûts tels que celui de la matière première perdue, le coût d'énergie et de la main d'œuvre.

4.3. Phase d'implémentation

Le but de cette phase est de présenter les méthodes qui ont été appliquées pour expérimenter la proposition de : L'amélioration de la traçabilité par la séparation des NCs. Car c'est la solution la plus

applicable et la plus impactant à court terme. La Période était de trois semaines et elle a été appliquée dans tous les AM à l'exception de Birkhadem

4.3.1. Atelier de montage BMS Homme

Si on veut assurer la traçabilité des NC et éviter l'interruption du travail de la chaîne et la perte de temps causé par le démontage des composants assemblés. On doit s'assurer d'alimenter la chaîne de montage par des lots avec le taux de conformité le plus élevé. Pour cela, on doit s'assurer de la bonne qualité des pièces contenues dans les lots avant de les envoyer au montage.

Ce contrôle est renforcé pour les articles avec un aspect esthétique afin de s'assurer que toutes les pièces entrantes sont de bonnes qualités. Un autre contrôle en fin de production, avant l'emballage, est réalisé dans certains cas.

Un composant a connu un taux élevé de NC dans ce dernier mois, alors pour éviter la perte de temps et la rupture de la chaîne, on a mis deux opérateurs justes pour faire un tri à la réception de ce composant.

4.3.2. Atelier de montage de disjoncteur Femme

Le montage est fait par poste indépendant. Les NCs isolées dans chacun d'eux, doivent être dénombrées pour chaque lot.

4.3.3. Atelier de montage BMS Femme

La multiprise est le produit principal dans cet atelier. Les défauts de ses composants ne sont visibles que lorsqu'on les assemble entre eux. Si une NC est détectée, lors d'un dernier contrôle les bons composants sont récupérés et les composants défectueux rejetés. Dans cet atelier, pour séparer les NCs détectés on a deux propositions :

- Si une NC d'un produit en particulier se répète plusieurs fois dans une période courte. Faire un contrôle approfondi à la réception des lots des pièces semi finis,

On a essayé de trier quelques caisses à la réception, mais le taux de NC était relativement faible à cette période. Donc en ce moment le triage à la réception n'est pas nécessaire.

- Dans le cas du contrôle au cours du montage. Isoler les NCs de chaque équipe dans un sac dédié aux rebuts de cette dernière.

Pour les articles préparés par poste, la consommation moyenne dans une journée est seulement une caisse, donc évidemment les NCs sont séparés

Pour les articles assemblés sur chaîne, dans le cas où elle est alimentée par des caisses qui ont été fabriquées par une seule équipe d'injection, les NCs seront séparées à la fin de la journée. Dans le cas où on utilise plusieurs caisses d'équipes différentes, les NCs de chacun d'entre elles doivent être mis dans un sac appart avec l'étiquette de cette caisse.

4.3.4. Atelier de montage MONO Femme

On commence par l'alimentation de la chaîne par des caisses d'une seule équipe. Pour les articles assemblés sur chaîne, dans le cas où une NC détectée, elle sera mise sur le convoyeur accompagnée de l'étiquette de la caisse où elle a été trouvée. Le contrôleur, à la fin de la ligne, doit la mettre dans un sac dédié aux rebuts de cette équipe.

Si on passe à des caisses d'une autre équipe, évidemment une autre étiquette sera mise avec les NCs de cette dernière. Donc le contrôleur à la fin de la ligne doit utiliser un autre sac dédié aux rebuts de cette équipe.

Pour les articles de préparation. Leurs lots contiennent un grand nombre de pièces, et en moyenne, seulement un seul lot est consommé par shift. Cela signifie que si on détecte des articles défectueux ils proviennent forcément de l'équipe qui a fabriqué le lot en question.

4.3.5. Atelier de montage MONO Homme

Le magasin des pièces en plastique semi fini doit envoyer des lots d'une même équipe pour que les opérateurs de montage n'aient pas à changer le sac des NCs plusieurs fois. Pour les articles de préparation, on utilise généralement un seul lot. Les NCs détectés peuvent donc être retracés par leurs origines.

4.4. Perspectives de l'étape

Bien que les solutions proposées dans cette étape aient été approuvées par la direction de l'entreprise BMS-Electric, leur implémentation au sein de l'entreprise n'est que partielle pour le moment. Par conséquent, nous n'avons pas les nouvelles données qui nous permettront de calculer le nouveau niveau de sigma et les bénéfices concrets tirés par ce travail. C'est pour cela qu'une mise à jour de ce travail est envisagée dès que les nouvelles données seront acquises.

Conclusion

Ce chapitre est consacré au déploiement de la démarche LSS par le cycle DMAIC. Et ce, dans le but d'améliorer le fonctionnement du système CQAI avec des actions d'amélioration applicables dans les meilleurs délais.

Nous avons commencé par l'étape « Define » où nous avons défini et caractérisé notre problème en utilisant les méthodes QQQCCP, diagramme SIPOC, modélisation BPMN et la méthode VOC. Après cela, dans l'étape « Measure » nous avons évalué la capacité actuelle du système en calculant le niveau sigma. Ces mesures, nous ont permis de voir l'ampleur de notre problème par rapport à l'état idéal souhaité. Durant la phase d'analyse « analyse », nous avons déterminé les causes racines du problème. Ces dernières sont essentiellement dues à la main-d'œuvre et le manque de traçabilité sur l'origine des NCs.

Afin d'augmenter le rendement de contrôle qualité au sein de l'atelier d'injection, il est nécessaire de sensibiliser le personnel et pénaliser les opérateurs qui ont un taux élevé de NC dans les caisses de produit validé comme conforme.

A l'aide de plusieurs réunions de brainstorming et interviews avec plusieurs équipes et responsables nous avons proposé des solutions afin d'améliorer la traçabilité des NCs sans gêner le flux du travail en cours dans chaque atelier de montage.

Nous avons noté et constaté d'autres difficultés qui entraveraient la mise en place des solutions proposées. Ces difficultés sont essentiellement dues à la résistance au changement par les ateliers de montages. C'est un facteur à prendre en compte dans toute démarche d'amélioration.

Conclusion générale

Durant ce projet, nous avons eu la chance de pratiquer nos connaissances en industrie grâce à la méthode LSS. Cela nous a permis de mettre la main sur de nouveaux concepts et de rencontrer des personnes qui nous ont enrichies par leurs expériences et aider à intégrer l'entreprise BMS-MONO. C'est une expérience humainement et professionnellement enrichissante.

Ce projet a été mené au niveau du service contrôle qualité de l'atelier d'injection plastique et l'atelier de montage. L'objectif est d'améliorer la performance du système CQAI. Ce dernier a été reconnu défaillant à la suite à des réclamations portées par son client principal "l'atelier de montage".

Le déroulement de la démarche LSS a commencé par la définition du problème avec la description du processus actuel, identification des besoins du client. Des mesures pertinentes ont montré l'ampleur des écarts du problème. Et cela grâce à la mesure du niveau actuel de sigma. Ensuite, nous avons analysé les causes profondes de ces écarts. Nous avons constaté que la main d'œuvre est en grande majorité responsable de cette défaillance. Enfin, nous avons proposé des solutions pertinentes et réalisables au niveau des deux ateliers d'injection et de montage. En effet, ces solutions permettront d'améliorer l'efficacité du filtre de contrôle de la qualité au niveau de l'atelier d'injection, et la traçabilité des NCs au niveau des ateliers de montage. Les solutions proposées touchent plusieurs aspects. A commencer par le processus de recrutement, la formation, la sensibilisation et le système de motivation.

L'implémentation même partielle de nos propositions a donné des résultats primaires satisfaisants. Il y a aussi d'autres propositions qui ont été prises en considération mais qui restent en attente d'être approuvées.

A la fin de notre projet, l'ensemble du service qualité, production, et montage, ont été satisfaits par notre méthodologie et professionnalisme. Ce travail a été concrétisé par une opportunité de rejoindre l'équipe BMS-MONO Electric après la graduation.

Références

Article :

1. Albliwi, Saja Ahmed, Jiju Antony, and Sarina Abdul halim Lim. "A systematic review of Lean Six Sigma for manufacturing industry." *Business Process Management Journal* (2015).
2. Albliwi, Saja, et al. "Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review." *International Journal of Quality & Reliability Management* (2014).
3. Alshammari, Alaa, Sahar Redha, Shahad Hussain, Tuleen Nazzal, Zahraa Kamal, and Walid Smew. "Quality improvement in plastic injection molding industry: applying lean six sigma to SME in Kuwait." In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, pp. 6-8. 2018.
4. Alzoubi, Haitham M., Mohammad In'airat, and Gouher Ahmed. "Investigating the impact of total quality management practices and Six Sigma processes to enhance the quality and reduce the cost of quality: the case of Dubai." *International Journal of Business Excellence* 27, no. 1 (2022): 94-109.
5. Antony, J., Escamilla, J.L. and Caine, P. "Lean sigma", *Manufacturing Engineer*, April. Arnheiter, E.D. and Maleyeff, J. (2005), "The integration of lean management and six sigma", *The TQM Magazine*, Vol. 17 No. 1, pp. 5-18 (2003).
6. Arnheiter, E.D. and Maleyeff, J. "The integration of lean management and six sigma", *The TQM Magazine*, Vol. 17 No. 1, pp. 5-18 (2005).
7. Bendell, T. "A review and comparison of six sigma and the lean organisations", *The TQM Magazine*, Vol. 18 No. 3, pp. 255-62 (2006).
8. BHAT, Shreeranga, GIJO, E. V., et JNANESH, N. A. Productivity and performance improvement in the medical records department of a hospital: an application of Lean Six Sigma. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2016.
9. Chiarini, Andrea. "Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: an Italian manufacturing case study." *International Journal of Productivity and Quality Management* 16, no. 4 (2015): 416-433.
10. Chugani, Nashmi, Vikas Kumar, Jose Arturo Garza-Reyes, Luis Rocha-Lona, and Arvind Upadhyay. "Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review." *International Journal of Lean Six Sigma* (2017).
11. De Albuquerque Marques, P. A., and Matthé, R. "Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal". *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34, No. 2, pp.307-330 (2017).
12. Desai, Darshak, and Bhavikkumar Nileshbhai Prajapati. "Competitive advantage through Six Sigma at plastic injection molded parts manufacturing unit: A case study." *International journal of lean six sigma* (2017).
13. Dogan, Onur, and Omer Faruk Gurcan. "Data perspective of Lean Six Sigma in industry 4.0 Era: a guide to improve quality." In *Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management Paris*. 2018.

14. George, M. *The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less: Cut Costs, Reduce Waste, and Lower Your Overhead*. John Wiley & Sons. USA, 2010.
15. GIJO, E. V., ANTONY, Jiju, *et al.* Application of Lean Six Sigma in IT support services—a case study. *The TQM Journal*, 2019.
16. Haekal, Jakfat. "Application de l'approche Lean Six Sigma pour réduire la fatigue des travailleurs dans les zones de rayonnage à l'aide des méthodes de simulation DMAIC, VSM, FMEA et ProModel dans les sous-entreprises logistiques : une étude de cas en Indonésie." *Journal international de la recherche en ingénierie et des technologies avancées (ijerat)* (E-ISSN 2454-6135) DOI 10 (2021) : 1-11.
17. Kovach, Jamison V., and Shrutika Borikar. "Enhancing financial performance: an application of Lean Six Sigma to reduce insurance claim denials." *Quality Management in Healthcare* 27, no. 3 (2018): 165-171.
18. Kulkarni, Sumant. "APPLICATION OF LEAN-SIX SIGMA TO IMPROVE QUALITY IN HEALTH CARE INDUSTRY." In *2010 GSW*. 2022.
19. Kurnia, Hibarkah et Humiras Hardi Purba. "Une revue systématique de la littérature sur Lean Six Sigma dans diverses industries." *Journal d'ingénierie et de gestion dans le système industriel* 9, no. 2 (2021) : 19-30.
20. Li, Na, Chad Matthew Laux et Jiju Antony. "Comment utiliser la méthodologie Lean Six Sigma pour améliorer le processus de service dans l'enseignement supérieur : une étude de cas." *Journal international de Lean Six Sigma* (2019).
21. Moso, Matshidiso. "An application of lean six sigma techniques to accelerate the implementation of Kaizen in the film packaging industry." PhD diss., 2021.
22. Muraliraj, J., Suhaiza Zailani, S. Kuppusamy, and C. Santha. "Annotated methodological review of lean six sigma." *International Journal of Lean Six Sigma* (2018).
23. Panjaitan, Norma, Mercu BuanaUniversity, and Ahmad Hidayat Sutawijaya. "Implementation of Lean Six Sigma to Improve Productivity and Performance of Relationship Manager Lending PT. XYZ in Jakarta." *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, no 7 (2022)
24. Patel, Anand S., and Kaushik M. Patel. "Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology." *International Journal of Lean Six Sigma* (2021).
25. PEPPER, Matthew PJ ET SPEDDING, Trevor A. The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2010.
26. Pereira, António MH, Miguel R. Silva, Mercedes AG Domingues, and José C. Sá. "Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study." *Quality Innovation Prosperity* 23, no. 3 (2019): 103-121.
27. Praharsi, Yugowati, Mohammad Abu Jami'in, Gaguk Suhardjito, and Hui Ming Wee. "The application of Lean Six Sigma and supply chain resilience in maritime industry during the era of COVID-19." *International Journal of Lean Six Sigma* (2021).
28. Ravallec C, Brasseur G, Ginibrière G. INRS Travail et sécurité : Lean et santé au travail. mars 2017 ;(781) :14.

29. Rosa, Ana Carolina Martins, and Evandro Eduardo Broday. "Comparative analysis between the industrial and service sectors: a literature review of the improvements obtained through the application of lean six sigma." *International Journal for Quality Research* 12, no. 1 (2018): 227.
30. Sarman, and Dwi Soediantono. "Literature Review of Lean Six Sigma (LSS) Implementation and Recommendations for Implementation in the Defense Industries." *Journal of Industrial Engineering & Management Research* 3, no. 2 (2022): 24-34.
31. Shamsuzzaman, Mohammad, Mariam Alzeraif, Imad Alsyof, and Michael Boon Chong Khoo. "Using Lean Six Sigma to improve the mobile order fulfillment process in a telecom service sector." *Production Planning & Control* 29, no. 4 (2018): 301-314.
32. Sharma, U. "Implementing lean principles with the Six Sigma advantage: how a battery company realized significant improvements", *Journal of Organizational Excellence*, Vol. 22 No. 3, pp. 43-52 (2003).
33. Singh, J., Singh, H., Singh, D. and Singh, K. 'Evaluating lean thinking using value stream mapping in manufacturing industry – a case study', *International Journal Productivity and Quality Management*, Vol. 22, No. 1, pp.101–116 (2017).
34. Singh, Mahipal, and Rajeev Rathi. "A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors." *International Journal of Lean Six-Sigma* (2018).
35. Smith, B. "Lean and Six Sigma – a one-two punch", *Quality Progress*, Vol. 36 No. 4, pp. 37-4 (2003).
36. SNEE, Ronald D. Lean Six Sigma—getting better all the time. *International Journal of Lean Six-Sigma*, 2010.
37. Sreedharan, V. Raja, and R. Raju. "A systematic literature review of Lean Six Sigma in different industries." *International Journal of Lean Six-Sigma* (2016).
38. Tampubolon, Salmon, and H. H. Purba. "Lean six sigma implementation, a systematic literature review." *International Journal of Production Management and Engineering* 9, no. 2 (2021): 125-139.
39. Yadav, Gunjan, and Tushar N. Desai. "Lean Six Sigma: a categorized review of the literature." *International Journal of Lean Six-Sigma* (2016).
40. Yadav, Neeraj, Ravi Shankar, and Surya Prakash Singh. "Hierarchy of critical success factors (CSF) for Lean Six Sigma (LSS) in quality 4.0." *International Journal of Global Business and Competitiveness* 16, no. 1 (2021): 1-14.
41. Yanamandra, R and Alzoubi, H M Yanamandra, R and Alzoubi, H M *Empirical Investigation of Mediating Role of Six Sigma Approach in Rationalizing the COQ in Service Organizations*. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 15 (1). pp. 122-135. ISSN 2579-9363 (2022)
42. Zhang, Qun, Muhammad Irfan, Muhammad Aamir Obaid Khattak, Xiaoning Zhu, and Mahmood Hassan. "Lean Six Sigma: a literature review." *Interdisciplinary Journal of Contemporary research in business* 3, no. 10 (2012): 599-605.

Ouvrage :

43. Caroline Fréchet, mettre en œuvre le Lean Six Sigma, éd. Organisation, Paris, 2005

- 44. D. Martin, guide des bonnes pratiques de fabrication, journal officiel de la république française, 29 janvier 2016.
- 45. George, M. Lean Six-Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six-Sigma Quality to Improve Services and Transactions. McGraw Hill Professional. USA (2003).
- 46. Maurice Pillet. Six sigma comment l'appliquer. Ed Organisation. Paris, 2005

Thèse & Mémoire :

- 47. BIAN Wenke, IDRISSE BOUYAHAOUI Yasmina, NAJI Aymen, NEJMED-DINE Aziza .Amélioration de la productivité au sein des PME par le Lean Six Sigma. Master Qualité et Performance dans les Organisations (QPO). Université de Technologie de Compiègne, janvier 2018.
- 48. E. Leseure, Zajkowska. Contribution à l'implantation de la méthode Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises pour l'amélioration des processus. Thèse de doctorat, université de Lille, 2012.
- 49. M. Karim TAMSSAOUET et M. Youcef MECHOUAR. Contribution à l'amélioration de la performance d'une fonction de la chaîne logistique par le Lean Six Sigma Cas : Materials Management de Schlumberger NAG. Mémoire de Projet Fin d'Etudes. Ecole national polytechnique d'Alger ,2014
- 50. Marine Souillard. Résolution de problème selon la philosophie Lean Six Sigma : étude de cas appliquée à la viscosité d'une solution à usage externe. Sciences pharmaceutiques. 2018.
- 51. Soltani Mohyiddine. Implémentation et déploiement d'une nouvelle approche à base du LSS pour le développement et l'amélioration de la durabilité de la production des PME. Thèse de doctorat. Université de Batna, 2021

Site web :

- 52. Site officiel de MONO et BMS Electric. Consulté le 25 février 2022
Lien : <https://www.monoelectric.com/> , <http://bms-electric.com/>
- 53. Qu'est-ce un diagramme SIPOC. 7 étapes pour schématiser un processus métier, [25/2/22].
Lien : <https://asana.com/fr/resources/sipoc-diagram>
- 54. Les 10 clés de la réussite d'un projet Lean Six Sigma. Consulté le 15 mars 2022
Lien : www.xl-formation.com/actualites/les-10-cles-de-la-reussite-dun-projet-lean-six-sigma
- 55. Les Plans d'échantillonnage. Consulté le 28 février 2022.
Lien : cours-contrôle-qualité/chapitre-4-plans-echantillonnage.pdf
- 56. Injection plastique- presse à injecter. Consulté le 22 février 2022
Lien : <https://plastisem.fr/guides-et-conseils/guide-injection-plastique/>

Annexes

Annexe I. Glossaire

5 pourquoi : Technique utilisée pour favoriser la détermination des causes profondes d'un dysfonctionnement.

5S : approche utilisée pour créer et maintenir un environnement de travail organisé.

Lean Six Sigma : approche globale d'amélioration continue et de résolution des problèmes

DMADV: Define, Measure, Analyse, Design, Verify. Étapes du déploiement du six sigma

DMAIC : Define, Measure, Analyse, Improve, Control, Étapes du déploiement du six sigma

6 Sigma : résultat d'un calcul statistique représentant un niveau de qualité de 3.4 défauts par million d'opportunités (soit un rendement théorique de 99,9997 %). À différencier du terme « Six Sigma » qui représente la démarche d'amélioration des processus utilisée pour atteindre un objectif de réduction de la variabilité.

Poka Yoke : une méthode de conception des produits intégrant dès l'origine la prévention des erreurs potentielles.

Juste À Temps : système de planification qui consiste à produire ce dont on a besoin quand on en a besoin (« flux tiré », ajusté en fonction de la demande)

Kaizen : ateliers intensifs de quelques jours pendant lesquels une équipe se consacre à plein temps à un projet d'amélioration. Signifie également « amélioration continue »

Kano : permet de mieux comprendre la valeur que les clients accordent aux différentes caractéristiques d'un produit ou service et de se focaliser sur les attributs clés

Lean : approche visant à éliminer toutes les sources de gaspillage dans un processus

Six Sigma : approche visant à éliminer la variation dans un processus

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité ; approche structurée permettant d'identifier les modes de défaillance potentiels d'un processus, produit ou service, d'estimer les risques associés à des défaillances spécifiques et de prioriser les actions pour réduire ces risques

Arbre des causes : représentation graphique de l'enchaînement des causes d'un problème

Brainstorming : méthode permettant de générer des idées en équipe, utilisée comme technique de résolution de problèmes ou d'identification des causes

Carte de contrôle : outil graphique utilisé pour piloter les changements qui interviennent au sein d'un processus, en distinguant les variations inhérentes au processus (causes courantes, impact souvent minime) des variations qui résultent d'une modification du processus (causes spéciales, impact souvent significatif)

CTQ : Critical To Quality ; traduction des engagements pris vis à-vis des clients en spécifications internes mesurables

Ishikawa : diagramme en arête de poisson permettant de visualiser les causes profondes d'un problème, souvent utilisé avec les catégories du « 5 M » (Matériel, Méthode, Main d'œuvre, Matière, Milieu)

ISO : International Organization for Standardization

Management visuel : affichage des objectifs, problèmes, plans d'action associés, résultats, etc., permettant à une équipe de partager, prioriser ses actions, résoudre ses problèmes et de s'assurer de leur suivi au quotidien

Pareto (diagramme de 20/80) : principe selon lequel 20 % des causes représentent 80 % des effets sur un problème donné. Ce principe est souvent mis en application sous la forme de diagrammes en barres verticales qui permettent de visualiser les défauts ou les causes les plus importants, par ordre décroissant d'importance

PDCA : Plan, Do, Check, Act ; également appelé « roue de Deming »

Répétabilité : variabilité obtenue lorsqu'une même personne prend de multiples mesures sur les mêmes échantillons, en utilisant les mêmes instruments et les mêmes techniques

Reproductibilité : variabilité obtenue lorsque plusieurs personnes mesurent les mêmes échantillons, en utilisant les mêmes instruments et les mêmes techniques

SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer. Outil permettant à l'équipe et au(x) sponsor(s) de déterminer le périmètre et les frontières du projet

TQM : Total Quality Management ; approche de gestion de la qualité totale Valeur ajoutée (activité à) : activité approchant un produit ou service de sa réalisation et pour laquelle le client est prêt à payer (par opposition aux activités à « non-valeur ajoutée » : temps d'attente, de recherche, pannes informatiques...)

Value Stream Mapping : cartographie des flux de valeur ; permet de décrire les différentes étapes d'un processus avec des données chiffrées (délais, effectifs...) pour mettre en lumière les problèmes et les opportunités d'amélioration

VOC : Voice of the Customer ; ensemble de techniques visant à déterminer ce qui compte pour les clients et fixer des priorités cohérentes avec leurs besoins

Annexe II. Procédure du Gage R&R

1. Sélectionner de manière aléatoire, parmi les articles entrant à l'atelier de montage, 12 articles différents, soit 3 articles pour chaque atelier de montage.
2. Le premier jour, demander à chaque chef d'atelier de faire un contrôle de qualité sur la pièce et de dire si elle présente un défaut ou pas.
3. Refaire la même expérience deux autres fois en utilisant les mêmes pièces et en reproduisant les mêmes conditions de contrôle, ainsi chaque contrôleur aura effectué 3 répétitions par pièces ce qui nous permettra d'avoir assez de données pour réduire l'intervalle de confiance.
4. Définir un standard de référence, dans notre cas on demandera aux responsables de qualité de la sous-direction de production et des ateliers de montage de faire un contrôle de qualité sur les 12 pièces sélectionnées.
5. Avoir un consensus sur les pièces extrêmes, c'est-à-dire que tout le monde doit donner la même réponse si on leur montre l'article le plus éloigné et le plus proche du standard.
6. Chaque chef d'atelier aura ainsi effectué 36 contrôles soit au total de 144 contrôles de qualité réalisés, ce qui permet d'obtenir un gage R&R bien optimisé et des résultats significatifs vu que la norme stipule que le test doit être effectué sur au moins 8 pièces différentes (S. Leclercq)
7. Recueillir les données et conduire le test Gage R&R.

Annexe III. Les NCs plastiques détectés aux ateliers de montage de Baba Hassen

Mois de septembre

Date détection	Désignation produit	Quantité NC	Quantité totale du produit	Taux de la NC marginal	Groupe
01/09/2021	Couvercle Tableau 16 Mono	10560	10560	100	A2+C2
01/09/2021	Cristal 13	1200	3000	40,00	C
01/09/2021	Corps douille à vis BMS Nouveau	2700	8000	33,75	B2
02/09/2021	Cristal 06 MONO	2121	5018	42,27	B2+A2
07/09/2021	Module prise simple Optima	3010	9750	30,87	C
07/09/2021	Corps (fond et couvercle) coupe fil-D055	5800	10050	57,71	B+A
08/09/2021	Front double allumage Evo	2500	7850	31,85	C1
08/09/2021	Corps douille à vis BMS Nouveau	2000	8560	23,36	C1
08/09/2021	Pastille Mono E27 blanche	12000	95000	12,63	D+A1
09/09/2021	Habillage EVO N°2	3700	21000	17,62	D1+B2
09/09/2021	Pastille Mono E27 blanche	2200	11000	20,0	D
09/09/2021	Pastille Mono E27 noire	15000	120000	12,5	A+B+C+D
13/09/2021	Habillage EVO N°2	6700	23000	29,13	(D2)+B1
14/09/2021	Multiprise D036 N°2	250	2000	12,50	A1+D2+D1
14/09/2021	Multiprise D036 N°2	2000	2000	100,00	A1+D2+D1
15/09/2021	Multiprise D036 N°2	150	1000	15	A1+D2+D1
15/09/2021	Multiprise D036 N°2	1000	1000	100	A1+D2+D1
16/09/2021	Habillage EVO N°2	1800	15000	12,00	A+D2+C1
16/09/2021	Contact double prise K/C/EVO	1068	9800	10,90	D+B
19/09/2021	Habillage EVO N°2	1200	14000	8,57	A+B+C1
19/09/2021	Habillage Despina	650	4000	16	NA
19/09/2021	Pastille Mono E27 noire	9600	75000	13	A+C+D
19/09/2021	Multiprise D036 N°2	260	1500	17,33	A+B
19/09/2021	Multiprise D036 N°2	1600	1600	100,00	A+B
20/09/2021	Habillage Optima	430	1800	23,89	A
20/09/2021	Contact double prise K/C/EVO	560	4000	14,00	B
20/09/2021	Porte mécanisme Prise EVO	15000	15000	100	NA
21/09/2021	Porte mécanisme Prise	25000	25000	100	NA

Annexes

21/09/2021	Culbuteur K/C/OPT/EVO	6842	22000	31,10	B+A
22/09/2021	Habillage EVO N°2	14500	35000	41,43	B+C+D
23/09/2021	Porte mécanisme Prise EVO	26000	26000	100,00	A+C+D
28/09/2021	Cage double prise C/EVO	1230	9850	12,49	C
/	Total	178631	598338	29.85	/

Mois de janvier

Date détection	Désignation produit	Quantité NC	Quantité totale du produit	Taux de la NC marginal
02/01/2022	Attache D036	3250,00	23000	14,13
02/01/2022	Habillage Larissa	2100,00	15400	13,64
02/01/2022	Front Prise simple Larissa /Despina	2600,00	13000	20,00
02/01/2022	Front double allumage Larissa /Despina	5600,00	19500	28,72
03/01/2022	Habillage Despina	1860,00	13500	13,78
04/01/2022	Habillage Despina	16800,00	71900	23,37
04/01/2022	Habillage Continuum	6800,00	27000	25,19
05/01/2022	Habillage Continuum	2800,00	21000	13,33
05/01/2022	Culot BMS	2600,00	25000	10,40
06/01/2022	Habillage Continuum rouge Bardeau	1891,00	11340	16,68
06/01/2022	Habillage Continuum noir	3107,00	11120	27,94
08/01/2022	Porte mécanisme prise mono	21570,00	165000	13,07
09/01/2022	Tige Lustre	7800,00	14500	53,79
09/01/2022	Corps douille à vis BMS Nouveau	2500,00	26000	9,62
09/01/2022	Culot BMS	4800,00	24560	19,54
11/01/2022	Double Cadre Continuum	11000,00	11000	100,00
18/01/2022	Porte mécanisme prise mono	13600,00	89000	15,28
20/01/2022	Bouchon Oberon	1900,00	8850	21,47
20/01/2022	Fix simple allumage	990,00	13050	7,59
20/01/2022	Boites disjoncteur FA4+Couvercle	2200,00	4573	48,11
23/01/2022	Porte mécanisme prise mono	16500,00	123505	13,36
23/01/2022	Fond coupe fil - D055	253,00	4750	5,33
24/01/2022	Bouton d'interrupteur de multiprise	450,00	3900	11,54
24/01/2022	Corps E27 DOUILLE à bague	1350,00	22000	6,14
25/01/2022	Corps E27 DOUILLE à bague	1650,00	16000	10,31
25/01/2022	Porte mécanisme prise mono	7900,00	80000	9,88
26/01/2022	Boites disjoncteur FA2+Couvercle	1960,00	3128	62,66
26/01/2022	Multiprise 4 p/Eco N°02	523,00	3800	13,76
27/01/2022	Despina prise terre sécurité	1500,00	1500	100,00
	Total	147854,00	866876	17,06

Mois de mars

Date détection	Désignation produit	Quantité NC	Quantité totale	Taux de la NC
01/03/2022	Support de bouton d'interrupteur du Multiprise	1260	6000	21,00
03/03/2022	Corps E27 DOUILLE MONO	7600	89000	8,54
03/03/2022	Cage prise avec sécurité OPT/K/C/EVO	8250	68000	12,13
03/03/2022	Pastille Mono E27 Blanche	5360	88561	6,05
06/03/2022	Multiprise D036 N°2	5020	9480	52,95
06/03/2022	Couvercle TDA N°12	2432	2423	100,37
06/03/2022	Pastille Mono E27 Blanche	11600	78000	14,87
07/03/2022	Bouchon Oberon	550	12000	4,58
07/03/2022	Boîtes disjoncteur FA2+Couvercle	6189	8500	72,81
08/03/2022	Boîtes disjoncteur FA2+Couvercle	6890	9000	76,56
08/03/2022	Corps E14 douille à bague	680	9560	7,11
09/03/2022	Bouchon Oberon	3629	12540	28,94
09/03/2022	Multiprise A03 ECO BMS Nouveau	2300	4500	51,11
09/03/2022	Couvercle coupe fil-D055	780	8750	8,91
10/03/2022	Boîtes disjoncteur FA2+Couvercle	5810	8160	71,20
10/03/2022	Habillage Continuum noir	256	2700	9,48
13/03/2022	Boîtes disjoncteur FA2+Couvercle	9950	9950	100,00
13/03/2022	Bouchon Oberon	1254	16800	7,46
13/03/2022	Habillage Oberon	130	7130	1,82
14/03/2022	Bouchon Oberon	2235	8075	27,68
14/03/2022	Culbuteur OPT/K/C/EVO N°2	500	6500	7,69
14/03/2022	Habillage Continuum noir	444	5949	7,46
15/03/2022	Bouchon Oberon	1847	10000	18,47
15/03/2022	Bouchon Oberon	237	2777	8,53
16/03/2022	Bouchon Oberon	540	9000	6,00
17/03/2022	Bouchon Oberon	680	12000	5,67
17/03/2022	Bouchon Oberon	1661	5051	32,88
17/03/2022	Corps D071 BMS N°1	3860	10000	38,60
17/03/2022	Culot BMS	48000	64000	75,00
20/03/2022	Corps D071 BMS N°1	8409	27820	30,23
20/03/2022	Corps E27 DOUILLE à bague	450	12150	3,70
20/03/2022	Corps E27 DOUILLE MONO	250	10850	2,30
20/03/2022	Front double allumage Larissa/Despina	1000	2340	42,74
21/03/2022	Porte mécanisme double prise	80	346	23,12
21/03/2022	Corps D071 BMS N°1	4682	14560	32,16
21/03/2022	Bouchon Oberon	943	17000	5,55
21/03/2022	Habillage mono N°04	2165	6215	34,84
21/03/2022	Corps E27 DOUILLE à bague	500	15500	3,23
21/03/2022	Pastille Mono E27 Blanche	889	50889	1,75
22/03/2022	Corps D071 BMS N°1	4086	20000	20,43
22/03/2022	Corps E27 DOUILLE à bague	616	14296	4,31

Annexes

22/03/2022	Bouchon Oberon	886	4886	18,13
22/03/2022	Pastille Mono E27 Blanche	360	20360	1,77
22/03/2022	Porte mécanisme Multiprise A4	121	2400	5,04
23/03/2022	Corps E27 DOUILLE à bague	230	7810	2,94
24/03/2022	Pastille Mono E27 Blanche + Noire	557	80557	0,69
27/03/2022	Corps D071 BMS N°1	2900	20000	14,50
27/03/2022	Pastille Mono E27 Noire	360	32360	1,11
27/03/2022	TDA Mono N°8	550	550	100,00
27/03/2022	Habillage mono N°04	441	4461	9,89
28/03/2022	Pastille Mono E27 Blanche	300	20300	1,48
28/03/2022	Corps D071 BMS N°1	7900	39000	20,26
28/03/2022	Boites disjoncteur FA4+Couvercle	120	395	30,38
29/03/2022	Pastille Mono E27 Noire	232	25023	0,93
29/03/2022	Corps D071 BMS N°1	5900	36000	16,39
29/03/2022	Cage pastille avec écrou	720	23000	3,13
29/03/2022	Porte mécanisme Multiprise A4	300	1200	25,00
29/03/2022	Habillage Continuum noir	185	1350	13,70
30/03/2022	Corps D071 BMS N°1	9780	42960	22,77
/	Total	195856	1138984	17,2

Annexe IV. La carte de contrôle P

Une carte P (pour la proportion de non conformes ou de défectueux) : C'est un graphique sur lequel est portée la proportion de non conformités observées dans chaque échantillon en fonction des instants de prélèvement (temps). On distingue également sur cette carte la proportion moyenne de non conformes ainsi que les limites de contrôle supérieure et inférieure. Les étapes à suivre pour l'élaboration de la carte p sont :

1. Modalité de prélèvement des échantillons :

- a) Taille de l'échantillon : Pour que le contrôle soit efficace, il est nécessaire que l'effectif soit suffisamment grand. Habituellement entre 50 et 200 (ou plus) unités sont requises.
- b) Fréquence de contrôle : La fréquence doit permettre un suivi réaliste des périodes de production.
- c) Nombre d'échantillon à prélever : Pour obtenir une bonne évaluation du comportement du procédé et d'identifier éventuellement toutes les sources de variation, une période d'échantillonnage suffisamment longue est requise. Cela se traduit par une série de prélèvements successifs de 20 à 30 échantillons.

2. Calculs des proportions p :

On enregistre pour chaque échantillon de taille n, le nombre d'unités non conformes. La proportion des non conformes s'obtient :

$$P = \frac{\text{Nombre de non conformes dans l'échantillon}}{\text{Taille de l'échantillon (sous - groupe)}} = \frac{d}{n}$$

3. Représentation Graphique des Proportions :

Il s'agit de reporter sur la carte de contrôle les valeurs obtenues pour les proportions de non conformes.

- Ces valeurs sont associées à l'axe vertical sur la carte.
- L'identification du sous-groupe (échantillon) correspondant à chaque valeur de p étant reportée sur l'axe horizontal
- La graduation de l'axe vertical se situe entre 0 et 2 fois la proportion de non conforme la plus élevée parmi les valeurs obtenues dans l'étape 2.
- Relier les points entre eux afin de faciliter l'analyse du comportement de la proportion de non conforme.

4. Calculs des limites de contrôle :

La proportion moyenne ($\bar{p}$) de non conformes pour un ensemble de k échantillons s'obtient :

$$\underline{P} = \frac{\text{Nombre de non conformes observés}}{\text{Nombre total d'unités contrôlées}} = \frac{\sum d}{\sum n}$$

Les limites provisoires de contrôle s'obtiennent comme suit :

$$LSC_p = \underline{P} + 3 \sqrt{\frac{\underline{P}(1 - \underline{P})}{n}}$$
$$LSC_p = \underline{P} - 3 \sqrt{\frac{\underline{P}(1 - \underline{P})}{n}}$$