



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة - عنابة
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE - ANNABA

Département Génie Industriel

MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme d'INGÉNIEUR D'ETAT

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Maintenance et Fiabilité des Systèmes Industriels

Présenté par

SALAH EDDINE ALIANE
RANIA MALAK MERAD

MAITRISE STATISTIQUE DES PROCEDES (MSP) : APPLICATION A LA FABRICATION AUTOMATISEE (ENTREPRISE TRACTEURS AGRICOLE ETRAG CONSTANTINE)

Encadré par

Dr. Sihem NEDJAR
ENSTI Annaba

Membres du jury :

Pr. Messaoud DJEGHABA	Président	ENSTI Annaba
Dr. Imen DRISS	Examineur	ENSTI Annaba
Dr. Naamane BENHASSINE	Examineur	ENSTI Annaba

Remerciements

Nos remerciements vont tout premièrement, à Dieu le tout puissant qui nous a donné la foi, le courage et la patience de parvenir à finir ce travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude à nos parents pour leurs encouragements, leurs soutiens inconditionnels et pour les sacrifices qu'ils ont endurés tout au long de ces longues années.

On présente nos profonds respects et nos remerciements à notre encadrante **Madame S. Nedjar** pour son aide, ses critiques constructives, ses explications et suggestions pertinentes et pour la qualité de ses orientations tout au long de ce travail.

On voudrait adresser nos remerciements à la direction du département Génie Industriel l'ensemble de personnel de ENSTI Annaba, pour la richesse et la qualité de l'enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nous remercions aux membres de jury qui ont accepté d'examiner et d'évaluer notre travail

Nos remerciements sincères vont à l'entreprise Etrag et à l'ensemble des employés pour le temps qu'ils nous ont consacré tout au long de la période de stage.

Enfin, on remercie énormément nos chers parents, nos familles et nos amis qui ont été

Toujours là pour nous encourager

Aliane Salah Eddine

Merade Rania Melake

Dédicaces

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui.

Je dédie aussi ce travail à :

- Mes sœurs, mes frères et toute la famille.
- Tous mes amies, mes collègues et tous ceux qui m'estiment.

Salah Eddine

Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mon cher frère pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Rania Melak

Résumé :

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la recherche appliquée, il a pour objectif d'améliorer le contrôle qualité au sein de l'entreprise publique économique des Tracteurs Agricoles (EPE/ETRAG/Spa) à l'aide de la technique maîtrise statistique des processus MSP qui actuellement introduite dans des nombreuses entreprises pour assurer la qualité des produits fabriqués, elle devient indispensable pour atteindre le zéro défaut.

Abstract:

This project falls under the framework of applied research, and its objective is to improve quality control within the public economic enterprise for Agricultural Tractors (EPE/ETRAG/Spa) using the statistical process control technique which is currently being introduced in many companies to ensure the quality of manufactured products. SPC has become indispensable in order to achieve zero defects.

ملخص:

يأتي هذا المشروع في إطار البحث التطبيقي، وهدفه تحسين مراقبة الجودة داخل الشركة الاقتصادية العمومية للجرارات الزراعية باستخدام تقنية التحكم الإحصائي في العمليات والتي يتم إدخالها حاليًا في العديد من الشركات لضمان جودة المنتجات المصنعة. أصبحت هذه التقنية ضرورية لتحقيق هدف صفر عيوب.

Liste des abréviations

MSP :	Maitrise Statistique de Processus
SPC :	Statistique Processus Control
DIN 16912 :	Est une norme allemande qui spécifie les matériaux
ETRAG :	Entreprise Publique Economique des Tracteurs Agricoles

Liste des indices statistiques :

Cp :	Indice de capabilité de processus
Cpk :	Indice de mesure de dérèglement
Cm :	Indice de capabilité de la machine
Cmk :	Indice de mesure de dérèglement de la machine
Lcs :	Limites de contrôle supérieur
Lci :	Limites de contrôle inférieur
Lss :	Limites de surveillance supérieure
Lsi :	Limites de surveillance inférieure
Mg :	Moyenne globale
Eg :	Étendue globale
Lc :	Ligne centrale
σ :	Ecart-type
$\bar{X}$:	La moyenne arithmétique
Ts :	Limite de spécification supérieure
Ti :	Limite de spécification inférieure
n :	Taille des échantillon

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Paramètres statistique de la 1ère nuance de moi mai et juin.....	14
Tableau 2 Paramètres statistique de la 2ème nuance de moi mai et juin.....	14
Tableau 3. Paramètres statistique de la 1ère nuance de moi mars et avril	14
Tableau 4 : Paramètres statistique de la 2ème nuance de moi mai et juin	14
Tableau 5 : Résultats des données de la 1ère nuance de moi mai et juin.....	20
Tableau 6 : Résultats des données de la 2ème nuance de moi mai et juin.....	20
Tableau 7 : Résultats des données de la 1ère nuance de moi mars et avril.....	21
Tableau 8 : Résultats des données de la 2ème nuance de moi mai et juin.....	21

Liste des figures :

Figure 1 : Département des fonderies	3
Figure 2 : Etapes d'application de la MSP [4]	8
Figure 3 : Types de causes de variation dans un processus	8
Figure 4 : Carte de contrôle.....	9
Figure 5 : Schéma explicatif de l'indicateur Cp	12
Figure 6 : Schéma explicatif de l'indicateur Cpk	12
Figure 7 : carte contrôle des étendues 1 ^{ère} nuance de mois de Mai et juin	20
Figure 8 : carte contrôle des moyennes 1 ^{ère} nuance de mois de Mai et juin	20
Figure 9 : carte contrôle des étendues 2 ^{ème} nuance de mois de Mai et juin	20
Figure 10 : carte contrôle des moyennes 2 ^{ème} nuance de mois de Mai et juin... ..	21
Figure 11 : carte contrôle des étendues 1 ^{ère} nuance de mois de mars et avril.....	21
Figure 12 : carte contrôle des moyennes 1 ^{ère} nuance de mois de mars et avril.....	22
Figure 13 : carte contrôle des étendues. 2 ^{ème} nuance de mois de mars et avril.....	22
Figure 14 : carte contrôle des moyennes 2 ^{ème} nuance de mois de mars et avril.....	22
Figure 15 graphe de la capabilité 1 ^{ère} nuance de mois de Mai et juin	23
Figure 16 : graphe de la capabilité 2 ^{ème} nuance de mois de Mai et juin	23
Figure 17 : graphe de la capabilité 1 ^{ère} nuance de mois de mars et avril.....	24
Figure 18 : graphe de la capabilité 2 ^{ème} nuance de mois de mars et avril	24

Table de matière

Remerciements	1
Dédicaces	3
Résumé	4
Liste des abréviations	5
Liste des indices statistiques	6
List des tableaux	7
Liste des figures	8
Intoduction générale.....	1:
Chapitre1: Présentation de la Entreprise Publique Economique des Tracteurs Agricoles (EPE/ETRAG/Spa	2
I. Présentation de l'entreprise	2
1.1. Histoire de l'entreprise.....	2
1.2 Organigramme d'ETRAG	2
1.3 Moyens de production	2
2. Département fonderie	3
3. Motivation	3.
4. problématique.....	
Chapitre2 :Etude bibliographique sur la maitrise statistique du processu	4
1. Introduction	4
2. Article 1 : " Bell System Technical Journal"" par Walter A. Shewhart (1927)	4
2.1 Un Article Historique Fondateur.....	4
2.4Une Méthode Statistique Révolutionnaire	4
3. Article 2 : "Out of the Crisis" par W. Edwards Deming (1986)	4
3.3 Le Rôle Primordial de la Direction	5
3.4 Un Impact Durable sur l'Industrie Américaine	5
3.5 Une Œuvre Pionnière pour la Gestion de la Qualité	5

4. Article 3: "The Use of Statistical Process Control Techniques in Canadian Food Processing Plants" par A. M. Tari et al. (2012).....	5
5. Notre travaille.....	6
4. Conclusion	6
Chapitre 3 :Généralités et méthodologie sur la maitrise statistique du processus	
1. Etude bibliographie sur MSP	7
1.1 Historique	7
1.2 Définition	7
1.3 Bénéfices de la MSP.....	7
1.4 Objectif principale recherché à travers la mise en place de la MSP.....	7
1.5 Outils de la MSP.....	7
1.6 Etapes d'application de la MSP.....	7
1.7 Définition de processus	8
1.8 Principaux types de causes de variation dans un processus.....	8
1.8.1 causes communes ou naturelles de variation	8
1.8.2 causes spéciales de variation.....	8
1.9 Carte contrôle	9
1.9 .1 Définition.....	9
1.9.2 Types des cartes de contrôle	9
1.9.2.1 Carte de contrôle aux attributs	9
1.9.2.2 Carte de contrôle aux mesures	10
1. 11 Concepts de capabilité.....	11
1. 11.1 Définition.....	11
1. 11.2 Capabilité procédé	11
1.11.3 Capabilité d'une machine	12
1.12 Test statistique	13
1.12.1 Test d'ajustement de ks.....	13
1.12.2 Test de comparaison de moyenne	14

Table des matière

1.13Théorème Centrale Limite.....	15
1. Introduction	16
1.1 GG-25	16
1.2 Collecte des données	16
2. Description du langage R	16
3. Etude Statistique.....	16
4. Normalité des données	17
5. Test de comparaison des moyennes.....	17
5.1 Test de normalité de ks pour la période Mai et juin	18
5.2 Test de comparaison de student de période Mai et Juin	18
5.3 Test de normalité de ks pour la période Mars et avril.....	19
5.4 Test de comparaison de student de période Mars et avril.....	19
6. Carte contrôles.....	20
6.1 Carte de contrôle de mois de Mai et juin.....	20
6.2 Carte de contrôle de mois de mars et avril	21
7. Etude de capabilité	23
7.1 Par rapport à carte $\bar{X}$	23
7.2 Par rapport à carte R	24
Conclusion.....	24
Conclusion générale.....	27
Liste des références	28
Annexe	

Introduction Générale

Introduction Générale :

La notion de qualité est primordiale dans l'industrie manufacturière. Les entreprises cherchent constamment à produire des biens répondant aux exigences des clients et normes en vigueur. C'est dans cette optique que s'inscrit mon stage au sein de l'entreprise Etrag, spécialisée dans la fabrication de tracteurs.

Durant cette expérience, j'ai eu l'opportunité d'appliquer la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) au processus de production d'un matériau clé : la fonte grise GG-25. Largement utilisée pour les composants mécaniques comme les blocs-moteur, cette fonte offre un bon équilibre entre usinabilité et résistance mécanique. Cependant, sa composition, notamment sa teneur en carbone, doit être rigoureusement contrôlée pour assurer la qualité requise.

Sur une période de 45 jours, j'ai mené une étude approfondie en utilisant les outils de la MSP tels que les cartes de contrôle aux mesures (moyenne et étendue) et l'analyse de capabilité. Le langage statistique R m'a permis de traiter les données de production réelles fournies par Etrag. L'objectif était d'évaluer la maîtrise du processus et d'identifier d'éventuels dérèglements afin de prévenir la production de pièces défectueuses en GG-25.

1. Une présentation de l'entreprise
2. Etude bibliographique sur la maitrise statistique du processus
3. Généralités et méthodologie sur la maitrise statistique du processus
4. L'application des outils statistiques sur les données réelles de production du GG-25.

.

CHAPITRE1 :

**Présentation de la société Entreprise Publique Economique des Tracteurs
Agricoles (EPE/ETRAG/Spa)**

I. Présentation de l'entreprise

1.1. Histoire de l'entreprise

ETRAG est une société algérienne spécialisée dans le développement et la commercialisation de machines agricoles. La société est un acteur important du secteur agricole algérien, Elle a été créée le 29 juin 2009 suite à la scission de l'EPE CMT. Les principales activités d'ETRAG sont : production de tracteurs agricoles à roues, à double traction et à quatre roues motrices. Production de tracteurs fruitiers, de fauchage et d'élagages, et de tracteurs forestiers. Production de pièces de rechange pour les tracteurs et les moteurs DEUTZ. Voici quelques informations supplémentaires sur ETRAG :

Capital social : 4 456 080 000 00 DA

Date de sortie du premier tracteur : 02 /02/1974

Superficie : 33 ha dont 6,2 ha couverts

Capacité de production : 2 500 tracteurs/an

Chiffres d'affaires : 4 500 MDA en 2013

Adresse : Oued Hmimime El Khroub Constantine

Organigramme d'ETRAG

Il existe 5 division :

- Division commerciale
- Division technique
- Division production
- Division administration et finance
- Division planification et système d'information

Dans notre travaille, nous sommes intéressées de division production.

Moyens de production :

Il est existé 4 département de la division de production :

- Fonderie
- Forge
- Usinage
- Construction métallique

Dans notre travaille, nous somme intéresser de département fonderie.

2. Département fonderie

La fonderie de fonte (figure 1), c'est l'ensemble des ateliers qui sont participé lors de processus de la fabrication des pièces brutes de coulée en l'une des nuances des fontes adoptées à ETRAG.

➤ Atelier fusons

- Trois fours électriques à induction ;
- Balance ;
- Deux ponts roulants ;

- **Atelier moulage mécanique et noyautage**
 - Deux machines à mouler (secousse et pression supérieur) ;
 - Sablerie
 - Machines de noyautages
 - Châssis en fontes
- **Atelier moulage manuel et parachèvement**
 - Sablerie ;
 - Châssis en fontes
 - Deux malaxeurs

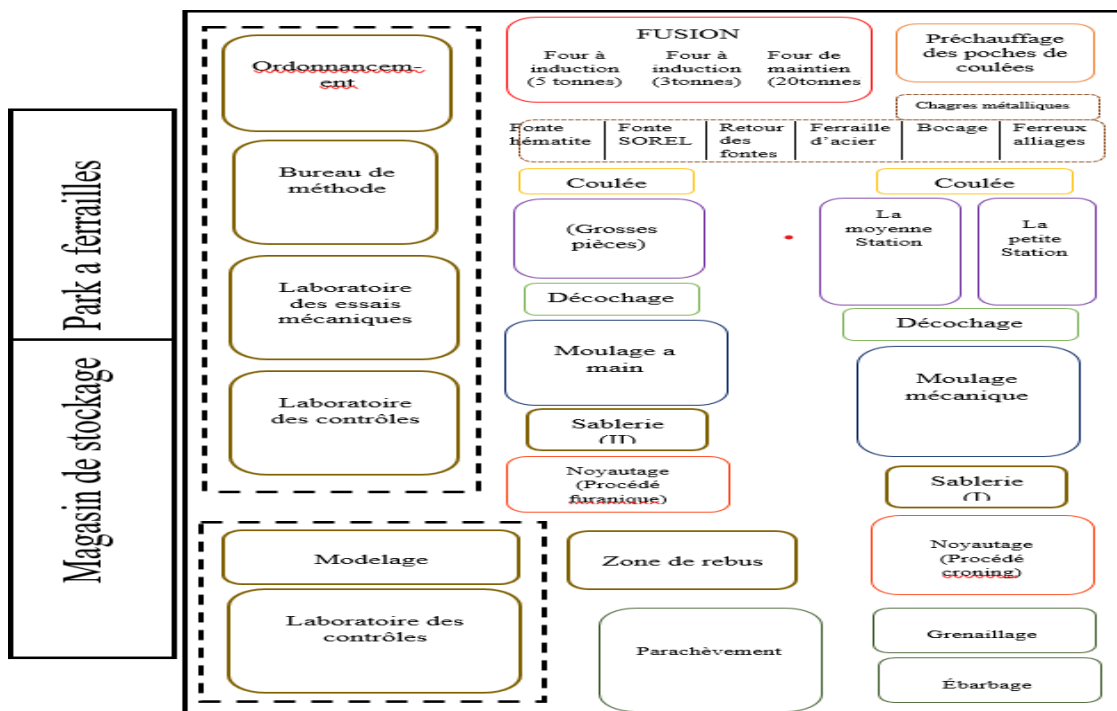


Figure 1

3. Motivation :

Dans un contexte de concurrence mondiale accrue et d'exigences croissantes en matière de qualité et de fiabilité des produits agricoles, l'industrie de fabrication de tracteurs fait face à des défis majeurs. La méthode de Maîtrise Statistique des Processus (MSP) apparaît comme un outil prometteur pour optimiser la production et garantir une qualité constante des tracteurs.

4. Problématique :

Dans quelle mesure l'implémentation de la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) peut-elle optimiser la qualité et l'efficacité de la production dans l'industrie des tracteurs agricoles ?

Chapitre 2 :
Etude bibliographique sur la maitrise statistique du processus

1. Introduction

La maîtrise statistique des processus (MSP), est une méthodologie statistique essentielle pour assurer la qualité et l'amélioration continue dans les processus industriels. Elle permet de surveiller, contrôler et optimiser les processus de production en utilisant des outils statistiques spécifiques. Cette approche a été développée et popularisée par des pionniers tels que Walter A. Shewhart, W. Edwards Deming et Joseph M. Juran, et elle est devenue un pilier fondamental de la gestion de la qualité moderne., dans cette étude bibliographique, nous allons examiner trois articles clés qui mettent en évidence l'importance de la MSP, ses principes fondamentaux et ses applications pratiques dans différents secteurs industriels.

2. Article 1 : " Bell System Technical Journal" par Walter A. Shewhart (1927)

2.1 Un Article Historique Fondateur

En 1927, Walter A. Shewhart a publié un article révolutionnaire dans le "Bell System Technical Journal". Cet écrit est considéré comme l'un des travaux fondateurs de la maîtrise statistique des processus (MSP), un domaine essentiel de l'amélioration continue de la qualité.

2.2L'Introduction des Cartes de Contrôle

Dans cet article pionnier, Shewhart a introduit le concept des cartes de contrôle, un outil graphique permettant de détecter les variations anormales dans un processus de production. Cette innovation a ouvert la voie à une surveillance efficace des processus industriels.

2.3 Une Distinction Cruciale

Shewhart a également établi une distinction cruciale entre les causes de variation Communes inhérentes au processus, et les causes de variation Spéciale dues à des facteurs extérieurs. Cette différenciation a permis de mieux et gérer la variabilité des processus.

2.4 Une Méthode Statistique Révolutionnaire

En démontrant que les cartes de contrôle permettaient de surveiller efficacement la variabilité d'un processus et de prendre des mesures correctives lorsque des variations anormales étaient détectées, Shewhart a jeté les bases de la MSP. Son article a fourni une méthode statistique révolutionnaire pour améliorer la qualité et la productivité dans les processus industriels. Cette contribution de Walter A. Shewhart a marqué un tournant décisif dans la gestion de la qualité et a ouvert la voie à de nombreuses avancées dans le domaine de la maîtrise statistique des processus.

3. Article 2 : "Out of the Crisis" par W. Edwards Deming (1946)

3.1 Expert Visionnaire de la Qualité

Au 20ème siècle, W. Edwards Deming s'est imposé comme l'un des principaux experts mondiaux de la qualité. Son ouvrage influent, "Out of the Crisis", publié en 1986, a présenté une approche holistique révolutionnaire pour la gestion de la qualité dans les entreprises.

3.2 La Maîtrise Statistique des Processus au Cœur du Système

Dans ce livre phare, Deming a souligné l'importance cruciale de la maîtrise statistique des processus (MSP) en tant qu'élément clé de son système de gestion de la qualité totale (TQM). Selon lui, la variabilité est inhérente à tous les processus, et la MSP est un moyen essentiel de comprendre et de réduire cette variabilité

3.3 Le Rôle Primordial de la Direction

Deming a insisté sur le rôle primordial que doit jouer la direction dans la promotion d'une culture d'amélioration continue basée sur des données factuelles, plutôt que sur des suppositions. Cette vision a remis en question les pratiques de gestion traditionnelles et a encouragé une approche plus rigoureuse et statistique.

3.4 Un Impact Durable sur l'Industrie Américaine

L'ouvrage "Out of the Crisis" a largement contribué à la diffusion de la MSP dans l'industrie américaine. Son influence a inspiré de nombreuses entreprises à adopter une approche plus scientifique et statistique pour améliorer la qualité de leurs produits et services, en mettant l'accent sur la réduction de la variabilité et l'utilisation de données probantes.

3.5 Une Œuvre Pionnière pour la Gestion de la Qualité

Avec cette œuvre pionnière, W. Edwards Deming a cimenté son héritage en tant que figure emblématique de la gestion de la qualité. "Out of the Crisis" a révolutionné la façon dont les entreprises abordent la qualité, en plaçant la MSP au cœur d'une approche globale d'amélioration continue, soutenue par un leadership engagé et une culture d'apprentissage continu.

4 Article 3: "The Use of Statistical Process Control Techniques in Canadian Food Processing Plants" par A. M. Tari et al. (2012)

Cette étude empirique, publiée dans le Journal of Food Protection, a exploré l'adoption et l'utilisation des techniques de maîtrise statistique des processus (MSP) au sein de l'industrie agroalimentaire canadienne. Pour ce faire, les auteurs ont mené une enquête détaillée auprès de 122 usines de transformation alimentaire afin d'évaluer non seulement le niveau d'adoption des techniques MSP, mais aussi les avantages perçus par les entreprises qui les utilisent. Les résultats de cette enquête ont révélé que la majorité des usines de transformation alimentaire

Employaient au moins une technique de MSP, telles que les cartes de contrôle ou l'analyse de capacité. Les principales motivations pour l'adoption de la MSP incluaient l'amélioration de la qualité des produits, la réduction des coûts de production, et la conformité aux réglementations strictes imposées par les autorités sanitaires. Cette étude met en lumière l'importance cruciale de la MSP dans l'industrie agroalimentaire, où la qualité et la sécurité des aliments sont des enjeux de première importance. Elle démontre que la mise en œuvre réussie de la MSP dans ce secteur permet non seulement de garantir des standards élevés de qualité, mais aussi d'optimiser les processus de production et de réduire les coûts associés à la non-qualité, en outre, cette recherche souligne que les techniques de MSP ne sont pas limitées à l'industrie manufacturière traditionnelle. Elles peuvent être appliquées avec succès dans divers secteurs industriels pour atteindre des objectifs de qualité élevés. L'étude illustre également que la MSP contribue de manière significative à l'amélioration continue et à la gestion de la qualité, en aidant les entreprises à répondre aux exigences réglementaires tout en améliorant leur performance opérationnelle

En résumé, cette enquête démontre l'impact positif et les multiples bénéfices de l'adoption des techniques de MSP dans l'industrie agroalimentaire canadienne, faisant ressortir la pertinence et l'efficacité de ces techniques dans divers contextes industriels.

5. Notre travail :

De notre travail, on va appliquer la MSP avec les tests statiques pour savoir si la MSP confirme les décisions des tests statiques et pour éviter les déférences des pièces études et les cas critiques des procès d'une formule générale

6. Conclusion

La maîtrise statistique des processus (MSP) est essentielle pour garantir la qualité et l'amélioration continue des processus de production. Depuis, les travaux fondateurs de Walter A. qui a introduit les cartes de contrôle en 1927, la MSP a évolué pour devenir un pilier de la

gestion de la qualité moderne. W. Edward Deming a ensuite intégré la MSP dans son système de gestion de la qualité total, soulignant l'importance de la direction et de l'amélioration continues. Plus récemment, des études empiriques, comme celles de Tari et al, en 2012, ont démontré l'efficacité de la MSP dans divers secteurs industriels, y compris l'industrie agroalimentaire.

CHAPITRE 3

Généralités et méthodologie sur la maitrise statistique du processus

1. Etude bibliographie sur MSP :

1.1 Historique :

C'est en 1929 que Stewart a présenté sa célèbre « Control Chart », ouvrant n'ayant que dans les années 60 que Deming a su insuffler un regain d'intérêt à cette technique. En effet, les Japonais avaient déjà compris l'enjeu que représentait la qualité au lendemain de la deuxième guerre mondiale. Cette théorie a déferent forme aujourd'hui la lancée d'une statistique de prévention.

[1]

1.2 Définition :

La Maîtrise Statistique des Processus (MSP) est un ensemble d'actions pour évaluer, régler et maintenir un processus de production en état de livrer tous ses produits conformes aux spécifications retenues [2]

La MSP, où Maîtrise Statistique des Procédés, est une stratégie préventive dont l'objectif est d'atteindre et de maintenir le niveau de qualité requis tout au long du processus de fabrication

1.3 Bénéfices de la MSP :

La MSP est un outil qui permet :

- D'élever le niveau de la qualité,
- De faire baisser les coûts de la non qualité,
- De diminuer les dérives et de stabiliser la production. [3]

1.4 Objectif principale recherché à travers la mise en place de la MSP :

L'amélioration de la production et de la productivité c'est un dire un effort continu visant à accroître l'efficacité et l'efficacité de la production afin d'atteindre des objectifs de croissance et de compétitivité. [2]

1.5 Outils de la MSP :

D'une manière générale, sous le vocable de la MSP est regroupé l'ensemble des outils graphiques et statistiques d'analyse et de pilotage d'une production

- L'histogramme
- Le diagramme d'Ishikawa ou causes-effets
- Le diagramme de Pareto
- Le diagramme de concentration des défauts
- Le diagramme de corrélation
- La carte de contrôle

1.6 Etapes d'application de la MSP :

- **Identification de la problématique :** Identifier la situation problématique consiste à reconnaître et à définir clairement les problèmes ou les défis auxquels une organisation est confrontée dans un domaine spécifique
- **Analyse des éléments du problème :** L'analyse des éléments du problème consiste à examiner en détail les différents aspects, composants ou facteurs qui contribuent à la situation problématique identifiée

Chapitre 3 : Généralité et méthodologie sur la maîtrise statistique du processus

- **L'identification des causes :** L'identification des causes consiste à déterminer les facteurs ou les raisons qui sont à l'origine de la situation problématique identifiée.

Mesure, contrôle et amélioration du procédé : contrôler et la détermination des indices de capabilités et la surveillance du processus par carte de contrôle. [4]

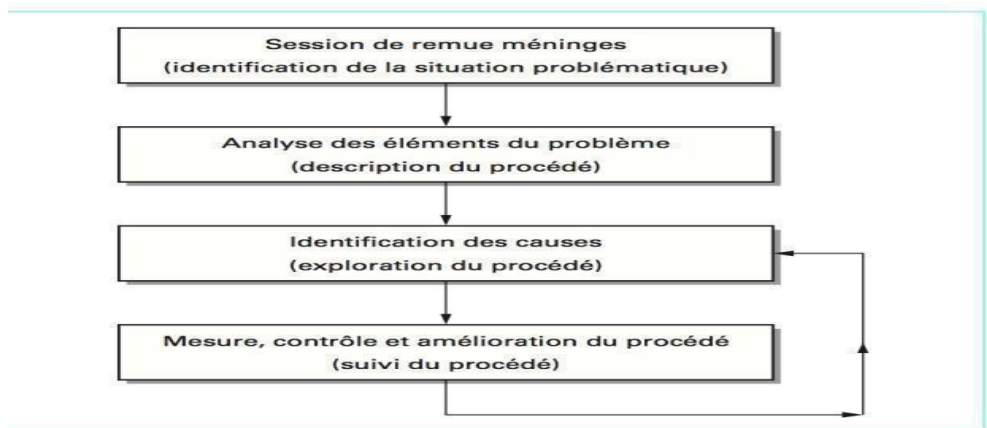


Figure2

Pour cela c'est essentiel de définir quelque notion importante sur le processus.

1. 7 Définition de processus

Un processus est un ensemble d'activités coordonnées qui utilise des ressources pour transformer des éléments d'entrée en éléments de sortie à valeur ajoutée, décrivant ainsi l'organisation du travail vers un objectif donné

1.8 Principaux types de causes de variation dans un processus [5]

En général, peu importe la manière dont il est bien ou soigneusement entretenu, il subsiste toujours une variation entre les différents services ou produits d'un même processus.

1.8.1 causes communes ou naturelles de variation

Ce sont des causes fréquentes, aléatoires, structurelles, inhérentes au processus étudié et qu'on ne peut pas empêcher à moins de changer le processus lui-même

1.8.2 causes spéciales de variation

Ce sont des causes irrégulières, inhabituelles et pour lesquelles une étiologie peut être retrouvée. C'est le cas d'un brusque changement dans la méthode de travail, d'une dégradation des Compétences, d'une défaillance du matériel, ou de l'arrivée d'un nouveau personnel. Toute cause permettant une variation inattendue des résultats est dite spécial.

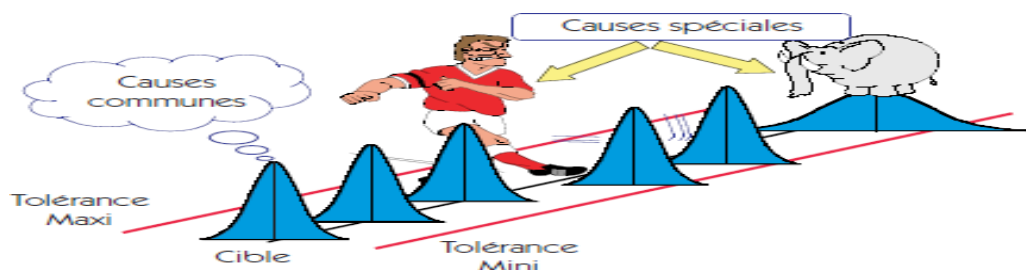


Figure3

1.9 Carte contrôle :

1.9. Définition :

Une carte de contrôle, également appelée graphique de contrôle, est un outil utilisé dans le domaine du contrôle de la qualité pour surveiller et maintenir la stabilité d'un processus au fil du temps, Elle représente d'une cette figure.

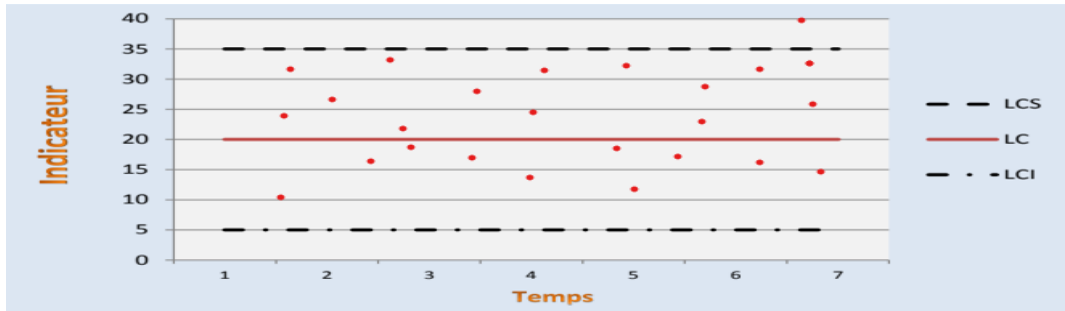


Figure 4

1.9.2 Types des cartes de contrôle.

Selon la nature de la caractéristique suivie, les cartes de contrôle peuvent être classées en deux grandes branches : les cartes de contrôle aux mesures et les cartes de contrôle aux attributs [6].

1.9.2.1 Carte de contrôle aux attributs [7].

Les cartes de contrôle aux attributs sont destinées à surveiller la qualité de la production de façon plus grossière : conformité ou non-conformité, nombre de défauts ...

- **La carte P**

Est un graphique sur le quel est portée la proportion de défectueux observé dans échantillon en fonction des instants de prélèvements

$$p = \frac{d}{n} = \frac{\text{nombre de pièces défectueuses}}{\text{taille de l'échantillon}}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

$$LC = \bar{p} \quad \text{ou} \quad \sum_{i=1}^k \quad \text{pour } k \text{ échantillon}$$

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k}}$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k}}$$

On indique sur cette carte la proportion moyenne de défectueux ainsi que LSC_p et LIC_p

La carte NP

Est un graphique sur le quel est pointée le nombre de défectueux observé dans chaque échantillon en fonction de temps.

On indique sur cette carte le nombre moyen de défectueux ainsi que LSC_{np} et LIC_{np}

$$LC = \bar{P} \text{ ou } \text{pour } k \text{ échantillon}$$

$$LCS_{np} = K\bar{p} + 3\sqrt{K\bar{p}(1 - K\bar{p})}$$

$$LIC_{np} = K\bar{p} - 3\sqrt{K\bar{p}(1 - K\bar{p})}$$

La carte C

Est un graphique sur le quel est pointée le nombre de défauts par unité contrôlée en fonction des instants de prélèvement. Le tracé de la carte comporte également la position du nombre moyen de défauts par unité contrôlée.

Soit C_i : nombre de défaut observé pour la $i^{\text{ème}}$ unité contrôlée.

Pour k échantillons (unités) le nombre moyen de défauts observé sur l'ensemble de k unités est :

$$LC = C - 3\sqrt{C} \text{ Pour } k \text{ échantillon}$$

$$LC = \bar{C} = \frac{\sum C_i}{k}$$

1.9.2.2 Cartes de contrôle aux mesures :

Les cartes de contrôle sont fréquemment utilisées lorsque les caractéristiques sont mesurables, telles que le poids ou la longueur. En d'autres termes, elles servent à contrôler des variables quantitatives continues. Les types les plus courants de cartes de contrôle sont la carte de contrôle des moyennes et la carte R. Leur objectif est de déterminer si une caractéristique spécifique, mesurable, est sous contrôle statistique, ce qui signifie que le processus est stable. Ces cartes permettent de suivre l'évolution d'un processus en traçant la moyenne et l'étendue des mesures individuelles dans le temps.

Elles sont délimitées par deux types de limites :

Limites de surveillance (supérieure et inférieure) :

Indiquent la plage de variation normale du processus Elles définissent un intervalle plus large autour de la moyenne du processus, généralement à ± 2 écart- types (ou 95% de confiance).

$$LSS_X = \bar{X} + A_c \times \bar{R}$$

$$LIS_X = \bar{X} - A_c \times \bar{R}$$

- **Les limites de contrôles** : LC permettent la présence de causes spéciales de variation, généralement dues à des facteurs non aléatoires, comme des erreurs de réglage ou des défauts de matériau

$$LSC_{(X,R)} = \bar{X} + A_c \times \bar{R}$$

$$LSC_{(X,R)} = \bar{X} - A_c \times \bar{R}$$

1.10 Limites de tolérance et limites naturelles :

Il est courant de piloter le processus à partir des limites de tolérances données par notre client. Si une pièce est dans la tolérance, on ne touche rien, si elle est hors tolérance, on cherche à modifier le processus pour que les pièces suivantes soient bonnes. Le MSP introduit la notion de limites naturelles. Ces limites se calculent à partir de la moyenne et de -3 écarts type pour la limite inférieure et 3 écarts types pour la limite supérieure, cet intervalle (cela correspond à 99,8% des pièces) représente la variation permise de la moyenne de chaque échantillon et va permettre de contrôler de procédé statistiquement (TCL) [5]

1. 11 Concepts de capacité :

1. 11.1 Définition :

La capacité se mesure par le rapport entre la performance demandée et la performance réelle d'une machine ou d'un procédé. Elle permet de mesurer la capacité d'une machine ou d'un procédé à réaliser des pièces dans l'intervalle de tolérance fixé par le cahier des charges.

Nous distinguons deux types de capacité :

- La capacité procédée.
- La capacité machine.

1. 11.2 Capacité procédé :

Un procédé peut être caractérisé par 5 paramètres appelés les 5 M :

- Milieu.
- Matière.
- Méthodes.
- Machine.
- Main d'œuvre.

La dispersion globale traduit les influences des 5 paramètres sur le procédé.

Nous distinguons deux indicateurs de capacité procédé à savoir :

Capacité intrinsèque du procédé C_p .

Indicateur de déréglage C_{pk} .

- **Capacité intrinsèque du procédé (C_p):**

Chapitre 3 : Généralité et méthodologie sur la maitrise statistique du processus

Cet indicateur compare la performance du procédé (intervalle de tolérance) et la performance obtenue (la dispersion). [8]

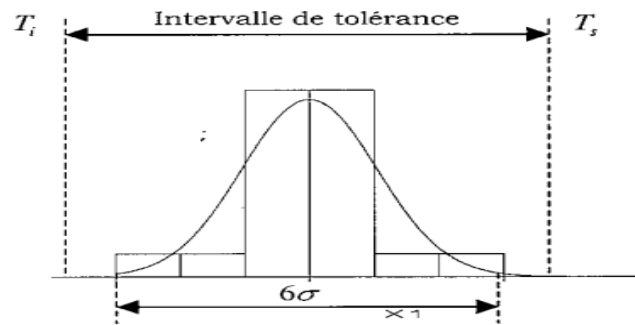


Figure 5

Il est calculé par la formule suivante :

$$C_p = \frac{IT}{6\sigma}$$

IT : intervalle de tolérance.

σ : écart type

- Si $C_p < 1$ alors le procédé est incapable de fournir la précision désirée.
- Si $C_p > 1$ alors le procédé est capable, le procédé est d'une précision acceptable.

➤ Indicateur de déréglage Cpk :

Cet indicateur tient compte du déréglage du procédé par rapport à la valeur cible, il compare les deux distances D_1 et D_2

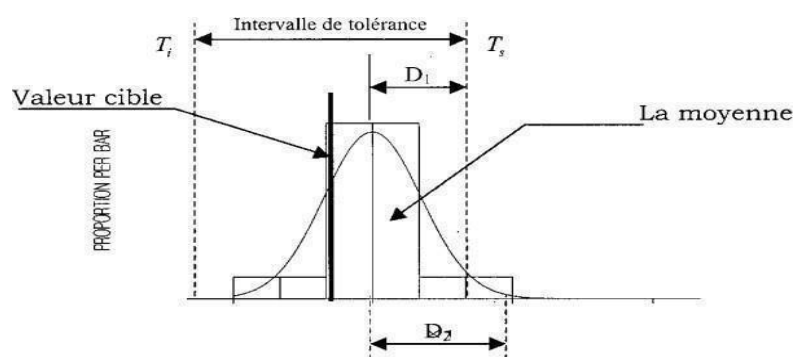


Figure 6

$$C_{pk} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\text{Dist}(\bar{X}, L_{pp})}{3\sigma} \quad \text{Avec : } L_{pp} : \text{La limite la plus proche (T, ou } T_s)$$

1.11.3 Capabilité d'une machine :

Chapitre 3 : Généralité et méthodologie sur la maîtrise statistique du processus

L'indice C_m (capabilité machine) est un indicateur utilisé pour évaluer la performance d'une machine en termes de précision et de répétabilité du processus de production. Il représente le rapport entre l'étendue de la tolérance spécifiée et la dispersion réelle des caractéristiques mesurées sur les pièces produites par la machine, une valeur élevée de C_m signifie que la dispersion des caractéristiques est faible par rapport aux tolérances, ce qui indique une bonne capabilité de la machine à produire des pièces similaires de manière constante, cependant, un C_m élevé ne garantit pas nécessairement que toutes les pièces soient conformes aux spécifications, car cet indice ne tient pas compte du positionnement de la dispersion par rapport à la valeur cible, Il est donc important de considérer également le centrage du processus par rapport aux limites de tolérance.

Il est calculé par la formule suivante :

$$C_m = \frac{IT}{6\sigma}$$

C_m mesure l'étendue de la dispersion du processus par rapport aux tolérances. Un C_m élevé indique une faible dispersion. C_{mk} prend en compte à la fois la dispersion (comme C_m) et le centrage du processus par rapport au milieu des tolérances, une valeur cible raisonnable pour C_{mk} est 1,67 minimum. Cela assure une dispersion acceptable et un bon centrage sans sur-qualité.

Lorsque $C_{mk} = C_m$, cela signifie que le processus est parfaitement centré au milieu des tolérances, ce qui est idéal. C_{mk} permet d'évaluer la capabilité globale du processus en considérant à la fois la dispersion et le centrage, deux éléments clés pour la conformité. Il est calculé par la formule suivante

$$C_{mk} = \frac{D_1 - \frac{Dist(X, \bar{L}_{Ipp})}{3\sigma}}{D_2}$$

Si $C_m > 1.33$ et $C_{mk} > 1.33$ alors machine capable et bien centrée.

Si $C_m > 1.33$ et $C_{mk} < 1.33$ alors machine capable et mal centrée (dérégulée).

Si $C_m < 1.33$ alors machine incapable.

1.12 Test statistique :

Un test statistique est une méthode formelle utilisée pour évaluer une assertion ou une hypothèse sur une population en se basant sur des données échantillonnées. En d'autres termes, il permet de déterminer la crédibilité d'une hypothèse sur une population en se fondant sur les données d'un échantillon représentatif de cette population. Il existe plusieurs types mais nous sommes intéressées de type :

1.12.1 Test d'ajustement de ks : Le test de Kolmogorov- Smirnov (KS) est un test non paramétrique qui permet de vérifier si un échantillon de données suit une loi de probabilité particulière. Il est couramment utilisé pour tester

Chapitre 3 : Généralité et méthodologie sur la maîtrise statistique du processus

l'ajustement d'un ensemble de données à une distribution théorique connue, comme la loi normale ou la loi exponentielle

Hypothèses du test :

- ☐ Hypothèse nulle (H0) : Les données suivent la loi de probabilité spécifiée
- ☐ Hypothèse alternative (H1) : Les données ne suivent pas la loi de probabilité spécifiée.

Calcul de la statistique de test :

La statistique de test est calculée comme suit :

$$D_{KS}(F, \hat{F}) = \max \left\{ \left| \frac{F(X_i) - \frac{i}{n}}{n} \right|, \left| \frac{F(X_i) - \frac{i-1}{n}}{n} \right| \right\} \quad \text{Telle que :}$$

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < X_1 \\ \frac{i}{n} & \text{pour } x_i \leq x < x_{i+1} \\ 1 & \text{pour } x \geq x_n \end{cases} \quad F(x) = \frac{\text{Nombre d'éléments } \leq x \text{ dans l'échantillon}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1_{X_i \leq x}$$

Prise de décision :

La valeur calculée de la statistique de test D_{KS} est ensuite comparée à la valeur critique de la distribution du pour un certain niveau de signification (généralement 5%) .

- $D > D_{\alpha}$, rejeter H0 (les données ne suivent pas la loi de probabilité spécifiée).
- $D \leq D_{\alpha}$, ne pas rejeter H0 (les données suivent la loi de probabilité spécifiée).

1.12.2 Test de comparaison de moyenne

Pour comparer deux moyennes dans le cas paramétrique c est à dire les données suivent la loi normale et lorsque les échantillons sont de petite taille, on utilise généralement le test t de Student.

Ce test permet de déterminer si la différence observée entre les deux moyennes est statistiquement significative ou si elle peut être attribuée au hasard de l'échantillonnage.

Hypothèses :

- Hypothèse nulle (H0) : Les deux moyennes sont égales ($\mu_1 = \mu_2$)
- Hypothèse alternative (H1) : Les deux moyennes sont différentes ($\mu_1 \neq \mu_2$)

Calcul de la statistique de test t:

La statistique de test est calculée comme suit :

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}} \sim T(n_1 + n_2 - 2) \quad \text{avec} \quad s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Telle que :

$\bar{X}_1$ et $\bar{X}_2$ sont les moyennes des deux échantillons

S_1^2 et S_2^2 sont les variances des deux échantillons

n_1 et n_2 sont les tailles des échantillons

Les degrés de liberté sont calculés par : $ddl = n_1 + n_2 - 2$

Prise de décision :

Fixer un seuil de signification α (généralement 0,05 ou 0,01) et trouver la valeur critique de t pour les ddl et α donnés dans la table de la loi de Student et comparer la valeur calculée de t à la valeur critique

Si $|t| > \text{valeur critique}$, on rejette H_0 (les moyennes sont significativement différentes)

Si $|t| \leq \text{valeur critique}$, on ne peut pas rejeter H_0 (pas de différence significative)

1.13 Théorème Centrale Limite :

Ce théorème a été envisagé par Gauss, le créateur de la distribution normale, aux environs de 1800 dans le cadre de sa théorie des erreurs. Cependant, la preuve complète n'a été obtenue qu'au début de ce siècle, indépendamment par deux mathématiciens, dont Alan Turing, l'inventeur des ordinateurs modernes. Le théorème centrale limite permet d'estimer efficacement la moyenne μ d'une population en base sur l'une ou plusieurs moyennes d'échantillonnages.

Si les échantillons sont identiquement distribués (même espérance μ et même variance σ) et si nous sommes en présence d'un nombre élevé d'observation indépendante, alors la distribution des moyennes d'échantillonnage tendra vers la distribution de la loi normale.

Peu importe la population, il est possible de vérifier que la représentation de chaque moyenne d'échantillon dans un histogramme donne clairement une configuration gaussienne

Selon le TCL, plus la taille de l'échantillon est grande, plus la moyenne empirique de ces mesures aléatoires se rapprochera de l'espérance μ de la population de référence.

Afin de préciser la valeur de l'espérance de la population générale le TCL fait intervenir la notion d'intervalle de confiance.

Pour n assez grand, la probabilité est de 99,73% que $-\frac{y-3\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \frac{y+3\sigma}{\sqrt{n}}$ quand les moyennes

D'investigation ne sont pas aussi importants, appliquer le théorème de limite central peut ainsi permettre de réaliser une bonne inférence statistique en enregistrant des économies de temps et d'argent. [9]

Chapitre 4 :

**L'application des outils statistiques sur les données réelles de production du
GG-25.**

1. Introduction :

Ce chapitre a pour objet d'améliorer le contrôle qualité au sein de la société Etrag spécialisée dans la fabrication des tracteurs à l'aide de la technique MSP qu'il a actuellement introduite dans de nombreuses entreprises pour assurer la qualité des produits fabriqués et pour étudier la capacité du processus, dans notre étude nous sommes intéressés à étudier une pièce matériau très importante dans la fabrication des tracteurs, c'est GG-25 avec ses composants l'objectif était d'évaluer et de comprendre les variations et les caractéristiques des données, ainsi que leur influence sur la qualité du produit final.

1.1 GG-25 :

Le GG-25 est une fonte grise définie par la norme DIN 16912, largement utilisée dans des composants mécaniques tels que les blocs-moteur, les bases de machines-outils et divers composants automobiles. Cette fonte offre un bon équilibre entre facilité d'usinage et résistance mécanique. Sa composition inclut principalement du fer, du carbone, du silicium, du manganèse et du phosphore. Cependant, dans le cadre de notre étude, nous nous concentrons spécifiquement sur une composante très importante dans la fabrication du GG-25 qui sont le carbone. [10]

1.2 Collecte des données :

Dans le cadre de notre étude sur le processus de fabrication, nous avons analysé les données recueillies sur une période de quatre mois, en mettant l'accent sur deux nuances importantes. La première nuance correspond aux résultats initiaux obtenus après le mélange des composants chimiques (carbone, manganèse, silicium), avant la structure finale. La deuxième nuance représente les résultats finaux après l'ajustement des paramètres chimiques. Nous avons examiné ces données de manière approfondie afin de comprendre leur impact sur le processus de fabrication et la composition du matériau final. Pour cette analyse, nous avons utilisé le langage R et appliqué quelque outil statistique.

2. Description du langage R :

R est un logiciel de statistique créé en 1995 par Ross Ihaka et Robert Gentleman, inspiré du langage S développé à Bell Labs. C'est un environnement de programmation open source orienté objet, permettant de manipuler des données, tracer des graphiques et réaliser des analyses statistiques avancées. L'objectif principal de R est de fournir un outil puissant et flexible pour la mise en œuvre de méthodes statistiques.

3. Etude Statistique :

Dans cette section, on s'intéresse au calcul des paramètres statistiques de chaque série de données pour du carbone 1^{ère} nuance et 2^{ème} nuance en utilisant le logiciel R pour les données le mois Mars jusqu'au mois juin.

➤ 1^{ère} nuance de mois : Mai et Juin

On déclare d'abord cette série sous le nom « N1 », puis on calcule les différents paramètres comme suit :

N1<-c(2.99,2.98,3.26,2.88, 2.80, 2.87, 2.99,3.01,3.01,2.81,3.06,2.95,3.22, 3.01,3.01,3.06,3.12,3.15,2.89,3.22,3.01,3.22,3.01 3.01,3.06,3.12,3.02,3.02 ,2.97,2.93,2.93,2.93,2.93,3.02,3.11,3.15,3.21,3.17,3.19,2.99,3.25,3.16,3.30 1,3.14)

- Summary(N1)

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

2.80 3.02 3.03 3.04 3.17 3.22

- Var(N1)

[1] 0.38

On résume tous ces paramètres dans le tableau suivant :

Tableau 1:

Paramètres statistique	Min	1st Qu	Median	Mean	3Qu	VAR	Max
Résultats	2.80	3.02	3,1	3.04	3.17	0.38	3.22

➤ **2^{ème} nuance de mois Mai et Juin:**

D'une façon similaire on déclare la série sous le nom «N2», en calculant les différents paramètres comme suit:

Tableau 2:

Paramètres statistique	Min	1st Qu	Median	Meqn	VAR	3 Qu	Max
Résultats	3.1	3.23	3.03	3.38	0.89	3.46	3.67

➤ **1^{ère} nuance de mois mars et avril :**

D'une façon similaire on déclare la première série sous le nom «N3».

Tableau3:

Paramètres statistique	Min	1st Qu	Median	Mean	3Qu	VAR	Max
Résultats	2.69	2.93	3,01	3.06	3.1	0.395	3.40

➤ **2^{ème} nuance de mois mars et avril :**

D'une façon similaire on déclare la série sous le nom «N4 », en calculant les différents paramètres comme suit:

Tableau4

Paramètres statistique	Min	1st Qu	Median	Mean	3 Qu	Max	Var
Résultats	3.03	3.41	3.45	3.35	3.66	3.91	1.32

4. Normalité des données :

Dans notre étude on a pris un échantillon de taille 48 et d'après le théorème de limite centrale TCL quand $n > 30$, la variable aléatoire X suit approximativement une loi normale.

5. Test de comparaison des moyennes

Dans cette section, on va vérifier s'il existe une différence significative entre la 1^{ère} et la 2^{ème} nuance pour chaque période pour cela, on va utiliser un test de comparaison des moyennes ainsi

avant effectuer un test de comparaison, on doit d'abord vérifier la normalité des données à partir d'un test non paramétrique, c'est le test de ks.

5.1 Test de normalité de ks pour la période Mai et juin

On va tester les hypothèses

$H_0 : x \text{ suivi } \square N(m, \sigma)$

$H_1 : x \text{ ne suive pas } N(m, \sigma)$

➤ 1^{ère} nuance

L'exécution du test est comme suit :

```
X<-c(2.96,2.97,3.10,3.13,3.04,2.96,3.13,3.09)
```

```
KS. Test (X, mean(X), sd(X))
```

Exact two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: X and mean(X)

D = 0.5, p-value = 1

alternative hypothesis: two-side

➤ 2^{ème} nuance

```
X1<-c(3.49,3.31,3.29,3.39,3.26,3.47,3.41,3.38)
```

```
> KS. Test (X3, mean(X3), sd(X3))
```

Exact two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: X3 and mean(X3)

D = 0.5, p-value = 1

alternative hypothesis: two-sided

Décision : Comme p-value > 0.05 on accepte H_0 c'est à-dire les moyennes séries 1 sur la 1^{ère} et la 2^{ème} nuance suivent la loi normale

5.2 Test de comparaison de student de période Mai et Juin

Comme les données suivent la lois normal et $n=8<30$ de on applique le t.test pour comparais les moyennes

Hypothèse

$H_0 \ m_1=m_2$ il y a déférences significatives entre la 1^{ère} et 2^{ème} nuance

$H_1 \ m_1 \neq m_2$ il n'y a pas déférences significatives entre la 1^{ère} et 2^{ème} nuance

➤ Exécution de test et comme suit :

```
> N1 <-c(2.96,2.97,3.10,3.13,3.04,2.96,3.13,3.09)
```

```
>N2<-(3.49,3.33,3.28,3.39,3.25,3.47,3.41, e3.39)
```

```
>t.test(N1, N2. paired = FALSE)
```

Welch Two Sample

t-test

Data: N1 and N2

t-8.8011, df = 13.582, p-value = 5.58e-07

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval: <-0.4199856 -0.2550144

Sample estimates:

Mean of x mean of y 3.0375 3.3750

Décision :D'après le résultat du test de comparaison comme p. Value > 0.05 on accepte l'hypothèse H_0 donc, il n'y a pas une différence significative de la première nuance et la deuxième nuance.

5.3 Test de normalité de ks pour la période Mars et avril

D'une façon similaire, on effectue le test de normalité de ks et le test de comparaison de student.

➤ 1^{ère} nuance

```
X2<-c(3.04, 2.895,3.073333,2.816667,3.246667,3.016667,3.263333,3.138333)
```

```
> ks.test(X2,mean(X2),sd(X2))
```

Exact two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: X2 and mean(X2)

D = 0.5, p-value = 1

alternative hypothesis: two-sided

➤ 2^{ème} nuance :

```
X3<-c(3.20,3.51,3.36,3.46,3.30,3.14,3.16,3.25)
```

```
> ks.test(X3, mean(X3),sd(X3))
```

Exact two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: X3 and mean(X3)

D = 0.5, p-value = 1

Décision : Comme p-value > 0.05 on Accepte H_0 , c'est-à-dire les moyennes de la 1^{ère} et la 2^{ème} nuance de cette période suivent la loi normale.

5.4 Test de comparaison de student de période Mars et avril

```
> N3<-c(3.04,2.89, 3.07,2.81,3.24,3.01,3.26,3.13)
```

```
>N4<-c(3.20,3.5, 3.36,3.46,3.30,3.14,3.16,3.25)
```

```
>t.test(N3, N4,paired = FALSE)
```

Welch Two Sample

t-test

Data: N3 and N4

t=8.8011, df = 13.582, p-value = 5.58e-07

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to

95 percent confidence interval: <-0.4999856 -0.650144

Sample estimates:

Mean of x mean of y 3.03337 3.06

Décision : D'après le résultat du test de de comparaison p. Value > 0.05 on accepte l'hypothèse donc il n'y a pas une différence significative de la première nuance et la deuxième nuance.

6. Carte contrôles :

Dans cette section, on s'intéresse aux cartes de contrôle aux mesures. Pour la 1^{ère} et la 2^{ème} nuance pour chaque période.

6.1 Carte de contrôle de mois de Mai et juin :

➤ 1^{ère} nuance

Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel Excel.

Moyenne	2,96	2,97	3,1	3,13	3,04	2,96	3,13	3,09
Étendu	0,46	0,25	0,21	0,31	0,11	0,15	0,19	0,35

Tableau 5

Mg = 3,04 et Eg = 0,25 Lsc = 0,5 Lic = 0,05 Lss = 0,43 Lis = 0,11

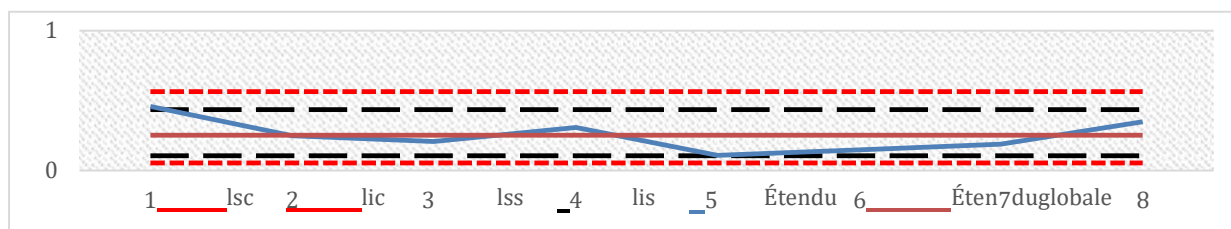


Figure 7 : carte contrôle des étendues

Lsc = 3.17 Lic = 2.92 Lss = 3.12 Lis = 2.96

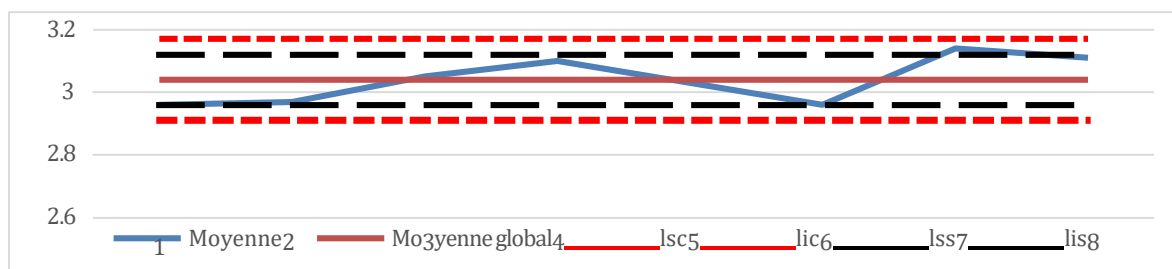


Figure 8: carte contrôle des moyennes

➤ 2^{ème} nuance :

Moyenne	3,49	3,31	3,29	3,39	3,26	3,47	3,41	3,38
Étendu	0,23	0,4	0,30	0,20	0,31	0,34	0,42	0,4

Tableau 6

Mg=3.38 Eg=0.325 Lsc=0.721 Lic=0.068 Lss = 0.559 Lis = 0.136

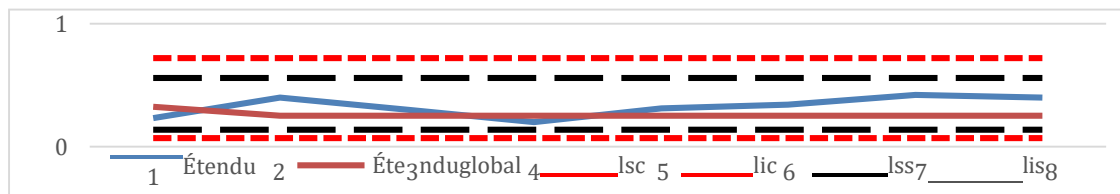


Figure 9 : carte contrôle des étendues

Lsc = 3.54 Lic = 3.21 Lss = 3.48 Lis = Mg - As * 3.27

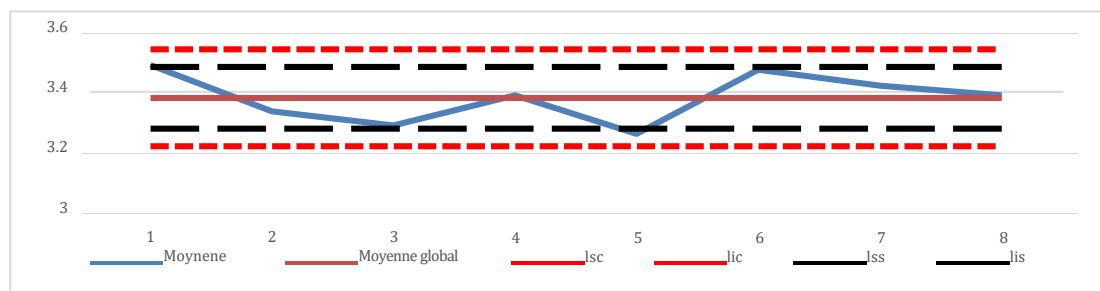


Figure 10 : carte contrôle des moyennes

Interprétation :

- À partir de la carte de contrôle des étendues de la composante carbone du 1ère nuance les échantillons entre (LIS, LIC) et (LSS, LSC) il y a une tendance de 97.5% au dérèglement du processus d'où le processus dérive pour cela il est indiqué de prélever immédiatement un nouvel échantillon pour confirmer ou infirmer cette tendance.
- Mais pour la 2^{ème} nuance du mois de mai et juin montré ci-dessus on a bien remarqué que les échantillons de la série GG -25 sont situés entre les limites de surveillance et les limites de contrôles, on considère le processus est bien réglé, si celui-ci confirme le précédent on possède un réglage immédiat en identifiant les causes communes.
- Pour les deux cartes de contrôle des moyennes de la 1^{ère} et 2^{ème} nuances les pointes au – delà de LSC et LIC cela veut dire qu'il y a 99.8 % de chances de dérèglement, en éliminant les pièces fabrique dans cette période, et arrêts la fabrication en identifiant les causes spéciales.
- Donc un y pas une déférence entre l'état de processus de la premier et 2^{ème} nuance que confirme la décision de test compression de student.

6.2 Carte de contrôle de mois de mars et avril :

➤ 1^{ère} nuance

Moyenne	3,04	2,895	3,073333	2,816667	3,246667	3,016667	3,263333	3,138333
Étendu	0,26	0,29	0,25	0,5	0,42	0,04	0,45	0,33

Tableau 7

Mg=3.06 Eg=0.32 Lsc=0.70 Lic=0.06 Lss=0.55/Lis=0.13

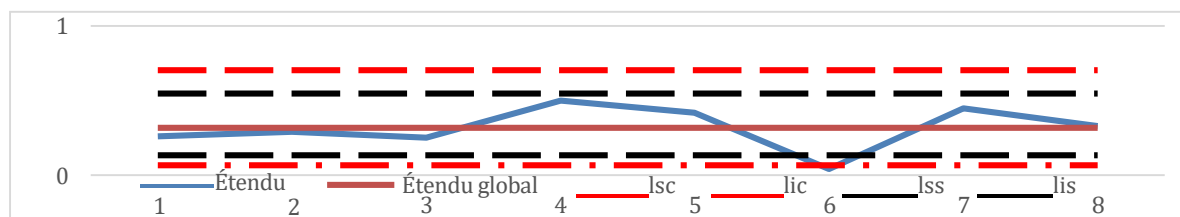


Figure 11: carte contrôle des étendues

Lsc = 3.48 Lic = 3.11 Lss = 3.42 Lis = 3.18

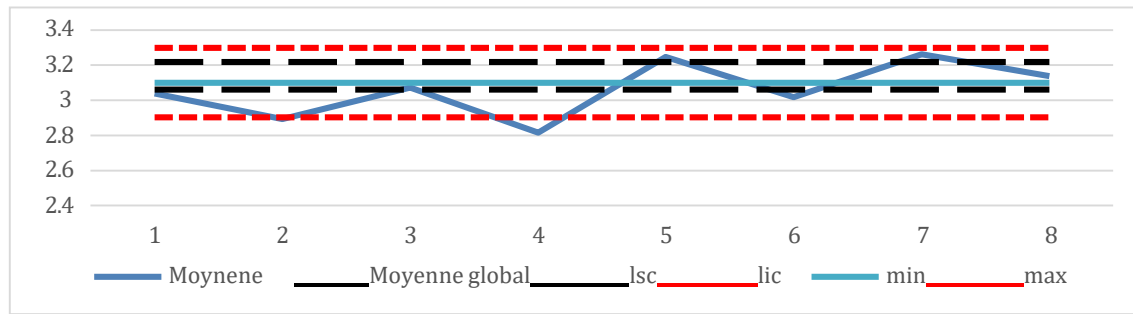


Figure12 : carte contrôle des moyennes

➤ 2^{ème} nuance :

Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel Excel

Moyenne	3,2	3,51	3,36	3,46	3,3	3,14	3,16	3,25
Étendu	0,12	0,69	0,25	0,66	0,27	0,3	0,15	0,55

Tableau 8

Mg=3.35 Eg= 0.38 Lsc= 0.84 Lic = 0.08 Lss = 0.65 Lis = 0.16

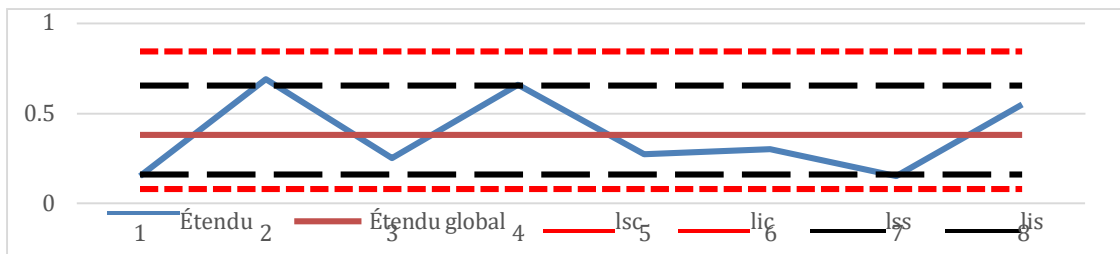


Figure 13 : carte contrôle des étendues

Lsc = 3.48 Lic = 3.11 Lss = 3.42 Lis = 3.18

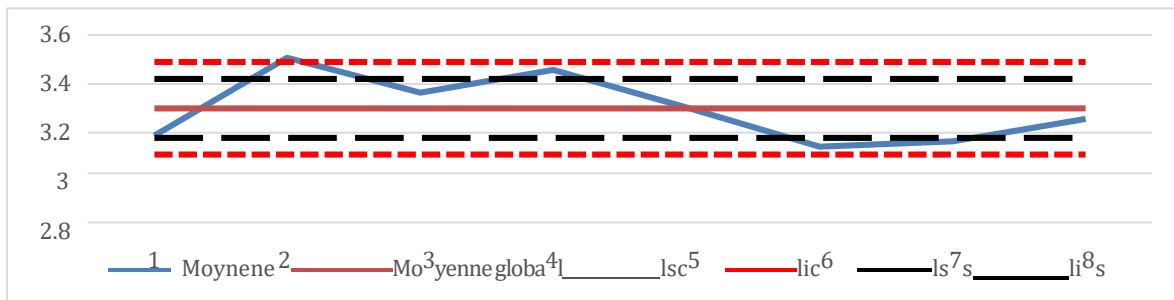


Figure 14 : carte contrôle des moyennes

Interprétation :

- À partir de la carte de contrôle des étendues de la composante carbone de la 1ère nuance les pointes au – delà de LSC et LIC cela veut dire qu'il y a 99.8 % de chances de dérèglement, en éliminant les pièces fabriquées dans cette période en identifiant les causes communes.
- Et pour la deuxième nuance les pointes entre LIS et LIC ou entre LSS et LSC cela veut dire qu'il y a 97.5 % de chances de dérèglement. Dans ce cas, on prélève immédiatement un autre échantillon, si celui-ci confirme le précédent, on procède à un réglage immédiat, si le nouveau point se trouve entre LIS et LSS on concède que le processus est bien réglé.

- Pour les deux cartes de contrôle des moyennes de la 1^{ère} et 2^{ème} nuance les points au – de LSC et LIC (hors control) cela veut dire qu'il y a 99.8% de chance de dérèglement, en éliminant les pièces fabriquées dans cette période. et arrêter la fabrication en identifiant les causes spéciales.
- Donc il n'y a pas de différence entre l'état de processus de la première et 2^{ème} nuance que confirme la décision de test de compression de Student

7. Etude de capacité :

Dans cette section on va étudier la capacité de processus dans les trois cas : processus sous contrôle, processus dérive et processus hors contrôle

- Si le processus est sous contrôle ou dérive on calcule Cp et Cpk.
- Si le processus est hors contrôle on calcule Cm et Cmk.

7.1 Par rapport à carte $\bar{X}$:

D'après les résultats de la carte de contrôle d'échantillons du mois de mai et juin, on remarque que le processus est hors contrôle donc on doit calculer le Cm et le Cmk :

➤ 1^{ère} nuance :

$C_m = 0.33$ Telle que : σ : *ecart type* = 0.099 $d_2 = 2.534$ [*min*, *max*] = [3.1, 3.3]

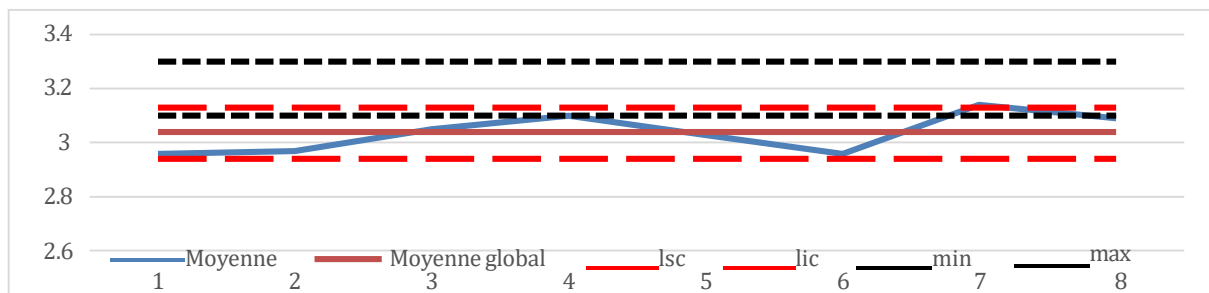


Figure 15 : graphe de la capacité

Interprétation : Tant que $C_m < 1.33$ donc alors machine incapable de fournir la précision désirée pour la composante Carbone du 1^{er} nuance ce qui confirme l'état de la machine qu'est hors contrôle dans le mois de mai et juin.

➤ 2^{ème} nuance :

$C_m = 0.26$ Telle que : $\sigma = 0.12$ $d_2 = 2.534$ [*min*, *max*] = [3.1, 3.3]

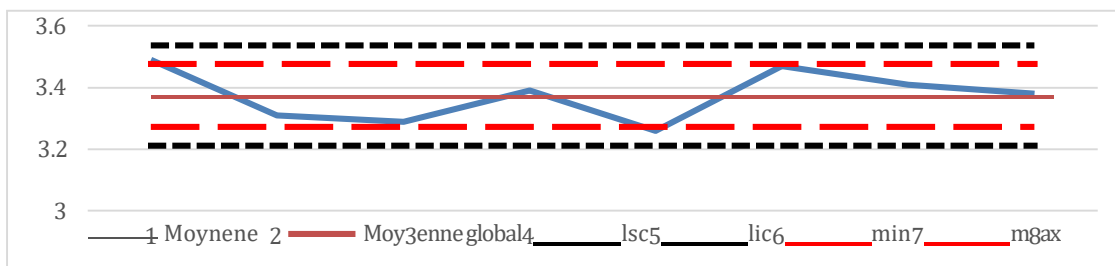


Figure 16 : graphe de la capacité

Interprétation : Tant que $C_m < 1.33$ donc alors machine incapable de fournir la précision désirée pour la composante Carbone du 1^{er} nuance ce qui confirme l'état de la machine qu'est hors contrôle dans le mois de mai et juin.

7.2 Par rapport à carte R :

D'après les résultats de la carte contrôle d'échantillons du mois de mai et juin, on remarque que le processus est dérive de la 1 ère nuance et sous contrôle de la 1ème nuance donc on doit calculer le Cp et le Cpk :

➤ 1^{ère} nuance :

$C_p = 0.33$ Telle que : $\sigma = 0.099$ $d_2 = 2.534$ $[min, max] = [3.1, 3.3]$

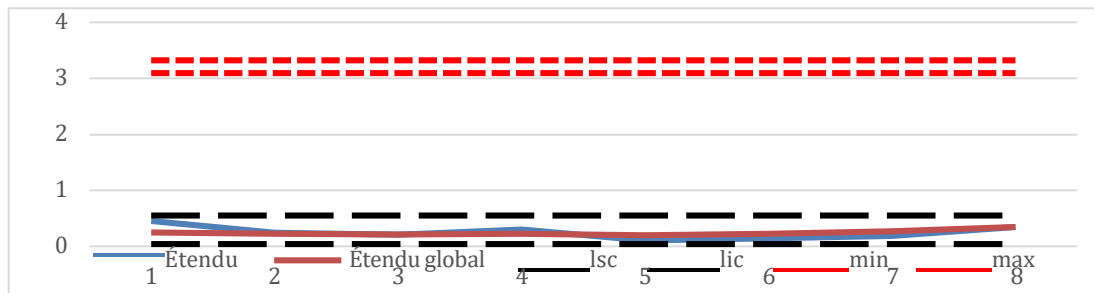


Figure 17 : graphe de la capacité

Interprétation : Tant que $C_p < 1$ donc alors processus incapable de fournir la précision désirée pour la composante Carbone du 1ere nuance ce qui confirme l'état de processus qu'est dérive contrôle dans le mois de mai et juin.

➤ 2^{ème} nuance :

$C_p = 0.26$ Telle que : $\sigma = 0.12$ $d_2 = 2.534$ $[min, max] = [3.1, 3.3]$

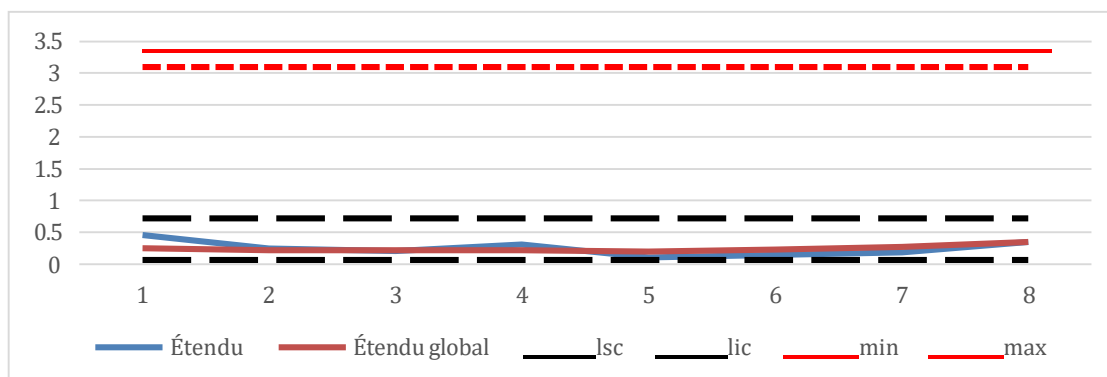


Figure 18 : graphe de la capacité

Interprétation : Tant que $C_p < 1$ donc alors processus incapable de fournir la précision désirée pour la composante Carbone du 1ere nuance ce qui confirme l'état de processus qu'est dérive contrôle dans le mois de mai et juin.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons analysé et interprété les résultats obtenus par les cartes de contrôle et l'étude de capacité pour la teneur en carbone, un paramètre clé du matériau GG-25 utilisé dans la fabrication des tracteurs. Les cartes de contrôle ont montré que pour une production parfaite des tracteurs en GG-25, il est impératif d'avoir un processus bien maîtrisé et sous contrôle statistique. Cependant, il est possible d'accepter les tracteurs fabriqués même si le processus de contrôle du carbone dérive légèrement, permettant ainsi d'éviter les rebuts tout en

procédant au réajustement du processus, pour éviter atteindre un état hors contrôle qui rendrait les tracteurs défectueux.

L'étude de capabilité a révélé qu'un processus est sous contrôle et donnant une teneur en carbone acceptable peut néanmoins être jugé incapable selon les indices calculés. Cela signifie qu'on risque à terme d'avoir des problèmes récurrents sur la maîtrise du carbone dans le GG-25, impactant la qualité des tracteurs produits. Nous avons également constaté que les différentes nuances de carbone étudiées ont donné des résultats contrastés, soulignant l'importance cruciale du choix et du contrôle précis de cette caractéristique.

En résumé, les résultats obtenus indiquent que le processus de maîtrise du carbone dans le GG-25 est incapable selon les critères retenus, bien qu'il ait été maintenu de force pour suivre la production, pour la 1^{ère} et la 2^{ème} nuance ce qui est confirmée par les tests statistiques dont on a trouvé qu'il n'y a pas une différence entre les deux nuances et confirmant ainsi une dégradation de la qualité liée à la teneur en carbone des tracteurs fabriqués. Des actions correctives ciblées sur le contrôle rigoureux de ce paramètre clé et une révision des spécifications semblent nécessaires pour garantir une qualité élevée et constante du matériau GG-25 utilisé.

Conclusion général

Conclusion générale :

Le présent travail a été réalisé dans le cadre de mon stage de fin d'études au sein du service contrôle qualité de l'entreprise Etrag, spécialisée dans la fabrication de tracteurs. Cette entreprise m'a permis d'appliquer la méthode de Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) sur le processus de production des pièces en fonte grise GG-25, un matériau clé pour les composants mécaniques des tracteurs. Ce choix était motivé par la possibilité pour l'entreprise de me fournir les données nécessaires sur les paramètres importants, notamment la teneur en carbone, lors de la fabrication de ce matériau.

Au terme de l'étude du processus de production du GG-25 sur une période de 4 mois, j'ai pu mettre en évidence des dérèglages marqués qui montrent que le processus n'est pas convenablement maîtrisé. L'analyse des résultats a révélé que le processus est incapable de fournir la précision souhaitée sur la teneur en carbone, mais que l'équipe de production a été contrainte de poursuivre la fabrication malgré tout, comme en témoignent les résultats des cartes de contrôle.

L'importance de ce travail réside dans la possibilité d'éviter la production de pièces défectueuses en GG-25, même dans le cas où le processus dérive légèrement, en procédant à des réglages appropriés.

En conclusion, l'application de la MSP dans les unités de production comme celle d'Etrag a réellement sa place dans la gestion quotidienne, car elle permet de réduire les variabilités et donc d'améliorer la qualité des pièces produites. Cette démarche pourrait également être étendue à d'autres activités de contrôle au sein de l'entreprise.

Liste des références :

- [1] <https://fr.scribd.com/document/48088142/theseduclos>
- [2] La norme française AFNOR X06030.
- [3] A. SEDQUIENSATanger(MSPcartecontrôleet étudedecapabilité) 2021.
- [4] Le Coz E. Méthodes et outils de la qualité-Nouveaux outils. Tech L'ingénieur 2001 :1–27.
- [5] S. Nedjar, Cours La Maitrise66 Statistique De Processus, 2020/2021
- [6] SAHBANI Mansour (2018), « Contrôle statistique de la qualité dans l'industrie : la Maitrise statistique de processuce (La carte de contrôle moyenne de shewart). International Journal on Innovation &Financial Strategies (IFS)Vol.1, Tunisie, pp.66-71
- [7] T. Cuesta, (Cartes de contrôle aux attributs) IUT de Créteil 2008.
- [8] P. M, Appliquer la maitrise statistique des processus MSP/SPC., 4th ed. 2015..
- [9] S. Mansour, « Contrôle statistique de la qualité dans l'industrie :la maitrise statistique de processus (la carte de contrôle de moyenne de shewart),» International Journal on Innovation & Financial Strategies (IFS), 2018.
- [10] La norme DIN 16912.

Annexe

Annexe

Annexe

Table des constantes pour calculer les limites de contrôle

Contrôle de la moyenne $\bar{X}$			Contrôle de W ($n \leq 12$)			
Echantillon Effectif n	Contrôle	Surveillance	Contrôle		Surveillance	
	A_c	A_s	D_{IC}	D_{SC}	D_{IS}	D_{SS}
2	1.937	1.229	0.00	4.12	0.04	2.81
3	1.054	0.668	0.04	2.99	0.18	2.17
4	0.750	0.476	0.10	2.58	0.29	1.93
5	0.594	0.377	0.16	2.36	0.37	1.81
6	0.498	0.316	0.21	2.22	0.42	1.72
7	0.432	0.274	0.26	2.12	0.46	1.66
8	0.384	0.244	0.29	2.04	0.50	1.62

Les données de ETRAG

Échantillons	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	2,99	2,98	3,26	2,88	2,80	2, 87
2	2,99	3,01	3,01	2,81	3,06	2,95
3	3,22	3,01	3,01	3,06	3,12	3,15
4	2,89	3,22	3,01	3,22	3,22	3,01
5	3,01	3,06	3,12	3,02	3,02	3,02
6	2,97	2,93	2,93	2,93	2,93	3,08
7	3,02	3,11	3,15	3,21	3,17	3,19
8	2,99	3,25	3,16	3,00	3,01	3,14

Annexe

1	3,44	3,33	3,45	3,6	3,67	3,44
2	3,31	3,1	3,45	3,57	3,17	3,4
3	3,37	3,4	3,3	3,2	3,28	3,17
4	3,44	3,45	3,62	3,17	3,39	3,25
5	3,44	3,13	3,16	3,18	3,39	3,25
6	3,45	3,55	3,49	3,3	3,67	3,37
7	3,56	3,66	3,31	3,24	3,52	3,22
8	3,35	3,45	3,56	3,16	3,44	3,36

Échantillons	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	3,22	2,96	2,96	2,98	3,06	3,06
2	2,84	2,87	3,02	3,02	2,89	2,73
3	3,09	3,09	3	3	3,01	3,25
4	2,69	2,72	2,72	3,19	2,89	2,69
5	2,98	3,06	3,32	3,32	3,4	3,4
6	3,04	3,04	3	3	3,01	3,01
7	3,32	3,32	3,19	3,4	3,4	2,95
8	2,98	2,94	3,24	3,27	3,21	3,19

Échantillons	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	3,12	3,27	3,17	3,21	3,21	3,12
2	3,22	3,37	3,25	3,75	3,54	3,91
3	3,25	3,3	3,41	3,35	3,5	3,36
4	3,47	3,25	3,24	3,9	3,47	3,42
5	3,48	3,36	3,21	3,22	3,26	3,28
6	3,33	3,03	3,04	3,05	3,16	3,24
7	3,16	3,24	3,14	3,16	3,19	3,09
8	3,20	3,60	3,45	3,05	3,14	3,09

Formules des paramètres statistiques

Moyenne arithmétique :
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X^i}{n}$$

Annexe

Etendu : $W = X_{\max} - X_{\min}$

$$\text{Écart-type d'échantillon } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Moyenne général} \quad Mg = \frac{\sum_{n=1}^{n=8} \text{moyenne}}{8} =$$

$$\text{Etendu général :} \quad Eg = \frac{\sum_{n=1}^{n=8} \text{Etendue}}{8} =$$

Pour la moyenne :

Limite supérieure de contrôle :

$$Lsc = Eg * Dsc =$$

Limite inférieure de contrôle :

$$Lic = Eg * Dic =$$

$$\text{Limite supérieure de surveillance :} \quad Lss = Eg * Dss =$$

$$\text{Limite inférieure de surveillance} \quad Lis = Eg * Dsi$$

Pour étendu :

$$Lsc = Mg + Ac * Eg =$$

$$Lic = Mg - Ac * Eg =$$

$$Lss = Mg + As * Eg =$$

$$Lis = Mg - As * Eg =$$

$$Cm = \frac{\max - \min}{6\sigma} = ; \text{ et } Cp = \frac{\max - \min}{6\sigma} =$$

$$\text{ecart type} = \frac{\bar{R}}{d_2} =$$

