



ANALYSE DES OUTILS D'OPERATION DE LA PRODUCTION DANS LES SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES : CAS DE DIWA INDUSTRIES A BLITTA AU TOGO

**Mémoire rédigé et soutenu publiquement en vue de l'obtention d'un
MASTER EN MANAGEMENT DES ENTREPRISES ET DES
ORGANISATIONS**

OPTION : MANAGEMENT STRATEGIQUE ET OPERATIONNEL

Présenté et soutenu publiquement le 13 février 2025 par

Lantam TCHONTCHOKO

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr DJIM DOUMBE DAMBA**

Correcteur / membre : **M. Alexis BOURGOU**

Correcteur / membre : **M. Passoua RIGOMBA**

Année académique 2021-2022

REMERCIEMENTS

La rédaction et la réalisation de ce mémoire ont été rendues possibles grâce à l'appui de nombreuses personnes auxquelles je souhaite exprimer toute ma reconnaissance. Il m'est particulièrement agréable de témoigner ma gratitude à tous ceux qui, par leurs enseignements, leur soutien et leurs conseils, m'ont transmis leurs connaissances et m'ont permis d'acquérir une solide base théorique.

Je remercie également :

Tous mes camarades de la promotion du Master 2 MMSO pour leur esprit de collaboration et leur soutien tout au long de cette aventure académique.

L'ensemble des enseignants de 2iE pour la qualité de leur encadrement et la richesse des enseignements dispensés.

La direction de 2iE, ainsi que les responsables pédagogiques et la coordinatrice, **Madame Silvie OUEDRAOGO**, pour leur accompagnement précieux.

Mon directeur de mémoire, **Monsieur PASSOUA Rigomba**, pour son encadrement rigoureux, ses conseils avisés et son engagement dans la réussite de ce travail.

Je tiens tout particulièrement à remercier et à témoigner ma profonde gratitude à l'ensemble de l'équipe de production de DIWA INDUSTRIES pour sa disponibilité et son implication.

Mes sincères remerciements vont également à **Monsieur Jonas DAOU, Président Directeur Général de DIWA INDUSTRIES**, pour avoir accepté de nous recevoir et de nous accompagner dans cette étude. J'exprime aussi toute ma reconnaissance à **Monsieur Salomon AGBOGAN, Directeur Général de DIWA INDUSTRIES**, pour son soutien inestimable tout au long de ma formation en général et de ce travail en particulier. Je retiens de lui son sens aiguisé de l'organisation, ses critiques constructives et surtout sa rigueur exemplaire.

Enfin, une pensée toute particulière pour notre très chère et regrettée mère, **Adizétou LAWANI KONDI**, qui, sans nul doute, aurait, par ses prières et ses conseils, contribué à rendre ce parcours plus serein.

RESUME

Dans toute entreprise, quelle que soit son activité, la production est une fonction dont le rôle consiste à combiner des facteurs plus ou moins disponibles (« matière grise », travail humain, matière première, équipement, argent, information) pour réaliser des produits ou services demandés, soit par des clients soit par des partenaires.

Dans le domaine de la productique, un des objectifs de la recherche est de trouver des méthodes et des outils d'analyse et d'amélioration des procédés industriels afin de faciliter leur pilotage. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les outils d'opération de la production dans les sociétés.

L'amélioration continue représente l'élément capital pour réussir l'activité dans un secteur de production. Elle n'est assurée que par l'élimination de toutes formes de gaspillages qui causent les surcharges et l'insatisfaction des clients. L'amélioration continue contient plusieurs démarches : JAT, le Kaizen, Six Sigma.

Dans le cadre de notre étude, il est question de ressortir les outils d'opération de la production, d'analyser et de proposer un outil d'amélioration continues adapter à DIWA INDUSTRIES dans le but d'éliminer les différentes formes de gaspillages afin d'améliorer le taux de satisfaction des clients.

Ainsi nous avons proposé des solutions adéquates pour une amélioration continue aux différents problèmes décelés qui seront suivies de l'implémentation de la méthode « juste à temps » (JAT) avec le système Kanban dans l'usine de DIWA INDUSTRIES.

Mots Clés :

1 - JAT

2 - KANBAN

3 - Amélioration

4 – Outil

5 - Performance

ABSTRACT

In any company, whatever its activity, production is a function whose role consists of combining more or less available factors (“gray matter”, human work, raw materials, equipment, money, information) to produce products or services requested, either by customers or by partners.

In the field of manufacturing, one of the objectives of research is to find methods and tools for analyzing and improving industrial processes in order to facilitate their management. It is within this framework that the tools for operating production in societies fall.

Continuous improvement represents the essential element for successful activity in the production sector. It is only ensured by the elimination of all forms of waste which cause overloads and customer dissatisfaction. Continuous improvement contains several approaches: JIT, Kaizen, Six Sigma.

As part of our study, it is a question of highlighting the production operation tools, analyzing and proposing a continuous improvement tool adapted to DIWA INDUSTRIES with the aim of eliminating the different forms of waste in order to improve customer satisfaction rates.

Thus, we have proposed adequate solutions for continuous improvement to the various problems detected which will be followed by the implementation of the “just in time” (JIT) method with the Kanban system in the DIWA INDUSTRIES factory.

Key words:

1 - JIT

2 - KANBAN

3 - Improvement

4 - Tool

5 - Performance

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	I
RESUME.....	II
ABSTRACT.....	III
LISTE DES ABREVIATIONS	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES FIGURES	X
I- INTRODUCTION	1
1.1. Problématique	3
II- OBJECTIFS ET HYPOTHESES DU TRAVAIL	5
2.1. Objectifs de l'étude	1
2.2. Cadres théoriques de l'étude	2
2.2.1. Clarification des concepts	2
2.2.2. Théories en relation avec les hypothèses de l'étude	2
2.3. Revue de littérature	3
2.3.1. Juste-À-Temps (JAT) :	3
2.3.2. Système Kanban :	3
2.3.3. Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) :	4
2.3.4. Théorie des Contraintes (TOC) :	4
2.3.5. Lean Manufacturing :	4
2.4. Présentation de la structure d'étude	4
2.4.1. Organisation administrative	4
2.4.2. Description processus de fabrication des bouteilles	6
2.4.2.1. Préparation des éléments constitutifs.....	7
2.4.2.2. Marquages.....	7
2.4.2.3. Soudage.....	8
2.4.2.4. Recuit de normalisation	9
2.4.2.5. Contrôles et essais	9
2.4.2.6. Traitements de surfaces	10
2.4.2.7. Contrôles	11
2.4.2.8. Robinets	11
2.4.2.9. Tarage	12
2.4.2.10. Le processus de fabrication des bouteilles de gaz butane.....	12

2.5.	Analyse de l'organisation actuelle de la production à DIWA Industries.....	15
2.5.1.	Gestion des matières premières et des stocks	15
2.5.2.	Suivi des quantités utilisées et des rebuts générés	16
2.6.	Evaluation des outils de gestion de production existants	19
2.6.1.	Analyse des outils actuels	19
2.7.	Proposition d'outils et méthodes innovants	22
2.7.1.	Juste-à-Temps (JAT)	22
2.7.2.	Méthode Kanban	23
2.7.3.	Maîtrise Statistique des Processus (MSP).....	23
III-	MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	25
3.1.	Méthodologie de recherche	26
3.1.1.	Type de Recherche	26
3.1.2.	Variables de Recherche	27
3.2.	Les différentes approches de la recherche, choix et justification	29
3.2.1.	Méthode de collecte des données ou de recueil des données.....	30
3.2.2.	Présentation des outils et méthode d'organisation de la production	30
3.2.3.	Organisation par planification : la méthode MRP	31
3.2.3.1.	Architecture du MRP	31
3.2.3.2.	Limites de la méthode MRP	32
3.2.4.	Organisation par le juste à temps : la méthode KANBAN	33
3.2.5.	La production en JAT	33
3.2.5.1.	La mise en œuvre des principes du JAT.....	34
3.2.5.2.	La méthode et les outils liés au JAT.....	35
3.2.6.	La méthode Kanban :	35
3.2.6.1.	Définition générale et description :	35
3.2.6.2.	Objectifs du Kanban :	36
3.2.6.3.	Mise en place du Kanban :	36
3.2.6.4.	Fonctionnement du Kanban :	38
3.2.6.5.	1. Domaine et contraintes d'utilisation :	40
3.2.7.	La combinaison MRP KANBAN :	40
3.3.	Outils de contrôle et de diagnostic de la production.....	40
3.3.1.	L'outil Poka Yoké.....	40
3.3.2.	Objectifs des Poka Yoké.....	41

3.3.3.	Domaine d'application	41
3.3.4.	Principe de la maîtrise statistique des procédés	41
IV-	RESULTATS.....	43
4.1.	Modalités de circulation des flux dans l'entreprise DIWA INDUSTRIES.....	44
4.1.1.	Les conditions d'application du système Kanban	45
4.1.2.	La mise en place du Kanban dans l'usine DIWA INDUSTRIES	45
4.1.2.1.	Production des pièces (Flans, Emboutis, Pieds) dans l'atelier mécanique (poste amont) 45	
4.1.2.2.	Système d'Information et Flux de Travail dans l'Atelier de Soudage (Poste Aval) 46	
4.1.2.3.	Lancement en production dans l'atelier mécanique.....	46
4.1.2.4.	Calcul du nombre de Kanbans	49
4.2.	Mise en œuvre de la démarche MSP au sein de DIWA INDUSTRIES.....	58
4.2.1.	Service du contrôle de la production de l'entreprise au sein	59
4.2.2.	Mise en œuvre de la démarche MSP au sein de l'entreprise DIWA	60
4.2.2.1.	Atelier mécanique	60
4.2.2.2.	Atelier de soudage.....	66
4.2.2.3.	Interprétation :.....	69
4.3.	Analyse de la carte	72
4.3.1.	Les conditions de réussite de la M.S.P dans l'entreprise DIWA.....	72
4.3.1.1.	Structure de Mise en Place.....	72
4.3.1.2.	Exigences de Base et Rôle des Méthodes d'Industrialisation.....	72
4.3.2.	Conditions de Réussite.....	73
4.4.	Analyse de faisabilité de l'implémentation des outils JAT, Kanban et MSP à DIWA Industries.....	74
4.4.1.	Faisabilité économique	74
4.4.2.	Faisabilité technique	76
4.4.3.	Faisabilité humaine et organisationnelle	77
	Prochaines étapes recommandées :.....	78
V-	DISCUSSION.....	80
5.1.	Rappel des résultats importants	81
5.2.	Interprétation des résultats	82
5.3.	Comparaison avec les études précédentes	83
5.4.	Analyse critique et opinions personnelles	83

5.5. Confrontation avec d'autres auteurs.....	84
5.6. Conclusions tirées de l'analyse.....	84
VI. CONCLUSION	85
BIBIOGRAPHIE	88
ANNEXES.....	91
ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DE DIAGNOSTIC DE LA PRODUCTION – DIWA INDUSTRIES	92
ANNEXES 2 : Règles d'interprétation des cartes de contrôle appliquées.....	97
ANNEXE 3 : Schémas technique des bouteilles de 12 Kg.....	99
ANNEXE 4 : Caractéristique de la matière première	103
ANNEXE 5 : Certificat d'inspection	104
ANNEXE 6 : diagramme de variation :	105
ANNEXE 7 : Tableaux de bord du processus la production :	106
ANNEXE 8 : Procédures de contrôle dans l'entreprise de DIWA Industrie	107

LISTE DES ABREVIATIONS

CSP	: Contrôle Statistique de Processus
JAT	: Juste A Temps
GPL	: Gaz e Pétrole Liquéfié
KPI	: Indicateurs Clés de Performance
LIC	: Limite Inférieur de Contrôle
LSC	: Limite Supérieur de Contrôle
MSP	: Maitrise Statistique des Procédés
MRP	: Management des Ressources de Production
MRP2	: Manufacturing Ressources Planning
OPT	: Optimized Production Technology
RD	: Recherche et le Développement
ROI	: Retour sur Investissement
RSE	: Responsabilité Sociétale des Entreprises
SMED	: Single Minute Exchange of Dies
TRE	: Taux de Rendement des Equipements
TRG	: Taux de Rendement Global
TRPP	: Taux de Rendement du Premier Passage

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Cadence moyenne du poste amont	50
Tableau 2 : Cadence moyenne du poste aval.....	51
Tableau 3 : les durées d'écoulements des différents postes.....	52
Tableau 4 : Lot mini de fabrication et temps de production	53
Tableau 5 : L'encours mini de fabrication	54
Tableau 6 : Tampons de régulation.....	55
Tableau 7 : Représentant les plannings d'ordonnancement et l'en-cours max.	56
Tableau 8 : coûts de la non-qualité dans l'atelier mécanique	61
Tableau 9 : Valeurs du diamètre extérieur relatives à la normalité du procédé	63
Tableau 10 : coûts de la non-qualité dans l'atelier soudage.....	67
Tableau 11 : Défauts apparus dans le soudage circulaire	68

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de l'entreprise.....	6
Figure 2 : Logigramme de fabrication des bouteilles de gaz butane.....	14
Figure 3: Flux Kanban	35
Figure 4 : l'étiquette Kanban.....	36
Figure 5 : Planning des kanbans (sans priorité).....	38
Figure 6 : Fonctionnement du système simple Kanban ou simple boucle	38
Figure 7 : Fonctionnement du système à double Kanban	39
Figure 8 : Circulation des flux dans l'usine DIWA INDUSTRIES	44
Figure 9 : La méthode Kanban dans l'usine de DIWA INDUSTRIES.....	48
Figure 10 : Atelier Mécanique de l'entreprise DIWA INDUSTRIES.....	49
Figure 11 : Atelier de soudage de l'entreprise DIWA INDUSTRIES.....	51
Figure 12: Diagramme de Pareto : rebuts de l'atelier mécanique	61
Figure 13: L'embouti supérieur.....	62
Figure 14 : Histogramme du diamètre extérieur	64
Figure 15: Tracé de la droite de Henry du diamètre extérieur	65
Figure 16 : Le soudage circulaire	66
Figure 17: Diagramme de Pareto : rebuts de l'atelier soudage	67
Figure 18 : Carte P pour les données du tableau 11	71

I- INTRODUCTION

Dans un monde où l'efficacité opérationnelle constitue un pilier essentiel de la réussite industrielle, l'optimisation des processus de production est cruciale pour atteindre des niveaux élevés de compétitivité. La réduction des gaspillages, l'augmentation de la flexibilité et le contrôle rigoureux de la qualité permettent aux entreprises de s'adapter aux changements rapides du marché tout en maintenant des coûts compétitifs (Slack, Chambers et Johnston, 2010). Dans cette quête constante de perfectionnement, le Juste-à-Temps (JAT), la méthode Kanban et le Management de la Qualité Totale (MQT) intégrant des techniques de Maîtrise Statistique des Processus (MSP) se démarquent comme des solutions potentiellement transformatrices, offrant aux entreprises des moyens robustes pour minimiser les coûts et améliorer la fluidité de leurs opérations.

Le JAT et la méthode Kanban, issus des pratiques Lean, permettent d'optimiser les flux de production en minimisant les stocks et en assurant une production en fonction de la demande, favorisant ainsi la réactivité et la réduction des coûts de stockage (Ohno, 1988). Ces pratiques sont au cœur des stratégies modernes d'optimisation, facilitant une gestion efficace des ressources et une amélioration continue de la productivité.

Parallèlement, le Management de la Qualité Totale (MQT) constitue une approche globale visant à garantir la qualité à toutes les étapes de la production. En y intégrant des techniques de Maîtrise Statistique des Processus (MSP), les entreprises disposent d'outils pour surveiller et analyser en temps réel les performances des processus, détecter les variations et prendre des mesures correctives immédiates (Deming, 1986). La MSP, par exemple, permet d'identifier les sources de variabilité dans la production et de maintenir un contrôle strict de la qualité, réduisant ainsi le taux de défauts et améliorant la satisfaction client.

Cette étude explorera en profondeur le rôle crucial de ces outils dans l'optimisation des processus de production, en mettant en lumière leurs impacts sur la performance globale des entreprises et leur capacité à rester compétitives dans un environnement industriel en perpétuelle évolution. Nous examinerons comment ces méthodes permettent d'accroître l'efficacité des ressources, de minimiser les pertes et de renforcer la durabilité des entreprises dans un secteur soumis à des exigences de qualité et de flexibilité toujours plus élevées (Hammer & Champy, 2003).

1.1. Problématique

L'organisation de la production à DIWA INDUSTRIES semble être insatisfaisante à plusieurs niveaux, depuis la réception de la matière première jusqu'à la finalisation du processus de fabrication. Il y a un manque de suivi approprié dès la sortie des matières premières du magasin, et la section qualité ne surveille pas les quantités utilisées ni les rebuts générés. Cette lacune compromet la capacité à évaluer les performances globales du système et à identifier les domaines nécessitant des améliorations (Juran, 1992).

De plus, l'absence de suivi adéquat des entrées et des sorties entrave l'optimisation des ressources en ne permettant pas d'identifier les gaspillages et de prendre des mesures pour les réduire, ce qui pourrait pourtant diminuer les coûts de production. La gestion des stocks est également affectée par ce manque de suivi, compromettant la vision globale des flux de matériaux. Les variations dans les entrées, les sorties ou les pertes ne sont pas correctement surveillées, ce qui peut indiquer des problèmes potentiels dans le processus de production (Slack, Chambers et Johnston, 2010).

Afin d'améliorer ces aspects et de répondre à ces défis, il se doit d'adopter des outils performants et efficaces, capables d'offrir une analyse économique, rapide et précise. Ces outils doivent jouer un rôle crucial dans la démarche qualité de l'entreprise, en fournissant des résultats adaptés à ses besoins spécifiques.

Ainsi dans ce contexte de compétitivité mondiale accrue et de transformations technologiques rapides, comment Diwa Industries peut-elle optimiser ses processus de production en intégrant des outils et méthodes innovants pour améliorer l'efficacité, la qualité et la rentabilité, tout en s'adaptant aux contraintes opérationnelles propres à son environnement industriel ?

Contexte de l'étude

L'industrialisation est un moteur clé du développement économique, et les sociétés industrielles jouent un rôle crucial dans la création de valeur ajoutée, la génération d'emplois et la stimulation de la croissance économique (Smith, 1776 ; Schumpeter, 1934). Cependant, dans un environnement globalisé et hautement concurrentiel, ces sociétés sont confrontées à des défis majeurs pour rester compétitives (Porter, 1990). L'optimisation des processus de production et l'intégration de technologies avancées deviennent alors des impératifs stratégiques (Drucker, 1985).

Diwa Industries, située à Blitta, opère dans un secteur industriel en plein essor mais également très concurrentiel. L'entreprise doit continuellement améliorer ses processus de production pour répondre

aux exigences de qualité, de coûts et de délais imposées par le marché (Slack, Chambers et Johnston, 2010). Cependant, Diwa Industries, comme de nombreuses autres entreprises industrielles, fait face à des défis tels que la gestion efficace des ressources, le maintien de la qualité des produits, et la nécessité de réduire les coûts opérationnels (Juran, 1992).

Pour surmonter ces obstacles, Diwa Industries pourrait bénéficier de l'adoption de plusieurs outils et méthodes éprouvés dans l'industrie manufacturière. Parmi ceux-ci, le Juste-à-Temps (JAT) et la méthode Kanban intégrant des techniques de Maîtrise Statistique des Processus (MSP) se démarquent comme des solutions potentiellement transformatrices (Ohno, 1988 ; Deming, 1986).

Cette étude se concentre sur l'analyse des outils actuels d'opération de la production utilisés par Diwa Industries et propose des solutions innovantes pour optimiser ces processus. En examinant les méthodes existantes et en intégrant des technologies de pointe, cette étude vise à fournir un cadre stratégique pour aider Diwa Industries à améliorer son efficacité opérationnelle et à renforcer sa compétitivité sur le marché (Hammer & Champy, 2003).

Le choix de Diwa Industries comme étude de cas est motivé par la nécessité de contextualiser les défis et les opportunités dans un environnement spécifique. La ville de Blitta, en tant que centre économique du Togo, présente un contexte industriel unique avec ses propres contraintes et opportunités. Cette étude permettra de formuler des recommandations adaptées à cette réalité, tout en s'inspirant des meilleures pratiques internationales (Davenport, 1993).

II- OBJECTIFS ET HYPOTHESES DU TRAVAIL

2.1. Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette étude est d'optimiser les processus de production de DIWA Industries en intégrant des outils et méthodes innovants afin d'améliorer l'efficacité, la qualité et la rentabilité, tout en prenant en compte les contraintes opérationnelles spécifiques à l'entreprise et son environnement industriel.

Plus spécifiquement il sera question de :

- Analyser l'organisation actuelle de la production à DIWA Industries et évaluer l'impact des outils de gestion de production existants sur la performance de l'entreprise.
- La proposition d'outils et de méthodes innovants pour optimiser les processus de production à DIWA Industries consiste à intégrer des solutions telles que le Juste-à-Temps (JAT), la méthode Kanban et les techniques de Maîtrise Statistique des Processus (MSP), afin d'améliorer la gestion des flux de matériaux, réduire les gaspillages et garantir une meilleure qualité de la production.
- Analyser la faisabilité de l'implémentation de ces outils dans le contexte spécifique de DIWA Industries pour étudier les aspects économiques, techniques et humains liés à l'intégration de ces outils pour garantir une amélioration tangible de l'efficacité et de la compétitivité de l'entreprise.

Hypothèses

L'intégration des outils de gestion de production modernes (JAT, Kanban, MSP) à DIWA Industries permettra une réduction significative des gaspillages, une amélioration de la qualité des produits et une optimisation des coûts de production.

Ainsi il est possible de :

- L'absence de suivi des matières premières et des rebuts dans le processus de production impacte négativement l'efficacité et la rentabilité de DIWA Industries. Un suivi amélioré permettra de mieux identifier et réduire les gaspillages.
- L'adoption de méthodes de gestion telles que le Juste-à-Temps et Kanban dans le contrôle des stocks et des flux de matériaux améliorera la performance globale du processus de production, réduisant ainsi les coûts liés aux excédents de stock et aux pénuries.

- **L'intégration des techniques de Maîtrise Statistique des Processus (MSP) contribuera à une meilleure gestion de la qualité en permettant un contrôle plus rigoureux des variations dans le processus de production, entraînant ainsi une amélioration de la qualité des produits finis.**

2.2. Cadres théoriques de l'étude

Le cadre théorique de notre étude se fonde sur des concepts clés de la gestion de la production, notamment le Juste-À-Temps (JAT), le système Kanban et la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP). Le JAT prône la production à la demande pour réduire le gaspillage et améliorer la flexibilité. Le système Kanban, quant à lui, utilise des cartes de signalisation pour contrôler le flux de production en fonction de la demande réelle. La MSP emploie des techniques statistiques pour surveiller et optimiser la qualité des processus. L'étude vise à évaluer l'intégration du Kanban et de la MSP chez DIWA Industries, en postulant que ces outils permettront de réduire les temps d'attente, d'optimiser les flux et d'améliorer la performance opérationnelle. Ce cadre théorique guidera la méthodologie expérimentale et l'interprétation des résultats pour formuler des recommandations pratiques.

2.2.1. Clarification des concepts

Dans le cadre de notre étude, il est crucial de clarifier certains concepts fondamentaux qui seront au cœur de notre analyse. Cette section introductive a pour objectif de définir et de clarifier les principaux concepts théoriques qui serviront de fondement à notre recherche.

Nous débuterons par une exploration du concept de Juste-À-Temps (JAT), une philosophie de gestion axée sur la minimisation des stocks et l'optimisation des flux de production. Ensuite, nous aborderons le système Kanban, un outil de gestion des flux de production basé sur des cartes de signalisation, et nous discuterons de son application potentielle dans le contexte spécifique de DIWA Industries. Enfin, nous examinerons la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP), une approche qui utilise des techniques statistiques pour surveiller et améliorer la qualité des processus de production.

2.2.2. Théories en relation avec les hypothèses de l'étude

Dans le cadre de notre étude, plusieurs théories et concepts soutiennent nos hypothèses et orientent notre recherche :

- **Théorie du Juste-À-Temps (JAT) :** Cette théorie postule que la réduction des stocks et l'optimisation des flux de production améliorent l'efficacité opérationnelle (Ohno, 1988).

Nous supposons que l'adoption de méthodes comme le Kanban permettra de diminuer les temps d'attente et d'améliorer la flexibilité des processus (Monden, 2011).

- **Théorie des Contraintes (TOC)** : La TOC identifie les limitations d'un système pour atteindre ses objectifs (Goldratt, 1990). Nous croyons que l'intégration du JAT-Kanban et de la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) aidera à surmonter les contraintes dans la production de DIWA Industries.
- **Théorie du Lean Manufacturing** : Cette théorie vise à éliminer le gaspillage et à maximiser la valeur pour le client (Womack & Jones, 1996). En intégrant des concepts Lean, nous pensons que l'application de méthodes telles que le Kanban réduira les gaspillages et améliorera la qualité (Shah & Ward, 2003).
- **Théorie de la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP)** : La MSP utilise des techniques statistiques pour surveiller et contrôler les processus de production (Montgomery, 2009). Nous croyons que son intégration aidera à maintenir la qualité des produits et à réduire les variations.

En combinant ces théories, nous établissons un cadre conceptuel solide pour notre recherche, orientant nos analyses vers des solutions d'optimisation des processus de production.

2.3. Revue de littérature

L'optimisation des processus de production est un domaine de recherche et de pratique clé dans le secteur industriel, visant à améliorer l'efficacité opérationnelle, la qualité des produits et la satisfaction client. Dans le cadre de notre étude sur l'amélioration des processus de production chez DIWA Industries, nous avons mené une revue de littérature approfondie pour examiner les principaux concepts, théories et pratiques pertinentes. Voici un aperçu détaillé de notre revue de littérature :

2.3.1. Juste-À-Temps (JAT) :

Le JAT est une philosophie de gestion qui prône la production au moment opportun, sans stockage excessif ni gaspillage de ressources. Popularisée par Toyota et son système de production, cette approche vise à réduire les stocks, minimiser les temps d'attente et synchroniser les flux de production avec la demande réelle (Ohno, 1988).

2.3.2. Système Kanban :

Le système Kanban est un outil de gestion des flux de production basé sur des cartes de signalisation. Développé par Toyota, le Kanban permet de visualiser et de contrôler le flux de travail, autorisant la

production ou la livraison de nouveaux éléments uniquement en fonction des besoins (Monden, 2011).

2.3.3. Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) :

La MSP utilise des techniques statistiques pour surveiller et contrôler les processus de production. En identifiant les variations dans les processus, elle permet de maintenir la qualité des produits et d'optimiser les performances opérationnelles (Montgomery, 2009).

2.3.4. Théorie des Contraintes (TOC) :

La TOC identifie les goulots d'étranglement dans les processus de production et propose des stratégies pour les résoudre. En se concentrant sur l'optimisation des ressources limitées, la TOC vise à améliorer la productivité et la rentabilité des entreprises (Goldratt, 1990).

2.3.5. Lean Manufacturing :

Le Lean Manufacturing vise à éliminer les gaspillages et à maximiser la valeur pour le client. S'appuyant sur les principes du JAT, du Kaizen (amélioration continue) et du respect des personnes, le Lean offre une approche globale pour l'optimisation des processus de production (Womack & Jones, 1996).

En synthèse, cette revue de littérature met en lumière les principaux concepts et théories qui guideront notre étude sur l'amélioration des processus de production à DIWA Industries. En intégrant ces approches dans notre méthodologie, nous visons à identifier les meilleures pratiques pour optimiser les opérations et à proposer des recommandations concrètes pour l'amélioration continue de l'entreprise.

2.4. Présentation de la structure d'étude

2.4.1. Organisation administrative

DIWA INDUSTRIES est implantée à Blitta, au cœur de la région centrale du Togo à 266 Km de Lomé. C'est une société anonyme dotée d'un capital de 830 000 000 francs CFA, spécialisée dans la fabrication et la requalification d'emballages métalliques, ainsi que dans la production de dioxyde de carbone à usage alimentaire et industriel. Pour atteindre ses objectifs, DIWA INDUSTRIES s'appuie sur une équipe jeune, dynamique et hautement qualifiée, et dispose d'une usine entièrement équipée répondant aux normes internationales. Cette infrastructure comprend une gamme diversifiée de

machines, chacune étant dédiée à des tâches spécifiques dans la fabrication des emballages métalliques.

L'entreprise affiche une capacité de production annuelle de plus de 500 000 bouteilles de gaz, ainsi qu'une capacité de requalification de plus de 1 200 bouteilles par jour. Ses produits sont destinés tant au marché local et national qu'à celui de la sous-région. En se positionnant comme un acteur stratégique dans le cadre de la zone de libre-échange continentale africaine, DIWA INDUSTRIES vise à renforcer sa présence sur le marché régional.

Concernant le régime de travail, le service de production fonctionne selon un système de rotation en 1x8, tandis que le service de sécurité opère sur une base de 2x8, et l'administration suit un régime de 1x8, en attendant une transition vers un horaire de travail en 2x12 pour le service de production.

L'entreprise compte un effectif total de 74 employés répartis dans divers services, à savoir :

- 49 ouvriers qualifiés dans le personnel technique,
- 20 agents de maîtrise et techniciens,
- 5 cadres.

La zone d'étude englobe l'ensemble des installations de production de DIWA Industries, y compris les lignes de fabrication, les entrepôts de stockage, les zones de traitement et les zones logistiques. Cette zone est essentielle pour comprendre les processus de production existants, identifier les inefficacités et proposer des solutions d'amélioration.

À l'intérieur de cette zone, notre étude se concentrera sur des aspects spécifiques de la production de bouteilles de gaz, notamment les processus de fabrication, les flux de travail, la gestion des stocks et la qualité des produits. En examinant de près ces éléments, nous pourrions évaluer les performances actuelles de DIWA Industries et proposer des recommandations stratégiques pour optimiser ses opérations.

Ainsi, la zone d'étude de notre recherche est l'ensemble des installations de production de bouteilles de gaz de DIWA Industries. En explorant cette zone en profondeur, nous visons à identifier les opportunités d'amélioration et à proposer des solutions concrètes pour renforcer l'efficacité et la compétitivité de l'entreprise sur le marché.

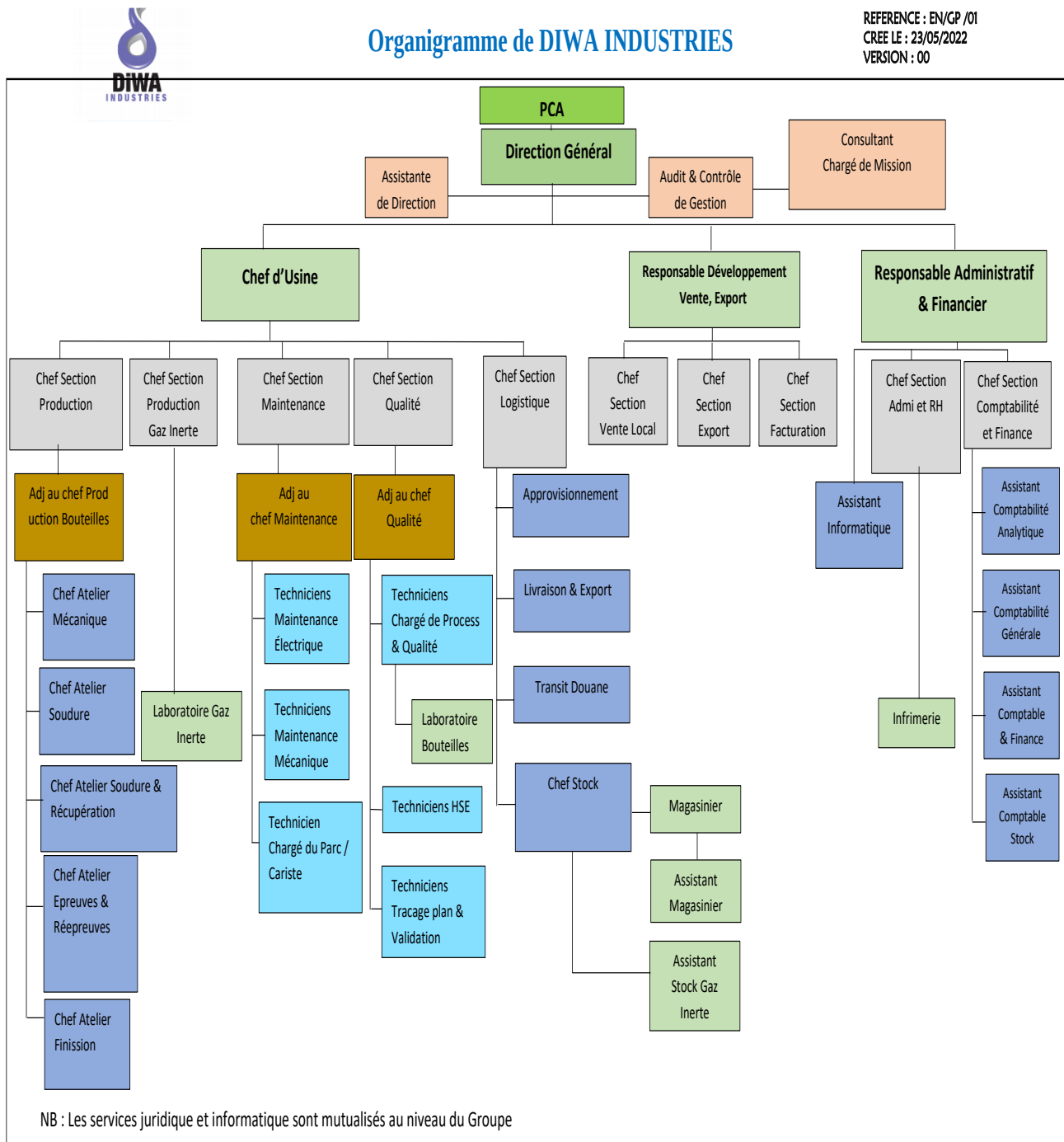


Figure 1: Organigramme de l'entreprise

2.4.2. Description processus de fabrication des bouteilles

DIWA Industries, le processus de fabrication d'une bouteille à gaz est organisé en cinq ateliers, chacun regroupant un ensemble spécifique d'opérations. Voici une description des différents ateliers :

- **Atelier mécanique** : Cet atelier héberge les lignes de production pour les emboutis supérieurs et inférieurs, ainsi que pour les pièces telles que les pieds, les anses et les manches.
- **Atelier de soudure** : Dans cet atelier, les opérations de soudage sont réalisées pour assembler les différentes parties de la bouteille, y compris les collerettes, les manches, les anses, les pieds et le soudage circulaire des deux emboutis.
- **Atelier de soudure pour la récupération** : Cet atelier est spécifiquement dédié aux opérations de soudure pour la récupération des pièces.
- **Atelier d'épreuves et de ré épreuve** : Cet atelier abrite les lignes de production du four, les tests hydrostatiques et les opérations de grenaillement.
- **Atelier de finition** : Cet atelier se concentre sur les étapes finales de finition des bouteilles, notamment la métallisation, les opérations de peinture dans les cabines dédiées, le séchage dans les fours appropriés et les tests pneumatiques, entre autres

2.4.2.1. Préparation des éléments constitutifs

a. Emboutis

Les emboutis en tôle BS2 sont formés en une seule étape par emboutissage à froid sur une presse hydraulique. L'embouti supérieur subit ensuite une opération de refoulement, assurant un ajustement précis avec l'embouti inférieur rogné. Le découpage des deux emboutis est réalisé par rotation autour de leur axe, avec un plan défini perpendiculairement à l'axe de l'embouti, sans aucune fissure ou encoche autorisée.

b. Pieds et anse ou manche

Les pieds sont fabriqués à partir de bandes de tôles d'acier E-24, qui sont d'abord découpées, puis ébarbées, roulées, soudées et enfin pliées.

c. Collerettes

Les collerettes sont fabriquées à partir de collets en acier XC18, qui sont forgés, usinés puis soudés. Le diamètre intérieur est fileté pour correspondre au diamètre extérieur du robinet ou de la boîte à clapet.

2.4.2.2. Marquages

Il y a deux types de marquage sur la bouteille :

a. Marquage en relief

Le marquage en relief consiste à marquer le nom du client sur le dôme supérieur après emboutissage. Ce marquage ne doit en aucun cas présenter d'angles vifs au niveau des lettres ou chiffres.

b. Marquage en creux

Le marquage en creux consiste à marquer sur le dôme supérieur à 180 ° par rapport au marquage en relief l'identification de la bouteille.

Cette identification est conforme au cahier des charges du client.

2.4.2.3. Soudage

Une fois dégraissés, les deux emboutis sont assemblés en utilisant le procédé de soudage électrique automatique à l'arc submergé, qui implique l'utilisation d'un flux électro-conducteur. La collerette ou l'embase est soudée en utilisant le procédé MIG (soudage à l'arc avec fil animé et gaz). Ensuite, le pied est soudé en utilisant le procédé semi-automatique MIG-MAG. Les paramètres de soudage sont rigoureusement contrôlés pour garantir une qualité constante du cordon de soudure.

En ce qui concerne les tolérances et la qualité, la soudure sur soyage doit être exempte de tout défaut tel que les fissures, les manques de fusion ou de pénétration. Cependant, de légères retassures à l'extrémité des cordons et un manque de pénétration d'au plus 5 mm au raccordement entre le début et la fin du cordon sont tolérés.

Le soudage du pied et de l'anse est décalé du côté du pied ou de l'anse. Par conséquent, la pénétration maximale des soudures du pied ne doit pas dépasser 40 % de l'épaisseur de l'embouti.

NOM DU FABRICANT DIWA IND

ANNEE DE FABRICATION 2023

N ° DE SERIE 000000

NATURE - GAZ BUTANE

CHARGE - GAZ 6 – 12,5 – 28 – 35 kg

CAPACITE EN EAU 12 ,9 – 26,5 – 59,5 -84 litres

PRESSION D'EPREUVE 30 BAR

TARE – EN KG Selon fabrication

2.4.2.4. Recuit de normalisation

Après le processus de soudage, les bouteilles sont soumises à un traitement de normalisation, également appelé recuit. Pendant ce traitement, elles sont chauffées à une température comprise entre 620 et 940 °C, puis refroidies à l'air ambiant avant de subir un test hydraulique. La durée de maintien à la température requise est de 15 à 20 minutes. La température du four est surveillée à l'aide d'un pyromètre enregistreur étalonné.

2.4.2.5. Contrôles et essais

a. Contrôles dimensionnels

Des vérifications dimensionnelles sont réalisées de manière échantillonnage à chaque étape de la production afin de garantir la conformité du produit aux spécifications. Ces vérifications comprennent notamment :

- Un contrôle de la qualité des bobines de tôles pour détecter toute déformation ou corrosion.
- Un contrôle de tolérance sur l'épaisseur de la tôle.
- Une vérification de la hauteur des deux emboutis séparés ainsi que de leur assemblage.
- Une mesure de l'épaisseur des emboutis conformément aux calculs spécifiés.
- Des vérifications dimensionnelles du corps, du pied, de l'anse et de la collerette.

Les procédures de contrôle sont consignées dans un document de conformité daté et archivé. Ces documents peuvent être mis à disposition du client ou de son représentant pour consultation au besoin. Des étalonnages réguliers des instruments de mesure sont effectués pour garantir la précision des mesures.

b. Épreuve hydraulique

Après recuit et refroidissement complet, toutes les bouteilles subissent une épreuve hydraulique conforme à la réglementation des appareils à pression de gaz. Les bouteilles sont remplies d'eau et soumises à une pression d'air progressive jusqu'à atteindre 30 bars. Cette pression est maintenue pour permettre au contrôleur de vérifier l'absence de fuites. Ensuite, les bouteilles sont vidées par propulsion d'air jusqu'à séchage. L'épreuve hydraulique est réalisée sous la supervision d'un expert agréé mandaté par le client, qui apposera son poinçon sur la collerette ou l'anse à cet effet.

c. Essais destructifs

Les essais destructifs sont effectués par un expert agréé mandaté par le client, conformément à la norme ISO 1442 :2017. Des échantillons de bouteilles sont remplis d'eau et soumis à une pression d'air progressive jusqu'à ce qu'ils se rompent à une pression minimale de 67 bars. Ensuite, les bouteilles rompues sont coupées de part et d'autre de la soudure des deux emboutis pour former une couronne d'environ 100 mm. Cette couronne est ensuite sectionnée en quatre parties égales à partir de la rupture. L'augmentation du volume déformé ne doit pas dépasser 20 %.

2.4.2.6. Traitements de surfaces

Une fois fabriquées, recuites, éprouvées et contrôlées, les bouteilles passent à l'étape de la finition pour subir les opérations de grenaillage, de métallisation et de peinture. Pendant ces opérations, une attention particulière est accordée à la protection du filetage intérieur des collerettes pour empêcher toute pénétration de corps étrangers ou d'abrasifs à l'intérieur de la bouteille.

a. Grenaillage

Les bouteilles sont décapées à sec à l'extérieur à l'aide d'un jet de grenailles ou d'un autre abrasif approprié pour éliminer toute trace de calamine, d'oxyde ou de revêtement. Les collerettes sont également grenaillées à l'extérieur pour assurer une adhérence optimale de la couche de métallisation.

b. Métallisation

Immédiatement après le grenaillage et dans un délai maximum de deux heures, les bouteilles sont métallisées en appliquant au pistolet spécial (top-jet) une couche uniforme de zinc pur à 99,9 % d'une épaisseur de 40 microns sur le corps de la bouteille et d'au moins 20 microns sur les zones difficiles d'accès.

c. Peinture

Après la métallisation, deux couches de peinture (une couche d'impression et une couche de finition) d'une épaisseur totale de 40 microns sont appliquées au pistolet. Le séchage de la peinture s'effectue dans un four de polymérisation à 150 °C conformément aux spécifications du cahier des charges.

2.4.2.7. Contrôles

Pendant la fabrication, l'usine est ouverte aux agents ou mandataires du client pour effectuer tous types de contrôles. À moins d'indications contraires, les documents suivants sont remis au client :

- Une copie de l'analyse chimique et mécanique de l'acier utilisé.
- Un certificat d'épreuve hydraulique portant les références de la bouteille.
- Un rapport des essais destructifs signé par l'organisme agréé.
- Tout autre document exigé par le client.

2.4.2.8. Robinets

a. Types de robinets

Les bouteilles GPL utilisent des robinets de type boîte à clapet, type URG ou CLIP ON, fabriqués en laiton de qualité CU 39 PB 2. Les diamètres de filetage utilisés sont :

- Filetage de diamètre 22, pas de 1,25 mm
- Filetage de diamètre 23,20, pas de 2 mm, avec une conicité de 10 %.

b. Montage des robinets

Une fois éprouvées et contrôlées, les bouteilles voient leur filetage intérieur nettoyé pour éviter toute détérioration des filets. Les filetages des robinets sont enduits d'un produit spécial (Loctite 290 ou Perfect Seal) pour assurer l'étanchéité et faciliter le desserrage ou le démontage des robinets.

c. Couple de serrage

Conformément à la norme GPL pour les appareils sous pression, les boîtes à clapet et robinets sont serrées automatiquement sur une visseuse spéciale étalonnée.

Les différents couples de serrage sont :

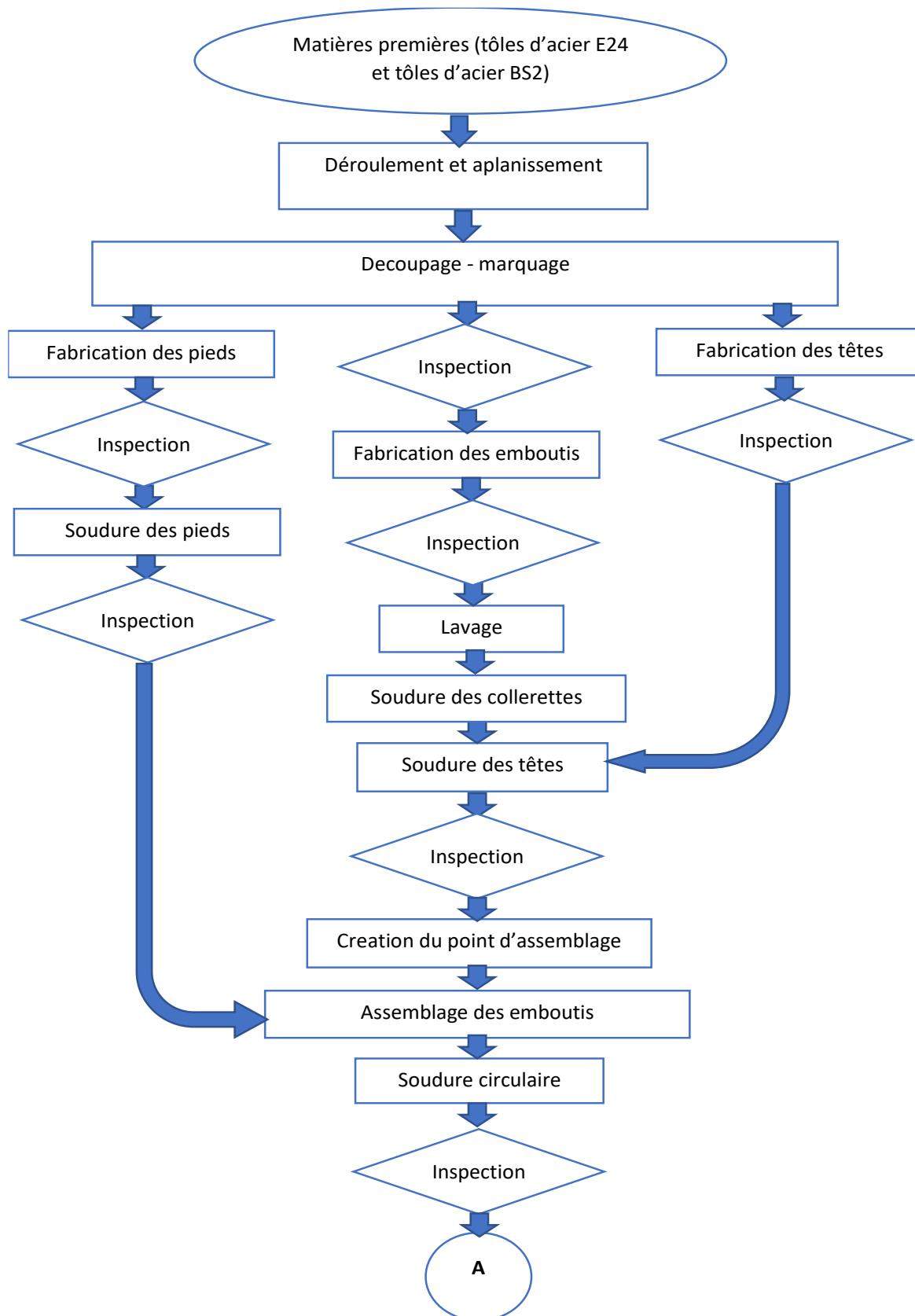
- Bouteilles – 3 – 6 KG – Couple – 14 mkg
- Bouteilles – 12,5 – 28 – 35 KG – Couple – 17 mkg

2.4.2.9. Tarage

La bouteille est pesée sur une balance électronique étalonnée. La tare est poinçonnée directement sur le pied ou tamponnée sur le dôme supérieur conformément aux spécifications techniques des cahiers de charge et enfin, les bouteilles passent au stockage pour être commercialisées.

2.4.2.10. Le processus de fabrication des bouteilles de gaz butane

Le processus de fabrication des bouteilles de gaz butane est traduit à travers le logigramme ci-dessous. Ce logigramme décrit le mode opératoire et les différentes étapes à suivre pour la production des bouteilles de gaz butane. Elle tient bien évidemment compte de la norme ISO 1442 : 2017.



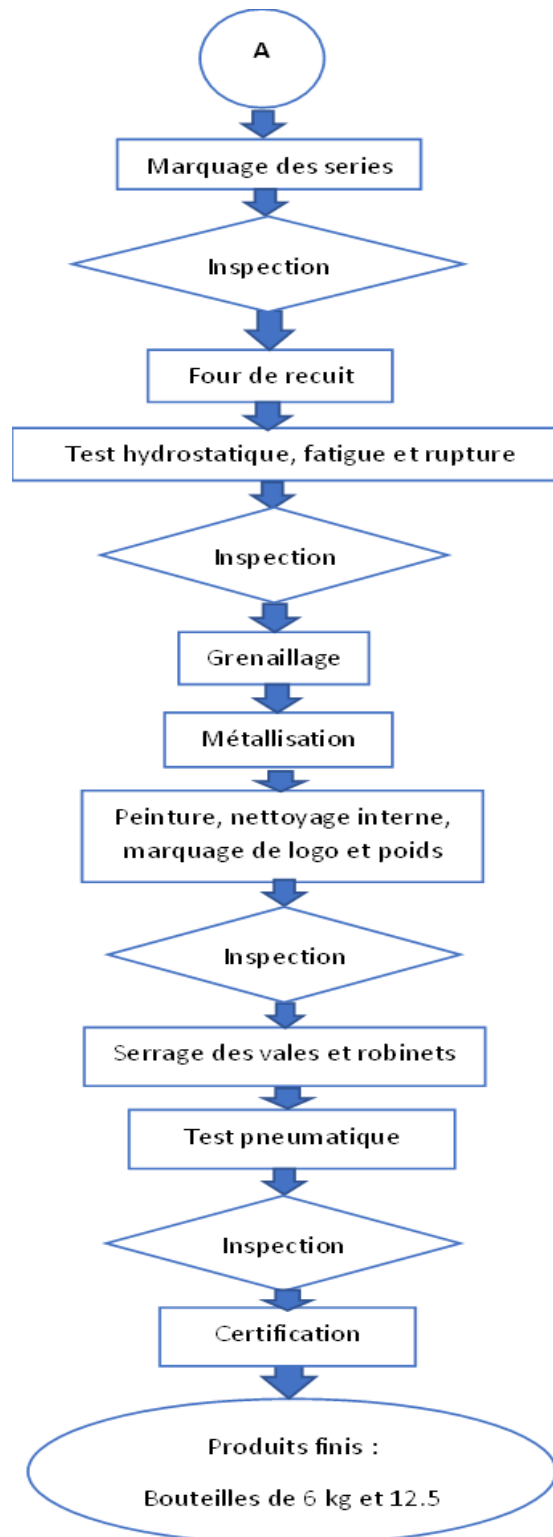


Figure 2 : Logigramme de fabrication des bouteilles de gaz butane

2.5. Analyse de l'organisation actuelle de la production à DIWA Industries

2.5.1. Gestion des matières premières et des stocks

La gestion des matières premières et des stocks représente un axe stratégique majeur dans le cadre de l'optimisation des processus de production. À DIWA Industries, une gestion inefficace des stocks et un manque de suivi des matières premières contribuent à des pertes importantes et une faible réactivité face aux fluctuations de la demande. Cela se traduit par des pénuries de matériaux ou des excédents inutiles qui augmentent les coûts de stockage et d'approvisionnement. L'absence de mécanismes de contrôle précis sur les flux de matières premières et de rebuts entrave également la capacité de l'entreprise à analyser les performances de production et à identifier les zones de gaspillage.

1. Problèmes liés à la gestion des matières premières

Le processus actuel de gestion des matières premières à DIWA Industries souffre principalement de l'absence d'un système de suivi rigoureux. À chaque étape du processus de fabrication, les matériaux sont utilisés sans un contrôle suffisant, ce qui entraîne des variations incontrôlées dans les quantités utilisées. Cela a pour conséquence directe des excédents de matériaux inutiles ou des manques de matières premières qui peuvent interrompre la production. Par ailleurs, les rebuts générés durant la production (tels que des défauts dans les matériaux ou des produits non conformes) ne sont pas suffisamment suivis. Sans une gestion fine de ces pertes, il devient difficile de les quantifier, de les réduire, et surtout d'analyser leur origine.

Cette situation peut être expliquée par plusieurs facteurs :

- **Un manque de visibilité en temps réel** sur les niveaux des stocks.
- **Des processus manuels et archaïques** dans la gestion des entrées et sorties de matériaux.
- **Des prévisions de demande imprécises** qui rendent difficile l'ajustement des approvisionnements aux besoins réels de la production.
- **Une absence de standardisation des méthodes de gestion** des stocks, rendant la tâche plus complexe et sujette à des erreurs humaines.

2. Conséquences d'une mauvaise gestion des matières premières

Les inefficacités dans la gestion des matières premières et des stocks ont plusieurs conséquences néfastes pour DIWA Industries :

- **Augmentation des coûts de stockage** : Lorsque des stocks sont mal gérés, l'entreprise se retrouve avec des excédents de matériaux qui nécessitent une gestion logistique supplémentaire et des coûts de stockage accrus. Cela entraîne une immobilisation de capital et une augmentation des coûts fixes.
- **Pénuries de matériaux** : L'absence de prévisions fiables et d'un suivi rigoureux peut entraîner des ruptures de stock, ce qui retarde la production et entraîne des coûts supplémentaires pour les réapprovisionnements d'urgence.
- **Gaspillage et rebuts non maîtrisés** : L'inefficacité dans le suivi des rebuts et des pertes de matériaux nuit à la rentabilité de l'entreprise. Les matériaux non utilisés ou défectueux sont souvent jetés sans être analysés, ce qui empêche leur réutilisation ou recyclage.
- **Réduction de la flexibilité** : Une gestion de stocks défaillante entrave la capacité de l'entreprise à s'adapter rapidement aux variations de la demande, entraînant des retards dans la production ou des ajustements tardifs des approvisionnements.

Une gestion efficace des matières premières et des stocks est cruciale pour le bon fonctionnement de DIWA Industries. L'optimisation des stocks, l'introduction d'un suivi rigoureux des matériaux et des rebuts, et l'adoption d'outils comme le JAT, Kanban et MSP permettront de réduire les coûts, d'améliorer la réactivité de la production et de maximiser l'utilisation des ressources disponibles. Ces changements seront essentiels pour aider DIWA Industries à maintenir sa compétitivité dans un secteur en constante évolution.

2.5.2. Suivi des quantités utilisées et des rebuts générés

Le suivi des quantités utilisées et des rebuts générés est un aspect crucial pour évaluer l'efficacité du processus de production et pour garantir une gestion optimale des ressources. Actuellement, à DIWA Industries, ce suivi n'est pas effectué de manière systématique et structurée. Cela entraîne une méconnaissance des quantités réellement utilisées, ainsi qu'une absence de visibilité sur les rebuts générés pendant la production. En l'absence de données précises, il devient difficile d'identifier les sources de gaspillage, de mesurer l'efficacité des processus et d'implémenter des actions correctives pour optimiser les coûts et la performance de la production.

3. Problèmes liés au suivi des quantités utilisées

Le manque de suivi précis des quantités de matières premières et des produits finis utilisés crée plusieurs problèmes pour DIWA Industries :

- **Inexactitude des données** : En l'absence d'un suivi rigoureux, les quantités réellement consommées ne sont pas correctement enregistrées, ce qui entraîne des erreurs dans les prévisions de production et de gestion des stocks.
- **Difficulté à identifier les écarts** : Sans un suivi détaillé, il est difficile de repérer les écarts entre les quantités prévues et celles réellement utilisées. Cela peut entraîner des gaspillages importants ou des pénuries non détectées, affectant la continuité de la production.
- **Manque de réactivité** : Les imprécisions dans le suivi des quantités utilisées ralentissent l'identification des besoins de réapprovisionnement et d'optimisation des ressources.

Les erreurs humaines, combinées à des systèmes manuels de suivi, rendent difficile la fiabilité des données collectées. Cela implique également une perte de temps dans la réconciliation des informations et dans l'élaboration de rapports de performance.

4. Conséquences d'un suivi insuffisant des rebuts générés

L'absence de suivi des rebuts générés lors du processus de fabrication a plusieurs impacts :

- **Gaspillage de matériaux** : Les rebuts peuvent être générés pour diverses raisons, telles que des défauts de fabrication, des erreurs humaines ou des problèmes de qualité. Sans un suivi précis, ces rebuts ne sont pas correctement analysés, ce qui empêche leur réduction ou leur élimination.
- **Coûts supplémentaires** : Le gaspillage de matériaux non seulement augmente les coûts directs de production, mais aussi les coûts associés à la gestion des déchets et au traitement des rebuts.
- **Impact environnemental** : Les rebuts non recyclés ou mal gérés peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement, en raison de la nécessité de leur stockage ou de leur élimination dans des conditions non optimales.

5. Propositions pour améliorer le suivi des quantités utilisées et des rebuts générés

Pour améliorer la gestion des quantités utilisées et des rebuts, plusieurs solutions peuvent être mises en place :

a. Mise en place d'un système de suivi des quantités via des outils numériques : l'adoption d'outils numériques de gestion des données permettrait de suivre en temps réel la consommation de matières premières et de produits finis. Ces systèmes peuvent être intégrés à un ERP (Enterprise Resource Planning) ou à un **logiciel de gestion de la production**. Un tel système permettrait de :

- Enregistrer automatiquement les quantités utilisées à chaque étape de la production.
- Mise à jour en temps réel des stocks et des matériaux consommés, permettant de prendre des décisions immédiates concernant les réapprovisionnements.
- Rapports réguliers sur les quantités utilisées et sur les écarts par rapport aux prévisions.

Ces outils permettent également de garantir une traçabilité complète des matériaux à chaque étape du processus, améliorant ainsi la gestion des flux et la réactivité.

b. Analyse des rebuts avec des outils statistiques (Maîtrise Statistique des Processus - MSP) : pour mieux comprendre et minimiser les rebuts, DIWA Industries pourrait mettre en place une analyse de la variabilité des processus en utilisant des outils de Maîtrise Statistique des Processus (MSP). Ces outils permettent de :

- Mesurer la variabilité des matériaux ou des produits à différentes étapes de la production.
- Identifier les sources principales des rebuts et les zones de gaspillage.
- Mettre en place des actions correctives basées sur les données statistiques pour réduire la quantité de rebuts générés.

Grâce à cette approche, DIWA Industries pourrait non seulement réduire le gaspillage, mais aussi améliorer la qualité des produits et l'efficacité des processus de fabrication.

c. Mise en place de rapports de suivi des rebuts et des pertes : il est essentiel de documenter et analyser systématiquement les rebuts pour identifier les causes et appliquer des actions correctives. Les rapports réguliers sur les rebuts devraient inclure :

- Le type de déchet généré (déchets de production, matériaux non conformes, etc.).
- Les quantités de déchets générées pendant chaque phase de production.
- L'analyse des causes du gaspillage, qu'elles soient liées à des défauts de matériaux, des erreurs humaines, des problèmes de machine, etc.

Ces rapports devraient être utilisés pour identifier les tendances, les zones à améliorer et ajuster les processus de production en conséquence.

d. Formation et sensibilisation des opérateurs à la gestion des rebuts : La formation des opérateurs de production et de maintenance sur l'importance du suivi des rebuts et des matériaux consommés est essentielle. Il est important que chaque employé :

- Comprenne l'impact des rebuts sur les coûts et l'environnement.
- Sache comment gérer et minimiser les rebuts dès qu'ils sont générés.
- Soit formé à utiliser les outils de suivi des quantités et des rebuts, afin de garantir l'exactitude des données collectées.

e. Introduction de la gestion des rebuts dans le processus d'amélioration continue : Les rebuts doivent être vus comme une opportunité d'amélioration. En intégrant le suivi des rebuts dans le cadre d'un programme d'amélioration continue, DIWA Industries pourrait identifier des leviers pour réduire le gaspillage et améliorer les performances globales. Cela pourrait inclure :

- Audits réguliers des processus pour repérer les zones de gaspillage.
- Réunions d'analyse des rebuts avec les responsables de la production pour discuter des meilleures pratiques et des innovations possibles.

L'amélioration du suivi des quantités utilisées et des rebuts générés est essentielle pour optimiser l'efficacité de la production et réduire les coûts à DIWA Industries. Grâce à des outils numériques modernes, à l'application de méthodes statistiques pour la gestion des processus, à une meilleure formation des opérateurs et à un suivi régulier des rebuts, l'entreprise pourra non seulement mieux contrôler ses ressources, mais aussi s'engager vers une production plus durable et rentable. Cette approche permettra à DIWA Industries de mieux anticiper les besoins en matières premières, de réduire les gaspillages et d'améliorer sa compétitivité à long terme.

2.6. Evaluation des outils de gestion de production existants

2.6.1. Analyse des outils actuels

Les outils de gestion de production en place à DIWA Industries, bien que fonctionnels, montrent des lacunes importantes qui affectent l'efficacité générale de l'entreprise, particulièrement dans la gestion des stocks et des ressources. Ces outils, souvent rudimentaires ou mal adaptés aux besoins de

l'entreprise, ne permettent pas une optimisation des ressources et n'apportent pas de réduction significative des coûts de production. Voici les principaux problèmes identifiés :

1. Gestion des stocks peu flexible

L'un des problèmes majeurs à DIWA Industries réside dans la rigidité du système de gestion des stocks. Actuellement, l'entreprise utilise des outils de suivi qui ne sont pas suffisamment adaptables aux fluctuations des besoins en matières premières. Ces outils sont principalement basés sur :

- **Tableaux Excel pour la gestion des stocks** : ces fichiers permettent d'enregistrer les entrées et sorties, mais ne permettent pas un suivi dynamique et en temps réel.
- **Registres papier pour le suivi manuel** : une partie de la gestion est encore effectuée manuellement, ce qui entraîne des erreurs potentielles et des délais de mise à jour.

Conséquences :

- **Inexactitudes dans le suivi des stocks** : l'absence de mises à jour en temps réel empêche un suivi précis des quantités disponibles.
- **Manque de flexibilité** : les outils actuels ne permettent pas d'anticiper efficacement les variations des besoins.

2. Absence de contrôle sur les excédents de production

Un autre aspect problématique de la gestion de la production à DIWA Industries est le manque de contrôle sur les excédents de production, en raison de :

- **Suivi manuel des excédents** : aucune solution numérique ne permet de suivre automatiquement les volumes de production excédentaires.
- **Absence de système de gestion automatisée** : les informations sont stockées de manière dispersée, rendant leur exploitation difficile.

Conséquences :

- **Accumulation de stocks inutiles** : l'absence d'une gestion proactive conduit à une production excessive et à des coûts d'entreposage élevés.
- **Pertes financières** : un capital immobilisé dans les excédents pourrait être réinvesti plus efficacement ailleurs.

3. Manque de suivi précis des consommations

DIWA Industries souffre d'un manque de visibilité sur les quantités exactes de matières premières utilisées. Actuellement, les outils disponibles sont :

- Carnets de suivi de consommation manuels : peu de données exploitables numériquement.
- Fiches de suivi de production papier : pas de centralisation automatique des informations.

Conséquences :

- Difficulté à identifier les écarts entre les quantités théoriques et réelles de matières premières utilisées.
- Absence d'analyse des causes des gaspillages : aucune base de données fiable pour mettre en place des mesures correctives.

4. Utilisation limitée des technologies numériques

Bien que DIWA Industries dispose de certains outils de gestion, la numérisation de la gestion de la production reste limitée. L'entreprise utilise encore :

- **Logiciels bureautiques de base (Excel, Word)** : peu adaptés à une gestion optimisée et automatisée.
- **Systèmes de communication par courriels et réunions physiques** : retards dans le partage des informations critiques.

Conséquences :

- **Absence de suivi en temps réel** : les erreurs ne sont détectées qu'après coup, générant des pertes.
- **Mauvaise anticipation des besoins** : les décisions sont prises sur la base de données peu fiables.

5. Propositions pour améliorer les outils de gestion de production

Pour remédier aux lacunes identifiées, plusieurs actions peuvent être entreprises :

a. Intégration d'un système moderne

- Centralisation de toutes les informations de gestion.
- Suivi en temps réel des stocks et de la production.
- Planification optimisée des achats et des ressources.

b. Adoption de logiciels de gestion des stocks spécialisés

- Réduction des erreurs humaines.
- Meilleure traçabilité des matières premières et produits finis.
- c. Formation du personnel à l'utilisation des outils numériques**
 - Assurer une bonne prise en main des logiciels et de gestion des stocks.
 - Sensibiliser aux meilleures pratiques de gestion de production.
- d. Mise en place d'un système de gestion de la qualité (SGQ)**
 - Suivi des rebuts et défauts en temps réel.
 - Identification des causes de non-conformité et actions correctives rapides.
- e. Amélioration de la visibilité et des alertes automatiques**
 - Intégration de notifications automatiques sur les seuils critiques de stocks.
 - Réduction des risques de ruptures ou d'excédents de production.

L'analyse des outils de gestion de production actuels à DIWA Industries met en évidence des lacunes qui limitent l'efficacité de l'entreprise. L'adoption de systèmes numériques avancés avec des outils adaptés à la production, combinée à une formation adéquate du personnel, permettra une gestion plus efficace des stocks, une optimisation des ressources et une amélioration de la compétitivité de DIWA Industries dans le secteur industriel.

2.7. Proposition d'outils et méthodes innovants

2.7.1. Juste-à-Temps (JAT)

Le Juste-à-Temps (JAT) est une approche de gestion de la production qui vise à minimiser les stocks en fabriquant uniquement les quantités nécessaires, au moment précis où elles sont requises. Cette méthode réduit considérablement les coûts de stockage, optimise l'utilisation des matières premières et améliore la réactivité face aux fluctuations de la demande.

Proposition :

- Mise en place d'un système de prévision de la demande basé sur des données historiques et l'analyse des tendances du marché.
- Adoption d'un système de production flexible permettant d'ajuster rapidement les volumes en fonction des besoins réels.
- Coordination étroite avec les fournisseurs pour assurer des livraisons en flux tendu et éviter les surstocks.

Impact attendu :

- Réduction des coûts de stockage de X %.
- Amélioration du taux de rotation des stocks.
- Diminution des risques d'obsolescence des matières premières et des produits finis.

2.7.2. Méthode Kanban

La méthode Kanban est un outil de gestion visuelle permettant d'optimiser les flux de production et d'éviter les gaspillages. Grâce à un suivi en temps réel des niveaux de stock et des ordres de fabrication, elle facilite la prise de décision et réduit les délais d'attente dans le processus de production.

Proposition :

- Déploiement d'un système Kanban sur les lignes de production de DIWA Industries pour fluidifier les opérations.
- Mise en place de tableaux visuels et de signaux Kanban (cartes, codes couleur, étiquettes) pour indiquer l'état des stocks et des besoins en approvisionnement.
- Formation des opérateurs et responsables de production à l'utilisation efficace de Kanban pour ajuster en temps réel la fabrication et les commandes de matières premières.

Impact attendu :

- Réduction des stocks intermédiaires de X %.
- Amélioration de la réactivité de la production face aux fluctuations de la demande.
- Réduction des gaspillages et des coûts liés aux excédents de production.

2.7.3. Maîtrise Statistique des Processus (MSP)

La Maîtrise Statistique des Processus (MSP) repose sur l'utilisation de données statistiques pour surveiller et améliorer la qualité des processus de production. Elle permet d'identifier rapidement les variations anormales et d'optimiser les paramètres de fabrication afin de garantir une qualité constante des produits.

Proposition :

- Mise en place d'outils MSP (cartes de contrôle, analyse des tendances, indicateurs de capacité) pour suivre la stabilité des procédés.
- Formation des équipes de production à l'analyse des données et à l'interprétation des indicateurs de performance.
- Intégration de la MSP dans un programme d'amélioration continue pour réduire les défauts de fabrication et améliorer le rendement global.

Impact attendu :

- Réduction du taux de défauts et des rebuts de production de X %.
- Amélioration de la qualité perçue par les clients et renforcement de la satisfaction.
- Optimisation des coûts liés aux reprises et aux non-conformités.

L'optimisation des processus de production à DIWA Industries, en intégrant le Juste-à-Temps, la méthode Kanban et la Maîtrise Statistique des Processus, constitue une approche globale visant à renforcer l'efficacité opérationnelle. Ces améliorations permettront non seulement de réduire les gaspillages et d'optimiser les ressources, mais aussi d'améliorer la qualité des produits tout en maîtrisant les coûts de production.

En mettant en œuvre ces stratégies, DIWA Industries pourra s'adapter aux exigences du marché et assurer une production plus agile, durable et rentable.

III- MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Dans le cadre de cette recherche, l'objectif est d'examiner les outils d'opération de la production utilisés à DIWA Industries afin d'évaluer leur impact sur la productivité, la gestion des stocks et la qualité des produits. Cette étude vise également à identifier les opportunités d'amélioration en proposant des solutions adaptées aux contraintes spécifiques de l'entreprise.

La méthodologie adoptée repose sur une approche mixte, combinant des techniques qualitatives et quantitatives, afin d'assurer une analyse complète et approfondie des données. L'approche qualitative permet d'explorer les perceptions et expériences des employés, tandis que l'approche quantitative fournit des indicateurs mesurables pour évaluer l'efficacité des outils existants.

Cette section commence par détailler la méthodologie de recherche, notamment les outils de collecte des données et les méthodes d'analyse utilisées. Elle présente ensuite la situation actuelle de DIWA Industries, en mettant en lumière les résultats des données collectées. Ces résultats, issus des observations terrain, des entretiens et des questionnaires, serviront de base pour formuler des recommandations opérationnelles.

Enfin, cette partie s'attache à établir un lien entre les performances industrielles et les pratiques de gestion adoptées par DIWA Industries, afin de démontrer l'importance d'une optimisation continue des processus de production dans un environnement concurrentiel.

3.1. Méthodologie de recherche

3.1.1. Type de Recherche

Cette recherche adopte une approche mixte combinant analyse qualitative et quantitative, conformément aux recommandations de Creswell (2014), qui souligne l'importance d'associer ces deux méthodologies pour obtenir une vision globale et approfondie des phénomènes étudiés.

- **Analyse qualitative :**

Cette approche permet d'explorer les perceptions des acteurs impliqués (employés, cadres techniques, responsables de production) sur l'efficacité des outils de gestion. Elle est essentielle pour :

- Identifier les défis liés à l'utilisation des outils actuels tels que le Kanban et le JAT.
- Comprendre les besoins spécifiques des parties prenantes et leurs attentes vis-à-vis des améliorations envisagées (Miles et Huberman, 1994).

- Analyser les interactions entre les équipes et les processus de production. Les données qualitatives seront recueillies à l'aide d'entretiens semi-directifs et d'observations sur le terrain, garantissant une profondeur d'analyse contextuelle (Patton, 2002).

- **Analyse quantitative :**

Cette méthode s'appuie sur la collecte de données objectives pour évaluer l'impact des outils sur la performance de l'entreprise. Elle permettra :

- De mesurer les indicateurs clés tels que les temps de cycle, les niveaux de stock, et les taux de rejet.
- De quantifier les gains opérationnels liés à l'implémentation des outils, comme la réduction des gaspillages ou l'amélioration de la qualité des produits (Kaplan et Norton, 1996).

Les données quantitatives seront collectées via des questionnaires standardisés, des systèmes internes comme les cartes Kanban, et des rapports de production (Yin, 2003).

La combinaison de ces approches garantit une triangulation des données, renforçant ainsi la validité des résultats et permettant une interprétation exhaustive (Bryman, 2012).

3.1.2. Variables de Recherche

a. Définition conceptuelle des variables

- **Variable indépendante :** Les outils de gestion intégrés, incluant :
 - **Juste-à-Temps (JAT) :** Une méthode visant à aligner les flux de production sur la demande réelle pour minimiser les stocks (Ohno, 1988).
 - **Système Kanban :** Un outil visuel permettant de gérer les flux de travail en temps réel, favorisant une réduction des gaspillages et une amélioration de la flexibilité (Monden, 2011).
 - **Maîtrise Statistique des Processus (MSP) :** Une approche utilisant des techniques statistiques pour contrôler et optimiser la qualité des processus (Montgomery, 2009).
- **Variables dépendantes :**
 - **Amélioration de la productivité :** Réduction des temps de cycle et augmentation de la cadence de production (Womack & Jones, 1996).

- **Réduction des gaspillages** : Diminution des pertes matérielles et des stocks inutilisés, en ligne avec les principes du Lean Manufacturing (Shah & Ward, 2003).
- **Qualité des produits** : Augmentation du taux de conformité des produits et satisfaction des clients grâce à un meilleur contrôle des processus (Garvin, 1987).

b. Limites et difficultés

- **Résistance au changement** :

Les opérateurs pourraient montrer des réticences face à l'introduction de nouveaux outils, par peur de la complexité ou du changement de leurs habitudes (Kotter, 1996).

- **Solution** : Mettre en place un programme de formation continue et une communication proactive pour accompagner la transition (Beer et Eisenstat, 2000).

- **Variabilité des flux de production** :

Les variations dans la demande ou les délais d'approvisionnement pourraient affecter la mise en œuvre des outils tels que le JAT et le Kanban (Goldratt, 1990).

- **Solution** : Introduire des tampons de régulation et utiliser des outils flexibles pour ajuster les flux en fonction des besoins (Slack, Chambers et Johnston, 2010).

c. Utilisation des variables

Les variables seront utilisées pour :

1. **Établir des corrélations** entre les outils et les résultats opérationnels, en mesurant :
 - L'évolution des temps de cycle avant et après l'implémentation des outils (Ohno, 1988).
 - Les variations des niveaux de stock et les coûts associés (Monden, 2011).
 - L'impact sur la qualité des produits, mesuré par les taux de rejet et les retours clients (Montgomery, 2009).
2. **Identifier les facteurs de succès critiques**, tels que la formation des équipes et l'efficacité des systèmes de suivi (Womack & Jones, 1996).
3. **Analyser l'intégration des outils**, comme la combinaison du Kanban avec le MSP pour améliorer les flux et la qualité des processus (Shah & Ward, 2003).

En adoptant cette méthodologie rigoureuse et contextualisée, cette recherche vise à fournir des recommandations basées sur des données empiriques et théoriques solides, adaptées au contexte industriel de DIWA Industries.

3.2. Les différentes approches de la recherche, choix et justification

Lors de la conception de notre étude sur l'optimisation des processus de production de bouteilles de gaz à DIWA Industries, nous avons examiné plusieurs approches méthodologiques pour atteindre nos objectifs de recherche. Parmi celles-ci, deux approches principales se sont démarquées : l'approche qualitative et l'approche quantitative.

L'approche qualitative aurait impliqué une analyse approfondie des processus de production de bouteilles de gaz à travers des entretiens, des observations sur le terrain et des études de cas. Cette approche aurait permis d'obtenir une compréhension détaillée des défis et des opportunités d'amélioration des processus de production. Cependant, elle aurait pu être limitée par son caractère subjectif et la difficulté à quantifier les résultats.

En revanche, l'approche quantitative, notamment l'intégration de la méthode JAT-Kanban, s'est avérée être la plus appropriée pour notre étude. Cette approche nous a permis de recueillir des données objectives sur les temps de cycle, les niveaux de stocks et d'autres métriques clés de performance. L'utilisation de Kanban comme outil de diagnostic et d'amélioration continue a offert une méthodologie structurée et éprouvée pour optimiser les processus de production. De plus, elle s'est avérée compatible avec l'orientation vers l'efficacité opérationnelle de DIWA Industries.

Notre choix de l'approche quantitative et de l'intégration de la méthode JAT-Kanban a été justifié par plusieurs facteurs :

- Premièrement, cette approche nous a permis d'obtenir des données tangibles et mesurables pour évaluer l'impact des changements apportés aux processus de production ;
- Deuxièmement, elle s'est alignée sur les objectifs de DIWA Industries en matière d'efficacité opérationnelle et d'amélioration continue.

En conclusion, notre choix de l'approche quantitative et de l'intégration de la méthode JAT-Kanban pour notre étude sur l'optimisation des processus de production de bouteilles de gaz a été guidé par sa pertinence, sa faisabilité et son potentiel d'impact significatif sur les opérations de l'entreprise.

3.2.1. Méthode de collecte des données ou de recueil des données

Pour mener notre étude sur l'optimisation des processus de production de bouteilles de gaz à DIWA Industries, nous avons utilisé une méthode de collecte des données rigoureuse et structurée. Cette méthode visait à recueillir des informations pertinentes et fiables sur les processus existants ainsi que sur les effets de l'intégration de la méthode JAT-Kanban.

1. **Observations sur le Terrain** : Nous avons effectué des observations directes sur le terrain pour comprendre les flux de travail et identifier les étapes clés du processus de production des bouteilles de gaz. Cette approche nous a permis de visualiser les activités en temps réel et d'observer les interactions entre les différentes parties prenantes.
2. **Entretiens Structurés** : Nous avons mené des entretiens structurés avec le personnel impliqué dans les processus de production, y compris les opérateurs et les responsables de la planification notamment le chef de production et de la maintenance. Ces entretiens ont été conçus pour recueillir des informations sur les défis rencontrés, les pratiques actuelles et les opportunités d'amélioration.
3. **Analyse des Données Existantes** : Nous avons examiné les données existantes sur les temps de cycle, les niveaux de stocks et les performances globales des processus de production. Cette analyse nous a fourni une base de référence pour évaluer l'impact des changements apportés par l'intégration de la méthode JAT-Kanban.
4. **Utilisation de Kanban comme Outil de Collecte de Données** : La méthode Kanban elle-même a servi d'outil de collecte de données en fournissant des informations en temps réel sur le flux de travail, les stocks et les goulots d'étranglement.

En combinant ces différentes méthodes de collecte des données, nous avons pu obtenir une compréhension holistique des processus de production de bouteilles de gaz à DIWA Industries, ainsi que des effets de l'intégration de la méthode JAT-Kanban. Ces données ont servi de base solide pour l'analyse et l'évaluation des résultats de notre étude.

3.2.2. Présentation des outils et méthode d'organisation de la production

Il existe aujourd'hui trois grandes logiques de gestion adoptées par les diverses méthodes d'organisation et de gestion de la production. Ces logiques sont :

- Gérer par une planification ;

- Gérer en JAT (juste à temps) ;
- Gérer par les contraintes.

Les méthodes d'organisation et de gestion de la production ont à l'origine privilégiée une logique de gestion plutôt qu'une autre. Parmi les plus célèbres, citons : « gérer par une planification » pour le système MRP, « gérer en JAT » pour la méthode KANBAN, et « gérer par les contraintes » pour la méthode OPT.

3.2.3. Organisation par planification : la méthode MRP

La méthode MRP (Material Requirements Planning) est une technique de planification de la production développée dans les années 1960 pour optimiser la gestion des stocks. Son principe fondamental consiste à calculer les besoins en matériaux nécessaires à la production en fonction des quantités de produits finis, des délais de livraison et des stocks disponibles.

MRP utilise des données comme les nomenclatures de produits, les quantités requises et les temps de traitement pour établir les besoins en matériaux pour chaque période de planification. Elle est généralement mise en œuvre via un logiciel de planification, intégrant des informations sur les quantités de commande et les délais de livraison pour également planifier la capacité de production.

En résumé, la méthode MRP aide les entreprises à gérer efficacement leurs stocks et à répondre à la demande des clients tout en minimisant les coûts. Cependant, elle présente des limites, ne prenant pas en compte les fluctuations de la demande, les retards de livraison, la qualité des matières premières ou les capacités de production. Il est donc conseillé de l'associer à d'autres méthodes de planification pour une gestion optimale de la production.

3.2.3.1. Architecture du MRP

L'architecture du MRP (Material Requirements Planning) est une structure organisée pour gérer les flux de matériaux en production. Elle se compose de plusieurs éléments clés :

1. **Base de Données** : Contient des informations sur les matériaux, produits finis, fournisseurs, délais de livraison et niveaux de stocks, mise à jour en continu.
2. **Bill of Materials (BOM)** : Nomenclature listant tous les composants nécessaires à la fabrication de chaque produit, utilisée pour calculer les besoins en matériaux.
3. **Planification des Besoins en Matériaux (MRP I)** : Processus central qui calcule les besoins bruts et nets en matériaux, ainsi que les ordres de fabrication et d'achat.

4. **Planification des Ressources (MRP II)** : Intègre la planification des capacités en tenant compte des contraintes d'équipements et de main-d'œuvre pour une production réaliste.
5. **Interfaces Utilisateurs** : Permettent une gestion intuitive des données, incluant tableaux de bord et rapports pour faciliter la planification et le contrôle.

En résumé, l'architecture du MRP fournit une infrastructure intégrée pour la planification des besoins en matériaux, optimisant la gestion des stocks et les processus de production.

3.2.3.2. Limites de la méthode MRP

Bien que la méthode MRP (Material Requirements Planning) soit largement utilisée pour planifier et contrôler les flux de matériaux, elle présente plusieurs limites :

1. **Sensibilité aux Prévisions** : Le MRP repose sur des prévisions de la demande, ce qui le rend vulnérable aux erreurs de prévision, entraînant des surstocks ou des sous-stocks.
2. **Gestion des Stocks** : La planification des stocks peut être difficile, avec des risques d'obsolescence, de ruptures de stock et de coûts de stockage élevés si les niveaux ne sont pas optimisés.
3. **Dépendance aux Données Précises** : Un fonctionnement efficace nécessite des données exactes et à jour. Toute inexactitude peut entraîner des erreurs de planification.
4. **Incapacité à Gérer les Variabilités** : Le MRP peine à s'adapter aux fluctuations de la demande et aux changements imprévus dans les délais de production ou de livraison.
5. **Complexité** : La mise en place et la maintenance d'un système MRP demandent des ressources importantes, notamment en termes de temps, de coûts et de compétences.
6. **Manque de Flexibilité** : Le MRP est généralement basé sur des prévisions à long terme, ce qui peut limiter sa capacité à réagir rapidement aux changements de demande.

En résumé, bien que le MRP soit un outil puissant pour la planification des besoins en matériaux, ses limitations nécessitent que les entreprises envisagent des approches complémentaires pour optimiser leur gestion de la production.

3.2.4. Organisation par le juste à temps : la méthode KANBAN

Le concept de production juste à temps (JAT) consiste à fabriquer ou approvisionner des produits exactement quand ils sont nécessaires, ni trop tôt ni trop tard. Ce concept est souvent confondu avec le système KANBAN, qui est un outil de gestion spécifique lié à la production tirée.

Le système KANBAN utilise des cartes de contrôle pour indiquer les besoins en production et en stockage des composants d'un produit. Ces cartes déclenchent la production de nouveaux composants lorsque les niveaux de stock diminuent, s'appuyant ainsi sur un flux tiré plutôt que sur une planification prévisionnelle.

Les avantages du système KANBAN incluent :

1. **Réduction des stocks** : En produisant uniquement selon la demande réelle, le KANBAN diminue significativement les niveaux de stocks.
2. **Amélioration de l'efficacité** : Cela réduit les temps d'attente et les temps morts, optimisant ainsi l'efficacité de la production.
3. **Réduction des coûts** : Moins de stocks et une meilleure efficacité entraînent une diminution des coûts de production et une amélioration de la rentabilité.
4. **Amélioration de la qualité** : La production à la demande facilite l'identification rapide des problèmes de qualité et leur résolution.
5. **Amélioration de la communication** : KANBAN favorise une meilleure communication entre les départements, facilitant la collaboration et la résolution de problèmes.

En résumé, la méthode KANBAN est un outil visuel qui permet d'implémenter une organisation juste à temps, en minimisant les stocks et en augmentant l'efficacité de la production.

3.2.5. La production en JAT

La production en Juste à temps (JAT) est une méthode de gestion de la production qui vise à produire uniquement ce qui est nécessaire, au moment où c'est nécessaire, et en quantité nécessaire pour répondre aux besoins des clients. Cette approche a été popularisée par Toyota dans les années 1950 et est maintenant largement utilisée dans de nombreux secteurs de l'industrie.

L'objectif principal de la production en JAT est de minimiser les stocks de produits finis, les matières premières et les composants en transit. Pour ce faire, le système de production en JAT repose sur la

prévision de la demande et la planification de la production pour minimiser les retards de production et de livraison.

Le principe clé de la production en JAT est de produire des quantités plus petites et plus fréquentes, plutôt que des grandes quantités à l'avance. Cela permet aux entreprises de réduire les coûts de stockage et les risques de surproduction. La production en JAT permet également une plus grande flexibilité et réactivité aux changements dans la demande des clients.

Cependant, la production en JAT peut poser des défis en termes de coordination et de planification précise de la production, ainsi que de gestion de la qualité pour garantir que les produits répondent aux normes de qualité requises. Elle peut également être difficile à mettre en œuvre dans des environnements de production très variables ou des industries à forte saisonnalité.

3.2.5.1. La mise en œuvre des principes du JAT

Le JAT (Juste À Temps) est une méthode de gestion de la production visant à réduire les délais de fabrication et à minimiser les coûts de stockage. La mise en œuvre des principes du JAT implique plusieurs étapes :

1. **Identification des processus** : Il est important d'identifier tous les processus impliqués dans la production, de l'achat des matières premières jusqu'à la livraison du produit fini.
2. **Évaluation des flux de production** : L'objectif est d'analyser les flux de production pour identifier les goulots d'étranglement, les stocks intermédiaires et les temps d'attente ;
3. **Établissement d'un plan de production** : En se basant sur l'analyse des flux de production, un plan de production est élaboré pour minimiser les stocks intermédiaires et les temps d'attente ;
4. **Planification de la production** : La planification de la production doit être réalisée en fonction de la demande réelle et de la capacité de production ;
5. **Mise en place d'une communication efficace** : La communication entre les différents départements impliqués dans la production est cruciale pour la réussite de la mise en œuvre du JAT. Une communication efficace permet de s'assurer que tous les acteurs travaillent en coordination ;
6. **Amélioration continue** : L'application des principes du JAT doit être accompagnée d'une culture de l'amélioration continue. Les processus doivent être évalués régulièrement et des ajustements doivent être apportés pour améliorer la performance globale.

La mise en œuvre des principes du JAT implique une approche globale de la gestion de la production, qui vise à réduire les coûts, à améliorer la qualité et à accélérer les délais de livraison. Cela nécessite une forte coordination entre les différents départements impliqués dans la production et une culture de l'amélioration continue.

3.2.5.2. La méthode et les outils liés au JAT

Ceci concerne successivement : la méthode kanban, la TPM et le SMED. Ici nous allons nous consacrer seulement à développer la méthode Kanban.

3.2.6. La méthode Kanban :

La logique de gestion en JAT est d'assurer que la production (ou la livraison) soit à tout moment strictement égale à la demande. Cette logique est souvent abusivement associée à la méthode de gestion de production Kanban. La méthode Kanban n'est qu'une certaine mise en application de cette logique.

3.2.6.1. Définition générale et description :

En japonais « kanban » signifie étiquette, fiche, carte.

La méthode "Kanban" est une méthode de gestion des systèmes de production à flux tirés, c'est-à-dire, dans lesquels ce sont les commandes clients qui déclenchent automatiquement la fabrication par remontée des ordres depuis la sortie des produits.

Elle gère les flux d'approvisionnement, de fabrication ou de distribution et leur lancement à très court terme. Elle est surtout utilisée pour des fabrications de grande série à flux réguliers, et vise à atteindre le zéro stock et la rationalisation des flux d'informations et donc à supprimer les gaspillages. Cette méthode permet également de faire circuler une information de qualité.

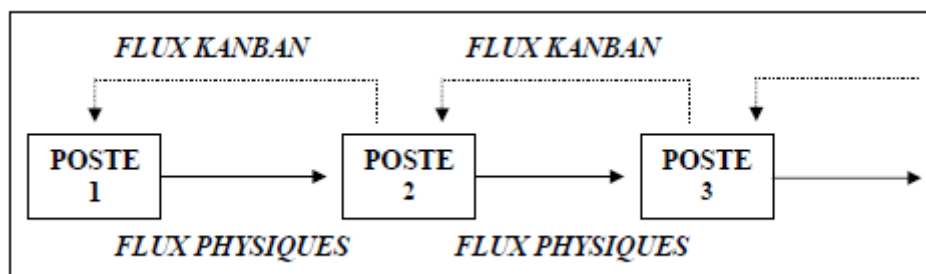


Figure 3: Flux Kanban

L'étiquette kanban sert donc à la fois de « fiche suiveuse » et « d'ordre de fabrication du lot produits ». Les informations que l'on peut trouver sur ces étiquettes sont très variables selon les entreprises :

- La référence de la pièce : nom, numéro ;
- La provenance et la destination : poste amont-poste aval ;
- La capacité du container ;
- Eventuellement un code-barres pour une lecture optique

Figure 4 : l'étiquette Kanban

3.2.6.2. Objectifs du Kanban :

Les principaux objectifs de la méthode Kanban sont les suivants :

- Appeler la production par l'aval, c'est-à-dire, à partir de la consommation réelle du client (interne ou externe) ;
- Rendre plus facile l'établissement des priorités en les reliant directement à la consommation réelle ;
- Ramener l'ordonnancement précis des ordres de fabrication au niveau de l'exécution ;
- Rendre le flux de fabrication continuellement visible ;
- Pouvoir se passer du système informatique.

3.2.6.3. Mise en place du Kanban :

Pour chaque référence travaillée et pour chaque chaînon concerné du processus, la mise en route d'un enchaînement Kanban s'établit de la manière suivante :

a. Collecter les données relatives au flux à organiser :

- Caractéristiques du flux (demande journalière, variation de cette demande, délai d'obtention des palettes, collecte des Kanban) ;

- Caractéristiques du poste amont (fournisseur) ;
- Caractéristiques du poste aval (client) ;
- Caractéristiques de la liaison poste amont-poste aval.

b. Définir les paramètres de fonctionnement :

- Capacité et nombre de machines par poste ;
- Capacité des conteneurs ;
- Taille du lot mini de fabrication autorisant un lancement ;
- Taille de l'en-cours mini. L'en-cours mini doit permettre d'éviter la rupture d'approvisionnement au poste aval ;
- Taille du tampon de régulation. Le tampon de régulation sert à donner de la souplesse au système et à limiter les demandes « en catastrophe ».

c. Mettre en œuvre :

- Confectionner le planning d'ordonnancement. Il s'agit d'un tableau mural, qui sera placé au poste amont et sur lequel seront rangés les kanbans quand ils ne seront pas sur les conteneurs ;
- Définir le contenu des kanbans ;
- Définir les règles de circulation des kanbans et de fonctionnement du planning.

d. Affiner le planning :

- Régler les index en fonction de l'évolution du système ;
- Améliorer l'écoulement du flux.

Dans le planning à Kanban (fig. I.6), chaque case vide représente le nombre de containers disponibles pour chaque type de pièces. Il s'agit en fait de containers stockés. Les Kanbans qui apparaissent sur le planning traduisent en fait des ordres de production.

Produit X	Produit Y	Produit Z

Figure 5 : Planning des kanbans (sans priorité)

3.2.6.4. Fonctionnement du Kanban :

Il existe deux types de système kanban :

a. Le système kanban à simple boucle

La circulation des kanbans entre les deux postes s'organise suivant une logique de type client-fournisseur. Si les deux postes de travail se situent géographiquement dans le même atelier, il s'agit d'un système à simple Kanban (ou à simple boucle).

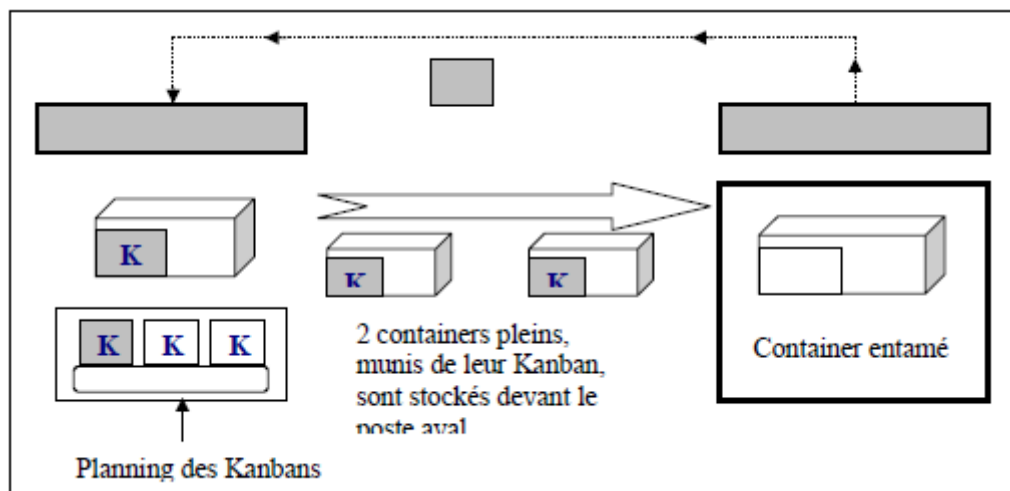


Figure 6 : Fonctionnement du système simple Kanban ou simple boucle

1- La gestion de priorité en Kanban

Quand le planning Kanban d'un poste de travail comporte plusieurs types de Kanbans, le principal problème de l'opérateur consiste à choisir le type de pièces à fabriquer en priorité. Le tableau Kanban contient alors deux signaux d'alerte :

- L'index triangulaire (rouge) : correspond au nombre maximum de Kanbans en circulation pour une pièce donnée. Lorsque l'index triangulaire est atteint, cela signifie que le poste aval n'a presque plus de stock, l'opérateur du poste amont doit lancer la fabrication s'il ne souhaite pas prendre le risque de casser le flux.
- L'index flèche (vert) : représente un seuil d'alerte. On peut en effet décider de conserver un stock minimal de containers de pièces. Lorsque l'on atteint l'index flèche, il y'aura automatiquement une rupture d'approvisionnement en aval susceptible de causer l'arrêt du processus de production. Le lancement de la référence ayant atteint cet index s'impose alors.

2- Détermination du nombre de Kanbans :

L'objectif est de rechercher le nombre minimum de kanbans à créer sans provoquer de rupture de production.

Cet optimum (K) est obtenu en appliquant la formule ci-après :

$$K = \frac{D \times T}{N}$$

Où :

D : la demande quotidienne qui s'adresse au poste aval ;

N : le nombre de pièces contenues dans chaque container ;

K : le nombre de Kanbans (ce que nous cherchons à déterminer) ;

T : le temps de cycle (ou délai de réaction).

b. Le système Kanban à double boucle

Lorsque les postes ne sont pas localisés au même endroit ou lorsque par manque de place, il est impossible de stocker les pièces dans l'atelier, un système qualifié de système à double Kanban (ou à deux boucles) est alors mis en place. Il nécessite le recours à un magasin intermédiaire (une aire de stockage) où sont stockés des containers de pièces, ainsi que l'utilisation d'un type de carte supplémentaire, les Kanbans de transfert.

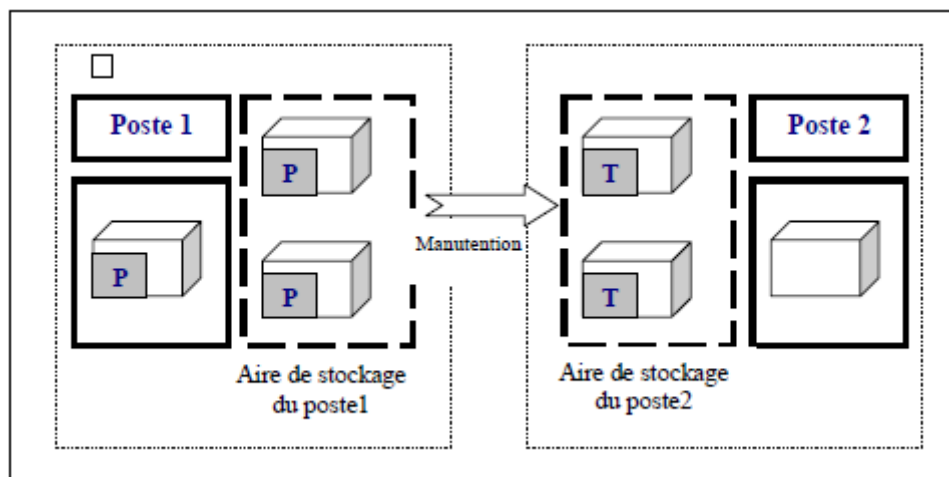


Figure 7 : Fonctionnement du système à double Kanban

3.2.6.5. 1. Domaine et contraintes d'utilisation :

La méthode Kanban est applicable à des productions de type "masse" pour lesquelles le nombre de références n'est pas trop élevé et la demande reste régulière ou à faibles variations. Elle implique, au préalable, des temps de changement de références courts, un équilibrage des temps opératoires sur tous les postes de travail, une maintenance préventive efficace des équipements, un contrôle qualité performant et des opérateurs responsables et polyvalents.

3.2.7. La combinaison MRP KANBAN :

Le Kanban étant dédié à une gestion à court terme des ateliers, il s'adapte naturellement mal à un mode de gestion par anticipation.

Cela justifie le fait même que dans les entreprises japonaises, ce système ne pilote le plus souvent qu'une seule partie de la fabrication, le reste étant géré par le MRP.

Donc, bien que les flux tirés constituent l'instrument privilégié du JAT, ils sont souvent combinés dans l'entreprise à une démarche en flux poussés. La production est alors lissée, c'est-à-dire régularisée sur une longue période grâce au MRP.

3.3. Outils de contrôle et de diagnostic de la production

La démarche d'un contrôle efficace de la production et de la qualité s'applique au niveau le plus élevé de l'entreprise. C'est par l'application outils et méthodes de la production et de la qualité que les industriels performants arrivent à placer rapidement sur le marché des productions compétitifs. Plusieurs outils sont utilisés, citons par exemple l'outil "COUT" qui a pour but de déterminer un coût horaire objectif pour les postes de production, afin d'avoir un contrôle de gestion efficace, et aussi l'outil "King" qui a pour but de mettre en évidence et déterminer le coût horaire conjoncturel d'un poste de production. Dans notre cas, nous présentons les outils POKA YOKE et M.S.P dans la partie suivante.

3.3.1. L'outil Poka Yoke

Le Poka Yoke, également connu sous le nom de "proofing à l'erreur" ou "dispositif anti-erreur", est une méthode utilisée dans les processus de production pour prévenir les erreurs humaines et garantir la qualité des produits. Ce concept, originaire du Japon et largement utilisé dans le cadre des principes du Lean Manufacturing, vise à concevoir des systèmes qui rendent les erreurs impossibles à commettre ou faciles à détecter et à corriger.

3.3.2. Objectifs des Poka Yoké

1. Prévenir les Erreurs : L'objectif principal du Poka Yoké est de concevoir des processus et des dispositifs qui empêchent les erreurs de se produire en premier lieu. Cela peut être réalisé en intégrant des dispositifs de guidage, des capteurs, des arrêts automatiques ou d'autres mécanismes de prévention des erreurs dans les équipements et les procédures de travail.

2. Détecter les Erreurs Rapidement : Même avec des mesures préventives en place, des erreurs peuvent parfois se produire. Dans de tels cas, le Poka Yoké vise à détecter les erreurs le plus rapidement possible, idéalement au moment où elles se produisent, afin de minimiser les conséquences négatives sur la qualité du produit et sur le processus de production.

3. Faciliter la Correction des Erreurs : Une fois qu'une erreur est détectée, le Poka Yoké prévoit des procédures claires et des dispositifs simples pour permettre une correction rapide et efficace. Cela peut inclure des indicateurs visuels, des instructions de correction standardisées ou des mécanismes d'auto-correction intégrés dans le processus.

3.3.3. Domaine d'application

Le domaine d'application du Poka Yoké est vaste et peut être adapté à différents secteurs et types d'activités. Dans le contexte de l'optimisation des processus de production, le Poka Yoké pourrait être mis en œuvre pour prévenir les erreurs de fabrication, telles que les erreurs d'assemblage, de remplissage ou d'étiquetage des bouteilles. En intégrant des dispositifs Poka Yoké dans les équipements et les lignes de production, on pourrait améliorer la qualité, la fiabilité et l'efficacité de ses processus de production tout en réduisant les risques d'erreurs et de défauts.

3.3.4. Principe de la maîtrise statistique des procédés

La maîtrise statistique des procédés (MSP), ou contrôle statistique des processus (CSP), est une méthode essentielle en gestion de la qualité qui permet de surveiller et contrôler les processus de production pour maintenir la variabilité dans des limites acceptables. Voici ses principes fondamentaux :

1. Collecte de données : Des données sur les caractéristiques clés du produit ou du processus, comme les dimensions, poids, ou temps de cycle, sont essentielles pour la mise en œuvre de la MSP.

2. **Analyse statistique** : Après collecte, des techniques statistiques, comme les histogrammes, cartes de contrôle et analyses de capacité, sont appliquées pour évaluer la variabilité des processus.
3. **Établissement de limites de contrôle** : Basées sur l'analyse, des limites de contrôle (limites supérieure et inférieure) sont définies pour indiquer les plages acceptables de variation.
4. **Surveillance continue** : Le processus est suivi en continu à l'aide de cartes de contrôle. Des actions correctives sont prises si les données dépassent les limites de contrôle ou montrent des tendances inquiétantes.
5. **Amélioration continue** : La MSP cherche à éliminer les causes de variation excessive pour stabiliser et prédire les processus, conduisant à une meilleure qualité et à des réductions de déchets et de coûts.

En résumé, la maîtrise statistique des procédés utilise la collecte et l'analyse de données, l'établissement de limites de contrôle, la surveillance et l'amélioration continue pour garantir la qualité et la fiabilité des produits.

IV- RESULTATS

4.1. Modalités de circulation des flux dans l'entreprise DIWA INDUSTRIES

L'analyse des flux de production à l'usine DIWA INDUSTRIES a révélé que la ligne de production est structurée selon une disposition parallèle, servant principalement de canal de transport pour les pièces. L'organisation du travail montre que les opérateurs, disposés côte à côte, alimentent la ligne de production de manière asynchrone par rapport au convoyeur. Cette configuration présente plusieurs avantages, tels que l'absence d'impact significatif en cas d'absence d'un opérateur et la possibilité d'assemblage simultané de produits différents. Cependant, elle comporte également des inconvénients, notamment un pilotage complexe, une perte d'espace, la constitution de stocks, et des résultats imprévisibles.

La figure ci-dessous nous montre la disposition des différents ateliers et la circulation des différents flux dans l'usine DIWA INDUSTRIES.

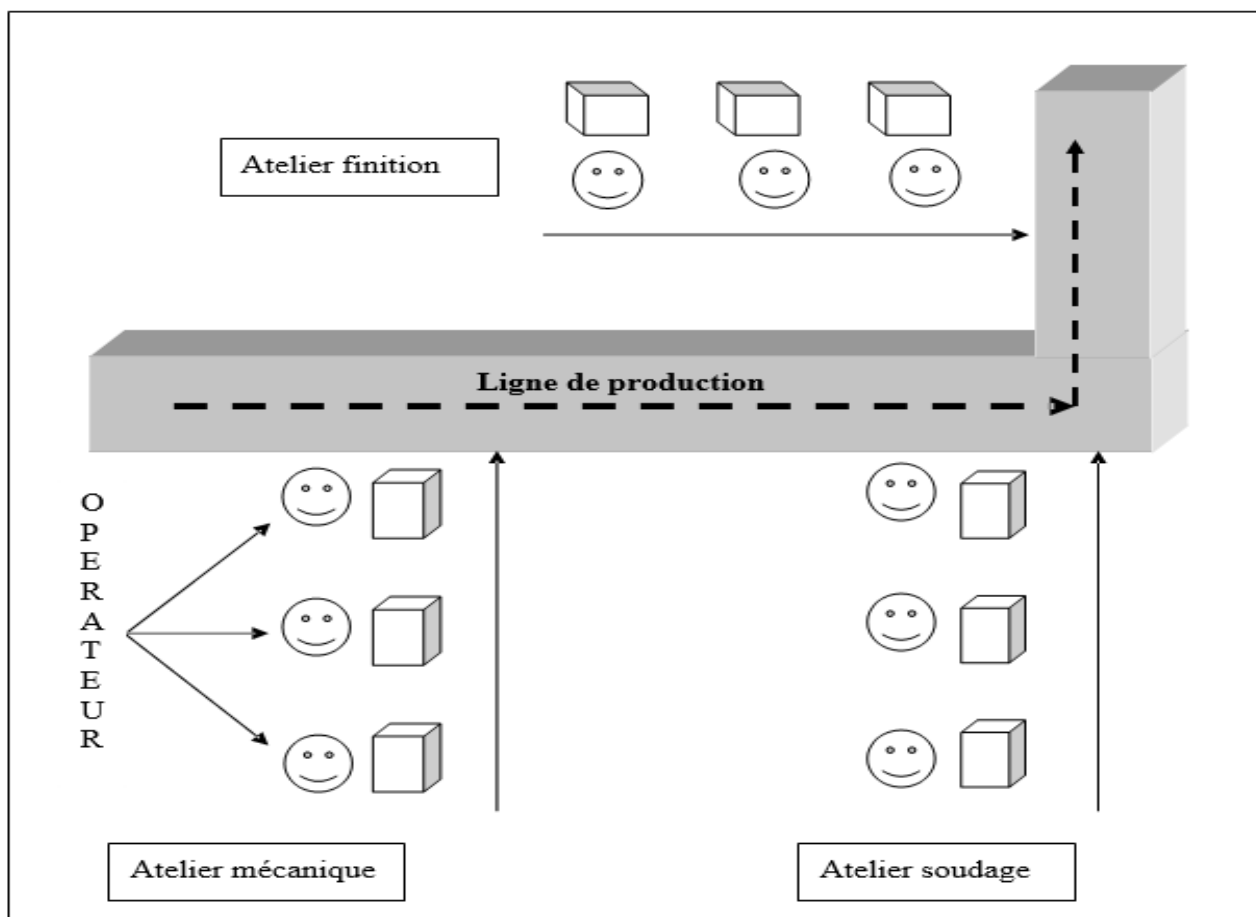


Figure 8 : Circulation des flux dans l'usine DIWA INDUSTRIES

4.1.1. Les conditions d'application du système Kanban

La mise en œuvre du système Kanban au sein de DIWA INDUSTRIES nécessite plusieurs prérequis pour garantir son efficacité, parmi lesquels :

1. Visibilité des processus : Une compréhension claire des étapes de production est essentielle.
2. Standardisation des processus : Les méthodes doivent être uniformes pour assurer la cohérence du flux de travail.
3. Limitation des stocks Le contrôle strict du travail en cours (WIP) est nécessaire pour éviter les goulots d'étranglement.
4. Communication et collaboration : La transparence entre les équipes est primordiale.
5. Engagement de l'équipe : L'implication des équipes dans l'application des principes Kanban est cruciale.
6. Cadre visuel : L'utilisation d'un tableau Kanban pour visualiser le flux de travail est indispensable.
7. Réactivité aux changements : Le système doit être suffisamment flexible pour s'adapter aux variations des besoins.

4.1.2. La mise en place du Kanban dans l'usine DIWA INDUSTRIES

Dans le cadre de cette étude, la méthode Kanban a été appliquée dans les ateliers mécanique et de soudage de l'usine. L'objectif était de minimiser les interruptions de production, de produire uniquement selon les besoins, et de contrôler les niveaux d'en-cours. Le système a été structuré pour permettre une circulation efficace des ordres de production à travers les cartes Kanban, en standardisant les conteneurs de pièces pour faciliter leur identification.

4.1.2.1. Production des pièces (Flans, Emboutis, Pieds) dans l'atelier mécanique (poste amont)

Le déploiement du système Juste-À-Temps (JAT) au sein de l'atelier mécanique de DIWA INDUSTRIES, basé sur la méthode Kanban, repose sur une gestion efficace de l'information. Ce système permet aux ordres de production de circuler de manière fluide du poste aval vers le poste amont. Les cartes Kanban servent à transmettre les informations sur les niveaux de consommation des pièces.

Pour garantir l'efficacité du système, tous les conteneurs de pièces (flans, emboutis, pieds) ont été standardisés, facilitant ainsi leur identification. Les pièces sont catégorisées avec des lettres spécifiques : F pour les flans, E pour les emboutis (supérieurs et inférieurs), et P pour les pieds. Chaque conteneur, une fois rempli, est étiqueté pour indiquer son statut, permettant ainsi une gestion visuelle rapide et efficace des stocks.

4.1.2.2. Système d'Information et Flux de Travail dans l'Atelier de Soudage (Poste Aval)

Dans l'atelier de soudage, le système Kanban a été mis en place pour optimiser le flux de travail et garantir une production en continu sans interruption due à un manque de pièces. Les informations relatives à la consommation et aux besoins en pièces sont transmises en temps réel via les cartes Kanban, assurant ainsi une synchronisation parfaite entre les postes amont et aval.

Le système a permis de :

1. Éviter les interruptions de production grâce à un approvisionnement régulier en pièces.
2. Produire uniquement en fonction des besoins, minimisant ainsi le gaspillage de matériaux.
3. Maintenir les niveaux d'en-cours au strict minimum, améliorant l'efficacité globale du processus de fabrication.

4.1.2.3. Lancement en production dans l'atelier mécanique

À chaque début de traitement d'un conteneur de pièces par le poste aval (atelier de soudage), un Kanban est détaché de ce conteneur et renvoyé au poste amont (atelier mécanique). Ces Kanbans sont ensuite placés sur un tableau, appelé le planning des Kanbans, situé au poste amont.

Chaque réception d'un Kanban par le poste amont équivaut à recevoir un ordre de fabrication. En réponse, le poste amont lance la fabrication du nombre de pièces nécessaires pour remplir le conteneur.

Une fois la quantité requise fabriquée, l'opérateur renvoie le conteneur muni du Kanban au poste aval. La production au poste amont s'arrête uniquement lorsque le planning des Kanbans est vide.

Un agent de manutention est nécessaire dans l'atelier pour récupérer tous les Kanbans mis de côté par les opérateurs des différents postes de soudage.

Remarques :

- Le système Kanban est un système à production tirée, où la fabrication des pièces est déclenchée par leur consommation effective pour le montage final.
- Le nombre de cartes Kanban détermine le nombre maximal de conteneurs pour chaque type de pièce, permettant ainsi de contrôler les niveaux d'encours.
- Les encours sont stockés aussi près que possible de leur point d'utilisation.
- Les niveaux de stocks et d'encours ne sont pas réduits à zéro, mais sont maintenus au minimum avec au moins un conteneur plein pour chaque type de pièce.

La figure (IV.4) permet de visualiser une simulation de la méthode Kanban appliquée à l'atelier mécanique et à l'atelier de soudage de l'entreprise DIWA.

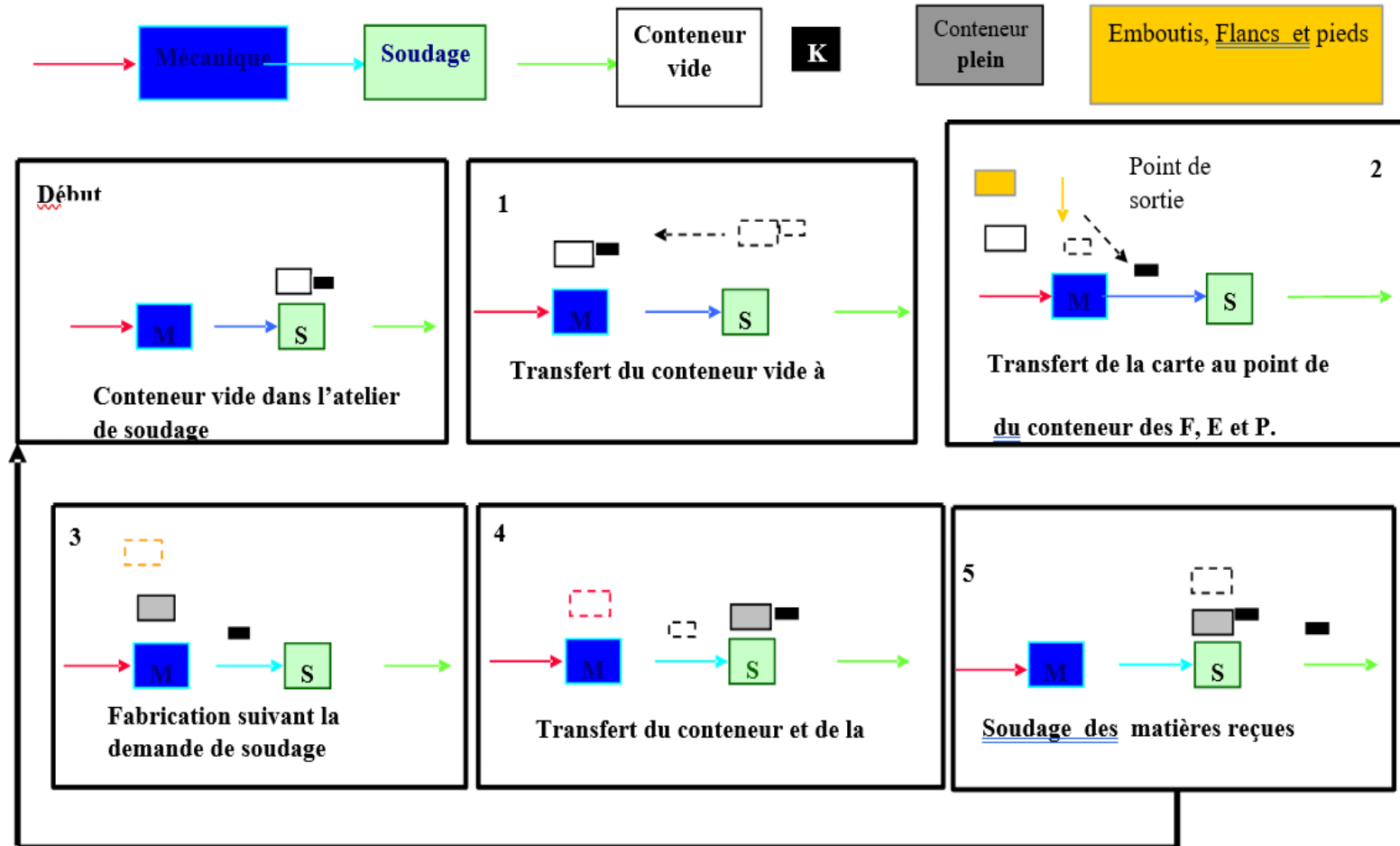


Figure 9 : La méthode Kanban dans l'usine de DIWA INDUSTRIES

4.1.2.4. Calcul du nombre de Kanbans

Pour calculer le nombre de Kanbans nécessaire, on doit respecter les étapes suivantes :

Étape 1 : Collecter les données relatives aux flux à organiser

- **Caractéristiques du flux** : Nous avons :

- Une demande journalière moyenne de 600 bouteilles semi-finies ;
- Une variation de la demande : + ou - 7%

- **Caractéristiques du poste amont (fournisseur)**

Le poste amont est un atelier de mécanique qui travaille en 8h x 5 jours par semaine qu'on peut diviser en trois parties :

- La partie 1 : pour usiner les flancs
- La partie 2 : pour usiner les emboutis supérieurs et inférieurs ;
- La partie 3 : pour usiner les pieds

Le schéma suivant nous illustre l'atelier mécanique et ses parties.

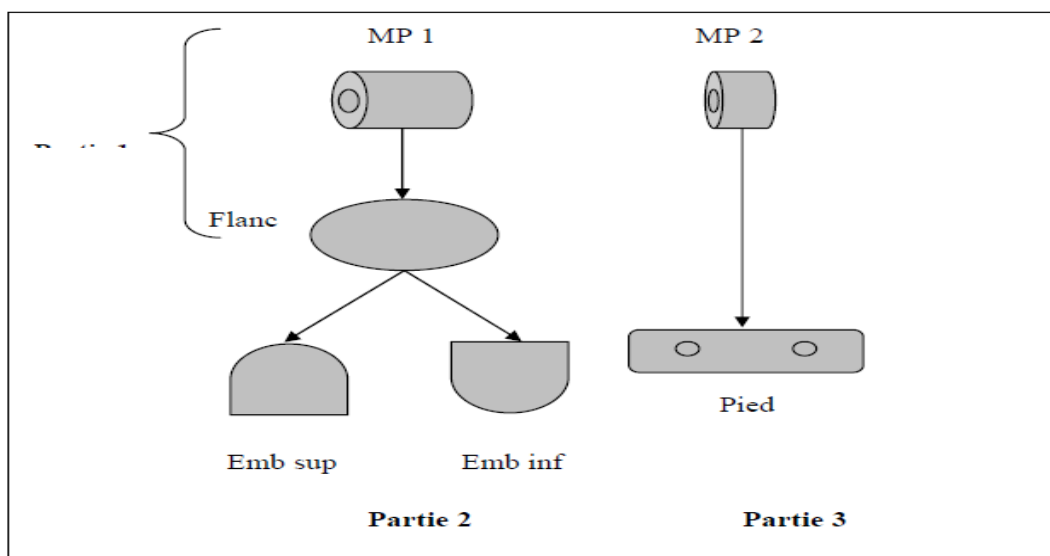


Figure 10 : Atelier Mécanique de l'entreprise DIWA INDUSTRIES

La cadence moyenne de production dans cet atelier est donnée par le tableau suivant :

Tableau 1 : Cadence moyenne du poste amont

POSTE	CADENCE MOYENNE (pièce/h)
Découpage flancs	75
Emb INF	250
Emb SUP	250
Dégraissage	250
Marquage collerette	88
Fabrication pied	63

Source : Section programmation de production de DIWA Industries

Remarques :

On constate que le poste amont ne réalise pas le même nombre de pièces de chaque partie, pour les raisons suivantes :

- Le nombre d'opérations est différent d'une partie à une autre ;
- Chaque partie à un taux de panne différent ;
- La rupture d'approvisionnement de la matière première est différente d'une partie à une autre ;

• Caractéristiques du poste aval (client)

Le poste aval est un atelier de soudage. Il fonctionne 08 heures par jour en une équipes, 5 jours par semaine.

On peut aussi diviser l'activité de cet atelier en 04 parties :

- Partie 1 : soudage de l'embouti supérieur et la collerette ;
- Partie 2 : soudage de l'embouti inférieur et les pieds ;
- Partie 3 : bouteille à gaz soudée et hanse
- Partie 4 : Soudure circulaire de la bouteille (partie 1 + partie 2 + partie 3).

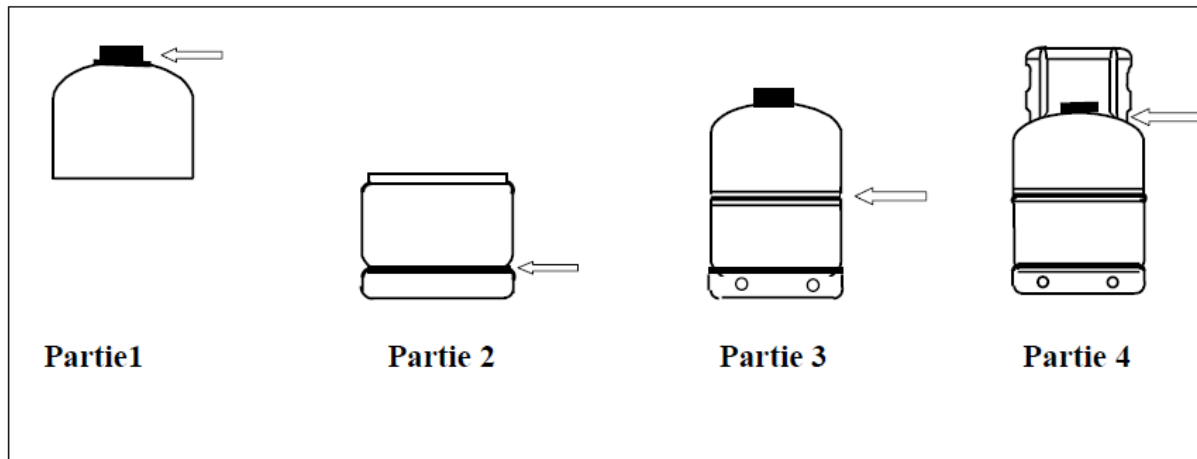


Figure 11 : Atelier de soudage de l'entreprise DIWA INDUSTRIES

La cadence moyenne de l'atelier de soudure est donnée par le tableau suivant :

Tableau 2 : Cadence moyenne du poste aval

POSTE	CADENCE MOYENNE (pièce/h)
Partie 1	88
Partie 2	100
Partie 3	100
Partie 4	100

Source : Section programmation de production

• Caractéristiques de la liaison post amont - poste aval

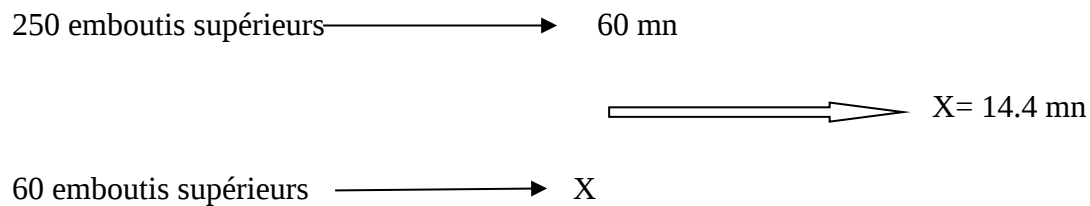
- Le délai de transport des pièces de l'atelier mécanique vers l'atelier de soudage est négligé.
- Collecte des kanbans : chaque kanban est recyclé dès que le poste aval entame le conteneur sur lequel il était fixé. On estimera la durée de l'opération à 5 minutes maxi.

Etape 2 : Définir les paramètres de fonctionnement

• Capacité des conteneurs

La capacité des conteneurs influence la cadence du flux de matériaux.

Les conteneurs représentent le plus petit lot de transfert entre deux étapes ou deux zones de travail. Plus leur capacité est réduite, plus le délai d'acquisition des pièces est court. Selon les directives de Toyota, "La capacité des conteneurs doit être équivalente au 1/10 de la demande quotidienne". Dans notre situation, la demande quotidienne moyenne est de 600 pièces. Nous choisirons donc des conteneurs de 60 pièces, correspondant approximativement au dixième de la demande journalière. Par exemple, pour l'embouti supérieur, la durée d'écoulement est calculée comme suit :



Les durées d'écoulement pour les différents postes sont données par le tableau suivant :

Tableau 3 : les durées d'écoulements des différents postes

POSTE	DUREE D'ECOULEMENT (min)
Découpage flancs	48
Emboutis Inférieur	15
Emboutis Supérieur	15
Dégraissage	15
Marquage collerette	41
Fabrication pied	57
Partie 1	41
Partie 2	36
Partie 3	36
Partie 4	36

- Taille du lot mini de fabrication

Le lot mini de fabrication est le nombre minimal de kanbans présents sur le planning d'un poste qui autorise l'activation de celui-ci alors qu'il est désactivé.

On estime le temps de changement d'outillage et de réglage des machines à 12 mn pour tous les ateliers.

Le poste amont produit à la cadence de 250 pièces à l'heure pour l'embouti supérieur. Le lot de fabrication sera de $(250/60) \times 20 = 84$ pièces, ce qui représente $84/60$ soit 02 conteneur, soit 60 pièces qui représentent 30 minutes de production.

Le tableau suivant présente le nombre de lots mini de fabrication et les temps de production pour chaque composant.

Tableau 4 : Lot mini de fabrication et temps de production

POSTE	Lot mini de fabrication	Temps de production (min)
Découpage flancs	1	48
Emb INF	2	42
Emb SUP	2	42
Dégraissage	2	42
Marquage collerette	1	41
Fabrication pied	1	57

- Taille de l'en-cours mini

L'en-cours mini doit permettre d'éviter la rupture d'approvisionnement au poste aval. C'est l'anti-aléa mini du flux. Si le poste aval a un besoin urgent de pièces, le temps de réponse du poste amont est la durée minimale d'une rotation complète d'un kanban, tenant compte des aléas de ce poste.

Elle comprend :

- Le temps d'usinage d'un conteneur au poste amont (tableau IV.3),
- Le temps de transit de ce conteneur vers le poste aval,
- Le temps de recyclage du kanban.

Pour l'embouti supérieur :

- Recyclage d'un Kanban = 05 mn

- Temps d'usinage d'un container = 20 mn

- Livraison du conteneur au poste aval = 00 mn

T = 25 mn

Il s'agit de 25 minutes pendant lesquelles l'embouti supérieur produit. Cela représente $250 \times (25/60) = 104$ unités ou $30/60 = 1,7$. Nous prendrons **un (02) conteneurs** pour tenir compte des aléas au poste amont.

Pour les autres composants, la taille de l'encours mini est donnée par le tableau suivant :

Tableau 5 : L'encours mini de fabrication

POSTE	EN-COURS MIN (Conteneur)
Découpage flancs	1
Emb INF	2
Emb SUP	2
Dégraissage	2
Marquage collerette	1
Fabrication pied	1

- Taille du tampon de régulation

Le tampon de régulation sert à donner de la souplesse au système et à limiter les demandes en " catastrophe ". Le besoin de souplesse est particulièrement nécessaire lorsque le poste amont travaille plusieurs références de pièces. Nous estimerons le tampon nécessaire à 2 heures.

Pour l'embouti supérieur on a : $250 \times 2 = 500$ unités, ce qui correspond à $500/60 = 8.33$ soit

9 conteneurs.

Il n'y a pas de contre-indication à prendre un tampon important. Si dans la pratique il s'avère excessif, il suffira d'éliminer les kanbans superflus.

Le tableau suivant représente les tampons de régulation de chaque poste et ses capacités.

Tableau 6 : Tampons de régulation

POSTE	TAMPON DE REGULATION (Conteneur)	TAILLE DE TAMPON DE REGULATION
Découpage flancs	3	180
Emb INF	9	540
Emb SUP	9	540
Dégraissage	9	540
Marquage collerette	3	180
Fabrication pied	3	180
Phase 1	3	180
Phase 2	4	240
Phase 3	4	240
Phase 4	4	240

Etape 3 : Mettre en œuvre

• Définir le planning d'ordonnancement

Il s'agit d'un tableau mural qui sera placé au poste amont et sur lequel seront rangés les kanbans quand ils ne sont pas sur les conteneurs. Le tableau de Kanban contient alors deux signaux d'alerte :

- **L'index rouge** : lorsque l'index rouge est atteint, cela signifie que le poste aval n'a presque plus de stock, l'opérateur du poste amont doit lancer la fabrication s'il ne souhaite pas prendre le risque de casser le flux.

- **L'index vert** : lorsque l'on atteint l'index vert, il nous informe qu'il reste suffisamment de kanbans dans l'atelier et donc des pièces finies ou en cours de fabrication pour satisfaire les besoins du consommateur.

Les résultats de l'étape deux nous donnent pour l'embouti supérieur :

- Lot minimal de fabrication : 01 Kanban

- En-cours mini : 02 kanbans
- Tampon de régulation : 09 kanbans
- TOTAL = 12 kanbans

Le planning comportera donc 12 emplacements. L'empilement des kanbans se fera à partir du bas. L'emplacement 1 concernant le lot mini de fabrication. Les emplacements 2 à 10 concernent le tampon de régulation. Ensuite viennent les emplacements 11 et 12 de l'en-cours mini. L'emplacement 10 sépare le tampon de régulation de l'en-cours mini 11 et 12 qui montre l'index rouge.

Les 12 kanbans représentent l'en-cours maximum entre les deux postes. Il sera ici de $60 \times 12 = 720$ pièces. Il ne pourra jamais être supérieur à cette valeur.

On définit tous les plannings d'ordonnancement concernant toutes les postes dans le tableau IV.7 :

Tableau 7 : Représentant les plannings d'ordonnancement et l'en-cours max.

POSTE	Lot mini de fabrication	En-cours min	Tampon de régulation	Total (Li)	EN-COURS MAX (Pièce)
Découpage flancs	1	1	3	5	300
Emb INF	1	2	9	12	720
Emb SUP	1	2	9	12	720
Dégraissage	1	2	9	12	720
Marquage collerette	1	1	3	5	300
Fabrication pied	1	1	3	5	300

- **Définir le contenu des kanbans**

La liste minimale des informations à porter sur chaque kanban est la suivante :

- 1- La référence de l'article
- 2- L'état de la matière
- 3- La quantité d'articles dans le conteneur
- 4- La destination du conteneur (postes aval ou stockage).

La désignation en clair de la pièce ;

- Le nombre de conteneurs du lot traité ;
- L'emplacement sur le lieu de stockage ;
- Des renseignements concernant le trajet de la pièce dans l'unité de production ;
- des renseignements sur le conditionnement des pièces, les traitements, etc.

Dans notre exemple, qui est relatif à des bouteilles à gaz, le contenu du kanban est celui-ci :

Bouteille à gaz semi-fini Référence : R
Origine : Atelier mécanique
Destination : Atelier de soudage
Conteneur : 60 pièces

• **Définir les règles de fonctionnement :**

• **Règles de circulation des kanbans :** Les kanbans accompagnent toujours les matières du poste amont appelé " fournisseur " au poste aval appelé " client ". Voici une liste de règles parmi les plus couramment édictées :

- Un conteneur plein doit toujours être muni de son kanban.
- Dès qu'un conteneur est entamé au poste aval, son kanban doit être détaché et recyclé vers le planning du poste amont auquel il appartient.
- Chaque kanban recyclé demeurera sur le planning du poste amont jusqu'à la fin du remplissage du conteneur sur lequel il sera fixé.

• **Règles de fonctionnement du planning** : Plus, il y a de kanbans présents au planning moins il y a de matières en circulation (en-cours) entre le poste amont et le poste aval.

La modulation du flux s'opère donc par le contrôle du nombre de kanbans sur le planning.

1- Le lancement devient obligatoire lorsque la pile atteint l'index rouge car on risque une rupture d'approvisionnement au poste aval.

2- Le lancement est autorisé lorsque la pile s'arrête entre les deux index.

3- Le lancement est interdit lorsque la pile de kanbans rangés sur le planning n'atteint pas l'index vert.

Etape 4 : Affiner le planning

Le planning est à l'image d'instantanés photographiques. En cela, il ne permet pas de mémoriser ces états successifs. Or, pour supprimer des kanbans il est nécessaire de savoir lesquels, sur une longue période, n'ont jamais été utilisés.

Seul un suivi, par exemple informatique, peut permettre l'évolution en fonction du temps du planning.

Conclusion :

Le système Kanban introduit au sein de DIWA INDUSTRIES a démontré plusieurs avantages, tels que la réduction des stocks, l'amélioration de la réactivité aux besoins du marché, et une meilleure utilisation des ressources. Toutefois, certaines limites ont été observées, notamment en ce qui concerne la complexité de la gestion des flux dans une production à grande échelle et la nécessité d'un engagement constant de l'équipe pour maintenir l'efficacité du système.

4.2. Mise en œuvre de la démarche MSP au sein de DIWA INDUSTRIES

La maîtrise statistique des procédés (MSP) est une démarche clé pour garantir la qualité des produits à DIWA INDUSTRIES. Elle permet de surveiller, contrôler, et améliorer les processus de production en utilisant des outils statistiques, réduisant ainsi les variations et minimisant les non-conformités.

Cette partie explore la mise en œuvre de la MSP au sein de l'entreprise, en commençant par le rôle du Service de Contrôle de la Production. Nous aborderons les étapes de stabilisation des processus, la formation du personnel, et le suivi des objectifs MSP, tout en soulignant l'importance de l'engagement de la direction et du pilotage efficace pour assurer la réussite de cette démarche.

4.2.1. Service du contrôle de la production de l'entreprise au sein

Le service du contrôle de la production de la société a pour mission principale de garantir la qualité des produits à chaque étape du processus de fabrication. Il est spécifiquement chargé de :

- **Détecter et évaluer les risques de non-conformité** : Identifier proactivement les potentiels écarts par rapport aux normes de qualité établies.
- **Réaliser les contrôles nécessaires sur les pièces, composants, et produits achetés** : Assurer que toutes les matières premières, les pièces individuelles, et les ensembles complexes répondent aux exigences de qualité avant leur intégration dans le processus de production.
- **Prendre les mesures correctives indispensables** : Mettre en œuvre des actions pour garantir que chaque pièce intégrée dans la production est conforme aux spécifications requises, en intervenant dès qu'une non-conformité est détectée.

Le département est responsable du contrôle qualité à différents niveaux, y compris :

- **Contrôle en cours de fabrication** : Surveillance continue des pièces pendant le processus de production pour détecter et corriger toute non-conformité.
- **Contrôle final** : Inspection rigoureuse des produits finis avant leur sortie des ateliers, garantissant qu'ils répondent aux critères de qualité établis.
- **Contrôle des pièces et matières achetées** : Vérification des composants et matières premières (simples ou complexes) avant leur utilisation, assurant qu'ils sont conformes aux normes de l'entreprise.

Pour accomplir ces missions, le département est équipé d'un laboratoire sophistiqué, capable de réaliser tous les essais et contrôles nécessaires. Les outils techniques utilisés par le département incluent :

- **Plans ou dessins techniques** : Références visuelles pour vérifier la conformité dimensionnelle et structurelle des pièces.
- **Normes** : Ensemble des standards de qualité auxquels les produits doivent se conformer.
- **Catalogues** : Documents de référence pour les spécifications des composants.
- **Certificats de conformité** : Documents attestant que les matières ou pièces respectent les exigences techniques requises.

L'organisation du département est conçue de manière que les opérations de contrôle soient intégrées directement dans chaque atelier concerné. Cette approche permet une détection précoce des non-conformités, facilitant ainsi l'intervention rapide pour éliminer les écarts et prévenir leur récurrence à l'avenir.

4.2.2. Mise en œuvre de la démarche MSP au sein de l'entreprise DIWA

Dans cette section, nous avons pour objectif de sélectionner une caractéristique spécifique du procédé, de démontrer la stabilité de ce procédé, d'implanter les cartes de contrôle appropriées, et de vérifier sa capacité. Pour suivre l'évolution du procédé, nous utilisons deux types de cartes de contrôle :

- **Atelier mécanique** : Utilisation de cartes de contrôle pour variables.
- **Atelier de soudage** : Utilisation de cartes de contrôle pour attributs.

4.2.2.1. Atelier mécanique

Le procédé choisi pour cette démarche est l'emboutissage supérieur, considéré comme l'opération la plus critique et essentielle de l'atelier mécanique. Bien que d'autres opérations y contribuent également, il est souvent difficile de récupérer les rebuts totaux, ce qui fait que cette opération représente environ 25 % du coût de production d'une bouteille de gaz.

1- Analyse de Pareto des défaillances

Dans ce cas, nous nous concentrons sur le nombre de pièces rejetées dans l'atelier mécanique. Pour atteindre cet objectif, nous utiliserons le diagramme de Pareto, qui permet de distinguer les sources de défaillances les plus significatives de celles ayant un impact moindre. Le tableau ci-dessous

présente une évaluation des coûts liés à la non-qualité (en DA) au sein de l'atelier mécanique pour le premier semestre de 2023.

Tableau 8 : coûts de la non-qualité dans l'atelier mécanique

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total	%
Flancs	11	10	61	57	16	18	173	21,8
Embouti supérieure	51	51	49	52	17	16	220	27
Embouti inférieure	20	47	53	45	19	16	200	25
Pieds	13	41	54	59	16	15	198	25

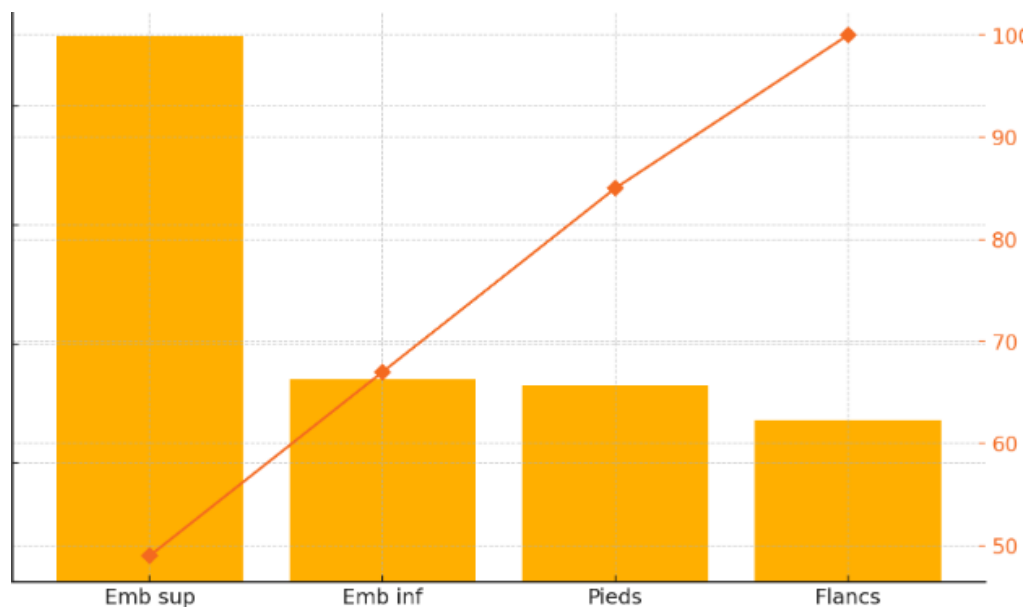


Figure 12: Diagramme de Pareto : rebuts de l'atelier mécanique

À partir de ce diagramme, on observe clairement que les rebuts des emboutis supérieurs dominent par rapport aux autres dans l'atelier mécanique. Cela nous incite à mettre l'accent sur cette étape de l'analyse dans la démarche MSP.

1.1. Sélection des paramètres critiques pour le contrôle du procédé

Pour l'analyse du procédé, nous avons sélectionné le diamètre extérieur (D1) de l'embouti supérieur comme paramètre à surveiller. En effet, l'opération suivante, qui consiste à souder l'embouti supérieur et l'embouti inférieur, ne peut être effectuée correctement que si le diamètre extérieur de l'embouti supérieur respecte précisément les limites de tolérance requises.

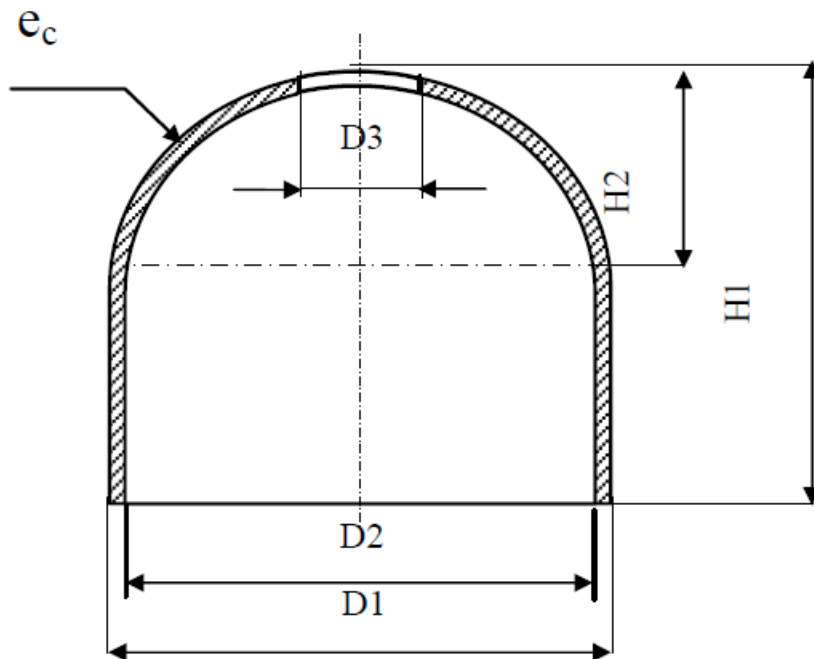


Figure 13: L'embouti supérieur

2- Analyse Statistique

Pour une étude statistique efficace du procédé, il est crucial de bien organiser et analyser les données collectées.

- **Collecte de données**

Pour réaliser une analyse statistique efficace, il est essentiel de collecter des données pertinentes et représentatives du phénomène étudié. Dans notre étude, nous aurons à sélectionner les valeurs concernant le diamètre extérieur de l'embouti supérieur sur une période de deux ans (2022-2023)

afin d'obtenir une vue d'ensemble sur la stabilité du procédé. Ces données, présentées dans le tableau 9, doivent être homogènes.

Les outils statistiques se classifient en trois grandes catégories : les statistiques descriptives, les statistiques probabilistes, et la théorie des tests.

La statistique descriptive nous permet d'organiser les informations recueillies sur un échantillon, la statistique probabiliste nous fournit les lois permettant de modéliser la variation naturelle des procédés. Enfin la théorie des tests nous permet de valider les modèles.

Tableau 9 : Valeurs du diamètre extérieur relatives à la normalité du procédé

	janv	Fev	Mars	Avril	Mais	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
2022	301.2	300.8	301.5	300.6	301.1	300.7	301.4	300.9	301.3	301.0	300.5	301.6
2023	300.4	301.0	300.9	301.2	300.7	301.3	300.6	301.4	300.8	301.1	300.5	301.2

- **Description de la variation du procédé**

Après la collecte des données de l'échantillon, nous avons réalisé une représentation graphique sous forme d'histogramme (figure 14). Le logiciel MATPLOTLIB (un outil complet pour la création de graphiques en Python, permettant le recueil, le traitement, l'analyse et la visualisation des données avec des graphes incorporés) a été utilisé pour l'élaboration de l'histogramme de la figure 14, relatif aux valeurs du diamètre extérieur.

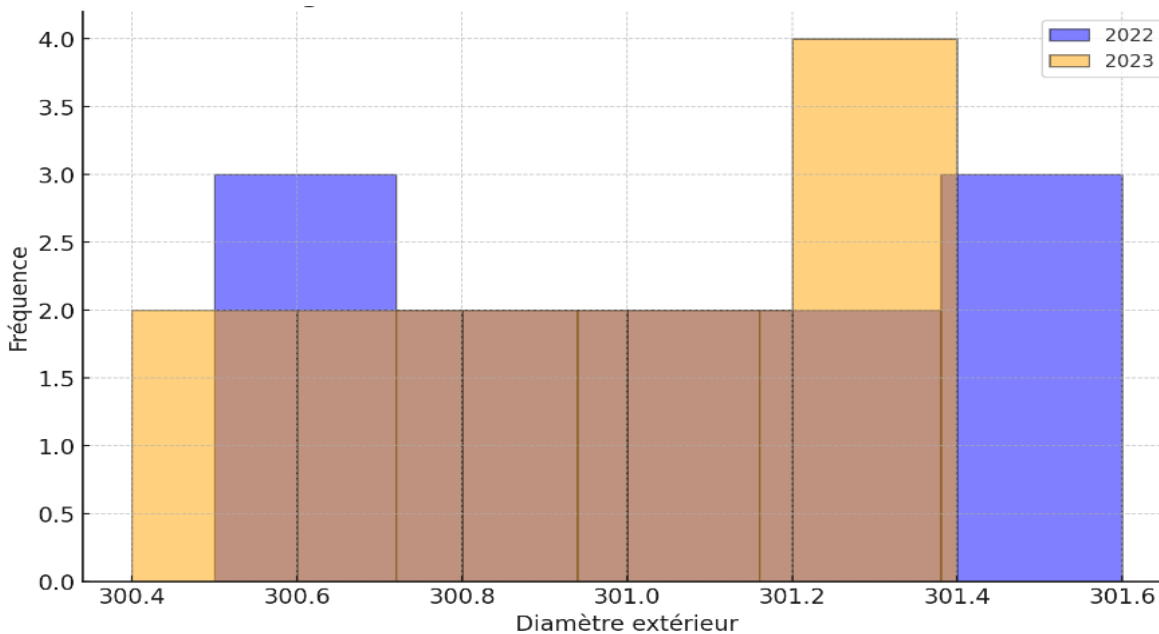


Figure 14 : Histogramme du diamètre extérieur

En observant cet histogramme, il est facile de tirer des conclusions sur la forme et la position ou tendance centrale des données. La distribution des mesures du diamètre extérieur apparaît globalement symétrique, avec une valeur centrale d'environ 301.0. Les histogrammes des années 2022 et 2023 présentent des fréquences similaires, suggérant une distribution stable d'une année à l'autre. La majorité des diamètres se situent autour de 301.0, ce qui en fait une valeur représentative de la tendance centrale. Cette symétrie et la constance des données mettent en évidence l'homogénéité des mesures du diamètre extérieur au cours des deux années observées.

Nous disposons désormais d'une représentation graphique et numérique de nos données. Pour approfondir l'analyse et la compréhension de notre procédé, nous allons associer à cette représentation un modèle probabiliste.

- **Modélisation de la variation du procédé**

Avec la représentation graphique et numérique des données en main, la prochaine étape consiste à modéliser la variation du procédé. Cette modélisation permettra d'identifier et de quantifier les sources de variabilité, ainsi que d'évaluer leur impact sur la performance globale du procédé. En associant un modèle probabiliste à nos observations, nous pourrions mieux comprendre les

comportements sous-jacents, prévoir les tendances futures, et apporter des améliorations ciblées pour optimiser la stabilité et l'efficacité du procédé. Cette approche nous aidera également à anticiper les déviations potentielles et à mettre en place des stratégies de contrôle adaptées.

Pour approfondir l'analyse de la distribution des données, nous allons tracer la droite de Henry. Ce graphique est couramment utilisé pour vérifier la normalité des données en les comparant à une distribution normale théorique. Si les points de données s'alignent approximativement le long d'une ligne droite, cela suggère que les données suivent une distribution normale.

La droite de Henry est un outil précieux dans l'évaluation de la qualité d'un procédé, car elle permet de visualiser les écarts par rapport à la normalité et d'identifier d'éventuelles anomalies.

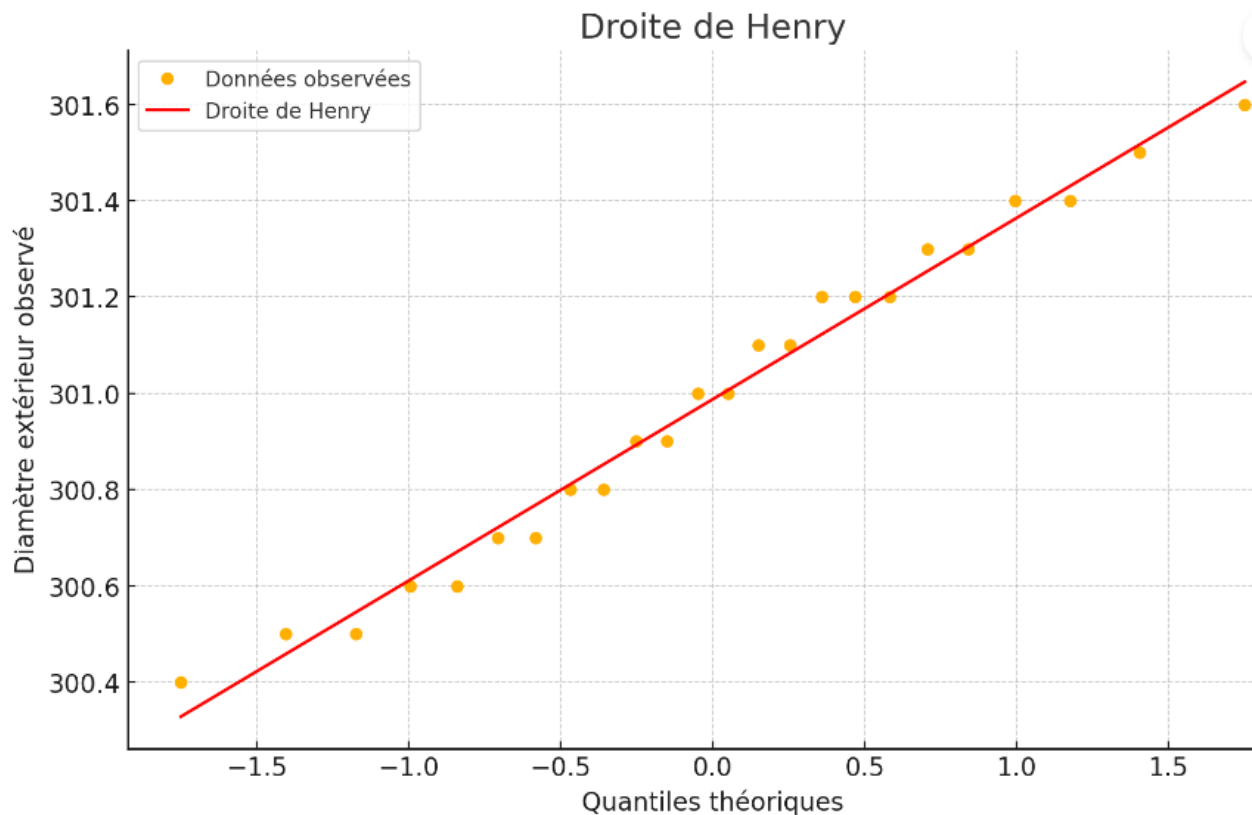


Figure 15: Tracé de la droite de Henry du diamètre extérieur

Ce graphique permet de vérifier si les données suivent une distribution normale. Si les points sont alignés le long de la droite rouge, cela indique que la distribution des diamètres extérieurs est proche de la normale.

L'analyse de la droite de Henry montre que les mesures du diamètre extérieur pour les années 2022 et 2023 sont globalement conformes à une distribution normale. Cela implique une bonne stabilité et contrôle du procédé, avec des variations qui restent dans des limites acceptables. Les légers écarts observés ne sont pas alarmants mais peuvent mériter une attention pour garantir que le procédé reste bien sous contrôle. Cette conformité avec la normalité est un indicateur positif de la qualité du processus de production.

4.2.2.2. Atelier de soudage

Description du procédé choisi :

L'étude du soudage circulaire est en effet cruciale, surtout si elle représente une part significative du coût de production. Cela implique que l'optimisation de ce procédé pourrait avoir un impact important sur les coûts globaux.



Figure 16 : Le soudage circulaire

1- Pareto sur les défauts

Nous examinons le nombre de défauts observés sur les bouteilles à gaz. Le diagramme de Pareto met en évidence l'opération la plus dominante dans l'atelier de soudage.

Tableau 10 : coûts de la non-qualité dans l'atelier soudage

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total	%
Soud pied	12	11	64	59	17	19	182	22,64
Soudure collorette	54	53	52	55	18	17	249	30.97
Soudure circulaire	22	50	56	48	21	68	265	32.96
Soudure anse	14	0	0	61	17	16	108	13,43

Source département de contrôle

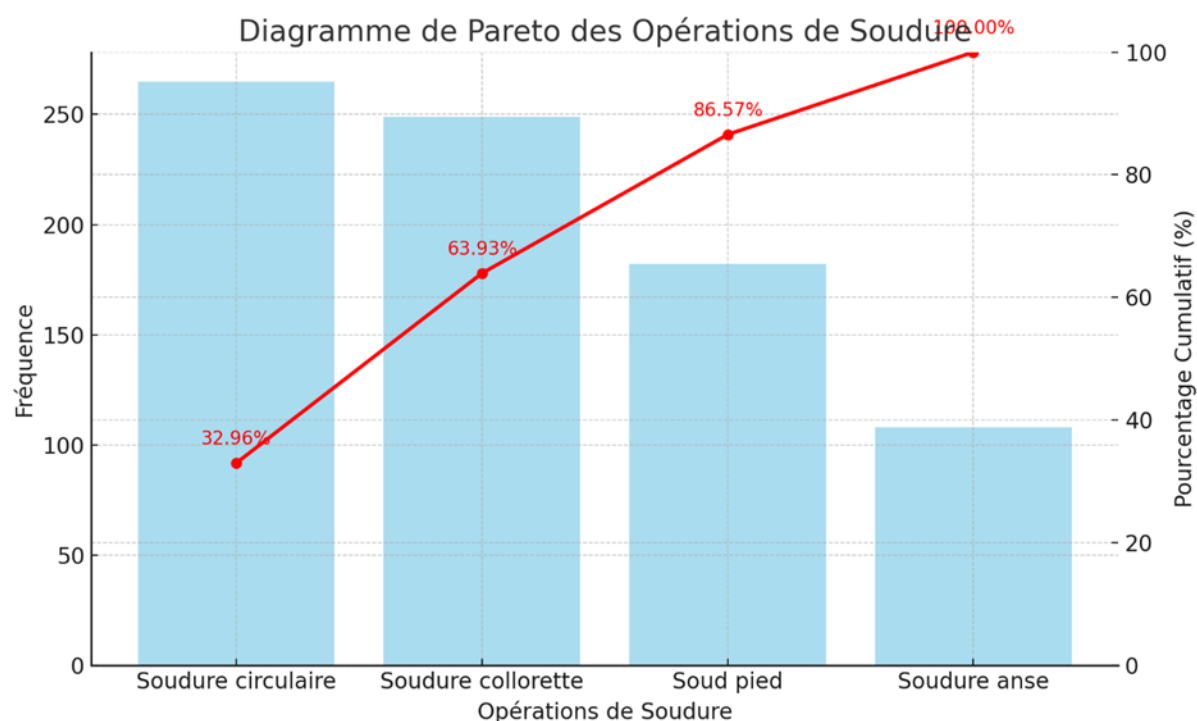


Figure 17: Diagramme de Pareto : rebuts de l'atelier soudage

Le diagramme met en évidence que la soudure circulaire est principale source de coûts de non-qualité dans l'atelier de soudage, représentant ensemble plus de 60% du total. Ainsi, nous allons choisir le soudage circulaire comme base d'analyse et d'évaluation de cet atelier dans notre démarche.

2- Choix des paramètres à surveiller

Le tableau N°11 fourni semble être un rapport de contrôle de qualité montrant le nombre de pièces inspectées dans différents sous-groupes, ainsi que le nombre de pièces non conformes et le pourcentage de non-conformités pour chaque sous-groupe.

Tableau 11 : Défaits apparus dans le soudage circulaire

N° sous-groupe	Nombre de pièces (n)	Nombre de Non-conformes (np)	% de Non-conformes (p)
1	120	4	3,33%
2	120	9	7,50%
3	120	8	6,67%
4	120	6	5,00%
5	120	1	0,83%
6	120	3	2,50%
7	120	3	2,50%
8	120	4	3,33%
9	120	7	5,83%
10	120	5	4,17%
11	120	2	1,67%
12	120	6	5,00%
13	120	8	6,67%
14	120	2	1,67%
15	120	5	4,17%
16	120	5	4,17%
17	120	6	5,00%
18	120	5	4,17%
19	120	5	4,17%
20	120	6	5,00%

4.2.2.3. Interprétation :

Variabilité des non-conformités : Les pourcentages de non-conformités varient de 0,83% à 7,50% selon les sous-groupes. Cela pourrait indiquer des variations dans le processus de production ou dans les conditions d'inspection.

Contrôle de qualité : Une analyse plus approfondie pourrait être nécessaire pour identifier les causes des non-conformités les plus élevées, en particulier dans les sous-groupes 2 et 3.

Action corrective : Selon les résultats, il pourrait être utile de mettre en place des actions correctives pour améliorer les taux de conformité, surtout dans les sous-groupes avec des pourcentages plus élevés de non-conformités.

Calcul de la Proportion Moyenne de Non-Conformités (P)

Les limites de contrôle pour un diagramme de contrôle p sont calculées en utilisant la formule suivante :

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Analyse de la Variabilité et du Contrôle Statistique

L'objectif est de déterminer si le processus de soudage est stable et sous contrôle en utilisant une carte de contrôle p (pourcentages de non-conformité).

1.1. Calcul des Paramètres Clés

- Proportion moyenne de non-conformes :

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{101}{2400} \approx 4,21\%$$

- Écart-type de la proportion :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad \text{Avec } n = 120$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0,0421(1 - 0,0421)}{120}} \approx 0,0185$$

Définition des Limites de Contrôle

Les limites de contrôle sont définies par :

$$LSC = \bar{p} + 3\sigma_p$$

$$LIC = \bar{p} - 3\sigma_p$$

En appliquant les valeurs :

$$LSC = 4,21\% + (3 \times 1,85\%) = 9,76\%$$

$$LIC = 4,21\% - (3 \times 1,85\%) = -1,34\% \approx 0\% \quad (\text{pas de pourcentage négatif})$$

Résumé des Limites de Contrôle

- Limite de Contrôle Supérieure (LCS) : 9,76%
- Limite de Contrôle Inférieure (LCI) : 0%

Ces limites nous aideront à évaluer la performance du processus en identifiant les périodes où la proportion de non-conformités est en dehors de l'intervalle acceptable.

Donc la carte P est tracée comme suit :

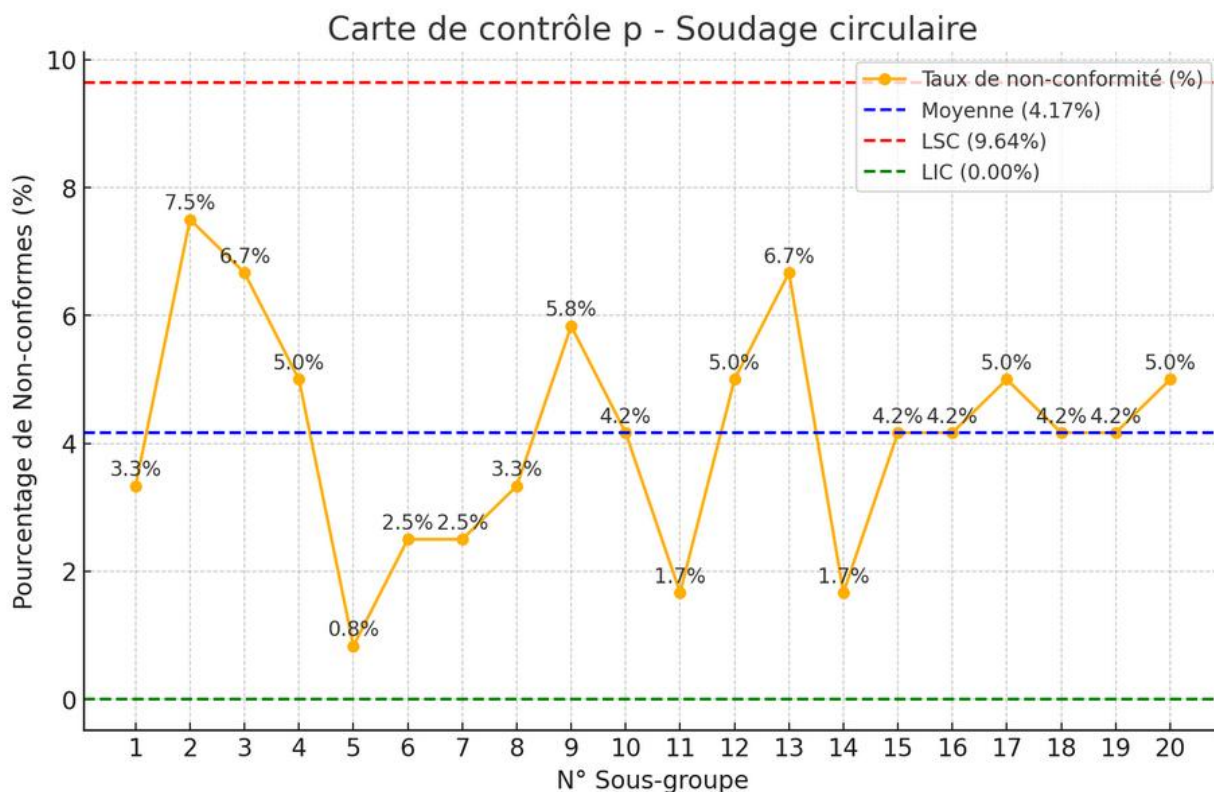


Figure 18 : Carte P pour les données du tableau 11

Interprétation :

- Ligne bleue pointillée : Moyenne des non-conformités (p).
- Ligne rouge pointillée : Limite Supérieure de Contrôle (LSC = 9,76%).
- Ligne verte pointillée : Limite Inférieure de Contrôle (LIC $\approx$ 0%).

Aucun point ne dépasse la LSC, ce qui suggère que le processus est sous contrôle statistique.

Cependant, il y a des variations, notamment le **sous-groupe 2 (7,50%)**, qui s'approche de la LSC et pourrait nécessiter une analyse plus approfondie.

4.3. Analyse de la carte

4.3.1. Les conditions de réussite de la M.S.P dans l'entreprise DIWA

4.3.1.1. Structure de Mise en Place

Le succès de la mise en œuvre de la MSP repose en grande partie sur l'organisation adéquate. La décision d'adopter la MSP dans une entreprise ou dans un de ses départements doit être prise par la direction. Pour cela, il est crucial de créer une commission de pilotage composée des chefs de département, sous la responsabilité d'un cadre directement rattaché à la direction. Ce cadre est chargé de prendre toutes les décisions relatives à l'application ou non de la MSP en fonction du contexte. La commission de pilotage joue un rôle de coordination entre les différents services impliqués dans la mise en place et l'exploitation de la méthode, en contrôlant l'avancement et en supervisant l'application du système.

4.3.1.2. Exigences de Base et Rôle des Méthodes d'Industrialisation

La MSP est conçue pour être appliquée uniquement à des processus stabilisés dont les performances sont bien établies. Ainsi, sa mise en place pour un produit ne sera envisagée que si :

- Le processus de fabrication est conçu pour intégrer parfaitement la MSP ;
- Les moyens de production sont complètement mis au point ;
- La production est réalisée en série.

Les méthodes d'industrialisation doivent fournir dès le début de la production tout ce qui est nécessaire au bon fonctionnement de la méthode, notamment :

- Des moyens de fabrication stables ;
- Des moyens de vérification appropriés ;
- Une gamme de fabrication incluant les opérations de surveillance ;
- Un processus capable de réaliser les prélèvements nécessaires sans problème.

4.3.2. Conditions de Réussite

- **Engagement de la Direction** : La direction doit jouer un rôle moteur dans le système. Chaque membre du personnel doit percevoir l'engagement de la direction envers la qualité, un engagement qui doit être partagé par toute la hiérarchie des différents services de l'entreprise.
- **Implication Générale** : La MSP ne doit pas être exclusivement l'affaire du service qualité, mais doit concerner toutes les fonctions de l'entreprise, telles que la méthode, l'étude, la production, la maintenance, et le personnel.
- **Approche d'Amélioration Continue** : La MSP doit être vue comme un outil de progrès continu plutôt qu'une solution finale.
- **Formation** : La formation est cruciale pour la réussite de la MSP. Elle doit être dispensée à tout le personnel, du directeur aux opérateurs, et être adaptée à chaque fonction. La formation doit également inclure une présentation du concept MSP pour favoriser un changement de culture au sein de l'entreprise. De plus, la formation doit inclure une mise à niveau en statistiques pour le personnel n'ayant pas reçu de formation préalable, et les opérateurs doivent être formés aux statistiques de base, en comprenant les notions de dispersion et de capabilité.
- **Ressources Nécessaires** : Tous les moyens humains et matériels nécessaires doivent être disponibles pour la mise en œuvre.
- **Retour d'Information** : Chaque opérateur doit être informé des résultats de son travail.
- **Mobilisation de l'Intelligence Collective** : L'intelligence collective du personnel doit être mobilisée.
- **Indicateurs et Analyse** : Il est essentiel de mettre en place des indicateurs et une procédure d'analyse continue des résultats, ainsi que de déclencher des actions d'amélioration du processus basées sur ces résultats, pour assurer la pérennité du système.

L'utilisation de la carte de contrôle permet de surveiller la qualité en temps réel avec un risque d'erreur réduit, même à partir d'échantillons de petite taille. Cela permet non seulement de diminuer les coûts associés à la surveillance de la qualité, mais aussi de suivre l'évolution du réglage des machines et de prévenir la formation de déchets.

Les résultats de l'analyse de la capacité du procédé indiquent que le processus est globalement capable de répondre aux exigences de qualité du produit. Cependant, l'interprétation des cartes de contrôle révèle des causes de variation attribuables qui contribuent à l'instabilité du processus.

4.4. Analyse de faisabilité de l'implémentation des outils JAT, Kanban et MSP à DIWA Industries

L'implémentation de méthodes d'optimisation des processus de production telles que le Juste-à-Temps (JAT), la méthode Kanban et la Maîtrise Statistique des Processus (MSP) à DIWA Industries doit être évaluée en fonction de plusieurs paramètres. Cette analyse de faisabilité porte sur les dimensions économiques, techniques et humaines afin d'assurer une mise en œuvre réussie et durable.

4.4.1. Faisabilité économique

La viabilité économique de ces outils dépend du coût d'implémentation, du retour sur investissement (ROI) et de l'impact attendu sur la rentabilité de l'entreprise.

1- Coût d'implémentation

L'adoption du JAT, de Kanban et de la MSP nécessite des investissements dans plusieurs domaines :

- **Acquisition d'outils technologiques :**
 - ❖ Systèmes ERP intégrant la gestion des flux en temps réel (Exemple : SAP, Oracle, Odoo).
 - ❖ Capteurs IoT et logiciels d'analyse des données pour la MSP.
- **Formation du personnel :**

- ❖ Sessions de formation pour familiariser les employés aux principes du JAT, Kanban et MSP.
- ❖ Ateliers de simulation et tests pilotes sur les lignes de production.
- **Optimisation des infrastructures :**
 - ❖ Réorganisation des espaces de stockage pour faciliter la gestion Kanban.
 - ❖ Mise en place de systèmes d'automatisation pour la surveillance de la qualité (MSP).

2- Réduction des coûts opérationnels

- L'implémentation de ces outils engendrera des économies substantielles :
Diminution des stocks :
 - Le JAT réduit les coûts liés au stockage des matières premières et des produits finis.
 - Moins de perte due à l'obsolescence des matériaux.
- **Amélioration du rendement global :**
 - Optimisation des flux de production, réduction des temps d'arrêt et des défauts.
 - Diminution du coût unitaire de production grâce à l'amélioration de l'efficacité.
- **Réduction des gaspillages :**
 - Élimination des surproductions et des rebuts grâce au suivi en temps réel des paramètres de fabrication.

3- Retour sur Investissement (ROI)

L'objectif est de rentabiliser l'investissement en un délai acceptable (1 à 3 ans). Pour cela, une étude détaillée devra être menée sur :

- Les gains financiers liés à la réduction des stocks.
- L'augmentation de la productivité et la diminution des défauts.
- La meilleure réactivité aux fluctuations du marché grâce à une production flexible.

Recommandation : Un test pilote peut être réalisé sur une section de l'usine pour mesurer les bénéfices réels avant un déploiement global.

4.4.2. Faisabilité technique

L'adoption des outils JAT, Kanban et MSP doit être compatible avec l'infrastructure existante et ne pas perturber la production.

1- Evaluation des capacités de production

Avant d'implémenter ces méthodes, il est essentiel d'évaluer :

- **La flexibilité des machines** : peuvent-elles s'adapter à des productions en flux tendu (JAT) ?
- **Les capacités de suivi en temps réel** : DIWA Industries dispose-t-elle d'outils numériques pour piloter la gestion des stocks et des commandes ?
- **La traçabilité des produits** : mise en place d'un suivi RFID ou QR code pour optimiser la gestion Kanban.

2- Compatibilité avec les fournisseurs

Le succès du Juste-à-Temps repose sur une chaîne d'approvisionnement fluide. Il faudra s'assurer que :

- Les fournisseurs de DIWA Industries peuvent livrer rapidement et en petites quantités.
- Des accords de flexibilité sont mis en place pour éviter les ruptures d'approvisionnement.

3- Technologies nécessaires

L'implémentation efficace de ces outils repose sur :

- **Un ERP performant** permettant d'intégrer les flux JAT et Kanban.
- **Des tableaux de bord en temps réel** pour surveiller la qualité et anticiper les anomalies (MSP).

- **L'automatisation de certaines tâches** pour éviter les erreurs humaines et améliorer la traçabilité des opérations.

Recommandation : Un audit des infrastructures existantes et une mise en place progressive, en commençant par un département clé, permettraient d'assurer une transition sans perturbation majeure.

4.4.3. Faisabilité humaine et organisationnelle

Le facteur humain est déterminant pour la réussite de cette transformation.

1- Formation et accompagnement du personnel

Le passage au JAT, Kanban et MSP exige un changement de culture organisationnelle. Il est crucial de :

- Sensibiliser les employés aux avantages du flux tiré (produire uniquement en fonction de la demande).
- Former les opérateurs à l'interprétation des signaux Kanban et au suivi statistique des processus (MSP).
- Développer les compétences en analyse des données de production pour améliorer la qualité et anticiper les défaillances.

2- Résistance au changement

- Le passage d'un mode de production classique à une gestion en flux tendu peut être perçu comme une contrainte par les équipes.
- Il est essentiel d'impliquer les employés dès le début du projet et de mettre en place un **plan de communication interne** expliquant les bénéfices.

3- Réorganisation des rôles et responsabilités

- **Nouveaux postes à créer :**
 - Responsable de la gestion Kanban.

- Analyste en Maîtrise Statistique des Processus.
- **Modification des responsabilités :**
 - Les responsables de production doivent intégrer les indicateurs JAT/MSP dans leur gestion quotidienne.
 - Les opérateurs doivent être autonomes dans l'interprétation des signaux Kanban.

Recommandation : Un programme de formation progressif et des incentives pour encourager l'adoption des nouvelles pratiques garantiront une transition réussie.

L'implémentation du Juste-à-Temps, de Kanban et de la Maîtrise Statistique des Processus à DIWA Industries offre de nombreux avantages, notamment :

- ✚ **Réduction des stocks et amélioration des flux de production.**
- ✚ **Amélioration de la qualité des produits et réduction des coûts.**
- ✚ **Augmentation de la flexibilité et de la réactivité face aux variations de la demande.**

Cependant, cette transformation nécessite :

- ❖ **Un investissement initial** pour moderniser les infrastructures et former le personnel.
- ❖ **Une adaptation des fournisseurs** pour répondre aux exigences du Juste-à-Temps.
- ❖ **Une gestion du changement efficace** pour garantir l'adhésion des équipes.

Prochaines étapes recommandées :

- ◆ **Réaliser un audit de production** pour identifier les ajustements nécessaires.
- ◆ **Lancer un projet pilote** sur une ligne de production avant généralisation.
- ◆ **Déployer progressivement les outils** avec un suivi des performances et des résultats.

Avec une mise en œuvre méthodique et bien planifiée, DIWA Industries pourra renforcer sa compétitivité et optimiser ses performances industrielles tout en garantissant une meilleure gestion des ressources et une réduction des gaspillages.

V- DISCUSSION

La discussion représente une phase essentielle de l'analyse des résultats d'une étude, car elle permet de donner du sens aux données recueillies, de les mettre en perspective par rapport à des recherches antérieures et de formuler des conclusions sur les hypothèses émises. Dans cette section, nous reviendrons sur les principaux résultats de l'étude portant sur l'implémentation du système Kanban au sein de DIWA INDUSTRIES, en analysant leur impact sur l'optimisation des processus de production. Cette analyse visera à non seulement interpréter les résultats obtenus mais aussi à les confronter aux attentes initiales ainsi qu'aux pratiques observées dans d'autres entreprises.

Ainsi, l'objectif de cette discussion est de dresser un état des lieux des effets de l'implémentation du Kanban, de tirer des enseignements sur son efficacité dans le contexte spécifique de DIWA INDUSTRIES, et de poser les bases d'une réflexion sur les ajustements nécessaires pour assurer la pérennité des améliorations observées.

5.1. Rappel des résultats importants

L'étude a mis en lumière plusieurs résultats significatifs pour donner suite à l'implémentation du système Kanban à DIWA INDUSTRIES :

1. **Réduction des Temps de Production** : Le temps de cycle de production a diminué de manière significative, grâce à une meilleure gestion des flux et à la synchronisation des opérations.
2. **Diminution des Stocks** : Les niveaux de stocks intermédiaires et de produits finis ont été réduits, entraînant une diminution des coûts de stockage.
3. **Amélioration de la Qualité** : Une amélioration notable de la qualité des produits a été observée, notamment grâce à des contrôles qualité plus fréquents et mieux intégrés au processus de production.

5.2. Interprétation des résultats

L'analyse des résultats obtenus à la suite de l'implémentation du système Kanban à DIWA INDUSTRIES permet de mettre en lumière plusieurs aspects clés de l'amélioration des processus de production. Cette partie se concentre sur l'interprétation des principaux résultats, notamment en ce qui concerne l'identification des goulets d'étranglement, l'amélioration de la communication, la nécessité d'un feedback continu et l'optimisation des stocks. En examinant ces éléments, nous chercherons à comprendre l'impact global du Kanban sur la performance de l'entreprise et à dégager des pistes d'amélioration pour pérenniser les bénéfices obtenus.

1. Identification des Goulets d'Étranglement : Les tableaux Kanban ont joué un rôle clé dans l'identification des goulets d'étranglement dans le processus de production. En visualisant les points de blocage, nous avons pu mieux comprendre où les ressources étaient sous-utilisées ou surchargées. Cette analyse a permis une répartition plus efficace des ressources, en ajustant les flux de production pour éviter les ralentissements et optimiser les performances des différents postes.

2. Amélioration de la Communication : Une meilleure coordination entre les équipes a été un facteur déterminant dans l'amélioration des processus. En facilitant la communication, nous avons pu réduire les erreurs et les retards, qui étaient auparavant dus à des malentendus ou à un manque d'information en temps réel. Cette approche a non seulement contribué à un meilleur fonctionnement de l'atelier, mais elle a aussi renforcé l'esprit d'équipe, ce qui a eu un impact positif sur la performance générale.

3. Nécessité d'un Feedback Régulier : Bien que les améliorations observées soient significatives, elles ne peuvent être durables sans un feedback continu et des ajustements réguliers. Il est crucial de suivre les résultats de manière systématique, en ajustant les stratégies au fur et à mesure de l'évolution des conditions de production. Ce retour d'information régulier permettra de maintenir l'efficacité et d'apporter des améliorations continues dans les processus.

4. Optimisation des Stocks et Réduction des Gaspillages : L'optimisation des stocks a entraîné une diminution des gaspillages, en évitant la surproduction et la gestion inefficace des ressources. Cependant, il reste essentiel de surveiller les variations de la demande de manière proactive pour

prévenir les risques de ruptures de stock ou de surstockage. Une gestion dynamique et flexible des stocks permettra de répondre aux fluctuations de la demande tout en maximisant l'efficacité de la production.

5.3. Comparaison avec les études précédentes

Les résultats obtenus concordent avec plusieurs études antérieures sur les systèmes de production JAT et Kanban. Par exemple, les travaux de Liker et Meier (2006) ont montré que la mise en œuvre du Kanban dans un environnement de production permet de réduire les cycles de production tout en améliorant la qualité, ce qui est confirmé par les observations faites à DIWA INDUSTRIES.

De plus, une étude menée par Douchy (1986) sur l'importance de la standardisation des processus souligne que la réduction des variations dans les processus de production est cruciale pour maintenir un haut niveau de qualité, ce qui correspond aux améliorations observées dans cette étude.

Enfin, les recherches de Womack et Jones (1996) ont démontré que la réduction des stocks est une conséquence directe de la mise en place d'un système de production, comme cela a été observé à DIWA INDUSTRIES. Cette réduction est un signe d'amélioration de l'efficacité et d'une meilleure adaptation de la production à la demande réelle.

5.4. Analyse critique et opinions personnelles

L'introduction du système Kanban dans la société DIWA INDUSTRIES a clairement montré des bénéfices en termes de réduction des délais de production, de diminution des stocks, et d'amélioration de la qualité. Toutefois, il est crucial de noter que ces résultats sont fortement dépendants de l'engagement des équipes et de la rigueur dans l'application des principes Kanban.

En revanche, il convient de se demander si ces améliorations seront maintenues à long terme. Une observation prolongée serait nécessaire pour évaluer la durabilité de ces bénéfices. De plus, l'adaptation continue des processus et l'ajustement des limites de travail en cours (WIP) seront essentiels pour s'assurer que le système reste efficace face à des variations de la demande ou à des évolutions technologiques.

5.5. Confrontation avec d'autres auteurs

Les résultats de cette étude rejoignent ceux de nombreux autres auteurs qui ont souligné l'importance des systèmes visuels comme le Kanban pour améliorer les processus de production. Par exemple, Chiarini (2012) met en avant le rôle crucial de la formation et de l'engagement des employés pour la réussite de l'implémentation des outils Lean, une observation qui a également été pertinente dans le cas de DIWA INDUSTRIES.

Il est intéressant de noter que certaines études, telles que celle de Duclos (1997), mettent en garde contre les défis liés à la complexité croissante de la gestion des flux dans les grandes entreprises. Bien que le Kanban se soit révélé efficace pour DIWA INDUSTRIES, il serait pertinent de considérer ces défis dans le cadre de futures extensions du système à l'échelle de l'entreprise.

5.6. Conclusions tirées de l'analyse

En conclusion, l'implémentation du système Kanban a apporté des améliorations significatives dans les processus de production à DIWA INDUSTRIES. Toutefois, pour maintenir ces gains à long terme, il sera essentiel de continuer à surveiller et à ajuster le système en fonction des besoins changeants. Les résultats de cette étude contribuent à la littérature existante sur les avantages du Kanban, tout en soulignant l'importance d'une application rigoureuse et d'un suivi continu pour maintenir l'efficacité du système dans le temps.

VI. CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de vérifier si la mise en œuvre du système Kanban à DIWA INDUSTRIES permettrait d'améliorer les performances de l'entreprise. Les hypothèses de départ ont été réexaminées à la lumière des résultats obtenus.

La mise en œuvre du système Kanban réduit les délais de production et optimise les processus de l'entreprise. Cette hypothèse est confirmée par les résultats. L'introduction du Kanban a conduit à une réduction significative des temps de cycle de production, ce qui a amélioré l'efficacité des processus à DIWA INDUSTRIES. La synchronisation des opérations et la gestion optimisée des flux de matières ont permis d'éliminer les goulots d'étranglement, confirmant ainsi que le Kanban est un outil efficace pour améliorer la productivité.

L'application du Kanban diminue les stocks intermédiaires et de produits finis, réduisant ainsi les coûts de stockage. Les résultats confirment également cette hypothèse. L'étude a montré que l'approche Kanban a permis de diminuer les niveaux de stocks, ce qui a entraîné une réduction des coûts associés au stockage et a minimisé les risques d'obsolescence des produits. La production est devenue plus alignée avec la demande réelle, démontrant ainsi l'efficacité du Kanban dans la gestion des stocks.

Le Kanban améliore la qualité des produits finis grâce à une meilleure surveillance des processus. Les données collectées confirment cette hypothèse. L'amélioration de la qualité des produits a été notable à la suite de l'implémentation du Kanban, notamment grâce à des contrôles plus rigoureux et plus fréquents à chaque étape du processus de production. Cette amélioration a conduit à une augmentation de la satisfaction des clients, confirmant l'efficacité du Kanban pour assurer un haut niveau de qualité.

L'étude a démontré que la mise en œuvre du système Kanban dans la société DIWA INDUSTRIES a permis d'atteindre les objectifs principaux : réduction des temps de production, diminution des stocks, et amélioration de la qualité. Les hypothèses formulées ont été globalement confirmées, montrant que le Kanban est un outil efficace pour optimiser les processus de production dans un contexte industriel.

Sur la base de ces conclusions, il est recommandé que DIWA INDUSTRIES continue à utiliser le Kanban et envisage son application à d'autres parties de l'usine. L'intégration d'autres méthodologies de gestion de la production, telles que le Juste-à-Temps (JAT), pourrait également être envisagée pour renforcer encore davantage les gains d'efficacité. Pour maximiser les bénéfices du Kanban, il est essentiel de maintenir une formation continue du personnel et de surveiller régulièrement les indicateurs de performance pour identifier des opportunités d'amélioration continue. Une étude plus longue permettrait également d'observer les effets durables de l'implémentation du Kanban et d'ajuster les pratiques en conséquence.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Beer, M., & Eisenstat, R. A.** (2000). *Les tueurs silencieux de la mise en œuvre et de l'apprentissage stratégique*. Sloan Management Review, 41(4), 29-40.
- [2] **Bryman, A.** (2012). *Méthodes de recherche en sciences sociales*. Oxford University Press.
- [3] **Chiarini, A.** (2012). *Organisation Lean : des outils du système de production Toyota au Lean Office*. Springer.
- [4] **Davenport, T. H.** (1993). *Innovation des processus : Réingénierie du travail grâce aux technologies de l'information*. Harvard Business School Press.
- [5] **Deming, W. E.** (1986). *Sortir de la crise*. MIT Press.
- [6] **Douchy, J.-M.** (1986). *Vers le zéro défaut dans l'entreprise*. Dunod.
- [7] **Drucker, P.** (1985). *Innovation et entrepreneuriat : Pratique et principes*. Harper & Row.
- [8] **Duclos, E.** (1997). *Contribution à la Maîtrise Statistique des Procédés : Cas des procédés non normaux*. Thèse de doctorat, Université de Savoie.
- [9] **Garvin, D. A.** (1987). *Concurrence sur les huit dimensions de la qualité*. Harvard Business Review, 65(6), 101-109.
- [10] **Goldratt, E. M.** (1990). *Le But : Un processus d'amélioration continue*. North River Press.
- [11] **Hammer, M., & Champy, J.** (2003). *Réingénierie de l'entreprise : Un manifeste pour la révolution du business*. HarperBusiness.
- [12] **Juran, J. M.** (1992). *La qualité par la conception : Les nouvelles étapes pour intégrer la qualité dans les produits et services*. Free Press.
- [13] **Kaplan, R. S., & Norton, D. P.** (1996). *Le tableau de bord équilibré : Traduire la stratégie en action*. Harvard Business Review Press.
- [14] **Kotter, J. P.** (1996). *Conduire le changement*. Harvard Business Review Press.

- [15] **Liker, J. K., & Meier, D. P.** (2006). *Le guide Toyota : Un manuel pratique pour mettre en œuvre les 4P du Toyota Way*. McGraw-Hill.
- [16] **Miles, M. B., & Huberman, A. M.** (1994). *Analyse des données qualitatives : Un guide étendu*. Sage Publications.
- [17] **Monden, Y.** (2011). *Le système de production Toyota : Une approche intégrée du Juste-à-Temps*. CRC Press.
- [18] **Montgomery, D. C.** (2009). *Introduction au contrôle statistique de la qualité*. Wiley.
- [19] **Ohno, T.** (1988). *Le système de production Toyota : Au-delà de la production de masse*. Productivity Press.
- [20] **Porter, M. E.** (1990). *L'avantage concurrentiel des nations*. Free Press.
- [21] **Schumpeter, J.** (1934). *La théorie du développement économique*. Harvard University Press.
- [22] **Shah, R., & Ward, P. T.** (2003). *Lean manufacturing : Contexte, pratiques et performance*. Journal of Operations Management, 21(2), 129-149.
- [23] **Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R.** (2010). *Management des opérations*. Pearson Education.
- [24] **Smith, A.** (1776). *Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations*. London: Methuen.
- [25] **Womack, J. P., & Jones, D. T.** (1996). *Lean Thinking : Éliminer le gaspillage et créer de la richesse dans votre entreprise*. Simon & Schuster.
- [26] **Yin, R. K.** (2003). *La recherche par étude de cas : Conception et méthodes*. Sage Publications.

Revues et Documents

- [27] AFNOR, "Gérer et assurer la qualité, Recueil de normes françaises", Ed, AFNOR, Paris 1992.
- [28] BOURANTAS.D, "Industrie : les bases de la compétitivité internationale", Revue française de gestion, Sept-Oct, 1983.

- [29] DEWOLF.D, Gestion de la Production, notes de cours, UNIVERSITE DE LIEGE, 2003
- [30] LAMOURIS, THOMAS.A, "Juste à temps et qualité totale : concepts et outils", Ed, techniques de l'ingénieur. AG 5 190
- [31] POCHET.C, "A la recherche de la nouvelle productivité", Revue française de gestion, Nov Déc 1998
- [32] Séminaire "Gestion statistique de la qualité", BELL, Annaba 2000.
- [33] Mémoire de magister, présenté au laboratoire d'automatique et de productique En vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER Option : Génie Industriel par : Hichem AOUAG Ingénieur en Génie Industriel Thème : Management de la production : Outils et diagnostic.

Sites webs

<https://www.organisation-industrielle.fr/les-outils-de-la-performance-industrielle-de-la-production/>

<https://www.cairn.info/management-des-services>

<https://www.picomto.com/le-management-dans-l-entreprise-des-methodes-pour-optimiser-la-production/>

<https://www.supplychaininfo.eu/lean-manufacturing/>

<https://business-builder.cci.fr/guide-reprise/diagnostiquer-lentreprise-dans-le-cas-dune-reprise/le-diagnostic-des-moyens-de-production>

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DE DIAGNOSTIC DE LA PRODUCTION – DIWA INDUSTRIES

1. Questionnaire pour les responsables et personnels administratifs :

a. Gestion des flux de production :

- Pouvez-vous décrire brièvement les principaux flux de production au sein de l'usine ?
- Quels sont les outils actuels utilisés pour gérer les flux de production ?
- Quels sont les principaux défis rencontrés dans la gestion des flux de production ?

b. Outils d'organisation :

- Quels outils organisationnels sont actuellement utilisés pour planifier et suivre la production ?
- Selon vous, ces outils permettent-ils une gestion efficace des stocks et des ressources ? Pourquoi ?
- Quels sont, selon vous, les points faibles des outils actuellement utilisés dans l'usine ?

c. Amélioration de la performance :

- Avez-vous constaté des problèmes récurrents qui affectent la performance globale de l'usine ?
- Quels types d'améliorations croyez-vous qu'il serait nécessaire d'apporter à l'organisation de la production ?
- Selon vous, quel impact les outils comme le Kanban ou la Maîtrise Statistique des Procédés pourraient-ils avoir sur la performance de l'usine ?

d. Suivi et gestion des gaspillages :

- Existe-t-il des mécanismes en place pour identifier et réduire les gaspillages (temps, ressources, stocks) ? Si oui, lesquels ?
- Comment évaluez-vous l'efficacité de ces mécanismes dans la réduction des gaspillages ?

e. Formation et sensibilisation :

- Les employés sont-ils formés à l'utilisation des outils de gestion de production ?

- Quelle serait, selon vous, l'importance de former davantage le personnel à des outils comme le Kanban ou la Maîtrise Statistique des Procédés ?

2. Questionnaire pour les opérateurs de production :

a. Organisation du travail :

- Comment est organisée votre journée de travail en termes de production ?
- Quels outils utilisez-vous pour gérer vos tâches au quotidien ?
- Est-ce que vous rencontrez des difficultés à suivre l'organisation du travail telle qu'elle est actuellement ?

b. Utilisation des outils de production :

- Avez-vous déjà utilisé des outils comme le Kanban ou la méthode Juste-À-Temps dans votre travail quotidien ?
- Si oui, comment ces outils ont-ils affecté votre travail et la gestion des stocks ?
- Si non, seriez-vous prêt à utiliser ces outils si on vous en donnait l'opportunité ? Pourquoi ?

c. Suivi de la production :

- Comment suivez-vous l'évolution de la production au cours de votre poste ?
- Existe-t-il des systèmes de contrôle pour assurer la qualité et l'efficacité du processus de production ?
- Avez-vous observé des écarts entre le plan de production et la réalité des opérations ? Si oui, comment sont-ils traités ?

d. Identification des gaspillages :

- Avez-vous remarqué des formes de gaspillages (temps, matériaux, efforts) dans le processus de production ?
- Quelles actions seraient nécessaires pour réduire ces gaspillages ?
- Avez-vous des suggestions pour améliorer l'efficacité de la production ?

e. Proposition d'améliorations :

- Quelle serait, selon vous, la solution la plus efficace pour améliorer la gestion des flux et des ressources dans l'usine ?
- Comment imaginez-vous un environnement de travail où la production serait mieux optimisée et les gaspillages réduits ?

3. Questionnaire pour le chef de production :

a. Organisation de la production :

- Pouvez-vous décrire l'organisation actuelle de la production dans l'usine ?
- Quels sont les principaux défis que vous rencontrez dans la gestion de la production ?
- Comment gérez-vous les flux de production au quotidien ? Quelles méthodes utilisez-vous ?

b. Gestion des stocks et de la production :

- Utilisez-vous des outils comme le Kanban ou la méthode Juste-À-Temps pour la gestion des stocks ?
- Quels sont les principaux problèmes rencontrés en termes de gestion des stocks et des ressources ?
- Avez-vous des suggestions pour optimiser les stocks tout en maintenant une production fluide ?

c. Amélioration continue et performance :

- Quels mécanismes d'amélioration continue sont mis en place dans l'usine ?
- Selon vous, quels outils ou processus pourraient être intégrés pour améliorer l'efficacité de la production ?
- Quelle est l'importance de l'application de la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) dans la gestion de la production ?

d. Réduction des gaspillages :

- Quelles sont les principales formes de gaspillages que vous avez observées dans le processus de production ?
- Quels sont les leviers pour réduire ces gaspillages et améliorer la performance globale de l'usine ?

e. Proposition d'améliorations :

- En tant que chef de production, quelles solutions proposeriez-vous pour optimiser l'organisation de la production et améliorer la performance ?

4. Questionnaire pour le chef de maintenance :

a. Gestion de la maintenance :

- Comment est organisée la maintenance des équipements dans l'usine ?
- Utilisez-vous une planification préventive ou corrective pour la maintenance des machines ?
- Quels sont les outils que vous utilisez pour assurer la maintenance des équipements ?

b. Efficacité de la maintenance :

- Avez-vous remarqué un impact de la maintenance sur l'efficacité de la production ?
- Quels types de dysfonctionnements affectent le plus fréquemment la production ?

c. Amélioration de la maintenance :

- Existe-t-il des opportunités d'amélioration dans la gestion de la maintenance pour réduire les temps d'arrêt de la production ?
- Seriez-vous favorable à l'intégration d'outils comme la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) pour mieux suivre et analyser la maintenance ?

d. Impact des outils d'organisation :

- Selon vous, comment les outils de gestion de production, comme le Kanban, pourraient-ils contribuer à réduire les arrêts liés à la maintenance ?

e. Propositions pour optimiser la maintenance :

- Quelles propositions auriez-vous pour optimiser la maintenance des équipements et réduire les interruptions dans la production ?

5. Questionnaire pour le chef de la qualité

a. Gestion de la qualité :

- Comment la qualité est-elle contrôlée à chaque étape du processus de production ?

- Quels outils utilisez-vous pour garantir la qualité des produits fabriqués ?
 - Existe-t-il un processus spécifique pour traiter les produits non conformes ?
- b. **Amélioration de la qualité :**
- Quelles actions sont mises en place pour améliorer continuellement la qualité des produits ?
 - Selon vous, comment la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) pourrait-elle aider à améliorer le contrôle qualité et la conformité des produits ?
- c. **Réduction des défauts et gaspillages :**
- Quels sont les types de défauts ou de gaspillages les plus fréquents dans la production ?
 - Quelles stratégies proposez-vous pour réduire ces défauts et améliorer la qualité des produits tout en optimisant les coûts ?
- d. **Outils d'organisation et de qualité :**
- Comment le Kanban ou la méthode Juste-À-Temps peut-elle améliorer la gestion de la qualité et réduire les gaspillages dans la production ?
 - Quelle importance accordez-vous à l'intégration d'un système de gestion continue de la qualité dans l'usine ?
- e. **Propositions pour améliorer la qualité :**
- Quelles améliorations concrètes suggèreriez-vous pour garantir une meilleure qualité et une réduction des erreurs dans le processus de production ?

ANNEXES 2 : Règles d'interprétation des cartes de contrôle appliquées

Les règles d'interprétation des cartes de contrôle sont basées sur les propriétés de la loi normale, en particulier :

- **68,27 %** des points sont situés dans l'intervalle $[-1\delta ; +1\delta]$
- **95,45 %** des points sont situés dans l'intervalle $[-2\delta ; +2\delta]$
- **99,97 %** des points sont situés dans l'intervalle $[-3\delta ; +3\delta]$

Segmentation des cartes de contrôle

La carte est divisée en trois zones permettant de déceler les causes anormales de variation :

- **Zone I** : $[-1\delta ; +1\delta]$
- **Zone II** : $[-2\delta ; +2\delta]$
- **Zone III** : $[-3\delta ; +3\delta]$

Sur une série de **dix points**, la répartition normale attendue est :

- **Sept points** dans la zone $[-1\delta ; +1\delta]$
- **Deux points** dans la zone $[-2\delta ; +2\delta]$
- **Un point** dans la zone $[-3\delta ; +3\delta]$

Règles de base d'interprétation

1. **9 points consécutifs d'un même côté de la ligne centrale**
 - Indique un changement probable de la moyenne du processus.
 - Suggère une modification systématique dans le processus de production.
2. **6 points consécutifs en progression ascendante ou descendante**
 - Signale une dérive de la moyenne du processus.
 - Peut résulter de l'usure des outils, de la maintenance, ou de l'amélioration des compétences.

3. 14 points consécutifs alternant entre montée et descente

- Indique la présence de deux causes systématiques alternées (ex. : fournisseurs différents, qualité variable entre postes de travail).

4. 2 points sur 3 au-delà de la zone A

- Avertissement précoce d'une dérive du processus.
- Probabilité de fausse alarme de 2 % pour les cartes X-barre.

5. 4 points sur 5 au-delà de la zone B

- Indicateur précoce d'un décalage du processus.
- Risque d'erreur de seconde espèce estimé à 2 %.

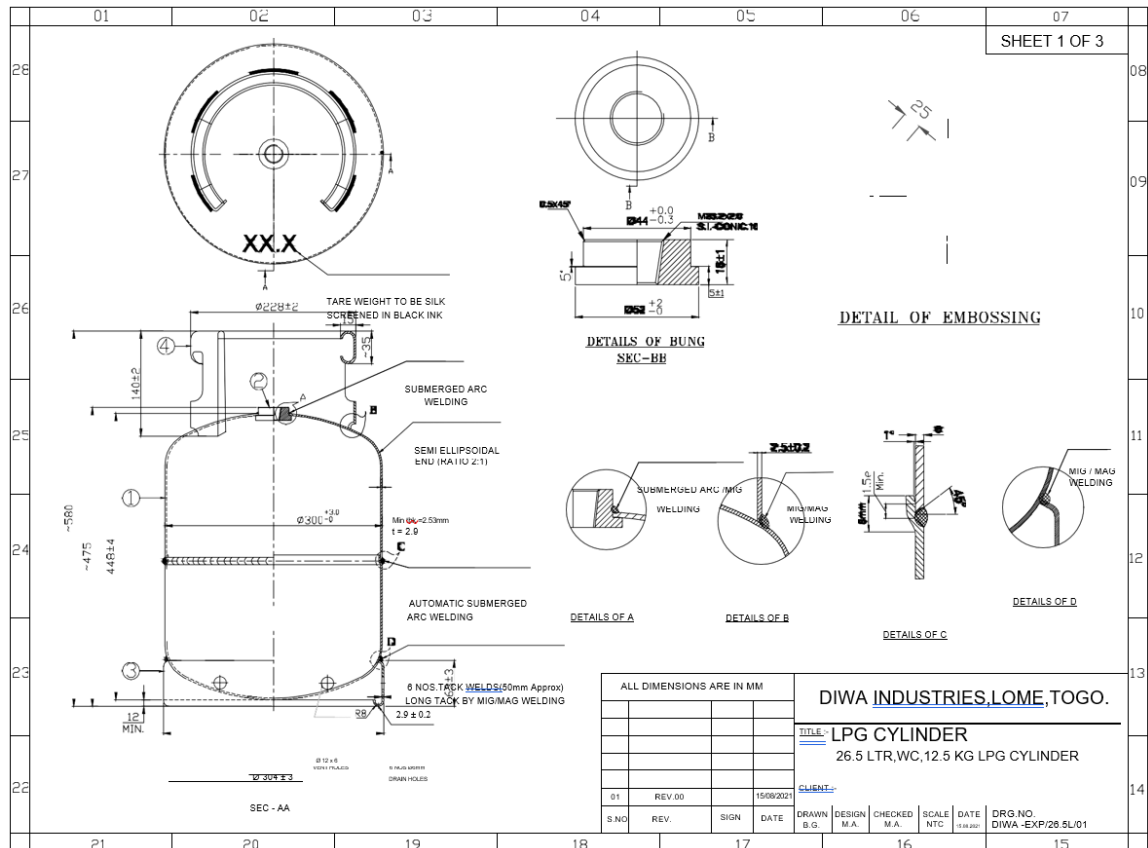
6. 15 points consécutifs dans la zone C

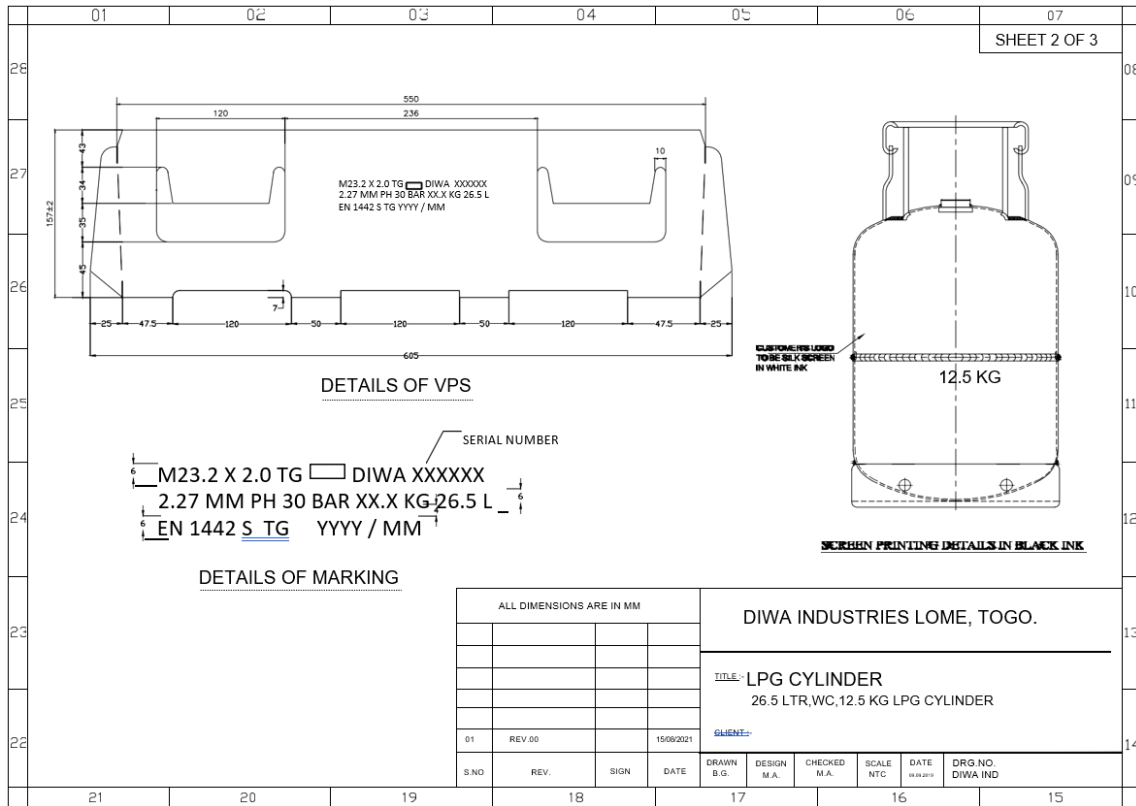
- Indique une dispersion plus faible que prévue.
- Peut résulter d'une stabilité excessive ou d'une sous-estimation des variations naturelles du processus.

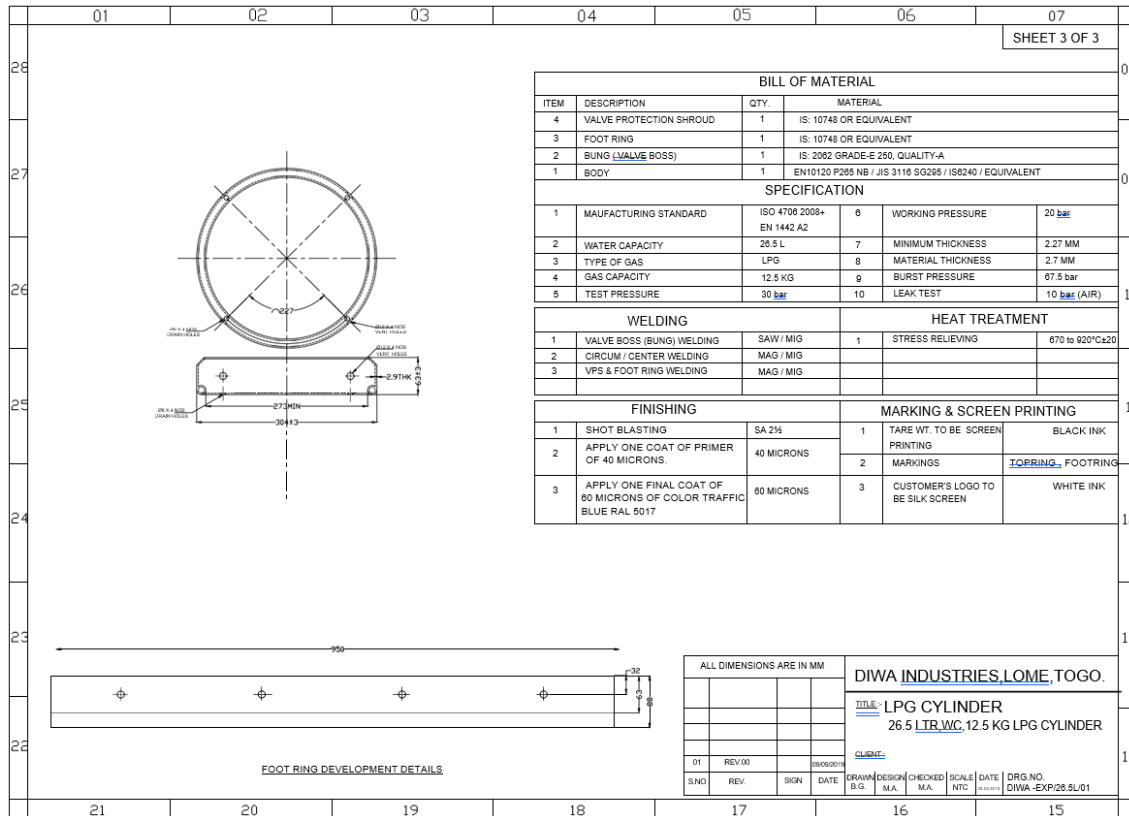
7. 8 points consécutifs dans la zone B ou A sans aucun point dans la zone C

- Signe d'une distribution bimodale des valeurs.
- Peut indiquer que deux machines différentes produisent des échantillons distincts.

ANNEXE 3 : Schémas technique des bouteilles de 12 Kg







ANNEXE 4 : Caractéristique de la matière première

ANNEXE : CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE

IS 6240 : 200

Table 1 Chemical Composition

(Clauses 6.1 and 6.2)

Grade	Constituent, Percent					
	Carbon	Manganese	Silicon	Sulphur	Phosphorus	Aluminium
	Max	Min	Max	Max	Max	Min
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0.16	0.30	0.25	0.025	0.025	0.020

NOTES

1 Elements not listed in this table may not be added intentionally to the steel. All suitable arrangements are to be made to prevent such elements being added from scrap or other materials used during manufacture, which impair the mechanical properties and usability.

2 Steel may be supplied with the addition of micro-alloying elements like niobium, titanium, and vanadium. The micro-alloying element shall not exceed 0.10 percent when added individually or in combination.

3 The nitrogen content of the steel shall not be more than 0.009 percent. This has to be ensured by the manufacturer by occasional chemical analysis.

Table 2 Permissible Variations for Product Analysis

(Clause 6.2)

Sl No.	Constituent	Permissible Variations Over the Maximum and Under the Minimum Specified Limit, Percent
		Max
(1)	(2)	(3)
i)	Carbon	0.02
ii)	Manganese	0.03
iii)	Silicon	0.03
iv)	Sulphur	0.005
v)	Phosphorus	0.005

NOTE — Aluminium content shall not be less than 0.020 percent.

Table 3 Mechanical Properties

(Clauses 7.2 and 8.2.2)

Tensile Strength MPa	Yield Stress MPa	Percentage Elongation at Gauge Length $5.65 \sqrt{S_0}$	Internal Diameter of Bend
	Min	Min	Max
(1)	(2)	(3)	(4)
350 - 450	240	25	t

NOTE — Where 't' is the thickness of test piece.

ANNEXE 5 : Certificat d'inspection



TATA STEEL
Tata Steel Limited
Kalinga Nagar Industrial Complex, Durgam, Bhubaneswar, Odisha 751008
Corporate Identity Number: L27160MH1907PLC200260 Website: www.tatasteel.com

IS 2062



CML-5200040

Ante us fore

TEST CERTIFICATE

TEST CERTIFICATE NO. : 9500130/18
DO NO. : 5501780603
INVOICE NO. : 247207262
MATERIAL No. : 1189749

DESPATCH DATE: 05.11.2021
CUSTOMER CODE: 60303
VEHICLE NO. : 17849(W)
PRODUCT: HOT ROLLED COILS

TEST CERTIFICATE TO:
TATA STEEL LTD NARESH KUMAR & CO. (PVT) LTD.
KHASRA NO1227 1229 LAL KUAN GT ROAD PO SHAPUR, BOMETHA, GHAZIABAD
GHAZIABAD 201001

We hereby certify that the above mentioned material is tested in accordance with scheme of testing and inspection contained in BIS certification marks License no. (CML-5200040187 are as indicated against each section (Please refer to IS 2062 E250 GRADE A (HOT ROLLED MEDIUM AND HIGH TENSILE STRUCTURAL STEEL 2011) for details of specification requirements)

TDC No. : HG43 **Q Code:** T1P3003

Grade: IS 2062 E 250 GR A (SHEET)

Section (TxW): 2.000x1500.000mm

Specification Requirements as per TDC No. HG43

Item	Batch No.	Mother Coil	Cast No.	Tonnage	Min	Max
01	K168770800	K168770800	A249012	25.510	1	1

TDC No. : HG43

Section (TxW): 2.000x1500.000mm

Specification Requirements as per TDC No. HG43

Item	Batch No.	Mother Coil	Cast No.	Tonnage	Min	Max
01	K168770800	K168770800	A249012	25.510	1	1

Chemical Analysis, Specifications and Other Information

C	Mn	S	P	Si	Al	N	C Eq	Nb
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0.2300	1.5000	0.0450	0.0450	0.4030	0.0200	0.0200	100	0.0200

Test Results

UTS	EL	BEND	YS
MPa	%	MPa	MPa
410	23	235	370

Mechanical Analysis, Specifications and Other Information

UTS	EL	BEND	YS
MPa	%	MPa	MPa
410	23	235	370

Route: BOF-CASOB-CC-HSM
Test Certificate as per EN10204 TYPE 3.1

1 MPa = 1 N/mm²
YS = Yield Strength
UTS = Ultimate Tensile Strength
EL = % elongation on standard gauge length
TxWxL = Thickness x Width x Length
CE (Carbon Equivalent) = (C+Mn/6+Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15

Material clearance date
02.11.2021
This TC is electronically generated

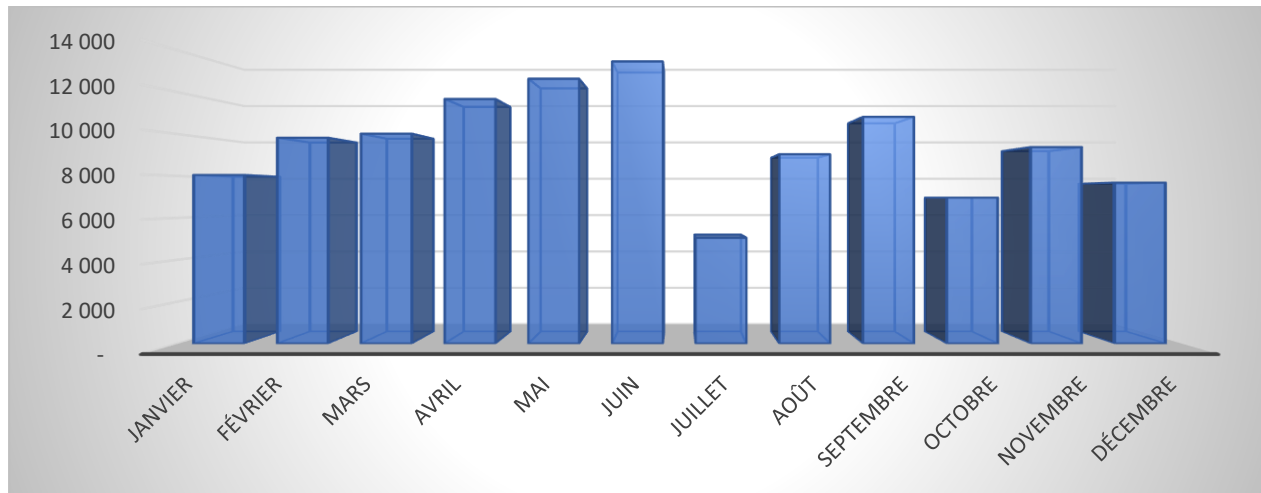
Signature Not Verified
Digitally signed by HANU
SURESH
Date: 2021.11.05 12:18:16 IST
Location: Jharkhand

Head Quality Assurance
TATA STEEL LIMITED

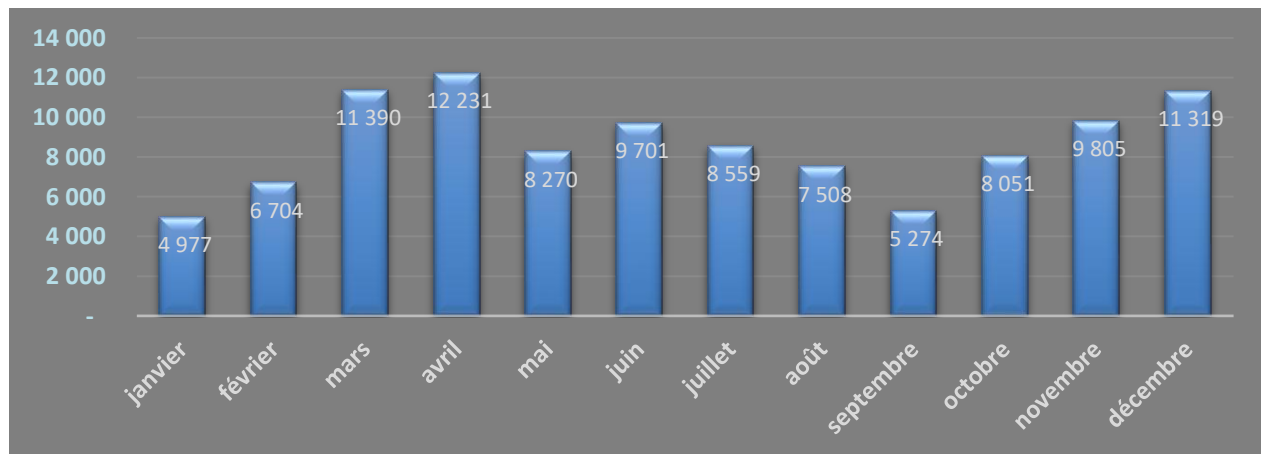
Page No. 1 of 1

ANNEXE 6 : diagramme de variation :

- De la production par mois



- Des livraisons par moi



ANNEXE 7 : Tableaux de bord du processus la production :

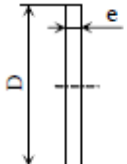
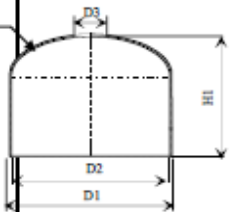
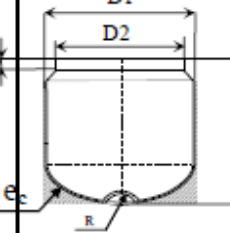
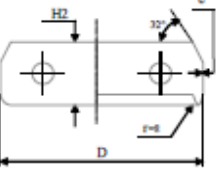
- Taux de fabrication

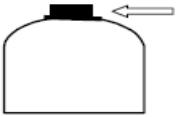
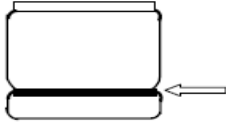
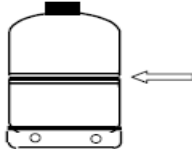
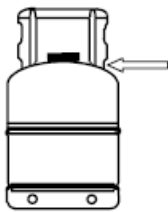
	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE
Quantité de bouteille produite	6 327	7 920	7 612	10 609	8 831	10 599	105	4 210	7 322	2 192	6 744	4 567	6 420
Objectif en terme de nombre de bouteille	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542	19 542
Taux de fabrication	32,38%	40,53%	38,95%	54,29%	45,19%	54,24%	0,54%	21,54%	37,47%	11,22%	34,51%	23,37%	32,85%
Remarque													

- Taux de requalification

	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE
Quantité de bouteille requalifiée	1 721	1 903	2 406	1 062	3 805	2 865	4 941	4 824	3 497	4 772	2 631	3 115	3 129
Quantité de bouteille à requalifier	1 882	2 190	3 530	2 440	1 730	3 468	4 547	5 324	4 759	2 265	2 831	3 539	3 209
Taux de requalification	91,45%	86,89%	68,16%	43,52%	219,94%	82,61%	108,67%	90,61%	73,48%	210,68%	92,94%	88,02%	97,50%

ANNEXE 8 : Procédures de contrôle dans l'entreprise de DIWA Industries

CROQUIS		INSTRUMENT DE MESURE	PRECISION DE MESURE	TAILLE D'ECHANTILLON	FREQUENCE DE CONTROLE
	D	Double mètre	1/1	03	01/Semaine
	e	Micromètre	1/100	03	01/2heures
	D1	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	D2				
	D3	Pied a coulisse	1/50	05	01/2heures
	e _c	Ultra-son	1/100	05	01/2heures
	H1	Trusquin	1/10	05	01/2heures
	D1	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	D2				
	e _c	Ultra-son	1/100	05	01/2heures
	H1	Trusquin	1/10	05	01/2heures
	H2				
	C				
	L	Double mètre	1/1	03	01/2heures
	H1	Pied a coulisse	1/10	05	01/Bobino
	H2	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	D	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	e	Ultra-son	1/100	05	01/Bobino
	D				
	H2				
	E				

CROQUIS	FAMILLE DE DEFAUTS	MOYEN DE CONTROLE	TAILLE D'ECHANTILLON	FREQUENCE DE CONTROLE
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste

