

## RAPPORT DU PROJET

Filière : Génie Industriel

Semestre : 5

Nom de l'équipe : ProdMasters 4.0

### Analyse et Optimisation d'un poste d'assemblage P1 d'une usine d'automobile avec Lean et Power BI

Effectué chez :

**CIELK - Club of Industrial Engineering and Logistics - Kénitra**

Réalisé par :

**Amadou DIALLO**

**Fatima Zahra MAKBOUL**

**Zineb SBITTI**

**Moulaye Abdoule Hady HAIDARA**

Supervisé par :

**Alaa Eddine BACHAB**

Année Universitaire 2025 -2026

## Table des Matières

Dédicaces .....	5
Remerciements.....	6
Résumé.....	7
Abstract .....	8
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	9
CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE .....	9
1.1 Contexte industriel et enjeux de l'amélioration continue .....	9
1.2 Présentation générale du projet .....	10
1.3 Objectifs de l'étude .....	10
CHAPITRE 1 - PRÉSENTATION DU POSTE D'ASSEMBLAGE P1 .....	11
1.1 Présentation générale de la ligne de production .....	11
1.2 Description fonctionnelle du poste d'assemblage P1 .....	11
1.3 Contraintes et exigences du poste P1.....	11
1.4 Rôle stratégique du poste P1 dans la performance globale .....	12
1.5 Problématique associée au poste P1.....	12
CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE LEAN & POWER BI .....	13
2.1 Démarche méthodologique globale : DMAIC, QQQQCCP et SIPOC.....	13
2.2 Exploration des données .....	14
2.3 Analyse et visualisation des données avec Power BI.....	15
2.4 Méthodologie Lean appliquée au poste P1 .....	16
Chapitre 3 – Analyse des résultats à partir des tableaux de bord Power BI.....	17
Rappel méthodologique.....	17
3.1 Analyse globale de la performance du poste P1 .....	18
3.2 Analyse Production réelle vs Production théorique.....	19
3.3 Analyse Performance & Productivité.....	20
a) Temps d'utilisation (TA, TPR, TCTH) .....	20
b) Performance des opérateurs .....	20
c) Taux d'occupation par opérateur .....	21
3.4 Analyse Qualité et Défauts .....	22
a) Retouches vs Rebuts par type de défaut .....	22
b) Taux de défauts par opérateur.....	22
c) Diagramme de Pareto des défauts .....	23
3.5 Analyse des causes racines – 5M, Pareto & Ishikawa.....	24
a) Pareto des causes (toutes causes confondues).....	24

b) Répartition des causes par famille 5M .....	25
c) Diagramme d'Ishikawa (synthèse visuelle) .....	25
3.6 Analyse Matière & Polyvalence.....	26
a) Impact du manquant dans le temps.....	26
b) Taux de couverture matière.....	26
c) Taux de polyvalence des opérateurs.....	27
Chapitre 4 – Propositions d’actions d’amélioration Lean du poste P1 .....	27
4.1 Rappel du diagnostic et logique d’amélioration .....	27
4.2 Analyse fonctionnelle du poste P1 – Méthode SIPOC.....	28
4.3 Analyse détaillée des problèmes – Méthode QQOQCCP .....	30
4.4 Définition des actions d’amélioration Lean .....	31
a) Réduction des temps de changement – SMED .....	31
b) Amélioration de l’organisation du poste – 5S .....	31
c) Réduction des défauts – Poka-Yoke .....	31
d) Sécurisation de la matière – Kanban .....	32
e) Équilibrage de la production – Heijunka.....	32
f) Développement des compétences – Polyvalence .....	32
4.5 Plan de suivi et pilotage des actions – PDCA & Power BI .....	32
Conclusion générale et perspectives .....	35

## Liste des figures

Figure 1 : Problématique du Poste P1 .....	13
Figure 2 : Démarche DMAIC .....	14
Figure 3 : Exploration des données .....	15
Figure 4 : Analyse et visualisation des données avec Power BI .....	16
Figure 5 : Analyse globale de la performance du Poste P1 .....	18
Figure 6 : Production réelle vs Théorique .....	19
Figure 7 : Temps d'utilisation .....	20
Figure 8 : Performance des opérateurs .....	20
Figure 9 : Taux d'occupation par opérateur .....	21
Figure 10 : Retouches vs Rebuts .....	22
Figure 11 : Taux de défauts par opérateur .....	22
Figure 12 : Diagramme de Pareto des défauts .....	23
Figure 13 : Pareto des causes .....	24
Figure 14 : Famille 5M .....	25
Figure 15 : Diagramme d'Ishikawa .....	25
Figure 16 : Impact Manquant .....	26
Figure 17 : Taux de couverture matière .....	26
Figure 18 : Taux de polyvalence des opérateurs .....	27
Figure 19 : Méthode SIPOC .....	28
Figure 20 : Diagramme de flux du processus .....	29
Figure 21 : PDCA .....	32

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Méthode QQOQCCP .....	30
Tableau 2 : Actions d'améliorations Lean .....	31

## Dédicaces

### *A Notre Dieu*

A **Allah**, source de toute connaissance, de patience et de persévérence, qui nous a donné la force, la volonté et la sagesse nécessaires pour mener à bien ce projet.

### *A notre superviseur*

M. **Alaa Eddine BACHAB** pour son encadrement, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce projet. Son accompagnement a été déterminant dans l'orientation de notre réflexion et dans la qualité du travail accompli.

### *A nos collègues et camarades*

Avec lesquels nous avons travaillé dans un esprit de collaboration, de respect et de solidarité. Les échanges, le travail d'équipe et l'entraide ont largement contribué à l'enrichissement de ce projet et à notre développement personnel et professionnel.

### *A tous nos chers,*

Nous vous dédions ce travail.

*ProdMasters 4.0*

## Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet d'analyse et d'optimisation du poste d'assemblage P1 basé sur les méthodes Lean et l'outil Power BI.

Nous adressons nos sincères remerciements à **Madame Boukourizia Nour El Houda**, formatrice Power BI au sein du club de la filière Génie Industriel, pour la qualité de son encadrement, sa disponibilité, sa pédagogie et ses précieux conseils. Son accompagnement et son expertise ont joué un rôle déterminant dans la compréhension des outils d'analyse, la construction des tableaux de bord et la réussite globale de ce projet.

Nous remercions également **Monsieur Yasser Abderrahmane Knina**, président du club de la filière Génie Industriel, pour son engagement, son soutien constant et son implication dans l'organisation de ce projet professionnel, ainsi que pour les opportunités d'apprentissage offertes aux étudiants à travers les activités du club.

Nos remerciements s'adressent aussi à **l'ensemble des membres du bureau du club** pour leur disponibilité, leur esprit d'initiative et leur contribution à la réussite de ce projet, en favorisant un environnement de travail collaboratif et stimulant.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à tous les formateurs, encadrants et camarades de la filière Génie Industriel qui ont participé, par leurs échanges, leurs conseils et leur soutien, à l'aboutissement de ce travail.

## Résumé

Dans un contexte industriel automobile marqué par une forte exigence en matière de performance, de qualité et de respect des délais, l'optimisation des postes d'assemblage constitue un levier stratégique majeur pour assurer la compétitivité des entreprises. Le poste d'assemblage **P1**, objet de cette étude, a été identifié comme un poste critique influençant directement la performance globale de la ligne de production.

Les données collectées sur ce poste mettent en évidence des variations significatives en termes de production, de performance opérationnelle, de qualité des produits, de disponibilité des matières premières, de polyvalence des opérateurs ainsi que de causes de dysfonctionnements. Ces variations peuvent engendrer des pertes de productivité, des retards de livraison et une augmentation des coûts opérationnels.

L'objectif principal de ce projet est d'analyser en profondeur le fonctionnement du poste P1 afin d'identifier les sources d'inefficacité et de proposer des actions d'amélioration adaptées. Pour atteindre cet objectif, l'étude s'appuie sur une approche combinant l'exploitation des données à l'aide de l'outil **Power BI** et l'application des principes et outils du **Lean Manufacturing**.

Power BI a permis de structurer, analyser et visualiser les données à travers des tableaux de bord interactifs facilitant le suivi des indicateurs clés de performance liés à la production, à la qualité, à la disponibilité matière, à la polyvalence des opérateurs et aux causes de dysfonctionnement. Les outils Lean, notamment l'analyse des gaspillages, la méthode des **5M**, la méthode des **5 Pourquoi** et le **diagramme de Pareto**, ont été utilisés pour identifier les causes racines des problèmes observés et hiérarchiser les axes d'amélioration.

Les résultats de l'étude mettent en évidence que les principales pertes de performance sont liées à des défauts qualité récurrents, à des arrêts de production dus à des problèmes de matière, à une variabilité de la performance entre opérateurs ainsi qu'à certaines méthodes de travail non standardisées. L'analyse des causes selon les 5M a permis de cibler les facteurs les plus impactants sur la performance globale du poste P1.

Sur la base de ces constats, plusieurs actions d'amélioration ont été proposées, visant à réduire les gaspillages, améliorer la stabilité du poste, renforcer la polyvalence des opérateurs et optimiser la gestion des matières premières. Ce projet démontre ainsi l'intérêt de la combinaison des outils numériques de visualisation des données et des méthodes Lean pour soutenir une démarche d'amélioration continue efficace et durable dans un contexte industriel automobile.

## Abstract

In a highly competitive automotive industrial environment, optimizing assembly workstations represents a major strategic lever to ensure performance, quality, and delivery reliability. The **P1 assembly workstation**, which is the focus of this study, has been identified as a critical workstation directly impacting the overall performance of the production line.

The data collected at this workstation reveal significant variations in terms of production output, operational performance, product quality, raw material availability, operator versatility, and causes of malfunctions. These variations can lead to productivity losses, delivery delays, and increased operational costs.

The main objective of this project is to conduct an in-depth analysis of the P1 workstation in order to identify inefficiencies and propose appropriate improvement actions. To achieve this objective, the study is based on a combined approach using **Power BI** for data analysis and visualization, and **Lean Manufacturing** principles and tools for process optimization.

Power BI was used to structure, analyze, and visualize the data through interactive dashboards, enabling effective monitoring of key performance indicators related to production, quality, material availability, operator versatility, and causes of dysfunctions. Lean tools, including waste analysis, the **5M method**, the **5 Whys technique**, and the **Pareto diagram**, were applied to identify root causes and prioritize improvement areas.

The results highlight that the main performance losses are related to recurring quality defects, production stoppages caused by material issues, variability in operator performance, and non-standardized working methods. The 5M cause analysis helped identify the most critical factors affecting the overall performance of the P1 workstation.

Based on these findings, several improvement actions were proposed to reduce waste, stabilize the workstation, enhance operator versatility, and optimize raw material management. This project demonstrates the relevance of combining data visualization tools with Lean Manufacturing methods to support an effective and sustainable continuous improvement approach in the automotive industry.

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans un environnement industriel de plus en plus concurrentiel, l'industrie automobile est soumise à des exigences élevées en matière de qualité, de productivité, de respect des délais et de maîtrise des coûts. La performance des systèmes de production constitue ainsi un facteur clé de compétitivité pour les entreprises du secteur.

Afin de répondre à ces exigences, les entreprises industrielles s'appuient de plus en plus sur des démarches d'amélioration continue, dont le **Lean Manufacturing** constitue l'un des piliers majeurs. Cette approche vise à maximiser la valeur ajoutée pour le client tout en éliminant les gaspillages présents dans les processus de production.

Dans ce contexte, le présent projet s'inscrit dans une logique d'analyse et d'optimisation d'un poste d'assemblage spécifique, dénommé **poste P1**, au sein d'une usine automobile. Ce poste a été identifié comme un poste critique en raison de son impact direct sur la performance globale de la ligne de production.

Les données collectées sur le poste P1 mettent en évidence des variations significatives en termes de production, de performance, de qualité, de disponibilité des matières premières, de polyvalence des opérateurs ainsi que de causes de dysfonctionnements. Ces variations peuvent engendrer des pertes de productivité, des retards de livraison et une augmentation des coûts opérationnels.

Face à ces constats, il apparaît nécessaire de mener une étude approfondie permettant de comprendre les leviers de performance du poste P1 et d'identifier les axes d'amélioration prioritaires. Pour ce faire, le projet combine l'exploitation des données à l'aide de l'outil **Power BI** pour la visualisation et le suivi des indicateurs clés, avec l'application des principes et outils du **Lean Manufacturing** pour l'analyse des causes et la réduction des gaspillages.

## CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

### 1.1 Contexte industriel et enjeux de l'amélioration continue

L'industrie automobile repose sur des processus de production complexes, organisés en lignes d'assemblage composées de plusieurs postes successifs. La performance globale de la ligne dépend fortement de la stabilité et de l'efficacité de chaque poste, toute perturbation pouvant se répercuter sur l'ensemble du flux de production.

Dans ce cadre, l'amélioration continue vise à :

- Améliorer la productivité des postes,
- Réduire les temps non productifs,
- Améliorer la qualité des produits finis,
- Assurer la disponibilité des ressources,

- Renforcer la flexibilité et la polyvalence des opérateurs.

Le **Lean Manufacturing** s'inscrit pleinement dans cette logique en proposant des outils permettant d'identifier et d'éliminer les activités sans valeur ajoutée, communément appelées gaspillages (*muda*), tout en stabilisant les processus.

## 1.2 Présentation générale du projet

Le projet « **Analyse et optimisation d'un poste d'assemblage P1 dans une usine d'automobile avec Lean et Power BI** » a pour objectif principal de diagnostiquer les inefficacités du poste P1 à partir des données réelles de production, puis de proposer des actions d'amélioration adaptées.

L'étude repose sur :

- L'analyse des performances de production,
- L'évaluation de la qualité des produits,
- L'étude de la disponibilité des matières premières,
- L'analyse de la polyvalence des opérateurs,
- L'identification et la hiérarchisation des causes de dysfonctionnement selon les axes des **5M**.

L'utilisation de Power BI permet de transformer les données brutes en tableaux de bord interactifs facilitant l'analyse, tandis que les outils Lean permettent de structurer le diagnostic et d'orienter les décisions d'amélioration.

## 1.3 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de **diagnostiquer les dysfonctionnements du poste d'assemblage P1 et d'identifier les leviers d'amélioration de sa performance globale**.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Analyser la production réelle par rapport aux objectifs théoriques ;
- Identifier les écarts de performance entre opérateurs et périodes ;
- Evaluer la qualité des produits à travers les pièces conformes, les retouches et les rebuts ;
- Analyser les types de défauts afin de prioriser les actions correctives ;
- Etudier l'impact de la disponibilité des matières premières sur la production ;
- Evaluer la polyvalence des opérateurs et son influence sur la performance ;
- Identifier et hiérarchiser les causes de dysfonctionnement à l'aide des outils Lean.

# CHAPITRE 1- PRÉSENTATION DU POSTE D'ASSEMBLAGE P1

## 1.1 Présentation générale de la ligne de production

La ligne de production étudiée appartient au secteur automobile et est organisée selon un processus d'assemblage séquentiel, composé de plusieurs postes de travail successifs.

Chaque poste assure une ou plusieurs opérations spécifiques contribuant à la réalisation du produit final. Le bon fonctionnement de l'ensemble de la ligne repose sur la coordination et la stabilité de chaque poste, toute perturbation pouvant entraîner des impacts significatifs sur la performance globale.

Dans un environnement industriel caractérisé par des exigences élevées en matière de cadence, de qualité et de respect des délais, la ligne de production doit fonctionner de manière fluide, avec un minimum d'arrêts et de variations. Le principe du **flux continu**, central dans la philosophie Lean Manufacturing, constitue un objectif majeur afin de limiter les stocks intermédiaires, les temps d'attente et les gaspillages.

Le poste d'assemblage P1 s'inscrit dans cette logique en tant que poste amont, dont la performance conditionne directement l'alimentation des postes aval. Toute défaillance au niveau de ce poste peut engendrer un effet domino affectant l'ensemble de la ligne.

## 1.2 Description fonctionnelle du poste d'assemblage P1

Le poste d'assemblage P1 est dédié aux opérations initiales d'assemblage des composants du produit. Il constitue la première étape critique du processus de transformation, où les matières premières et composants sont assemblés conformément aux spécifications techniques et aux standards de qualité définis.

Les principales missions du poste P1 incluent :

- La réception et la préparation des composants nécessaires à l'assemblage ;
- La réalisation des opérations d'assemblage selon une séquence définie ;
- Le contrôle visuel ou dimensionnel des pièces assemblées ;
- La transmission des pièces conformes vers le poste suivant.

Ce poste mobilise différentes ressources, notamment :

- Des **ressources humaines**, représentées par les opérateurs affectés au poste ;
- Des **ressources matérielles**, telles que les équipements, outils et machines nécessaires à l'assemblage ;
- Des **ressources matière**, incluant les composants et pièces à assembler.

## 1.3 Contraintes et exigences du poste P1

Le poste d'assemblage P1 est soumis à plusieurs contraintes qui influencent directement sa performance. Parmi celles-ci, on peut citer :

- Des contraintes de **cadence**, imposant un temps de cycle précis à respecter ;
- Des exigences de **qualité**, visant à limiter les défauts, retouches et rebuts ;
- Des contraintes de **disponibilité matière**, la moindre rupture pouvant entraîner un arrêt de production ;
- Des contraintes liées aux **compétences et à la polyvalence des opérateurs**, nécessaires pour garantir la continuité de l'activité.

Dans une perspective Lean, ces contraintes doivent être maîtrisées afin de réduire les gaspillages associés aux temps d'attente, aux défauts, aux arrêts non planifiés et aux surcharges de travail.

#### 1.4 Rôle stratégique du poste P1 dans la performance globale

Le poste P1 joue un rôle stratégique au sein de la ligne de production, car il constitue le point d'entrée du flux d'assemblage. Une performance instable à ce niveau se traduit par :

- Une accumulation de retards en aval ;
- Une augmentation des stocks intermédiaires ;
- Une dégradation de la qualité globale ;
- Une baisse de la productivité de la ligne.

Dans le cadre du Lean Manufacturing, le poste P1 peut être assimilé à un **goulot potentiel**, dont la performance conditionne le débit de l'ensemble du système. L'analyse approfondie de ce poste permet ainsi d'identifier les leviers d'amélioration prioritaires ayant un impact significatif sur la performance globale.

#### 1.5 Problématique associée au poste P1

Les données collectées sur le poste d'assemblage P1 mettent en évidence plusieurs dysfonctionnements récurrents, notamment :

- Des écarts entre la production réelle et les objectifs théoriques ;
- Une variabilité de la performance entre opérateurs ;
- La présence de défauts qualité nécessitant des retouches ou générant des rebuts ;
- Des arrêts liés à des problèmes de disponibilité des matières premières ;
- Des causes de dysfonctionnement multiples, réparties selon les axes des 5M.

Ces constats soulignent la nécessité de mener une analyse structurée et approfondie du poste P1, en s'appuyant à la fois sur les données de terrain et sur les outils Lean, afin de proposer des actions d'amélioration adaptées et durables.

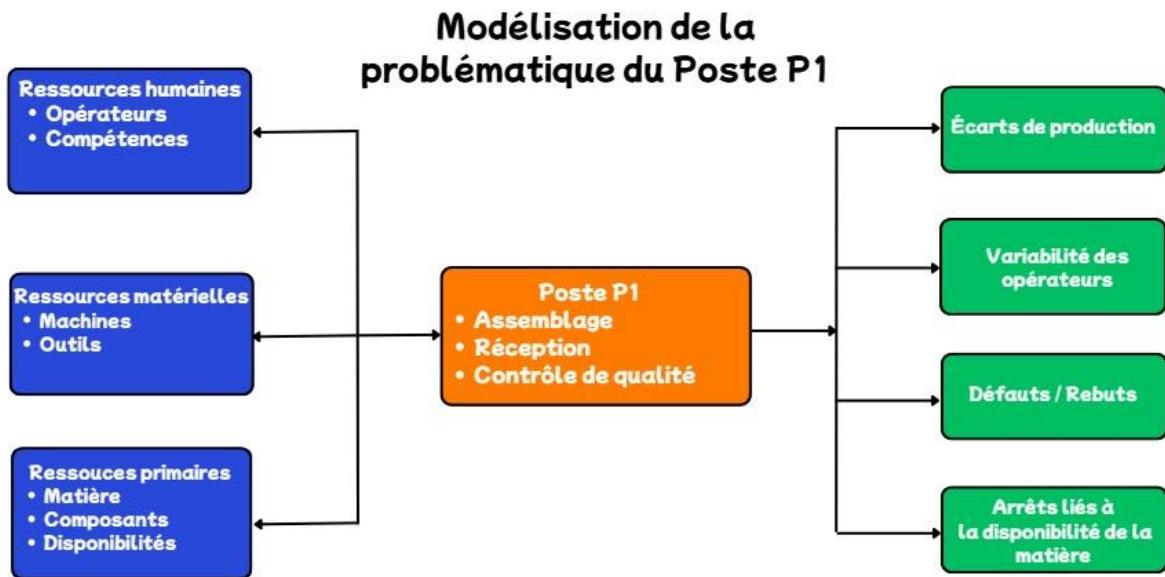


Figure 1 : Problématique du Poste P1

## CHAPITRE 2- MÉTHODOLOGIE LEAN & POWER BI

### 2.1 Démarche méthodologique globale : DMAIC, QQQQCCP et SIPOC

Dans le cadre de cette étude d’analyse et d’optimisation du poste d’assemblage P1, une démarche structurée a été adoptée afin de garantir la rigueur de l’analyse et la pertinence des actions proposées. Cette démarche repose principalement sur la méthode **DMAIC**, issue du Lean Six Sigma, complétée par les outils **QQQQCCP** et **SIPOC**.

La méthode **DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)** permet de structurer le projet d’amélioration continue en plusieurs phases successives :

- **Define (Définir)** : définition du périmètre de l’étude, identification du poste d’assemblage P1 comme poste critique et clarification des objectifs d’amélioration en lien avec la performance, la qualité et la disponibilité des ressources.
- **Measure (Mesurer)** : collecte et exploitation des données opérationnelles issues du fichier Excel fourni, permettant de mesurer objectivement la performance du poste P1.
- **Analyze (Analyser)** : analyse approfondie des indicateurs à l’aide de Power BI et des outils Lean afin d’identifier les dysfonctionnements et leurs causes racines.
- **Improve (Améliorer)** : proposition d’actions d’amélioration basées sur les résultats de l’analyse.
- **Control (Contrôler)** : suivi des indicateurs de performance à l’aide de tableaux de bord afin de pérenniser les améliorations mises en place.

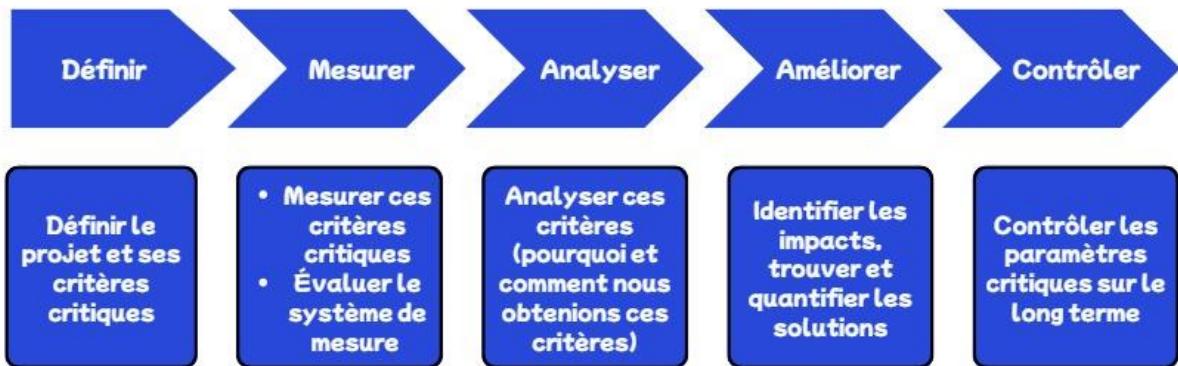


Figure 2 : Démarche DMAIC

En complément, la méthode **QQOQCCP (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Combien ? Pourquoi ?)** a été utilisée pour cadrer précisément le problème étudié, clarifier les responsabilités, comprendre le contexte des dysfonctionnements et structurer l'analyse des données disponibles.

Par ailleurs, l'outil **SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers)** a permis de représenter de manière synthétique le processus global du poste P1, en identifiant :

- Les fournisseurs des données et des matières,
- Les entrées du processus,
- Les principales étapes du processus,
- Les sorties produites,
- Les clients internes du poste.

L'utilisation combinée de DMAIC, QQOQCCP et SIPOC garantit une approche méthodologique cohérente, structurée et conforme aux standards de l'amélioration continue industrielle.

## 2.2 Exploration des données

L'analyse du poste d'assemblage P1 repose sur les données opérationnelles collectées et organisées dans le fichier Excel fourni. Ces données couvrent les principaux aspects de la performance du poste et constituent la base de la phase **Measure** de la démarche DMAIC.

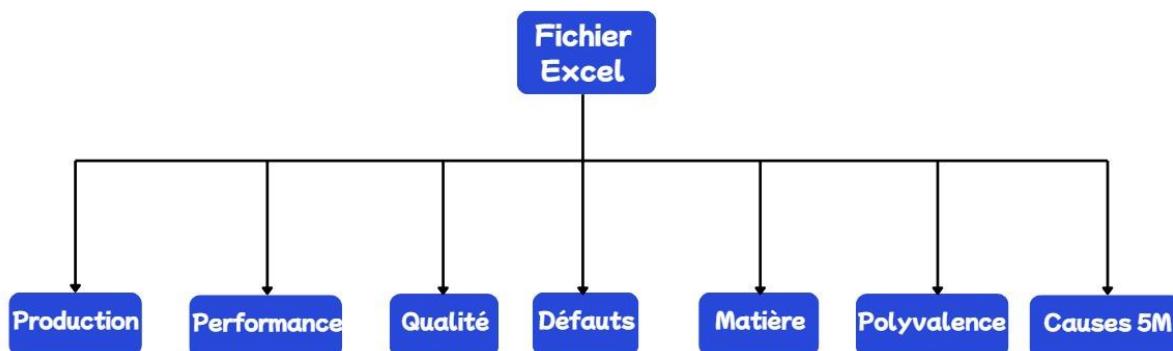
Les données exploitées concernent notamment :

- La production et l'utilisation du temps,
- La performance opérationnelle,
- La qualité des produits assemblés,
- La disponibilité des matières premières,
- La polyvalence et la formation des opérateurs,

- Les causes de dysfonctionnements selon les axes des 5M.

Les indicateurs clés étudiés sont les suivants :

- **Production** : temps de changement total, temps de production réel, temps de cycle réel, taux d'occupation du poste.
- **Performance** : cadence réelle, nombre de pièces assemblées théoriques, taux d'efficacité.
- **Qualité** : taux de retouches, nombre de rebuts, pièces conformes et non conformes, taux de défauts.
- **Disponibilité matière** : stocks initiaux et finaux, entrées, consommations, ruptures éventuelles, taux de couverture.
- **Polyvalence et formation des opérateurs** : nombre de postes maîtrisés, heures de formation prises et requises, taux de polyvalence et de formation.
- **Causes de dysfonctionnements (5M)** : identification et classification des causes selon Matière, Matériel, Main-d'œuvre, Méthode et Milieu, avec calcul des pourcentages et du pourcentage cumulé pour l'application de la méthode Pareto.



*Figure 3 : Exploration des données*

Certains indicateurs sont directement disponibles dans les tableaux de données, tandis que d'autres sont calculés à l'aide de formules ou via le langage **DAX** dans Power BI. Cette approche garantit la fiabilité des résultats, leur mise à jour automatique et leur cohérence tout au long de l'analyse.

### 2.3 Analyse et visualisation des données avec Power BI

Afin de transformer les données brutes en informations exploitable, l'outil **Power BI** a été utilisé comme solution principale d'analyse et de visualisation. Cette étape correspond à la phase **Analyze** de la démarche DMAIC.

Power BI permet de structurer les données, de calculer les indicateurs clés et de concevoir des tableaux de bord interactifs facilitant la compréhension des performances du poste P1. L'objectif est de fournir un outil d'aide à la décision permettant aux responsables de production d'identifier rapidement les anomalies et les axes d'amélioration.



Figure 4 : Analyse et visualisation des données avec Power BI

Les principaux axes de travail retenus sont :

- **Pages thématiques** : chaque tableau de bord est organisé par thème (production, performance, qualité, disponibilité des matières, polyvalence) afin de permettre une analyse ciblée et progressive.
- **Filtres dynamiques** : les données peuvent être filtrées par semaine, par opérateur ou par type de défaut, offrant une lecture personnalisée et détaillée.
- **Comparaison théorique vs réelle** : les écarts entre les objectifs théoriques et les performances réelles sont mis en évidence afin d'identifier les goulets d'étranglement et les pertes de performance.
- **Visualisation des défauts par type** : cette analyse permet de prioriser les actions correctives et de suivre l'évolution des défauts dans le temps.
- **Titres et annotations explicatives** : chaque visualisation est accompagnée de commentaires facilitant l'interprétation des résultats et la prise de décision.

Cette approche interactive assure un suivi continu de la performance du poste P1 et constitue un support essentiel pour le pilotage de l'amélioration continue.

## 2.4 Méthodologie Lean appliquée au poste P1

L'optimisation du poste d'assemblage P1 s'appuie sur les principes du **Lean Manufacturing**, dont l'objectif est de réduire les gaspillages, améliorer l'efficacité des processus et garantir un niveau de qualité élevé.

### Analyse des causes racines (5M)

Les dysfonctionnements identifiés à partir des données ont été analysés selon les cinq axes du modèle des **5M** :

- Matière,
- Matériel,
- Main-d'œuvre,
- Méthode,
- Milieu.

La méthode des **5 Pourquoi** a été utilisée afin de remonter aux causes profondes des problèmes observés et d'éviter les actions correctives superficielles.

## Hiérarchisation des causes (Pareto)

Les causes identifiées ont ensuite été classées selon leur fréquence et leur impact afin de construire un **diagramme de Pareto**. Cette hiérarchisation permet de concentrer les efforts d'amélioration sur les causes majeures responsables de la majorité des dysfonctionnements, conformément au principe 80/20.

## Outils Lean mobilisés

Dans le cadre de cette étude, plusieurs outils Lean ont été mobilisés :

- **Kaizen** : amélioration continue et progressive du poste.
- **5S** : organisation et optimisation de l'environnement de travail.
- **SMED** : réduction des temps de changement et amélioration de la disponibilité du poste.
- **Poka-Yoke** : prévention des erreurs et réduction des défauts.
- **Heijunka** : lissage de la production et équilibrage des charges.
- **Kanban** : gestion des stocks et amélioration de la disponibilité matière.
- **PDCA** : suivi et ajustement des actions correctives pour garantir une amélioration durable.

## Intégration Lean & Power BI

La combinaison des outils Lean et de Power BI permet de relier l'analyse des données à une démarche structurée d'amélioration continue. Power BI facilite la mesure et le suivi des indicateurs, tandis que les méthodes Lean permettent d'identifier les causes racines et de définir des actions correctives adaptées. Cette synergie assure une amélioration durable et mesurable de la performance du poste d'assemblage P1.

## Chapitre 3 – Analyse des résultats à partir des tableaux de bord Power BI

### Rappel méthodologique

Ce chapitre exploite exclusivement les données issues du fichier Excel et leur restitution visuelle via Power BI.

L'analyse est conduite selon une logique **DMAIC – phase Measure & Analyze**, en cohérence avec les principes Lean.

### 3.1 Analyse globale de la performance du poste P1



Figure 5 : Analyse globale de la performance du Poste P1

#### Analyse et interprétation

Le tableau de bord global met en évidence les indicateurs clés de performance (KPI) du poste d'assemblage P1 sur l'ensemble de la période étudiée.

##### ➤ Taux d'efficacité global : 93,50 %

Ce résultat indique que le poste fonctionne globalement à un niveau élevé par rapport aux performances théoriques attendues. Toutefois, l'écart restant à 100 % traduit l'existence de pertes de performance non négligeables.

##### ➤ Taux d'occupation : 85,18 %

Ce taux révèle que près de 15 % du temps disponible n'est pas exploité pour la production. Ces pertes sont principalement liées aux temps d'arrêt, aux changements de série et aux aléas organisationnels.

##### ➤ Taux de qualité : 99,51 %

Le niveau de qualité est excellent, avec une très faible proportion de pièces non conformes. Cela montre que le processus est globalement maîtrisé sur le plan qualitatif.

#### Lecture Lean :

La performance globale du poste est davantage limitée par **l'utilisation du temps et l'organisation** que par la qualité produit. Les efforts d'amélioration doivent donc se concentrer prioritairement sur la **réduction des pertes de temps** plutôt que sur le contrôle qualité.

### 3.2 Analyse Production réelle vs Production théorique

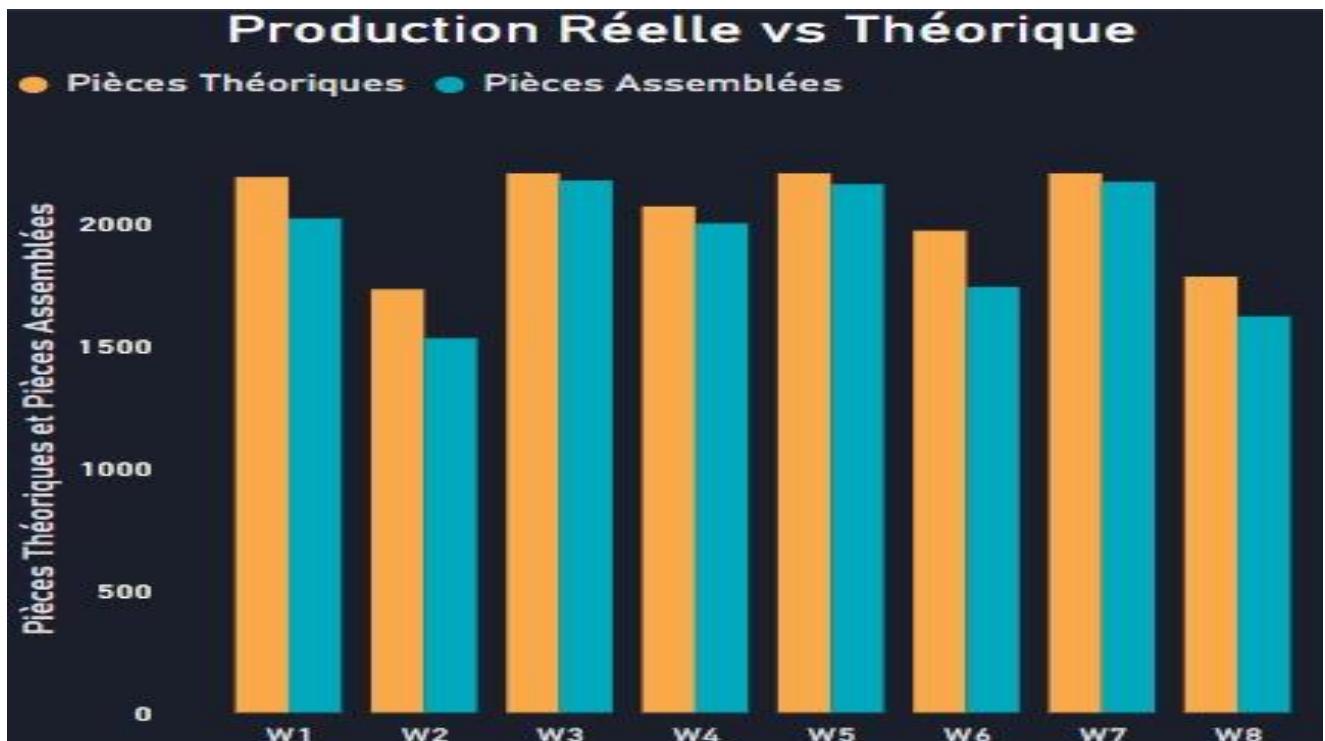


Figure 6 : Production réelle vs Théorique

#### Analyse et interprétation

La comparaison entre la production réelle et la production théorique met en évidence des écarts variables selon les semaines.

- Certaines semaines montrent un écart significatif entre le potentiel théorique et la production réellement atteinte.
- Ces écarts traduisent des pertes liées à :
  - Des temps d'arrêt non planifiés,
  - Des changements de série fréquents,
  - Les problèmes de disponibilité matière ou de main-d'œuvre.

#### Lecture Lean :

La non-atteinte systématique de la production théorique confirme la présence de **mudas** (gaspillages), principalement :

- **Muda de temps d'attente**
- **Muda de sur-processus (changements excessifs)**

Cela justifie l'analyse approfondie des temps d'utilisation.

### 3.3 Analyse Performance & Productivité

#### a) Temps d'utilisation (TA, TPR, TCTH)

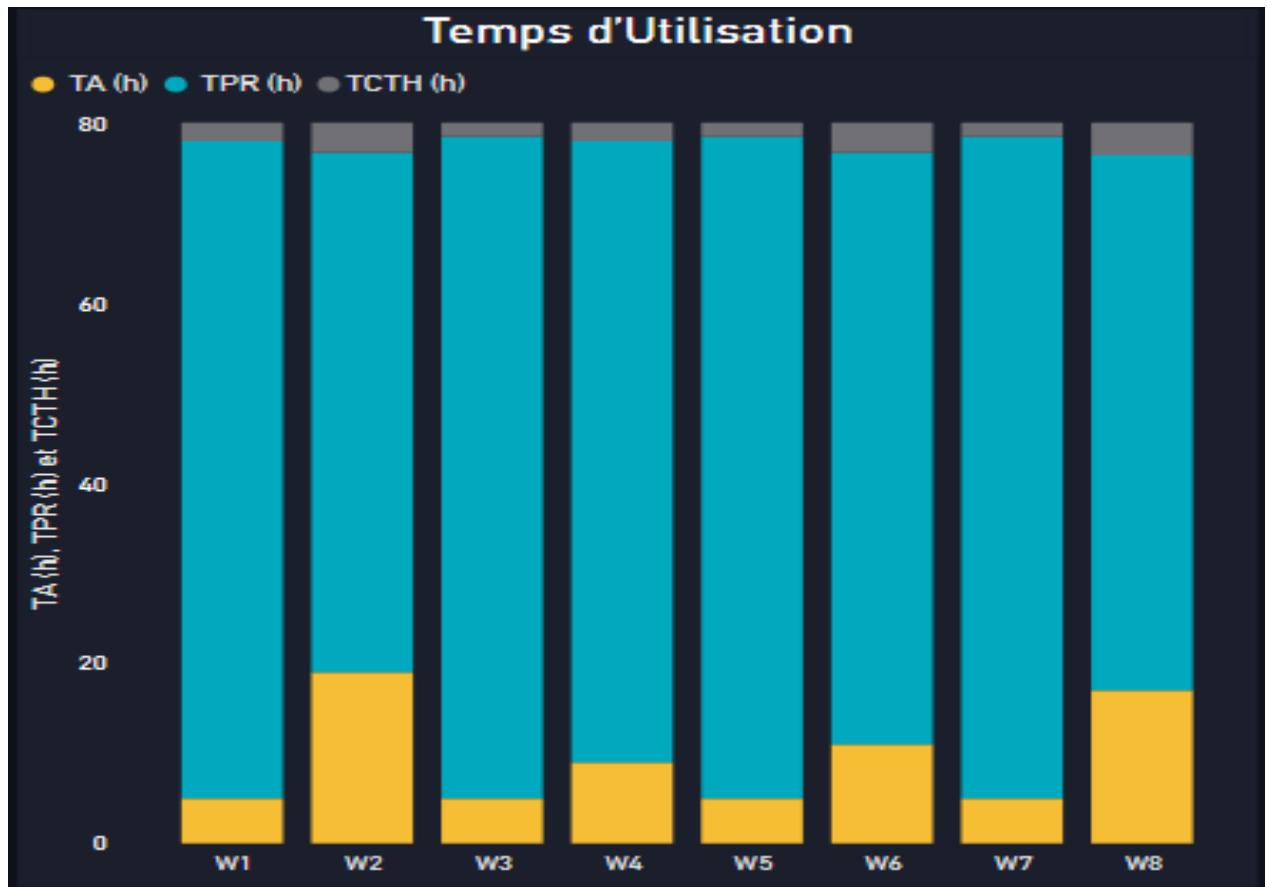


Figure 7 : Temps d'utilisation

#### b) Performance des opérateurs

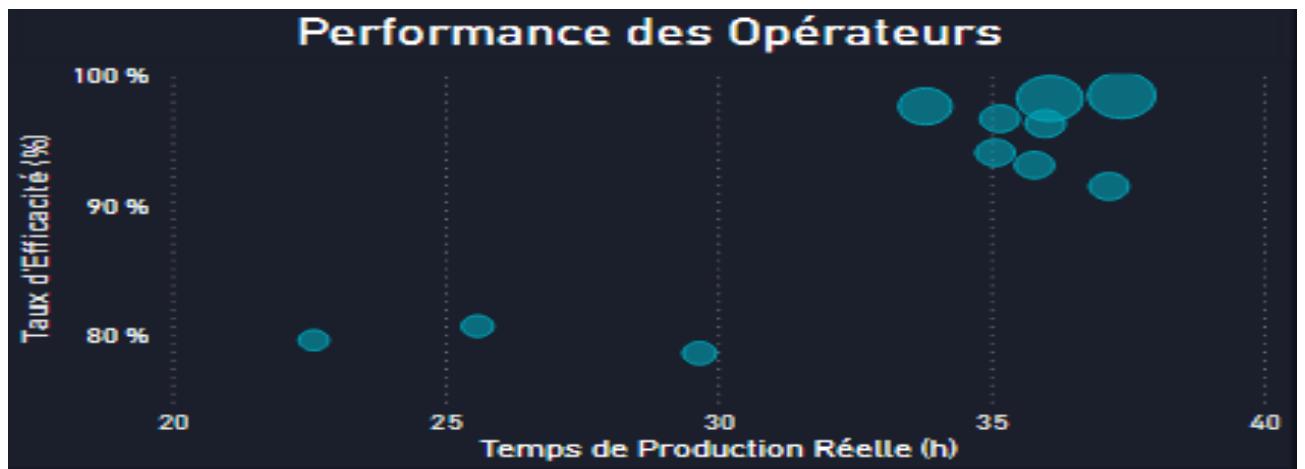


Figure 8 : Performance des opérateurs

### c) Taux d'occupation par opérateur

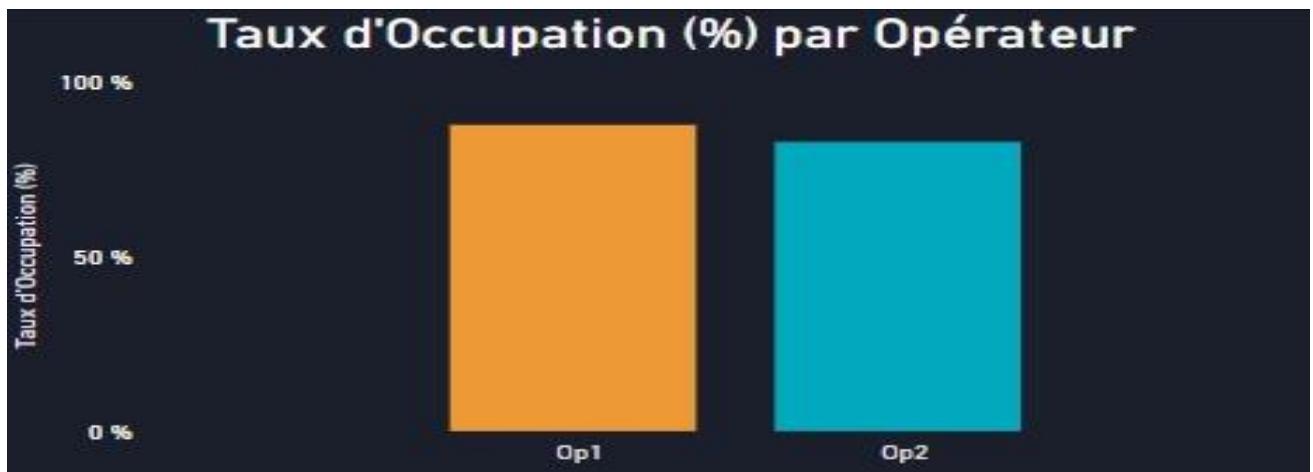


Figure 9 : Taux d'occupation par opérateur

### Analyse et interprétation

L'analyse des temps montre que :

- Le **temps d'arrêt (TA)** reste significatif sur plusieurs semaines.
- Le **temps de changement total hebdomadaire (TCTH)** pèse directement sur le temps de production réel.

La comparaison entre opérateurs révèle :

- Des différences de **taux d'efficacité** et de **taux d'occupation**,
- Une variabilité liée à l'expérience, à la polyvalence et à la formation.

### Lecture Lean :

- Les temps de changement élevés justifient l'application de la méthode **SMED**.
- Les écarts entre opérateurs soulignent un besoin d'amélioration via :
  - La **standardisation des méthodes**,
  - Le renforcement de la **polyvalence**.

### 3.4 Analyse Qualité et Défauts

#### a) Retouches vs Rebuts par type de défaut

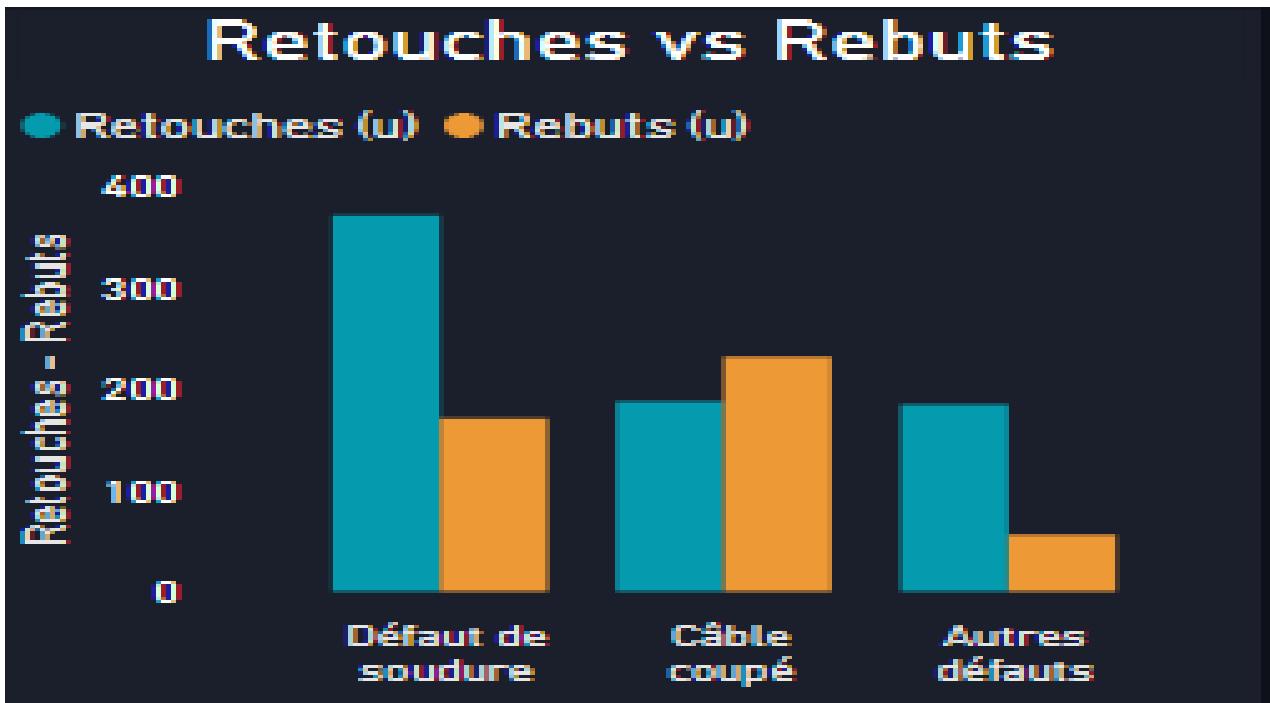


Figure 10 : Retouches vs Rebuts

#### b) Taux de défauts par opérateur

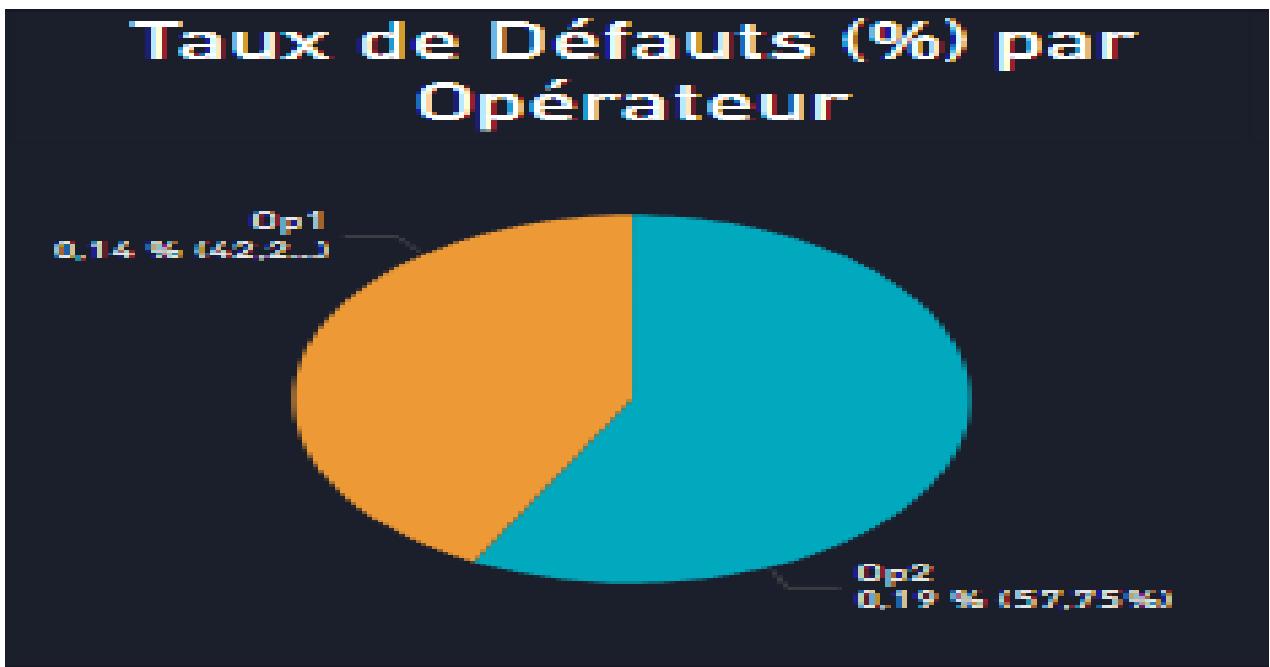


Figure 11 : Taux de défauts par opérateur

### c) Diagramme de Pareto des défauts

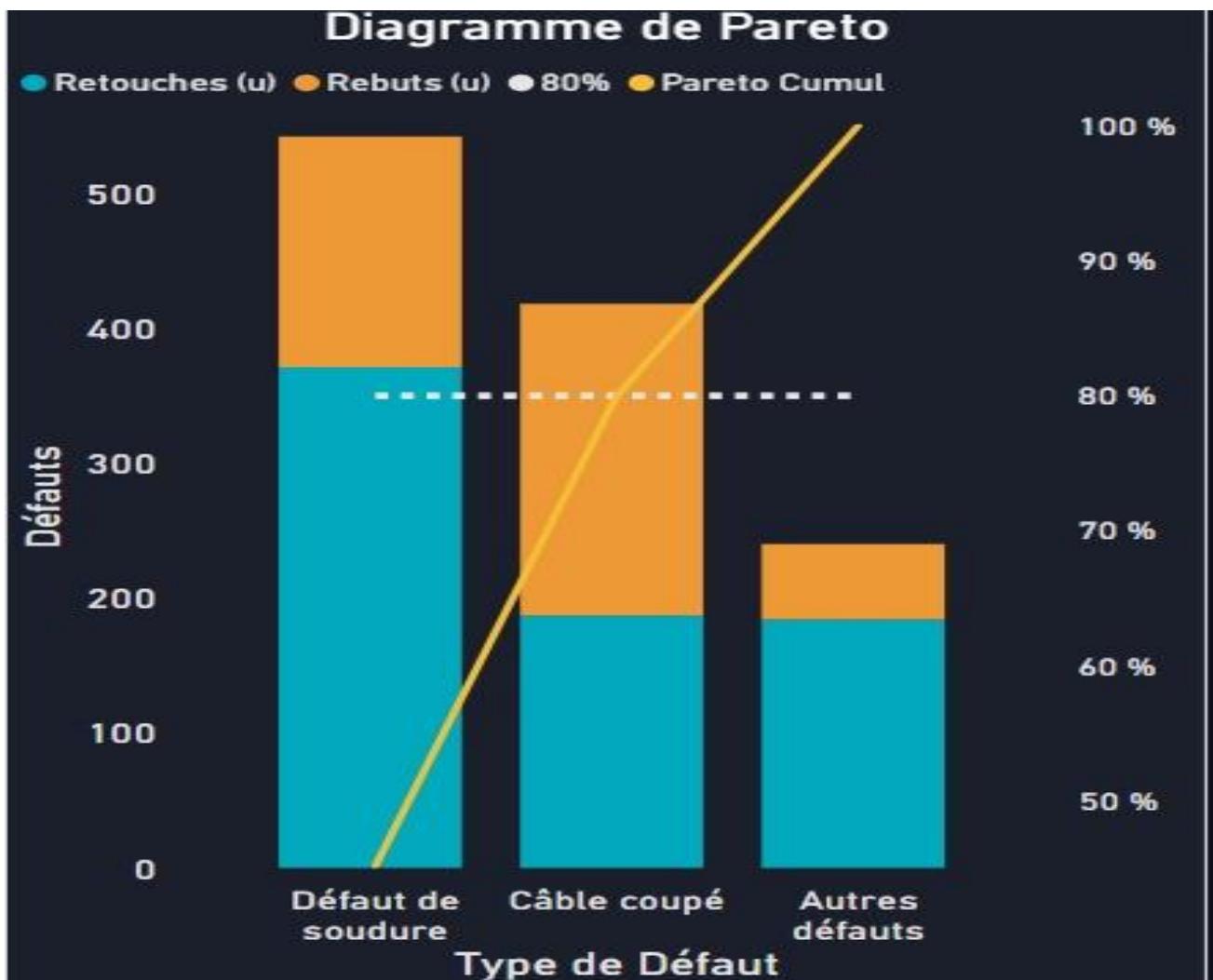


Figure 12 : Diagramme de Pareto des défauts

#### Analyse et interprétation

Les défauts observés se répartissent principalement en :

- Défauts de soudure,
- Câbles coupés,
- Autres défauts mineurs.

Le **diagramme de Pareto** montre que :

- Une minorité de types de défauts génère la majorité des non-conformités.
- Le seuil des **80 %** est atteint avec un nombre limité de causes.

#### Lecture Lean (Principe 80/20) :

Il est plus efficace de concentrer les actions correctives sur **les 2 ou 3 défauts majeurs** plutôt que de disperser les efforts sur l'ensemble des problèmes.

Méthodes recommandées :

- **Poka-Yoke** pour prévenir les erreurs récurrentes,
- **Standardisation des gestes opératoires.**

### 3.5 Analyse des causes racines – 5M, Pareto & Ishikawa

#### a) Pareto des causes (toutes causes confondues)

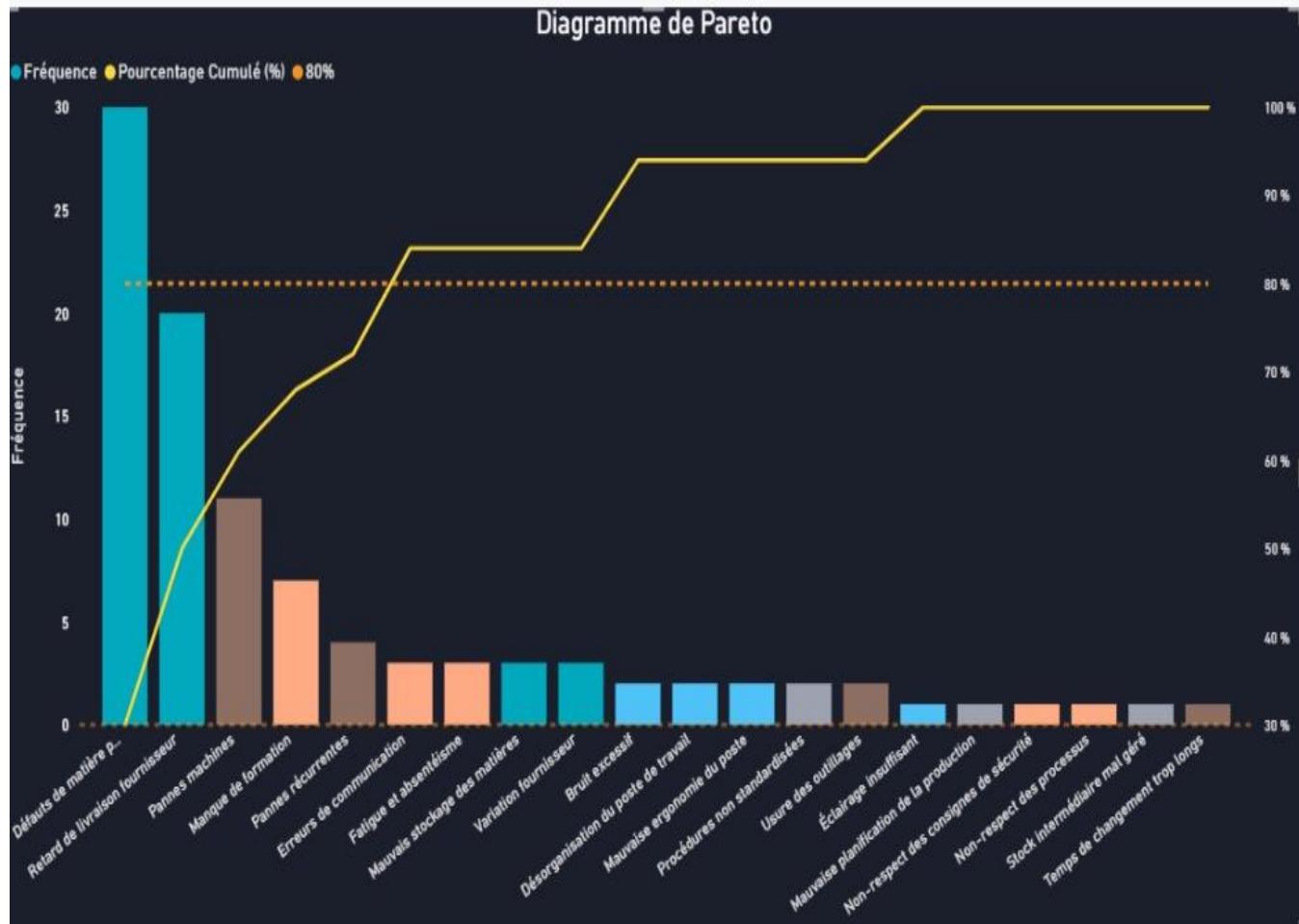


Figure 13 : Pareto des causes

b) Répartition des causes par famille 5M

MILIEU	Désorganisation du poste de travail Mauvaise ergonomie du poste Éclairage insuffisant Bruit excessif
MATÉRIEL	Temps de changement trop longs Pannes machines Pannes récurrentes Usure des outillages
MAIN D'OEUVRE	Non-respect des consignes de sécurité Non-respect des processus Fatigue et absentéisme Erreurs de communication Manque de formation
MATIÈRE	Défauts de matière première Retard de livraison fournisseur Variation fournisseur Mauvais stockage des matières
MÉTHODES	Procédures non standardisées Mauvaise planification de la production Stock intermédiaire mal géré

Figure 14 : Famille 5M

c) Diagramme d'Ishikawa (synthèse visuelle)

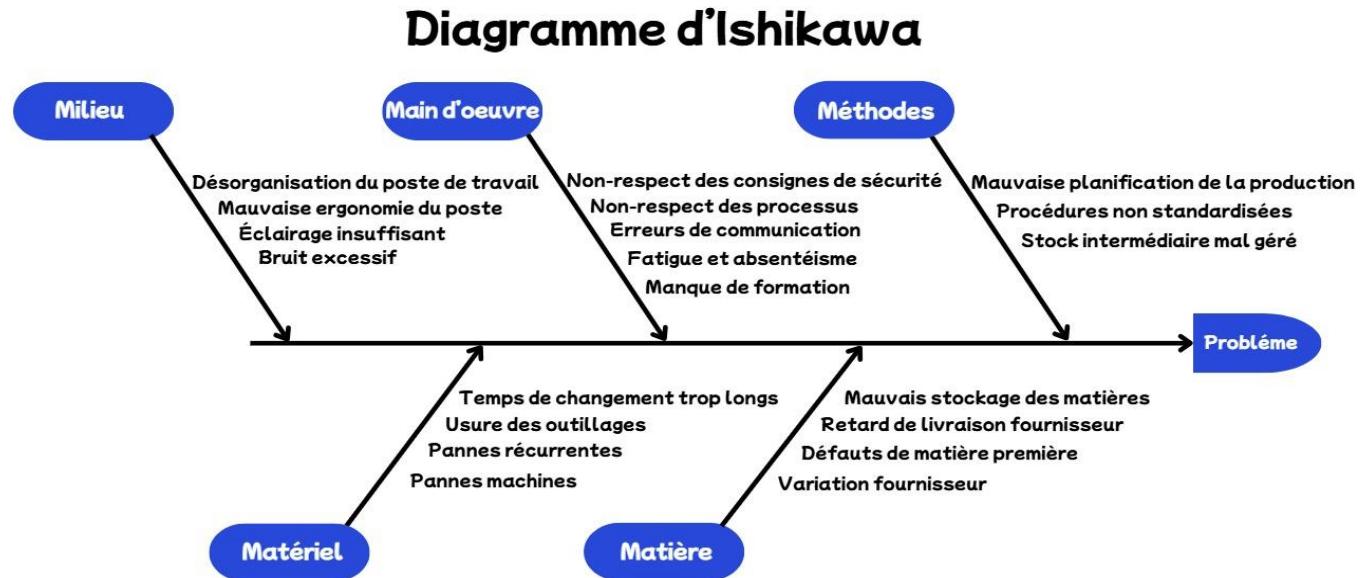


Figure 15 : Diagramme d'Ishikawa

## Analyse et interprétation

L'analyse des causes selon les **5M** met en évidence que :

- Les familles **Méthode, Matière et Matériel** concentrent la majorité des causes.
- Le Pareto des causes montre que :
  - Les défauts matière,
  - Les problèmes de méthodes non standardisées,
  - L'usure des outillages  
représentent l'essentiel des dysfonctionnements.

### Lecture Lean :

- Les causes critiques doivent être traitées en priorité selon une logique **DMAIC – phase Analyze**.
- Le diagramme d'Ishikawa permet de structurer la réflexion et de préparer les actions d'amélioration ciblées.

## 3.6 Analyse Matière & Polyvalence

### a) Impact du manquant dans le temps

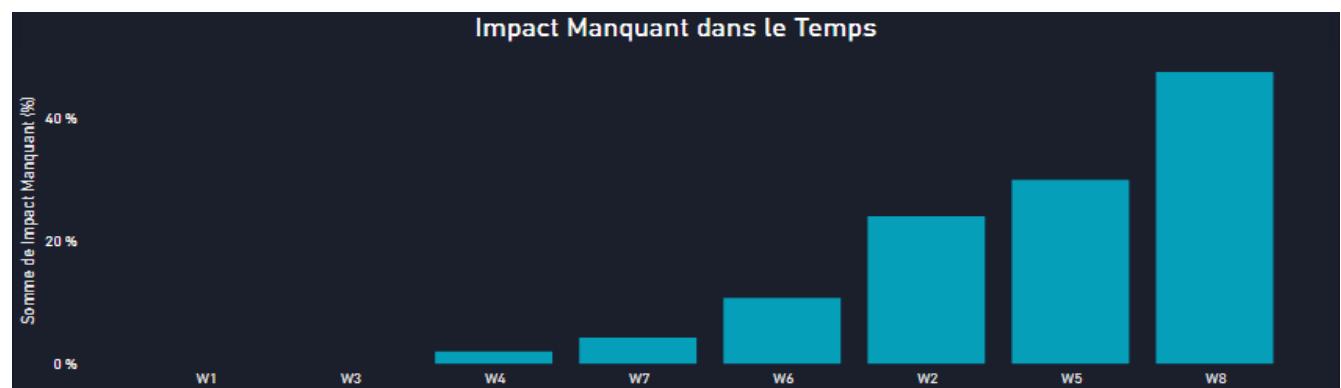


Figure 16 : Impact Manquant

### b) Taux de couverture matière



Figure 17 : Taux de couverture matière

### c) Taux de polyvalence des opérateurs

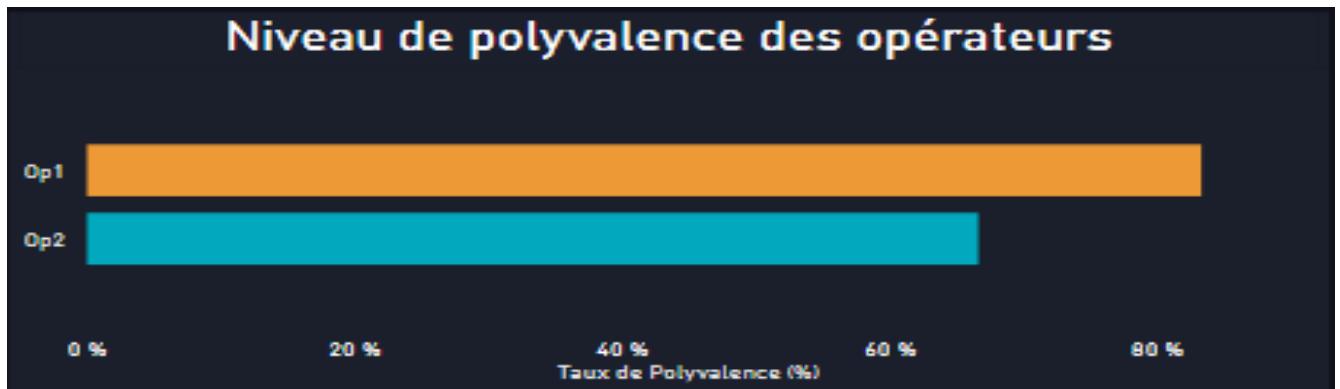


Figure 18 : Taux de polyvalence des opérateurs

#### Analyse et interprétation

Les résultats montrent :

- Des périodes avec **impact manquant non nul**, traduisant des ruptures matière.
- Un **taux de couverture inférieur à 1** sur certaines semaines, signalant un risque de rupture.
- Un niveau de polyvalence différencié entre opérateurs.

#### Lecture Lean :

- Nécessité d'un système **Kanban** pour sécuriser l'approvisionnement.
- La polyvalence est un levier clé pour :
  - Réduire la dépendance à un opérateur,
  - Améliorer la flexibilité de la production.

Ce diagnostic détaillé met en évidence les causes principales de perte de performance. Le chapitre suivant sera consacré à la **proposition d'actions d'amélioration Lean**, structurées selon **DMAIC / PDCA**, et directement liées aux résultats observés.

## Chapitre 4 – Propositions d'actions d'amélioration Lean du poste P1

### 4.1 Rappel du diagnostic et logique d'amélioration

À l'issue de l'analyse des résultats présentée au Chapitre 3, plusieurs sources de pertes de performance ont été mises en évidence sur le poste d'assemblage P1.

Ces pertes concernent principalement :

- Les temps d'arrêt et de changement,
- Les écarts entre production réelle et théorique,
- Certains défauts récurrents,
- Des problèmes liés à la matière et à l'organisation,
- Des différences de performance entre opérateurs.

Dans une logique **DMAIC (phase Improve)** et **PDCA**, ce chapitre vise à proposer des **actions d'amélioration concrètes**, ciblées et mesurables, en s'appuyant sur les outils Lean adaptés.

#### 4.2 Analyse fonctionnelle du poste P1 – Méthode SIPOC

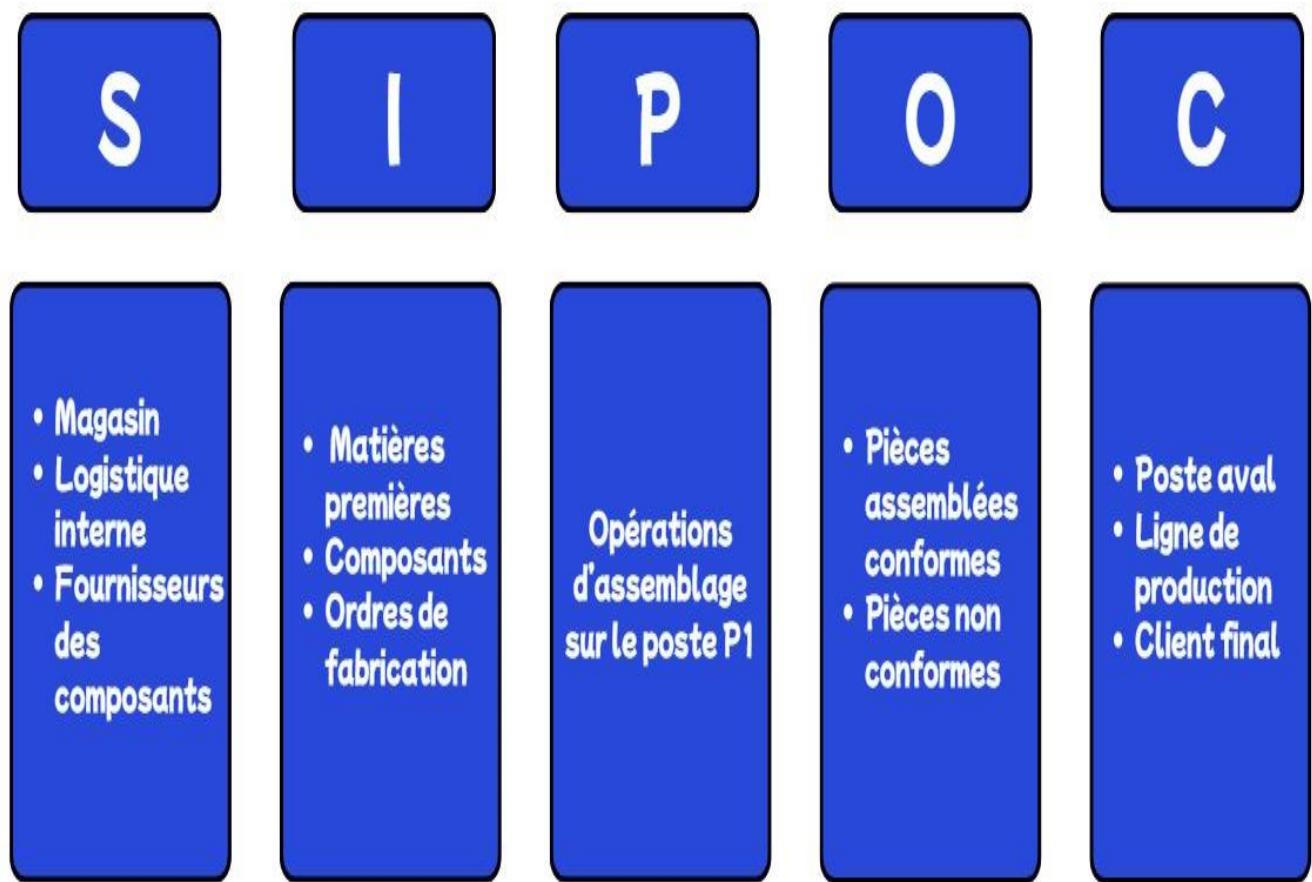


Figure 19 : Méthode SIPOC

## Diagramme de flux du processus Poste d'Assemblage P1

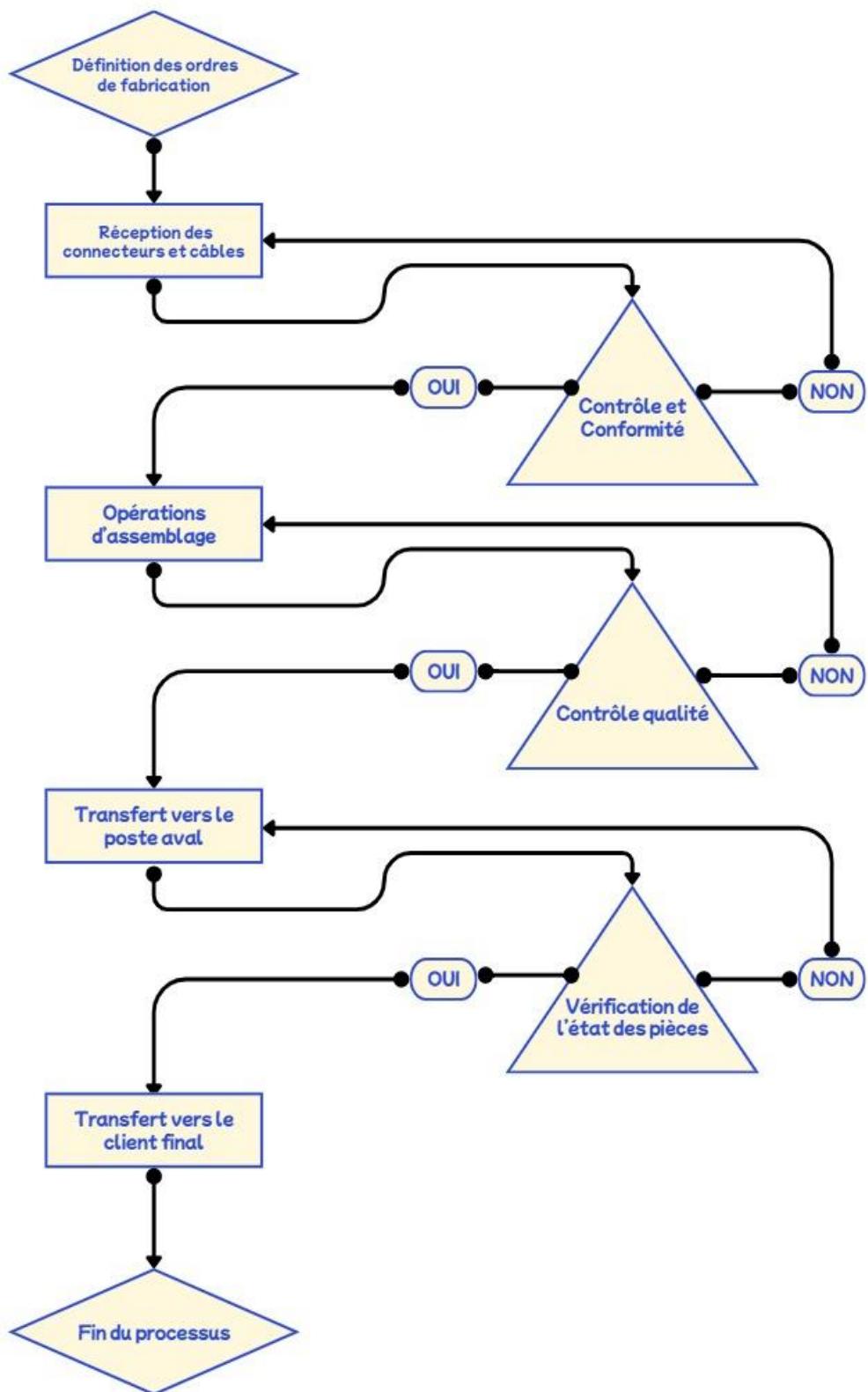


Figure 20 : Diagramme de flux du processus

## Description et interprétation

La méthode **SIPOC** permet de décrire le fonctionnement global du poste P1 et de clarifier les interactions entre les différents acteurs du processus.

- **Suppliers (Fournisseurs)** : Magasin, logistique interne, fournisseurs de composants
- **Inputs (Entrées)** : Matières premières, composants, ordres de fabrication
- **Process (Processus)** : Opérations d'assemblage sur le poste P1
- **Outputs (Sorties)** : Pièces assemblées conformes / non conformes
- **Customers (Clients)** : Poste aval, ligne de production, client final

### Apport Lean :

Le SIPOC permet d'identifier les points sensibles en amont et en aval du poste, notamment les risques de rupture matière et les impacts directs sur la qualité et les délais.

## 4.3 Analyse détaillée des problèmes – Méthode QQOQCCP

### Application de la méthode

La méthode **QQOQCCP** a été utilisée pour analyser de manière structurée les problèmes majeurs identifiés dans les dashboards Power BI.

- **Qui ?** Opérateurs du poste P1, équipe logistique
- **Quoi ?** Temps d'arrêt, défauts récurrents, manquants matière
- **Où ?** Poste d'assemblage P1
- **Quand ?** Certaines semaines ou lors de changements de série
- **Comment ?** Par interruptions de production, retouches, rebuts
- **Combien ?** Écarts mesurés via les indicateurs Power BI
- **Pourquoi ?** Méthodes non standardisées, organisation perfectible, matière indisponible

### Apport Lean :

QQOQCCP permet de passer d'un constat global à une compréhension précise et factuelle des problèmes, facilitant la définition d'actions ciblées.

Tableau 1 : Méthode QQOQCCP

<b>Qui ?</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Opérateurs du poste P1</li><li>• Equipe logistique</li></ul>
<b>Quoi ?</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temps d'arrêt</li><li>• Défauts récurrents</li><li>• Manquants matière</li></ul>
<b>Où ?</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Poste d'assemblage P1</li></ul>

<b>Quand ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certaines semaines ou lors de changements de série</li> </ul>
<b>Comment ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Par interruptions de production</li> <li>• Retouches</li> <li>• Rebut</li> </ul>
<b>Combien ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Écarts mesurés via les indicateurs Power BI</li> </ul>
<b>Pourquoi ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthodes non standardisées</li> <li>• Organisation perfectible</li> <li>• matière indisponible</li> </ul>

#### 4.4 Définition des actions d'amélioration Lean

Tableau 2 : Actions d'améliorations Lean

Actions d'amélioration	Type de problème
<b>SMED</b>	<b>Réduction des temps de changement</b>
<b>5S</b>	<b>Amélioration de l'organisation du poste</b>
<b>Poka-Yoke</b>	<b>Réduction des défauts</b>
<b>Kanban</b>	<b>Sécurisation de la matière</b>
<b>Heijunka</b>	<b>Équilibrage de la production</b>
<b>Polyvalence</b>	<b>Développement des compétences</b>

##### a) Réduction des temps de changement – SMED

- Analyse des opérations internes et externes
- Standardisation des procédures de changement
- Préparation en amont des outils et composants

**Gain attendu :** réduction du temps d'arrêt et augmentation du taux d'occupation.

##### b) Amélioration de l'organisation du poste – 5S

- Tri et rangement des outils
- Définition d'emplacements standards
- Amélioration de l'ergonomie du poste

**Gain attendu :** diminution des pertes de temps et amélioration de la sécurité.

##### c) Réduction des défauts – Poka-Yoke

- Mise en place de dispositifs anti-erreur
- Standardisation des gestes opératoires
- Contrôles simples en cours de process

**Gain attendu :** baisse des retouches et rebut.

#### d) Sécurisation de la matière – Kanban

- Mise en place de seuils de réapprovisionnement
- Suivi visuel des stocks critiques
- Réduction des ruptures matière

**Gain attendu :** continuité de la production et stabilité du planning.

#### e) Équilibrage de la production – Heijunka

- Répartition plus homogène des charges
- Limitation des variations excessives de cadence

**Gain attendu :** réduction des pics de charge et amélioration de la régularité.

#### f) Développement des compétences – Polyvalence

- Plan de formation ciblé
- Augmentation du nombre de postes maîtrisés par opérateur

**Gain attendu :** flexibilité accrue et réduction de la dépendance à un opérateur clé.

### 4.5 Plan de suivi et pilotage des actions – PDCA & Power BI

Cycle PDCA – Poste P1



Figure 21 : PDCA

#### Suivi des améliorations

Les actions proposées seront suivies à l'aide :

- Des indicateurs Power BI existants (taux d'efficacité, taux d'occupation, qualité),

- D'une logique **PDCA** :
  - **Plan** : définition des actions,
  - **Do** : mise en œuvre,
  - **Check** : mesure des résultats,
  - **Act** : ajustement et standardisation.

### **Contrôle – Pérennisation des améliorations**

La **phase Contrôle** de la démarche **DMAIC** vise à assurer la stabilité et la durabilité des améliorations mises en œuvre au poste d'assemblage P1. Elle permet d'éviter tout retour aux anciennes pratiques et d'ancrer l'amélioration continue dans le fonctionnement quotidien du poste.

Dans ce projet, la phase **Control** s'appuie sur le **cycle PDCA** (Plan – Do – Check – Act), combiné à un pilotage par indicateurs via Power BI, garantissant un suivi objectif et en temps réel de la performance.

#### **Application du cycle PDCA au poste P1**

##### **Plan (Planifier)**

Cette étape consiste à définir le système de suivi permettant de contrôler l'efficacité des actions mises en place.

Les actions d'amélioration issues de la phase Improve (standardisation des opérations, organisation du poste, gestion des flux matière, polyvalence des opérateurs, réduction des temps improductifs) sont intégrées dans un plan de contrôle structuré.

Les indicateurs de performance retenus pour le suivi du poste P1 sont :

- Taux d'efficacité du poste,
- Taux d'occupation,
- Taux de qualité (pièces conformes),
- Temps d'arrêt,
- Taux de couverture matière,
- Respect des standards opératoires,
- Taux de polyvalence des opérateurs.

Des objectifs cibles sont associés à chaque indicateur afin de disposer d'une référence claire pour l'évaluation de la performance.

##### **Do (Déployer)**

Les actions définies sont déployées sur le terrain :

- Application des standards de travail,
- Utilisation des outils Lean mis en place,
- Respect des nouvelles règles d'organisation du poste,

- Mise à jour des pratiques opératoires.

Les opérateurs sont sensibilisés aux nouveaux standards afin de garantir une application homogène et durable des améliorations.

### **Check (Vérifier)**

La phase de vérification repose sur le suivi régulier des KPI via Power BI.

Les données collectées permettent :

- De comparer la performance réelle aux objectifs définis,
- D'analyser l'évolution des indicateurs dans le temps,
- D'identifier rapidement toute dérive du processus.

Les tableaux de bord offrent une visualisation synthétique et dynamique de la performance du poste P1, facilitant la prise de décision et le pilotage opérationnel.

### **Act (Ajuster et standardiser)**

En fonction des résultats observés :

- Les actions efficaces sont standardisées et intégrées dans les procédures,
- Les écarts constatés font l'objet d'actions correctives,
- Les standards sont ajustés si nécessaire afin d'améliorer encore la performance.

Cette étape permet de transformer les améliorations en références opérationnelles durables, garantissant la stabilité du poste P1.

### **Standardisation et pérennisation des gains**

Afin d'assurer la durabilité des résultats obtenus, les actions suivantes sont mises en place :

- Formalisation des standards de travail,
- Affichage visuel des consignes au poste,
- Mise à jour des procédures opératoires,
- Suivi périodique des indicateurs de performance.

La standardisation constitue un levier essentiel pour maintenir les performances dans le temps et faciliter la reproduction des bonnes pratiques.

### **Apport clé :**

Power BI permet de visualiser en continu l'impact réel des actions Lean et de garantir une amélioration durable.

La phase Control permet de sécuriser les améliorations apportées au poste P1, d'assurer la stabilité des performances et de maintenir une dynamique d'amélioration continue.

L'intégration du cycle PDCA et d'un pilotage par indicateurs garantit que le poste reste sous contrôle, performant et capable d'évoluer face aux exigences industrielles.

Les actions proposées constituent une réponse structurée aux dysfonctionnements identifiés.

La prochaine partie présentera la **conclusion générale et les perspectives d'amélioration**, notamment l'extension de la démarche Lean et Power BI à d'autres postes de la ligne.

## Conclusion générale et perspectives

Ce projet avait pour objectif d'analyser et d'optimiser le fonctionnement d'un poste d'assemblage P1 dans une usine automobile, en s'appuyant sur les principes du Lean Manufacturing et les capacités d'analyse et de visualisation offertes par Power BI.

L'étude a été menée exclusivement à partir des données fournies dans le cahier des charges et du fichier Excel, puis exploitées à travers des tableaux de bord interactifs, permettant une analyse objective et structurée de la performance du poste.

L'approche méthodologique adoptée, combinant **DMAIC, SIPOC, QOQCCP, 5M, Pareto et PDCA**, a permis de structurer l'analyse depuis la compréhension globale du processus jusqu'à l'identification des causes racines des dysfonctionnements. Les résultats ont mis en évidence que les principales pertes de performance ne sont pas liées à la qualité des produits, globalement maîtrisée, mais plutôt aux **temps d'arrêt, aux temps de changement, aux problèmes d'organisation et à la disponibilité des matières**.

L'exploitation des tableaux de bord Power BI a facilité la comparaison entre les performances théoriques et réelles, la visualisation des écarts par période et par opérateur, ainsi que la hiérarchisation des causes selon leur impact. Cette démarche data-driven a permis de prioriser les actions d'amélioration et d'orienter efficacement les décisions.

Les actions d'amélioration proposées, basées sur les outils Lean tels que **SMED, 5S, Kanban, Poka-Yoke, Heijunka et Kaizen** visent à réduire les gaspillages, améliorer l'utilisation du temps, sécuriser la qualité et renforcer la flexibilité du poste. Le suivi de ces actions à travers Power BI, dans une logique **PDCA**, garantit une amélioration continue et mesurable de la performance.

## Perspectives

Dans une optique d'amélioration continue, plusieurs perspectives peuvent être envisagées :

- L'extension de cette démarche Lean & Power BI à d'autres postes d'assemblage de la ligne afin d'obtenir une vision globale de la performance industrielle.
- L'enrichissement des tableaux de bord par des indicateurs en temps réel, permettant un pilotage encore plus réactif.
- Le renforcement de la polyvalence et de la formation des opérateurs pour améliorer la flexibilité et la résilience de la production.

- L'intégration progressive de concepts liés au **Lean 4.0**, combinant digitalisation, automatisation et analyse avancée des données.

Ainsi, ce projet illustre l'intérêt d'une approche intégrée associant méthodes Lean et outils de Business Intelligence pour améliorer durablement la performance industrielle et soutenir la prise de décision dans un environnement de production complexe.