



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Industriel

**Mémoire de projet de fin d'études**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Industriel  
(Management Industriel)

Promotion : 2022/2023

---

**Contribution à l'augmentation de la capacité de  
production par la réduction du temps de cycle  
Application GSK Algérie**

---

*Réalisé par :*

Loubna BISKRI  
Sihem CHAHER

*Encadré par :*

M.Ali BOUKABOUS (ENP)  
M.Iskander ZOUAGHI (ENP)  
Mme.Amel ZITOUNI (GSK)

*Soutenu le 26 Juin 2023, Devant le jury composé de :*

Président	M.Ayoub ABBACI	MCA	ENP
Examineur	Mme.Nedjwa BOUKADOUM	MAA	ENP
Promoteur	M.Ali BOUKABOUS	MAA	ENP
Promoteur	M.Iskander ZOUAGHI	MCA	ENP





المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Industriel

**Mémoire de projet de fin d'études**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Industriel  
(Management Industriel)

Promotion : 2022/2023

---

**Contribution à l'augmentation de la capacité de  
production par la réduction du temps de cycle  
Application GSK Algérie**

---

*Réalisé par :*

Loubna BISKRI  
Sihem CHAHER

*Encadré par :*

M.Ali BOUKABOUS (ENP)  
M.Iskander ZOUAGHI (ENP)  
Mme.Amel ZITOUNI (GSK)

*Soutenu le 26 Juin 2023, Devant le jury composé de :*

Président	M.Ayoub ABBACI	MCA	ENP
Examineur	Mme.Nedjwa BOUKADOUM	MAA	ENP
Promoteur	M.Ali BOUKABOUS	MAA	ENP
Promoteur	M.Iskander ZOUAGHI	MCA	ENP

## ملخص

يهدف هذا العمل، الذي تم تنفيذه كجزء من مشروع نهاية الدراسة، إلى المساهمة في زيادة القدرة الإنتاجية لخط الأكياس في موقع **GSK Algérie** عن طريق تقليل الوقت اللازم لتجهيز دفعة. يتم ذلك باستخدام مبادئ وأدوات Lean manufacturing.

حدد تنفيذ نهج DMAIC، وهو منهجية لحل المشكلات، عدة فرص للتحسين تتعلق بالعقبات وأوجه القصور الحالية في العملية، مما أدى إلى اقتراح حلول محددة.

**كلمات مفتاحية :** DMAIC, Lean, Manufacturing, زيادة القدرة، منصة برمجة قليلة/بدون كود، تحسين وقت الدورة، عملية التصنيع، صناعة الأدوية.

## Abstract

This work, carried out as part of the end-of-studies project, aims to contribute to increasing the production capacity of the sachet line at **GSK Algeria** site by reducing the time required for processing a batch. This is achieved by using the principles and tools of Lean manufacturing.

The implementation of the DMAIC approach, a problem-solving methodology, has allowed the identification of several improvement opportunities related to current obstacles and inefficiencies in the process, which has led to the proposal of specific solutions.

**Key words :** Lean Manufacturing, DMAIC, Increasing capacity, Cycle time optimization, Manufacturing process, Low code/No code platform, Pharmaceutical industry.

## Résumé

Ce travail, réalisé dans le cadre du projet de fin d'études, a pour objectif de contribuer à l'augmentation de la capacité de production de la ligne sachet du site **GSK Algérie** en réduisant le temps nécessaire pour le traitement d'un lot. Cela est réalisé en utilisant les principes et les outils du Lean manufacturing.

La mise en œuvre de la démarche DMAIC, une méthodologie de résolution de problèmes, a permis d'identifier plusieurs opportunités d'amélioration liées aux obstacles et aux inefficacités actuelles du processus, ce qui a conduit à la proposition de solutions précises.

**Mots clés :** Lean Manufacturing, DMAIC, Augmentation de la capacité, Optimisation du temps de cycle, Processus de fabrication, Plateforme Low code/No code, L'industrie pharmaceutique.

# Dédicaces

“

*Je dédie ce travail avec une profonde gratitude à ma tendre mère, dont les sacrifices et le dévouement sans faille ont été les fondations de ma réussite. À mon père et ma sœur, je souhaite exprimer ma reconnaissance pour leur soutien constant et leur encouragements inébranlables, à ma petite Dina, et à toute ma famille.*

*À mes amies, et en particulier à Melissa, Imen, Yasmine, Manel, à Sihem ma binôme. À mes camarades du Génie Industriel, Indus grils.*

*À tous ceux qui me sont chers, à vous tous  
Merci*

”

**- Loubna**

“

*Je dédie ce travail*

*À l'étoile lumineuse qui éclaire mon chemin, je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance envers toi, ma mère, pour ton amour inconditionnel et tes sacrifices innombrables.*

*Au pilier central sur lequel je m'appuie, merci du fond du cœur, mon cher père, pour ton soutien indéfectible tout au long de ma vie.*

*À mes deux sœurs et à mon frère, avec qui j'ai partagé douceurs et amertumes, je vous remercie pour vos encouragements tout au long de ce parcours académique.*

*À mes chers grands-parents, ma source d'amour et de sagesse, je vous remercie d'avoir toujours cru en moi et d'avoir prié pour moi.*

*À mes oncles, qui ont toujours été présents pour moi, je vous suis infiniment reconnaissante pour votre appui constant.*

*À la famille du génie industriel, en particulier à Houda, Loubna et à toutes les filles de ma promo avec qui j'ai partagé de précieux souvenirs, je tiens à vous remercier d'avoir rendu ces trois années si agréables et joyeuses.*

”

**- Sihem**

# Remerciements

C'est avec immense plaisir que nous présentons ce travail, dans l'espoir que celui-ci ne soit qu'un premier pas vers une carrière prometteuse. Nous saisissons cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mr Boukabous Ali** pour son accompagnement, ses conseils éclairés et son aide précieuse. Ses orientations judicieuses ont été d'une grande valeur pour nous.

Nous sommes profondément reconnaissantes envers **Mr Zouaghi Iskender** pour sa guidance précieuse et sa patience inestimable. Nous avons énormément appris de lui et nous sommes conscientes que nous avons eu la chance de bénéficier de son expertise et de sa bienveillance.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude envers notre encadrante, **Mme Zitouni Amel**. Son accompagnement bienveillant et sa gentillesse ont laissé une empreinte durable sur nous.

Nous souhaitons adresser un remerciement particulier à **Mr Derradji Seif Eddine**, pour sa présence et sa disponibilité constantes. Son dévouement à nous aider et à nous soutenir ont été d'une importance incommensurable.

Nous aimerions également remercier **Mr Taklit Fawaz** ainsi que tout le personnel de la production, sous la direction de **Mr Bourahla Sofiane**, qui nous ont accueillis à bras ouverts et nous ont offert leur aide pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à prendre un moment pour exprimer notre gratitude envers nos familles pour leurs encouragements et leur soutien inconditionnel. Aucun mot ne peut décrire le sentiment de reconnaissance que nous éprouvons.

Enfin, nous tenons à remercier le jury pour le temps qu'il a consacré à l'évaluation de notre travail.

# Table des matières

Table des figures . . . . .	
Liste des abréviations . . . . .	
Liste des tableaux . . . . .	
<b>Introduction générale . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1 État des lieux . . . . .</b>	<b>14</b>
1.1 Introduction . . . . .	15
1.2 GSK Monde . . . . .	15
1.2.1 Présentation du GSK monde . . . . .	15
1.2.2 Les domaines d'activité de GSK . . . . .	16
1.2.3 Vision, objectifs et priorités de GSK . . . . .	17
1.3 GSK Algérie . . . . .	19
1.3.1 L'industrie pharmaceutique en Algérie . . . . .	19
1.3.2 Présentation de GSK Algérie . . . . .	20
1.3.3 Organisation internes de GSK Algérie . . . . .	21
1.4 Diagnostic et énoncé de la problématique . . . . .	25
1.5 Conclusion . . . . .	31
<b>2 État de l'art . . . . .</b>	<b>32</b>
2.1 Introduction . . . . .	33
2.2 Cadre conceptuel de problématique . . . . .	33
2.2.1 La Production . . . . .	33
2.2.2 La capacité de production . . . . .	36
2.2.3 Augmentation de la capacité dans l'industrie pharmaceutique . . . . .	37
2.2.4 Résultat de la section 1 . . . . .	41
2.3 Lean manufacturing et Lean Six Sigma . . . . .	41
2.3.1 Lean manufacturing . . . . .	41
2.3.2 Six Sigma . . . . .	44
2.3.3 Lean Six sigma . . . . .	45
2.3.4 Méthodologies de résolution de problèmes . . . . .	46
2.3.5 Résultat de la section 2 . . . . .	48
2.4 La méthodologie DMAIC . . . . .	49
2.4.1 Définir . . . . .	49
2.4.2 Mesurer . . . . .	53
2.4.3 Analyser . . . . .	55

2.4.4	Améliorer . . . . .	57
2.4.5	Contrôler . . . . .	58
2.4.6	Résultat de la section 3 . . . . .	58
2.5	Lean manufacturing digital . . . . .	59
2.5.1	Les plates-formes d'application à Low-code/No-code . . . . .	59
2.5.2	Résultat de la section 4 . . . . .	61
2.6	Conclusion . . . . .	61
<b>3</b>	<b>Identification des opportunités d'amélioration . . . . .</b>	<b>62</b>
3.1	Introduction . . . . .	63
3.2	Phase 1 : Définir . . . . .	63
3.2.1	Périmètre du projet et formulation du problème . . . . .	63
3.2.2	Cartographier le processus . . . . .	65
3.2.3	Identification des CTQ . . . . .	67
3.2.4	Classification de Kano . . . . .	68
3.2.5	Charte de projet . . . . .	70
3.2.6	Résultat de la phase "Définir" . . . . .	71
3.3	Phase 2 : Mesurer . . . . .	71
3.3.1	Plan de collecte des données . . . . .	71
3.3.2	Cartographie de la chaîne de valeur VSM . . . . .	77
3.3.3	Modélisation BPMN . . . . .	78
3.3.4	Résultat de la phase "Mesurer" . . . . .	79
3.4	Phase 3 : Analyser . . . . .	79
3.4.1	Analyse de la variabilité . . . . .	79
3.4.2	Analyse de répartition du temps . . . . .	83
3.4.3	Résultat de la phase "Analyser" . . . . .	90
3.5	Conclusion . . . . .	90
<b>4</b>	<b>Mise en oeuvre des améliorations futures . . . . .</b>	<b>91</b>
4.1	Introduction . . . . .	92
4.2	Phase 4 : Améliorer . . . . .	92
4.2.1	Actions et solutions proposées . . . . .	92
4.2.2	Cartographie de la chaîne de valeur VSM future, améliorée . . . . .	105
4.2.3	Résultat de la phase "Améliorer" . . . . .	106
4.3	Phase 5 : Contrôler . . . . .	106
4.3.1	Le contrôle et le suivi du temps de cycle de production . . . . .	107
4.3.2	Le contrôle et le suivi des opérateurs . . . . .	109
4.3.3	Le contrôle et le suivi des problèmes et anomalies consignés dans le logbook . . . . .	110
4.4	Conclusion . . . . .	111
	<b>Conclusion générale et perspectives . . . . .</b>	<b>113</b>
	<b>Bibliographie . . . . .</b>	<b>115</b>
	<b>Annexes . . . . .</b>	<b>120</b>

# Table des figures

0.1	Schéma de cadre logique du projet . . . . .	13
1.1	Schéma de cadre logique du chapitre 01 . . . . .	15
1.2	Diagramme circulaire de la répartition du chiffre d'affaires de GSK par domaines de produits . . . . .	17
1.3	Demande du marché pharmaceutique en Afrique par pays pour l'année 2022	20
1.4	Présentation de l'historique du site de GSK Algérie . . . . .	20
1.5	Organigramme du site GSK Algérie . . . . .	21
1.6	Cartographie niveau 1 du site de GSK Algérie . . . . .	22
1.7	Cartographie niveau 2 des processus de GSK Algérie . . . . .	23
1.8	Cartographie niveau 3 du processus de production de GSK Algérie . . . . .	24
1.9	Les six standards de GPS . . . . .	24
1.10	Répartition des ventes par famille de produits de GSK Algérie en 2022 . . . . .	26
1.11	Évolution de la demande annuelle de la famille de produits Augmentin . . . . .	26
1.12	La demande NRQ pour le produit Augmentin de la ligne sachet et PPSB, pour l'année 2023 et 2024 . . . . .	27
1.13	La valeur générée par le produit Augmentin sachet et Augmentin PPSB pour l'année 2024 . . . . .	28
1.14	Pourcentage d'utilisation des processus de fabrication et conditionnement . . . . .	29
1.15	Matrice SWOT . . . . .	30
2.1	Schéma de cadre logique du chapitre 02 . . . . .	33
2.2	Lean six sigma . . . . .	46
2.3	Boîte à moustaches . . . . .	53
2.4	Les étapes d'élaboration du VSM . . . . .	54
3.1	Schéma de cadre logique du chapitre 03 . . . . .	63
3.2	Diagramme Dedans / Dehors . . . . .	64
3.3	Diagramme de SIPOC. . . . .	66
3.4	La matrice QFD . . . . .	70
3.5	Diagramme en boîte à moustaches du temps de cycle de l'opération de pesée	72
3.6	Diagramme en boîte à moustaches du temps de cycle de l'opération de mélange . . . . .	73
3.7	Diagramme en boîte à moustaches du temps de cycle de l'opération de détection de métaux . . . . .	74
3.8	Diagramme en boîte à moustaches du temps d'attente entre pesée et mélange	75
3.9	Diagramme en boîte à moustaches du temps d'attente entre mélange et détection de métaux . . . . .	75
3.10	Cartographie de la chaîne de valeur VSM de l'état actuel. . . . .	78

## Table des figures

---

3.11	Diagramme d'Ishikawa de variabilité du temps de cycle des opérations . . .	81
3.12	Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération 1 de pesée . . . . .	84
3.13	Histogramme de répartition des tâches pour l'opération 1 de pesée . . . . .	84
3.14	Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération 2 de pesée . . . . .	84
3.15	Histogramme de répartition des tâches pour l'opération 2 de pesée . . . . .	84
3.16	Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération de mélange . . . . .	85
3.17	Histogramme de répartition des tâches pour l'opération de mélange . . . . .	85
3.18	Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération de détection de métaux . . . . .	86
3.19	Histogramme de répartition des tâches pour l'opération de détection de métaux . . . . .	86
3.20	Diagramme circulaire du temps d'attente par rapport au reste du temps des opérations. . . . .	87
3.21	Diagramme d'Ishikawa de temps à non valeur ajoutée. . . . .	88
3.22	Diagramme de Pareto. . . . .	89
4.1	Schéma de cadre logique du chapitre 04 . . . . .	92
4.2	Diagramme de répartition des sous-opérations de nettoyage, le cas d'un opérateur . . . . .	94
4.3	Diagramme de répartition des sous-opérations de nettoyage, le cas de deux opérateurs . . . . .	94
4.4	Interface de l'application ProducTech . . . . .	99
4.5	Modèle conceptuel . . . . .	102
4.6	Cartographie de la chaîne de valeur VSM de l'état futur . . . . .	106
4.7	KPI (Key Performance Indicator) Tree . . . . .	107
4.8	Tableau de bord du temps de cycle de production . . . . .	109

# Liste des tableaux

1.2	Classement des entreprises pharmaceutiques selon leurs chiffres d'affaires pour l'année 2022, au niveau mondial . . . . .	16
1.4	Classement des entreprises pharmaceutiques selon leurs ventes totales de médicaments pour le premier trimestre de 2022, en Algérie . . . . .	19
2.2	Comparaison des systèmes de production : Unitaire, Par lots, De masse et Continu . . . . .	34
2.4	Tableau récapitulatif des méthodes d'augmentation de la capacité de production . . . . .	40
2.6	Les étapes des méthodologies de résolution des problèmes . . . . .	47
2.8	Tableau comparatif des méthodologies de résolution de problèmes . . . . .	48
2.10	Méthode QQQQCP . . . . .	52
2.12	Questions clés pour la classification des tâches . . . . .	55
3.2	La méthode QQQQCP . . . . .	64
3.4	CTQ - Le besoin client . . . . .	67
3.5	Tableau de regroupement des caractéristiques et exigences de l'arbre CTQ . . . . .	68
3.7	Tableau des résultats de l'enquête de Kano pour l'attribution des catégories aux caractéristiques . . . . .	68
3.8	Tableau des poids attribués aux exigences en fonction des catégories de Kano . . . . .	69
3.10	Tableau des statistiques de temps de cycle de l'opération de pesée . . . . .	73
3.12	Tableau des statistiques de temps de cycle de l'opération de mélange . . . . .	73
3.14	Tableau des statistiques de temps de cycle de l'opération de détection de métaux . . . . .	74
3.16	Tableau des statistiques de temps d'attente entre pesée et mélange . . . . .	75
3.18	Tableau des statistiques de temps d'attente entre mélange et détection de métaux . . . . .	76
3.19	Tableau récapitulatif de résultats d'opérations . . . . .	76
3.21	Tableau AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) des opérations . . . . .	82
4.2	Durées des opérations de nettoyage par salle . . . . .	93
4.4	Tableau de résultats de l'application du SMED . . . . .	96

# Liste des abréviations

<b>AC</b>	<i>Articles De Conditionnement.</i>
<b>AMDEC</b>	<i>Analyse Des Modes De Défaillances, De Leurs Effets Et De Leurs Criticités</i>
<b>API</b>	<i>Active Pharmaceutical Ingredient</i>
<b>BDD</b>	<i>Base De Données</i>
<b>BPMN</b>	<i>Business Process Model and Notation</i>
<b>BVA</b>	<i>Business Value Added</i>
<b>CIP</b>	<i>Cleaning In Place</i>
<b>CND</b>	<i>Centre De Distribution National</i>
<b>CT</b>	<i>Cycle Time</i>
<b>CTQ</b>	<i>Critical To Quality</i>
<b>DMADV</b>	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
<b>DMAIC</b>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
<b>FLL</b>	<i>First Line Leader</i>
<b>GPS</b>	<i>GSK Production System</i>
<b>GSK</b>	<i>GlaxoSmithKline</i>
<b>KPI</b>	<i>Key Performance Indicator</i>
<b>LPA</b>	<i>Laboratoire Pharmaceutique Algérien</i>
<b>LSS</b>	<i>Lean Six Sigma</i>

<b>MP</b>	<i>Matière première</i>
<b>NRQ</b>	<i>Net Requirement Quantities</i>
<b>PDCA</b>	<i>Plan Do Check Act</i>
<b>PPSB</b>	<i>Poudre Pour Suspension Buvable</i>
<b>R&amp;D</b>	<i>Recherche et Développement.</i>
<b>SAP</b>	<i>System Applications and Products in Data Processing</i>
<b>SIPOC</b>	<i>Supplier, Inputs, Processus, Outputs, Client</i>
<b>SKU</b>	<i>Stock Keeping Unit</i>
<b>SMED</b>	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
<b>SWOT</b>	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities et Threats</i>
<b>TPS</b>	<i>Toyota Production System</i>
<b>VA</b>	<i>Value Added</i>
<b>VIH</b>	<i>Virus de l'Immunodéficience Humaine</i>
<b>VSM</b>	<i>Value Stream Mapping</i>

# Introduction générale

L'Algérie a réussi, en quelques décennies, à prouver son statut de l'un des principaux producteurs de médicaments sur le continent africain. L'année dernière, le pays a généré environ 2,5 milliards d'euros de médicaments grâce à 200 unités de production. Cette réussite s'explique en partie par les investissements considérables réalisés dans l'industrie pharmaceutique, ainsi que par les mesures prises pour encourager la production locale de médicaments [60].

Aujourd'hui, la demande croissante en médicaments stimule la mobilisation des entreprises pharmaceutiques qui cherchent à répondre aux besoins du marché. Cela crée un environnement concurrentiel où chaque entreprise doit s'assurer que ses produits sont disponibles sur le marché pour maintenir sa part de marché et répondre à la demande croissante. Pour rester compétitives, les entreprises investissent dans l'augmentation de leur capacité de production et l'élargissement de leur gamme de produits.

Dans cet environnement caractérisé par une concurrence féroce et de nombreuses opportunités de croissance, GSK est confronté à un défi majeur qui consiste à accroître la capacité de production de son produit phare, l'Augmentin sachet, afin de répondre à la demande croissante pour ce produit et de maintenir sa position de leader sur le marché algérien. Suite au diagnostic effectué, nous avons identifié une problématique principale qui se formule comme suit :

### **Comment augmenter la capacité de production des médicaments antibiotiques de la ligne sachet Augmentin ?**

Le présent rapport vise à aborder cette problématique liée à l'amélioration de la capacité de production dans le processus de fabrication en utilisant des outils Lean pour éliminer les gaspillages et réduire le temps de cycle du processus mentionné. Pour structurer notre travail, nous adoptons la méthodologie DMAIC, qui garantit une bonne définition des problèmes et une analyse approfondie des causes profondes responsables des pertes indésirables. Notre rapport est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre de ce rapport se concentre sur la présentation de l'organisme d'accueil, GSK. Il aborde en détail les domaines d'activité de l'entreprise, ses produits, sa vision et sa stratégie, ainsi que sa position sur les marchés mondial et national. De plus, ce chapitre examine en particulier l'organisation interne de GSK Algérie, en mettant l'accent sur le processus de production et ses activités. Dans la dernière section, nous effectuons une évaluation de la demande actuelle de l'entreprise ainsi que de sa capacité de production actuelle. Cette évaluation vise à analyser la disparité entre ces deux éléments et à établir une analyse SWOT qui met en évidence les points forts, les faiblesses, les opportunités et les menaces.

Ensuite, le deuxième chapitre a pour but de fournir le cadre conceptuel nécessaire pour aborder la problématique énoncée dans le chapitre 01, ainsi que les différentes solutions potentielles, outils et méthodologies qui peuvent être utilisés lors de la résolution de cette problématique. Le chapitre sur l'état de l'art est divisé en quatre sections, la première concerne le cadre conceptuel de la problématique, la deuxième section aborde les définitions et les concepts liés au Lean Manufacturing et Lean Six Sigma, la troisième section présente la démarche DMAIC et les différents outils utilisés à chaque phase de cette démarche et la dernière traite le Lean Manufacturing Digital.

Le troisième chapitre regroupe les trois premières phases de la démarche DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser. À travers la première partie de ce chapitre, nous définissons le cadre du projet, ses limites et ses paramètres critiques afin de pouvoir entamer la deuxième partie consistant à établir le VSM (Value Stream Mapping). La dernière partie de ce chapitre a pour but d'analyser les causes racines du problème et de les hiérarchiser pour définir les problèmes à se concentrer sur dans le dernier chapitre.

Enfin, le quatrième chapitre englobe les deux dernières phases de la démarche DMAIC, à savoir "Améliorer" et "Contrôler". La phase d'amélioration se manifeste à travers deux solutions : SMED (Single-Minute Exchange of Dies), qui vise à réduire le temps de nettoyage, et une application mobile qui résout plusieurs problèmes identifiés dans le chapitre précédent. Dans la phase de contrôle, nous proposons la mise en place de tableaux de bord et d'indicateurs qui permettent le suivi et le contrôle des solutions, ainsi qu'un meilleur suivi des performances du processus de production.

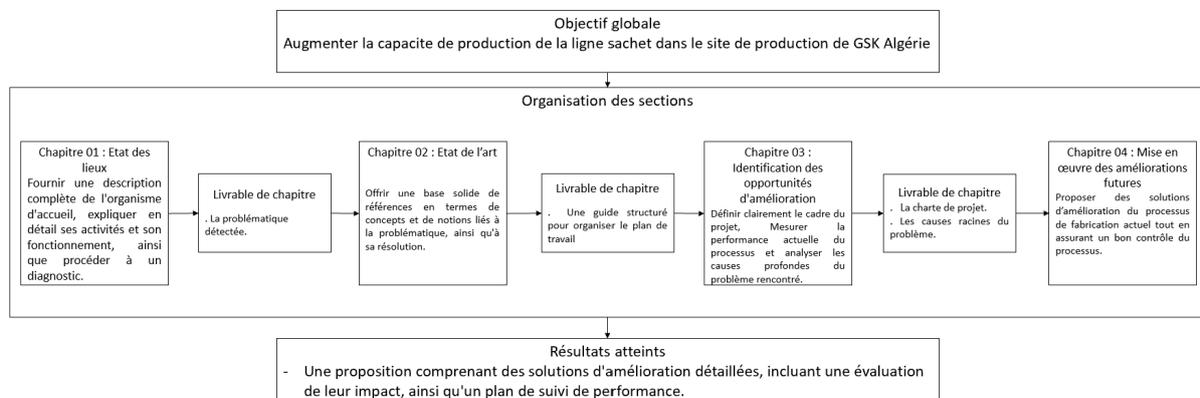


FIG. 0.1 : Schéma de cadre logique du projet

# Chapitre 1

## État des lieux

### 1.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'organisme d'accueil, GSK en abordant ses domaines d'activités, ses produits, sa vision et sa stratégie, ainsi que son environnement externe et son positionnement sur le marché mondial et national. Nous procéderons ensuite à un diagnostic complet, suivi d'une analyse SWOT, dans le but d'énoncer la problématique.

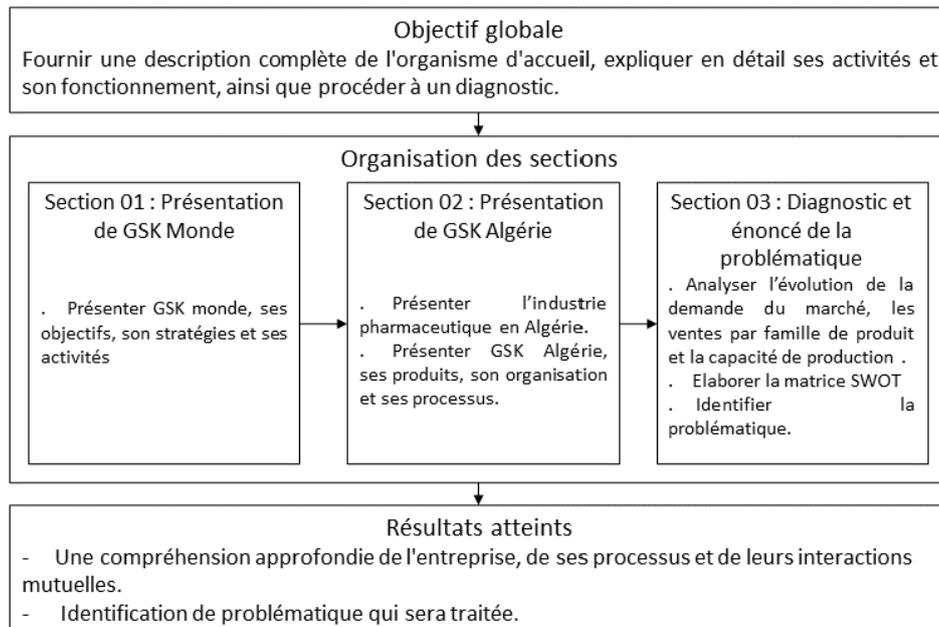


FIG. 1.1 : Schéma de cadre logique du chapitre 01

### 1.2 GSK Monde

Dans cette section, nous aborderons la multinationale pharmaceutique GSK en détaillant ses domaines d'activités ainsi que les grandes lignes de sa stratégie.

#### 1.2.1 Présentation du GSK monde

GSK, également connue sous le nom de GlaxoSmithKline, est une entreprise britannique opérant à l'échelle mondiale dans le domaine pharmaceutique. Elle se spécialise dans le développement, la fabrication et la commercialisation de médicaments sur ordonnance et de vaccins. La société a été créée en l'an 2000 grâce à la fusion de Glaxo Wellcome plc et de SmithKline Beecham plc. Depuis lors, GSK est devenue un acteur majeur de l'industrie pharmaceutique mondiale. [61]

TAB. 1.2 : Classement des entreprises pharmaceutiques selon leurs chiffres d'affaires pour l'année 2022, au niveau mondial

Entreprise pharmaceutique	Chiffre d'affaires (en milliards de dollars)
Pfizer	100,33
Johnson & Johnson	94.94
Roche	66.26
Merck & Co	59.28
AbbVie	58.05
Novartis	50,54
Bristol Myers Squibb	46.16
Sanofi	45.22
AstraZeneca	44.35
GlaxoSmithKline	36.15

GSK a son siège social à Brentford, au Royaume-Uni, et dispose d'opérations et de bureaux dans le monde entier. La société est présente dans plus de 150 pays à travers le monde avec plus de 64 000 employés et environ 24000 fournisseurs. Ses principaux marchés sont : Les Etats Unis, La France, L'Allemagne, Le Royaume-Uni, L'Italie et Le Japon.

### 1.2.2 Les domaines d'activité de GSK

GSK offre une gamme variée de produits pharmaceutiques couvrant différents domaines thérapeutiques tels que la pneumologie, l'oncologie, l'immuno-inflammation, le VIH et les vaccins. En 2022, GSK a scindé toutes ses activités liées à la santé grand public pour créer Haleon, une entité indépendante. L'entreprise mère se concentre désormais sur la prévention et le traitement de maladies grâce à des vaccins et des médicaments, qu'ils soient de médecine générale ou de spécialité.

- Vaccins : En exploitant des plateformes technologiques, GSK s'efforce constamment d'améliorer l'efficacité de son portefeuille de vaccins, qui contient 25 produits visant à protéger contre diverses maladies telles que la méningite, le zona, la grippe, la polio, la rougeole et bien d'autres. Aujourd'hui, elle administre 1,5 millions de doses de vaccins chaque jour, tandis que 40% des enfants dans le monde reçoivent un vaccin de cette entreprise chaque année.

- Médecine de spécialité : GSK travaille sur diverses solutions thérapeutiques pour améliorer la vie des patients, y compris des médicaments oncologiques, des traitements pour les maladies immunitaires et des innovations dans le domaine du VIH.

- Médecine générale : Les médicaments généraux sont couramment prescrits par des praticiens généralistes dans des environnements de soins primaires ou communautaires.

Pour GSK, cela comprend des médicaments inhalés pour l'asthme et la BPCO (La bronchopneumopathie chronique obstructive), des antibiotiques et des médicaments pour les maladies de la peau. Sa gamme de produits contient plus de 50 médicaments, dont Augmentin, Avodart et Lamictal. [62]

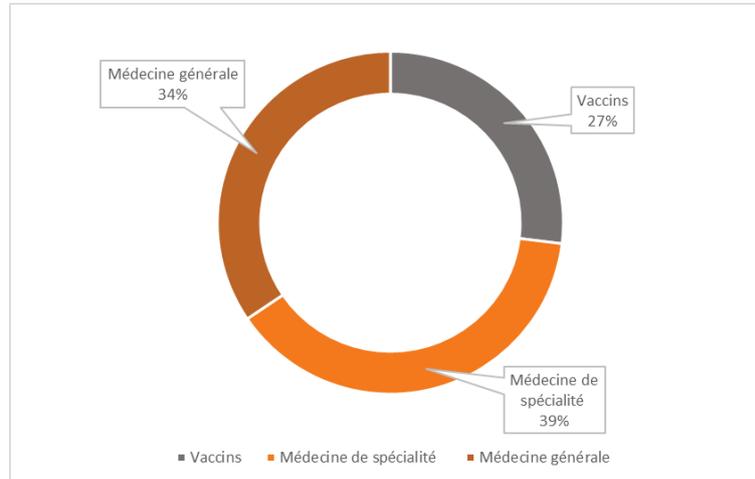


FIG. 1.2 : Diagramme circulaire de la répartition du chiffre d'affaires de GSK par domaines de produits

### 1.2.3 Vision, objectifs et priorités de GSK

La vision de l'entité mère joue un rôle crucial dans la direction, l'orientation et la prise stratégique de décision pour l'ensemble de ses organisations. Elle est primordiale pour guider et communiquer les objectifs et les priorités de l'entreprise, et pour se concentrer sur les résultats à long terme plutôt que sur les tâches quotidiennes. La vision de GSK est composée de trois éléments principaux :

- Mission (pourquoi) : GSK s'est engagé à combiner la science, la technologie et les talents pour lutter contre les maladies à travers son portefeuille des produits.
- Stratégie (quoi) : GSK se consacre à la prévention et au traitement des maladies en utilisant des vaccins et des médicaments généraux et spécialisés. Elle se concentre sur la recherche scientifique en matière de système immunitaire, de génétique humaine et de technologies avancées. GSK a des investissements dans quatre domaines thérapeutiques clés : les maladies infectieuses, le VIH, l'immunologie et l'oncologie.
- Culture (comment) : La culture et les valeurs de GSK consistent en ces éléments clés :
  - Être ambitieux pour les patients et fournir rapidement et efficacement les traitements les plus importants.
  - Être responsable de l'impact de ses actions, en ayant des rôles bien définis et le soutien nécessaire pour réussir.

- Faire ce qui est juste, avec intégrité et bienveillance.

Cette vision de GSK est concrétisée par des objectifs regroupés sous le slogan "Ahead Together". Les lettres du premier mot de ce slogan "Ahead" représentent les lettres initiales des conditions qu'un objectif doit remplir :

- **Ambitieux (Ambitious)** : Un objectif ambitieux doit constituer un défi exigeant pour être atteint.
- **Difficile choix de se concentrer sur ce qui importe (Hard choice to focus on what matter)** : Il est crucial de donner la priorité aux objectifs et de parvenir à un équilibre entre eux sans compromettre sérieusement l'un des indicateurs.
- **Être équipé pour réussir (Equipped to succeed)** : Il est important de garantir que les moyens nécessaires pour atteindre cet objectif soient disponibles.
- **La responsabilité doit être clairement définie (Accountability clear)** : Pour qu'un objectif ou un projet soit mené à bien, il doit être affecté et supervisé par une entité responsable de sa réalisation.
- **Les livrables doivent être spécifiques et mesurables (Deliverable specific and measurable)** : Les résultats attendus doivent être clairement définis et mesurables.

Les objectifs établis pour chaque région sont ensuite classés selon ces quatre piliers qui reflètent les priorités du groupe :

- **L'innovation** : Chez GSK, l'innovation est considérée comme une priorité absolue. Cela se reflète dans leur travail continu pour découvrir rapidement et efficacement de nouveaux médicaments et vaccins, ainsi que dans leurs partenariats stratégiques avec des institutions de renom telles que l'Université d'Oxford, le King's College de Londres et 23andMe pour la recherche sur les maladies neurodégénératives, le traitement du cancer et la génétique et la génomique.
- **La performance** : Les engagements pris par GSK pour une croissance soutenue dans sa méthode de livraison témoignent de son ambition pour répondre aux besoins des patients. Ainsi, GSK souhaite fournir plus de vaccins et de médicaments, y compris des produits innovants, à un plus grand nombre de personnes que jamais auparavant, en accord avec sa culture et ses valeurs.
- **La confiance** : L'entreprise s'engage à mettre en pratique une stratégie responsable qui tient compte des répercussions environnementales, sociales et de gouvernance de toutes ses actions, du laboratoire jusqu'au patient. Cette approche vise à instaurer la confiance avec ses parties prenantes, à minimiser les risques liés à ses activités et à créer un impact social positif.

Les sites de production établissent leurs plans d'amélioration en se basant sur les objectifs définis pour leur région, ainsi que sur l'analyse SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities et Threats) réalisée l'année précédente, les enquêtes et les audits menés auparavant.

## 1.3 GSK Algérie

### 1.3.1 L'industrie pharmaceutique en Algérie

L'Algérie se positionne comme le troisième marché pharmaceutique en Afrique, après l'Afrique du Sud et l'Égypte, avec des ventes annuelles de médicaments atteignant 3 milliards de dollars en 2022. Cette position a attiré les groupes pharmaceutiques étrangers vers ce pays, qui connaît une croissance à deux chiffres de la demande en médicaments, stimulée notamment par les changements démographiques que connaît actuellement l'Algérie. En effet, avec une population en constante augmentation, la demande en médicaments augmente proportionnellement.

Le marché pharmaceutique en Algérie est un marché en pleine croissance et les autorités ont pris des mesures pour encourager la production locale de médicaments, stimulant ainsi l'investissement et le développement des médicaments génériques. En élargissant la couverture sociale grâce à un système de remboursement pour les médicaments génériques, la consommation de médicaments a connu une évolution soutenue ces dernières années. Le secteur pharmaceutique est donc une opportunité pour les entreprises d'investir et de développer des partenariats commerciaux et industriels en Algérie. Les entreprises présentes sur ce marché sont de différentes tailles, allant des start-ups aux PME et aux multinationales. Dans le tableau 1.4, les dix premières entreprises du secteur pharmaceutique en Algérie sont présentées [63][64].

TAB. 1.4 : Classement des entreprises pharmaceutiques selon leurs ventes totales de médicaments pour le premier trimestre de 2022, en Algérie

Entreprise pharmaceutique	Ventes totales de médicaments pour le T1 2022 (en millions de dollars)
Sanofi	259,6
Novo Nordisk	197
El kendi	166,1
Hikma Pharma	140,8
Biopharm	83,4
Pharmalliance	80,8
GlaxoSmithKline	78,7
Merinal	72,3
Beker	71,6
Vital Care	63,8

L'Algérie fait partie des cinq pays qui détiennent environ 65% des ventes pharmaceutiques en Afrique, aux côtés de l'Égypte, de l'Afrique du Sud, du Nigéria et du Maroc. Cette donnée souligne l'importance de ce marché pour la région et le potentiel qu'il offre aux entreprises pharmaceutiques internationales [64].

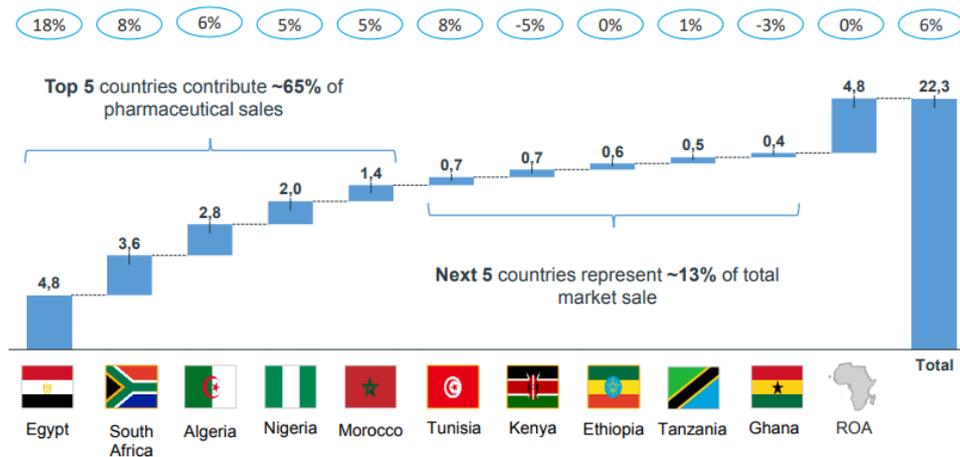


FIG. 1.3 : Demande du marché pharmaceutique en Afrique par pays pour l'année 2022

## 1.3.2 Présentation de GSK Algérie

GSK Algérie est une entreprise spécialisée dans l'industrie pharmaceutique présente en Algérie depuis plusieurs années. En 2005, elle a inauguré son site de production de médicaments situé à Boumerdès. Grâce à cette implantation, GSK Algérie a réussi à se hisser parmi les 10 plus grands laboratoires pharmaceutiques en Algérie. En 2009, le laboratoire a acquis le LPA (Laboratoire Pharmaceutique Algérien) pour étendre son portefeuille pharmaceutique et renforcer sa présence sur le marché. GSK Algérie est considéré parmi les leaders dans les gammes Antibiotiques, respiratoires et système nerveux. Cependant, en 2021, le laboratoire a mis fin à la production de médicaments non-antibiotiques. Par ailleurs, GSK Algérie prévoit de renforcer sa gamme d'Augmentin en produisant un nouveau SKU (Stock Keeping Unit) Augmentin en 2024 : Augmentin Tablet 500mg/62.5mg. (Document interne de GSK Algérie, 2023)

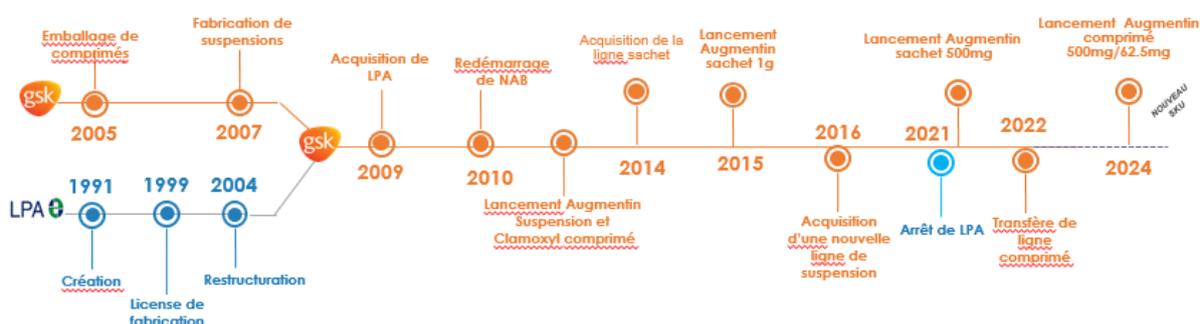


FIG. 1.4 : Présentation de l'historique du site de GSK Algérie

Actuellement, GSK se concentre exclusivement sur la production de médicaments antibiotiques et les commercialise en sept SKU différents, qui comprennent :

- Augmentin : Poudre pour suspension orale dosée à 100mg/12,5mg, disponible en flacons de 30ml et de 60ml.

- Augmentin : Granulés pour suspension orale dosée à 1g/125mg et à 500g/62,5mg, disponible en boîte de 12 sachets.
- Clamoxyl : Poudre pour suspension orale dosée à 250mg/5ml, disponible en flacon de 60ml.
- Clamoxyl : Poudre pour suspension orale dosée à 500mg/5ml, disponible en flacon de 60ml.
- Clamoxyl : Comprimés dosés à 1g, disponible en boîte de 14 comprimés.

GSK Algérie est une entreprise organisée selon une structure hiérarchique qui repose sur une direction générale et trois directions principales. Cette organisation est illustrée dans l'organigramme présenté dans la figure 1.5.

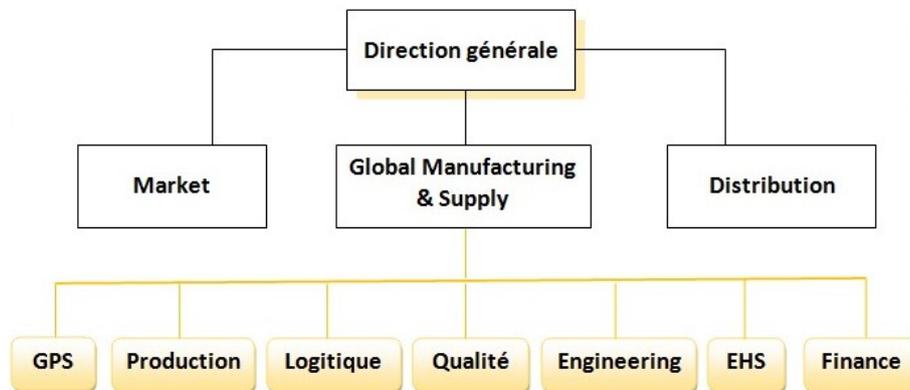


FIG. 1.5 : Organigramme du site GSK Algérie

### 1.3.3 Organisation internes de GSK Algérie

Dans le but de mieux appréhender et analyser les activités du site, nous allons appliquer les deux premières étapes de l'approche processus : l'identification et la cartographie des processus. L'identification des processus consiste à déterminer les activités et les tâches impliquées dans le processus et les parties prenantes concernées. Ensuite, la cartographie des processus permet de représenter de manière schématique les différentes entités ainsi que les interconnexions entre celles-ci.

#### Présentation du site GSK Algérie

La cartographie niveau 1 représente les entrées, les sorties et l'activité de l'entreprise GSK. Les entrées comprennent les besoins du marché pour les médicaments, les réglementations et les politiques, les objectifs stratégiques de GSK Global et les matières premières (API) et les composants (AC).

Le processus de l'entreprise GSK a pour objectif de produire et de commercialiser trois formes de médicaments conformes aux standards.

## Chapitre 1. État des lieux

---

Les sorties de ce processus sont les produits finis qui sont inspectés et testés puis envoyés au GSK CND (Centre de Distribution National), les rapports qui sont générés par GSK Global pour surveiller la performance de l'entreprise et les commandes d'achat pour les fournisseurs afin de garantir un approvisionnement régulier et fiable en matières premières et en composants.



FIG. 1.6 : Cartographie niveau 1 du site de GSK Algérie

### Présentation des processus de GSK Algérie

La cartographie de niveau 2 est une représentation visuelle et détaillée des différents processus opérationnels de l'entreprise GSK. Elle est structurée en trois grandes catégories de processus : processus de management, processus de réalisation et processus de support. Chacune de ces catégories est ensuite subdivisée en plusieurs sous-processus pour fournir une vue plus détaillée de chaque activité.

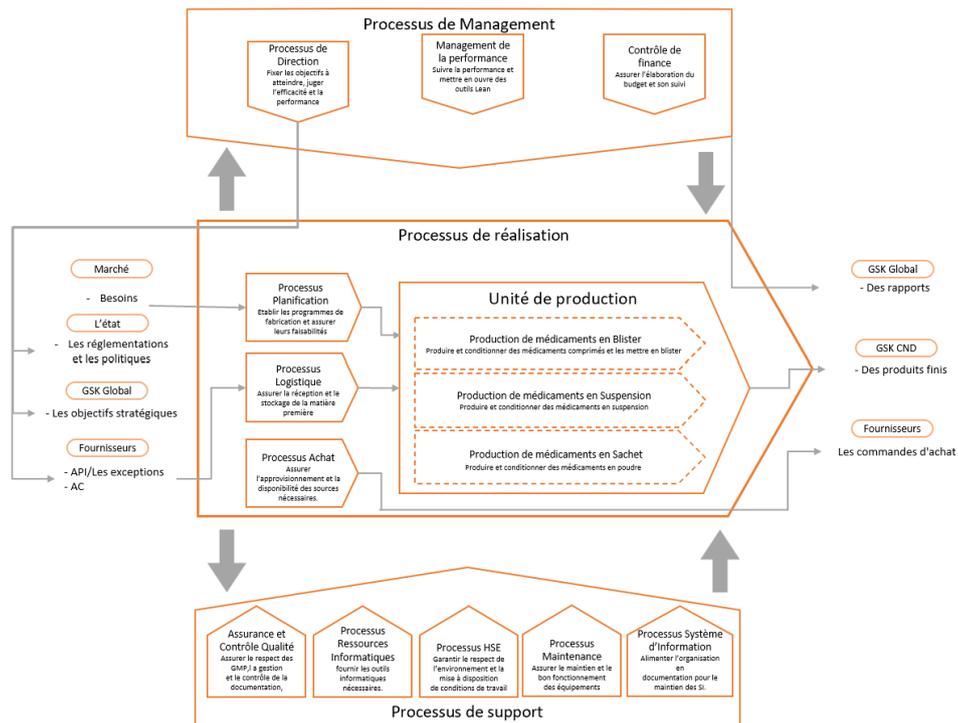


FIG. 1.7 : Cartographie niveau 2 des processus de GSK Algérie

Il y a une connexion entre ces différents processus, car chacun d'entre eux joue un rôle important dans le fonctionnement de l'entreprise et contribue à la réalisation des objectifs fixés par le processus de direction. Les processus de réalisation sont en charge de la production des médicaments, tandis que les processus de support garantissent le bon fonctionnement de l'ensemble de l'entreprise et le respect des normes de qualité. Le processus de management supervise l'ensemble de ces activités et assure la performance globale de l'entreprise.

## Présentation du processus de production

La cartographie niveau 3 décrit le processus de production de l'entreprise GSK, en mettant l'accent sur les étapes et les activités impliquées. Le processus de production est un processus ayant pour objectif la fabrication et le conditionnement des médicaments. Il est divisé en trois lignes de production : la ligne de production 1 pour les comprimés, la ligne de production 2 pour les sachets et la ligne de production 3 pour les PPSB. Chaque ligne de production comprend plusieurs activités.

Les trois lignes partagent le même espace et les mêmes ressources pour les deux premières étapes : pesée et mélange. Cependant, à partir de l'étape 3, chaque ligne a ses propres opérations spéciales et un traitement différent pour ses SKU. Les lots de la première ligne, Comprimés, passent par l'opération de compression avant d'être conditionnés, tandis que les lots de la deuxième ligne passent par un détecteur de métaux pour éviter toute contamination avant d'être envoyés au conditionnement. En ce qui concerne la dernière ligne, PPSB, les lots sont transmis directement au conditionnement après le mélange.

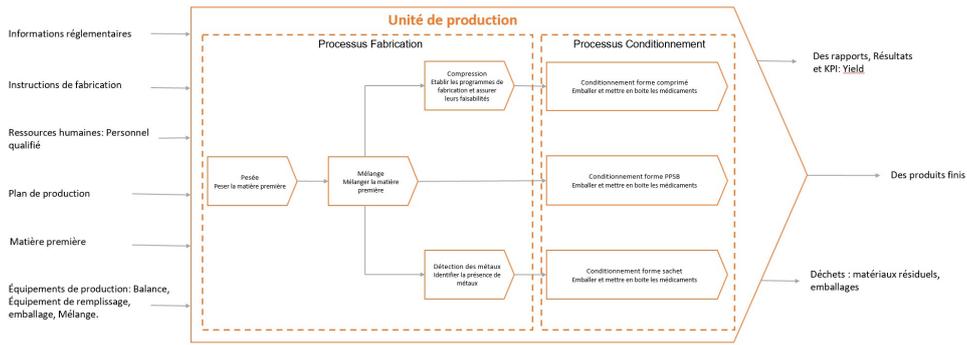


FIG. 1.8 : Cartographie niveau 3 du processus de production de GSK Algérie

Le processus de production décrit dans cette cartographie de niveau 3 est complexe et nécessite une coordination étroite entre différentes équipes et départements de l'entreprise, notamment les équipes de production, de contrôle qualité, d'approvisionnement, de maintenance et d'assurance qualité.

## Presentation du système de production GSK (GPS)

Le système de production de GSK, connu sous le nom de "GPS", a été conçu en s'inspirant du système de production de Toyota. Cette adaptation a été mise en place pour répondre aux besoins spécifiques de l'entreprise. Le système de production GPS suit une structure bien définie, qui intègre six principes interconnectés dans le but d'optimiser la production au sein de l'entreprise. Ces principes, également appelés "standards", sont soigneusement mis en œuvre pour améliorer l'efficacité, réduire les déchets et les coûts, tout en maintenant une qualité élevée des produits finis. GPS est une méthode standardisée pour améliorer l'ensemble du personnel, des processus et de la performance de l'entreprise, en cherchant la perfection en matière de sécurité, de qualité et d'efficacité. Il s'agit d'un système d'amélioration continue qui encourage la résolution proactive des principaux problèmes prioritaires dans chaque domaine et à chaque niveau, chaque jour. Les standards communs et la façon de travailler ensemble facilitent le travail et l'application des mêmes normes dans les processus de fabrication. La figure 1.9 illustre les six principes interconnectés du système de production GPS.

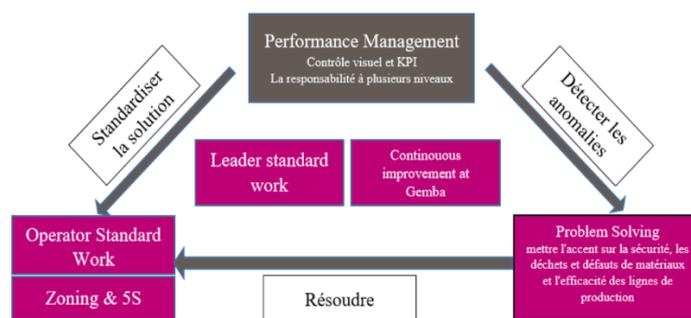


FIG. 1.9 : Les six standards de GPS

Les six standards de GPS présentés dans la figure 1.9, visent à assurer une amélioration continue des processus et des résultats de l'entreprise.

- Le premier standard, Management de la Performance, utilise le contrôle visuel et les KPIs pour évaluer la performance réelle par rapport aux objectifs fixés.
- Le deuxième standard, Operator Standard Work, aligne les activités d'amélioration sur les objectifs prioritaires du site.
- Le troisième standard, Leader Standard Work, assure que les managers s'assurent que les normes GPS sont appliquées et renforcent les capacités de leurs équipes à se concentrer sur leurs processus.
- Le quatrième standard, Problem Solving, identifie les causes profondes des dysfonctionnements et applique des solutions robustes en temps opportun.
- Le cinquième standard, Zoning/5S, organise l'espace de travail pour éviter les accidents, les défauts et les pertes.
- Le sixième standard, Continuous Improvement at the Gemba, applique une amélioration continue permanente sur les processus en cours pour rester en état de développement.

En utilisant ces standards, GSK peut garantir une amélioration continue de ses processus et une meilleure performance globale de l'entreprise.

### 1.4 Diagnostic et énoncé de la problématique

**a. Diagnostic :** Dans le cadre de notre diagnostic, nous avons entrepris une analyse approfondie de la situation actuelle de GSK Algérie, en nous basant sur des données provenant de plusieurs sources clés. Nous avons recueilli des informations pertinentes auprès du service commercial et marketing, ainsi que du site de production, en réalisant des enquêtes pour obtenir un aperçu complet de la situation. Notre démarche a été guidée par plusieurs objectifs clés : justifier la pertinence de la famille du produit phare de GSK, en mettant en évidence le pourcentage élevé de ventes qu'il représente, démontrer l'augmentation de la demande du marché pour ce produit, évaluer la demande prévue du client NRQ pour l'année 2024, sélectionner la ligne de production en fonction de sa valeur générée, ainsi que sélectionner le processus qui limite la capacité de production, et enfin, réaliser une analyse SWOT.

**Déterminer la famille du produit phare de Gsk**

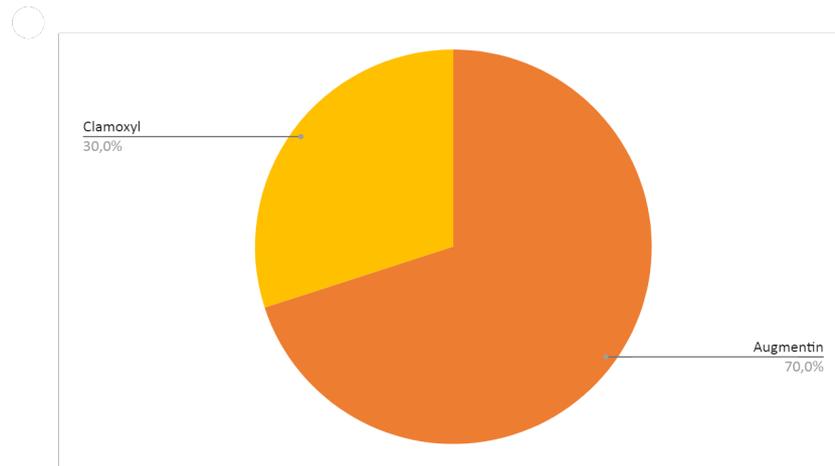


FIG. 1.10 : Répartition des ventes par famille de produits de GSK Algérie en 2022

Selon la figure 1.10, les produits de GSK se divisent en deux familles distinctes, à savoir Clamoxyl et Augmentin. Les ventes totales de GSK se répartissent de la manière suivante : Augmentin constitue 70% des ventes, tandis que Clamoxyl représente 30% des ventes.

Cette répartition des ventes entre les deux familles de produits démontre que l'Augmentin est le produit phare le plus vendu parmi les deux, représentant une part significative des ventes totales de GSK.

### Etude de l'évolution de la demande du produit phare de GSK Algérie

L'analyse de l'évolution de la demande est cruciale pour le produit phare de GSK, Augmentin. En collectant des données historiques sur les ventes d'Augmentin, nous serons en mesure d'observer la demande au fil du temps.

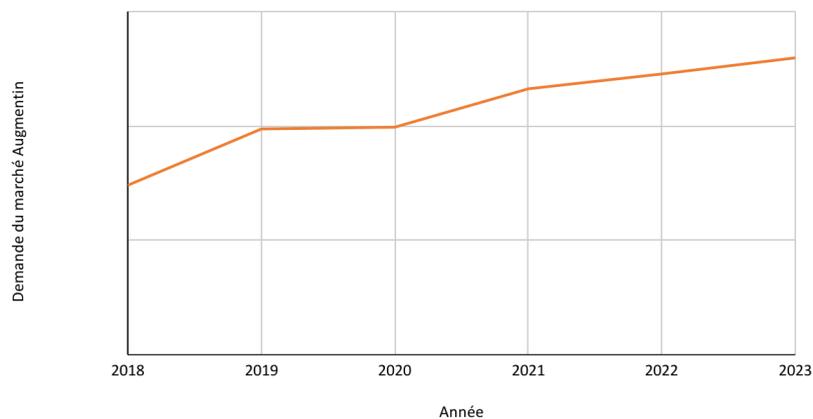


FIG. 1.11 : Évolution de la demande annuelle de la famille de produits Augmentin

D'après le graphe, il est clair que la demande pour l'Augmentin est en augmentation. Les données graphiques démontrent une tendance positive et croissante de la demande au

fil du temps. La demande croissante pour Augmentin est le résultat de deux facteurs majeurs. Premièrement, l'impact de la pandémie de COVID-19 a entraîné une augmentation significative de la demande d'antibiotiques, et plus particulièrement les produits Augmentin. Deuxièmement, la stratégie stratégique adoptée par GSK en 2021 de se concentrer exclusivement sur la production d'antibiotiques, en abandonnant la fabrication de médicaments non antibiotiques, a renforcé la position de l'entreprise sur le marché des antibiotiques. De plus, à partir de 2022, GSK a mis en œuvre un nouveau business plan intégrant un seul distributeur national, qui détient une part de marché considérable couvrant environ 85% à 90% du marché national, ce qui indique une perspective prometteuse pour l'avenir et une augmentation potentielle de la part de marché de GSK dans les années à venir.

### Analyse de la demande NRQ pour l'année 2024

En alignant la demande du marché avec la capacité de production, GSK collabore étroitement avec le département NRQ (Net Requirement Quantities, Les quantités requises nettes), basé à L'Kouba, ce dernier fixe les quantités à produire pour chaque SKU sur une période de 24 mois. Le département NRQ est en contact direct avec le site de production, fournissant des directives précises sur les quantités à produire. Suite à leur évaluation, ils ont estimé qu'il était nécessaire d'augmenter la capacité de production pour le produit Augmentin en 2024 par rapport à 2023, sans recourir à un investissement supplémentaire.

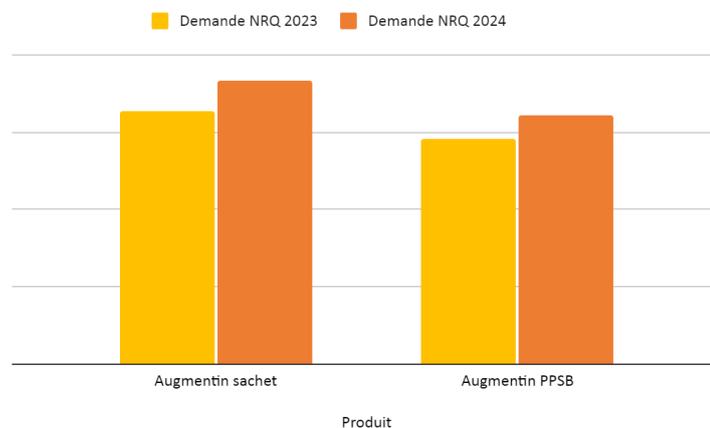


FIG. 1.12 : La demande NRQ pour le produit Augmentin de la ligne sachet et PPSB, pour l'année 2023 et 2024

En analysant le graphe, il est évident que NRQ a formulé une demande de quantité supérieure pour le produit Augmentin, à la fois pour la ligne sachet et la ligne PPSB, en 2024 par rapport à 2023.

### Le choix de la ligne de production

Notre choix de ligne de production se base sur la valeur générée par chaque ligne sachet et PPSB. Cette valeur est calculée en multipliant le prix unitaire par la quantité

demandée pour chaque ligne. Nous utilisons cette approche pour évaluer la contribution financière potentielle de chaque ligne et prendre une décision éclairée sur le choix de la ligne de production. Notre objectif est de sélectionner la ligne qui génère la plus grande valeur, afin de canaliser nos efforts et nous nous concentrons sur la ligne de produits qui génère le plus de bénéfices.

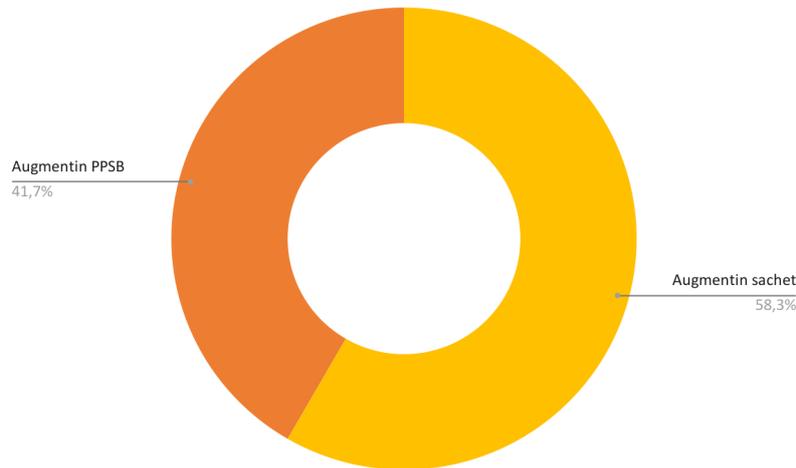


FIG. 1.13 : La valeur générée par le produit Augmentin sachet et Augmentin PPSB pour l'année 2024

Selon la figure 1.13, la ligne sachet représente 58,3% de la valeur totale générée, tandis que la ligne PPSB représente 41,7%. Cette répartition indique que la ligne sachet est celle qui génère le plus de revenus par rapport à la ligne PPSB. Par conséquent, il serait judicieux de concentrer nos efforts et travailler sur la ligne sachet.

### Identification du processus qui limite la capacité de production

Les données fournies par le responsable de production, qui calcule les pourcentages d'utilisation de chaque processus (fabrication et conditionnement), nous permettent de justifier le choix du processus sur lequel nous devons concentrer nos efforts.

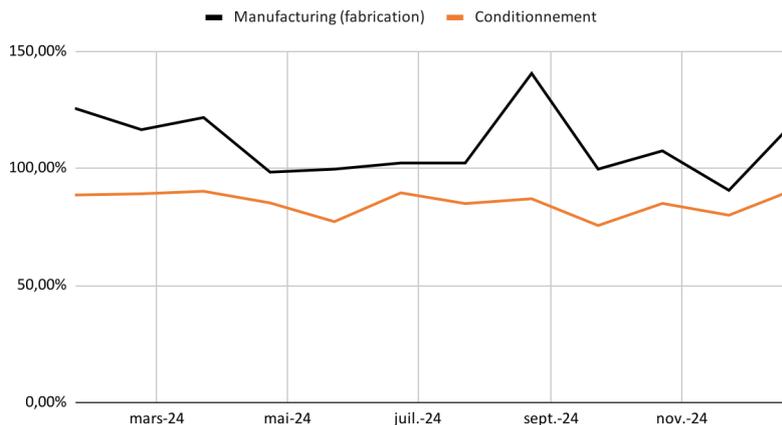


FIG. 1.14 : Pourcentage d'utilisation des processus de fabrication et conditionnement

En analysant la figure 1.14, il est clair que le processus de fabrication présente des pourcentages d'utilisation supérieurs à 100% pour plusieurs mois de l'année 2024, ce qui suggère que la capacité de production actuelle ne sera pas suffisante pour répondre à la demande du NRQ. Cela indique que la capacité de fabrication est limitée par rapport au conditionnement.

La raison de cette limitation réside dans le fait que le conditionnement de chaque ligne est effectué individuellement, ce qui signifie qu'il y a plusieurs opérations de conditionnement en cours simultanément pour différentes lignes. En revanche, le processus de fabrication est commun à toutes les lignes et se déroule dans une seule zone. La capacité de fabrication est donc partagée entre toutes les lignes.

Par conséquent, il est nécessaire de se concentrer sur le processus de fabrication et d'augmenter sa capacité afin de pouvoir répondre à la demande croissante.

### Analyse SWOT

GSK considère l'analyse SWOT comme un outil fondamental de sa stratégie d'entreprise, l'analyse SWOT va nous permettre d'identifier les forces et les faiblesses internes de l'entreprise, ainsi que les opportunités et les menaces externes qui peuvent avoir un impact sur elle. Selon David (2011), l'analyse SWOT permet de "récapituler les principales caractéristiques de l'environnement externe de l'entreprise, ainsi que de ses forces et faiblesses internes". (David, 2011)

Pour ce fait, nous avons réalisé une analyse SWOT en collectant des informations pertinentes sur les activités de l'entreprise, notamment en utilisant les données collectées et les analyses précédemment réalisées, ainsi qu'en menant des enquêtes auprès des employés sur d'autres aspects. Cette étape nous a permis de comprendre les forces et les faiblesses de l'entreprise, ainsi que les opportunités et les menaces susceptibles d'avoir un impact. Notre analyse a abouti à la matrice SWOT suivante, qui est présentée ci-dessous :

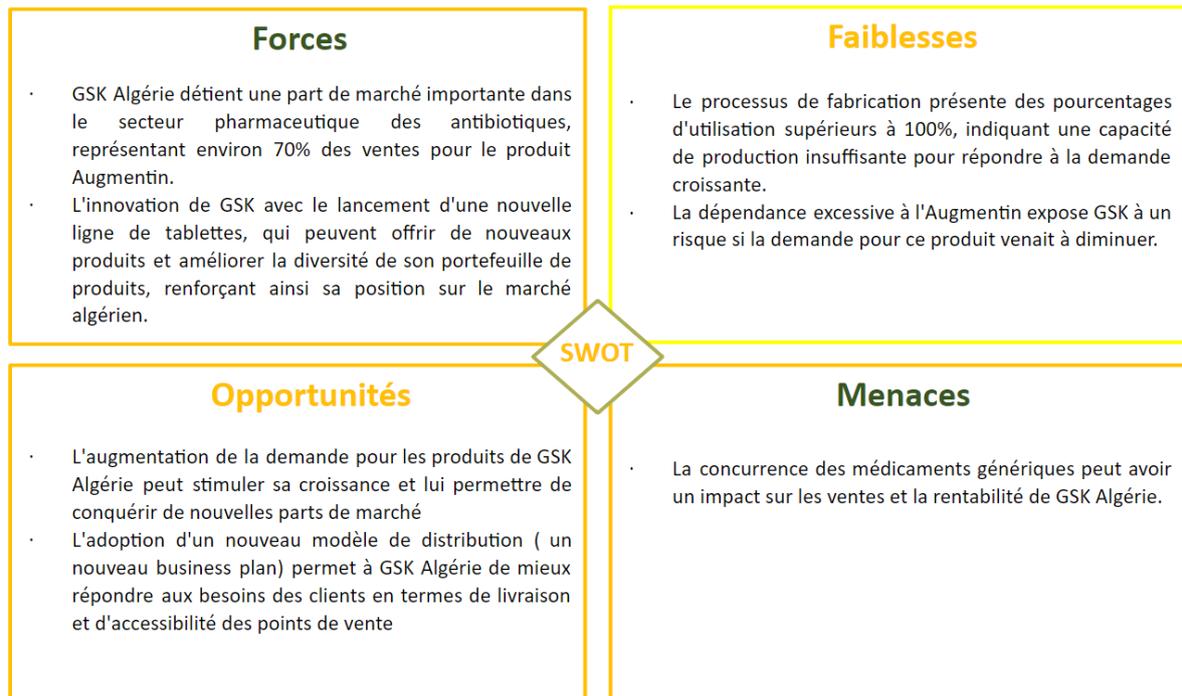


FIG. 1.15 : Matrice SWOT

**b. Énoncé de la problématique :** L'industrie pharmaceutique est en constante évolution, et les entreprises doivent s'adapter aux demandes croissantes du marché pour rester compétitives. Dans ce contexte, GSK Algérie, l'un des leaders du marché pharmaceutique en Algérie, est confrontée à un défi majeur : une capacité de production insuffisante pour répondre à la demande croissante de ses produits, en particulier pour les médicaments antibiotiques de la ligne sachet Augmentin. Cette ligne spécifique représente une part importante des ventes de l'entreprise et détient une valeur significative sur le marché.

Au cours des dernières années, la demande pour les médicaments antibiotiques, en particulier l'Augmentin, a connu une augmentation significative, notamment en raison de l'impact de la pandémie de COVID-19. Cette situation a mis en évidence la nécessité pour GSK Algérie d'adapter sa capacité de production pour répondre à cette demande croissante. Suite à une évaluation approfondie, NRQ a identifié un besoin pressant d'augmenter la capacité de production pour le produit Augmentin en 2024 par rapport à l'année précédente, sans nécessiter un investissement supplémentaire.

Cependant, malgré les opportunités que représente cette augmentation de la demande, le site de production de GSK Algérie fait face à des limitations qui entravent sa capacité à répondre efficacement aux besoins du marché. Ces limitations ont un impact direct sur la capacité de production des médicaments antibiotiques de la ligne sachet Augmentin, qui représente une part significative des ventes totales de l'entreprise.

Afin de maintenir sa position de leader sur le marché pharmaceutique en Algérie, GSK Algérie reconnaît l'importance d'augmenter sa capacité de production. Cela nécessite une évaluation approfondie des facteurs qui limitent actuellement la capacité de production, ainsi que l'identification de solutions pour surmonter ces limitations.

Dans l'intention de relever ce défis, on se trouve aujourd'hui confrontée à une question principale :

**Comment augmenter la capacité de production des médicaments antibiotiques de la ligne sachet Augmentin, compte tenu de ses limitations actuelles ?**

Cette question principale se décline en plusieurs sous-questions, à savoir :

Quels sont les facteurs limitants actuels de la capacité de production des médicaments antibiotiques de la ligne sachet Augmentin ?

Quelles améliorations sont nécessaires pour augmenter la capacité de production des médicaments antibiotiques sachet Augmentin de manière efficace ?

Comment assurer la traçabilité des processus de production tout au long de l'augmentation de la capacité ?

### 1.5 Conclusion

Ce chapitre a permis de mettre en évidence deux éléments clés. Tout d'abord, il a présenté GSK comme un leader dans le domaine du produit Augmentin en Algérie. Ensuite, après avoir examiné les informations collectées lors du diagnostic, nous avons identifié le principal problème auquel le site de GSK Algérie est confronté : une capacité de production insuffisante pour répondre à la demande croissante de ses produits, notamment les médicaments antibiotiques de la ligne sachet Augmentin. Il est important de souligner que cette lacune est directement liée à l'opportunité représentée par l'augmentation de la demande pour l'entreprise.

## Chapitre 2

### État de l'art

### 2.1 Introduction

Dans l'industrie pharmaceutique, de nombreuses entreprises sont confrontées au défi majeur d'accroître leur capacité de production pour répondre à la demande croissante du marché.

Ce chapitre, divisé en quatre sections, vise à fournir un cadre conceptuel, une présentation des solutions potentielles, des outils et des méthodologies permettant aux entreprises du secteur à relever le défi d'augmentation de leur capacité de production.

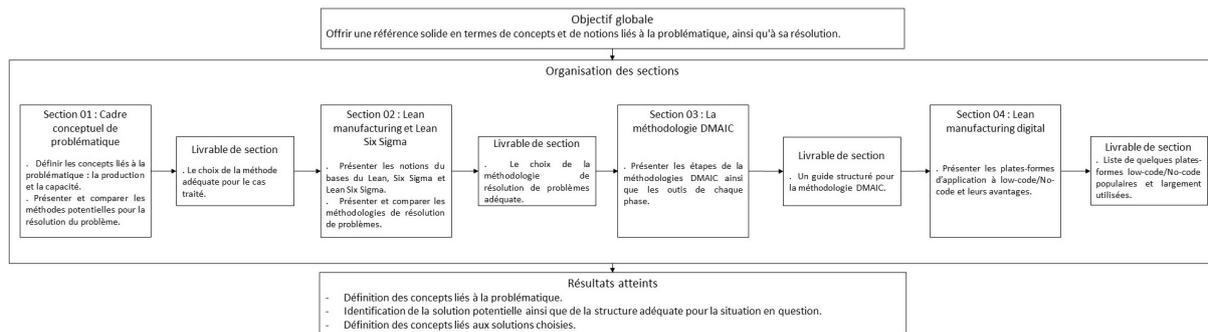


FIG. 2.1 : Schéma de cadre logique du chapitre 02

### 2.2 Cadre conceptuel de problématique

Dans cette première section, nous aborderons les concepts liés à la problématique d'augmentation de la capacité, ainsi que les différentes approches envisageables pour résoudre ce problème.

#### 2.2.1 La Production

##### La notion de la production

Le processus de production occupe une position centrale au sein de l'organisation, car il est chargé de convertir diverses entrées en produits finis consommables et conformes aux exigences, telles que la qualité et les délais requis. La production est considérée comme un processus de création de valeur, car à chacune de ses étapes, une valeur ajoutée est apportée. Le système de production défini et contrôlé permet la circulation des ressources, qu'elles soient humaines, matérielles ou financières, dans le but de créer de la valeur. Ce système est en coordination avec tous les autres systèmes de l'organisation[1].

##### Les modalités de de production

Les modalités de production peuvent être classifiées en quatre catégories : la production unitaire, la production par lots, la production de masse et la production continue[2][3].

L'industrie et ses caractéristiques jouent un rôle crucial dans la détermination du système de production approprié. Les caractéristiques de chacun des quatre systèmes

sont les suivantes :

TAB. 2.2 : Comparaison des systèmes de production : Unitaire, Par lots, De masse et Continu

Système de production	Définition	Avantages	Inconvénients
La production unitaire	Ce système est utilisé dans les industries caractérisées par une demande réduite et une large variété de produits. Chaque pièce est fabriquée selon des spécifications précises, respectant des délais et des coûts prédéterminés [2][4].	La grande force de ce type de production réside dans sa polyvalence, que ce soit au niveau des machines, des opérateurs ou de la gamme de produits [2][4].	Les coûts élevés dus aux changements fréquents de configuration et aux niveaux élevés de stocks. La planification des opérations de production présente également des difficultés [2][4].
La production par lots	Dans ce modèle, les produits sont regroupés puis fabriqués en lots de quantités spécifiques. La planification des opérations de production est basée sur la taille des lots [2][5].	Ce type de production encourage la spécialisation fonctionnelle et offre une flexibilité pour traiter plusieurs produits différents. De plus, il contribue à la satisfaction professionnelle des opérateurs [2][5].	La planification et le contrôle des opérations de production deviennent relativement complexes dans ce type de production en raison des flux irréguliers et longs. De plus, les coûts de stockage sont plus élevés par rapport à la production continue [2][5].
La production de masse	Ce système est caractérisé par la standardisation des produits et des processus de production. Il s'agit d'une production en grande quantité des pièces standardisées [2][3].	Dans ce type de production, le temps de cycle est réduit, ce qui entraîne un taux de production élevé. Par ailleurs, l'inventaire en cours de processus et les coûts par unité sont faibles [2][3].	Le temps de cycle du processus et le rythme de production sont déterminés par le goulot d'étranglement. En cas de panne d'une seule machine, l'ensemble du processus s'arrête [2][3].

<p>La production continue</p>	<p>Dans ce système, les articles ou les composants sont déplacés à travers une séquence des opérations à l'aide de dispositifs de manutention. Les installations de production sont organisées de manière à faciliter la surveillance des différentes phases requises pour la fabrication d'un produit [2][4].</p>	<p>En automatisant le processus, on réduit le nombre de personnes présentes dans la zone de production. Ce type de production présente des avantages similaires à ceux de la production de masse, tels que la standardisation, qui permet de réduire les coûts et d'augmenter la capacité de production [2][4][6].</p>	<p>Ce système se caractérise par une absence totale de flexibilité, limitant ainsi la variété des produits fabriqués, en raison de l'investissement élevé requis pour mettre en place des lignes de flux [2][4].</p>
-------------------------------	--	--	--

### La production pharmaceutique

La production dans le secteur pharmaceutique est peut être définie comme une combinaison complexe de processus et d'opérations impliqués dans la fabrication et le conditionnement de médicaments pharmaceutiques utiles. Ce domaine nécessite l'association équilibrée de connaissances scientifiques, de technologies de pointe, de bonnes pratiques de fabrication et de contrôles de qualité rigoureux [7].

La production pharmaceutique repose sur le système de production par lots, principalement pour deux raisons. Premièrement, les réglementations et les normes de qualité ont influencé l'utilisation de ce système en exigeant que les processus soient exécutés de manière uniforme tout au long du processus de fabrication. Deuxièmement, la production par lots permet de garantir la qualité de chaque lot à chaque étape avant de passer à la suivante, en effectuant des vérifications rigoureuses [6][8].

Cependant, en raison de l'augmentation des coûts de recherche et développement (R&D) et de la concurrence des fabricants de médicaments génériques, ainsi que de l'importance accordée par les organismes de réglementation à la compréhension des processus, les producteurs du secteur pharmaceutique commencent à réfléchir à changer du système par lot vers le système continu. Ce changement facilitera l'utilisation par les fabricants d'une meilleure connaissance des processus afin de contrôler en ligne la production et de réduire le gaspillage de matériaux sous forme de produits ne répondant pas aux spécifications [6][8].

### 2.2.2 La capacité de production

#### La notion de la capacité de production

La capacité du processus de production se réfère à la quantité maximale d'unités qu'une usine peut fabriquer en utilisant les ressources disponibles, sans recourir à des ressources supplémentaires [9][10]. La capacité est définie selon trois catégories principales :

- Capacité de conception : La capacité de conception fait référence à la production continue maximale que l'opération peut générer dans des conditions idéales, sans interruptions liées à des changements d'équipe, des activités de maintenance préventive ou d'autres pauses [11].
- Capacité effective ou capacité disponible : Cette deuxième approche tient compte de tous les arrêts et pauses planifiés, y compris la maintenance préventive des machines, les pauses déjeuner et le temps nécessaire pour la préparation de la ligne et le changement de série [11]. La formule pour calculer la capacité disponible mesurée d'un département de fabrication est la suivante :

$$\text{Capacité de production} = \frac{\text{Capacité horaire de processus}}{\text{Temps nécessaire pour produire une pièce}} \quad (2.1)$$

- Capacité réelle : La capacité réelle prend en compte tous les arrêts, y compris ceux qui ne sont pas planifiés, tels que les pannes, les maintenances correctives, l'absentéisme des opérateurs et les retards dus à un manque de communication ou à une mauvaise formation du personnel [11].

#### La gestion de la capacité de production

La gestion de la capacité de production implique la planification et l'optimisation des ressources disponibles pour atteindre les objectifs de production définis en termes de quantités à produire, en tenant compte de deux aspects primordiaux [12] :

- La demande du marché : Pour éviter les ruptures de stock ou les excédents, il est crucial d'évaluer les quantités demandées par les clients afin de déterminer la capacité nécessaire.
- La disponibilité des ressources : Les ressources jouent un rôle crucial en déterminant la capacité de production maximale de l'usine.

La gestion efficace de la capacité consiste à trouver le juste équilibre pour éviter à la fois l'incapacité de répondre à la demande des clients, ce qui entraîne des occasions manquées, et la sous-utilisation des ressources, ce qui représente un gaspillage [12].

#### Les contraintes de capacité

La capacité d'une entreprise peut être influencée par plusieurs facteurs, notamment le niveau de compétence et la formation du personnel, les technologies utilisées, la dis-

ponibilité des matières premières et des matériaux, le stockage, les ressources partagées limitées, ainsi que les horaires de travail et l'accès aux installations [11].

L'incompétence ou la formation insuffisante des opérateurs, ainsi que les opérations manuelles ou basées sur des technologies faibles, peuvent entraîner des retards et réduire la capacité.

Il est crucial de sélectionner des fournisseurs fiables pour garantir la disponibilité des fournitures dans les délais.

Le stockage permet d'atténuer les variations de la demande et d'assurer une productivité constante, tandis que l'absence de zones de stockage peut entraîner des retards et des inefficacités.

Lorsque plusieurs produits partagent des ressources, l'augmentation de la capacité d'un produit peut réduire la capacité d'un autre.

Enfin, la capacité est étroitement liée à la disponibilité des ressources humaines et matérielles, ainsi qu'à l'accès aux installations nécessaires pour mener à bien les opérations.

### 2.2.3 Augmentation de la capacité de production dans l'industrie pharmaceutique

Une capacité limitée ou insuffisante a un effet direct sur la disponibilité des produits, ce qui peut affecter la satisfaction des clients. En effet, lorsque les produits ne sont pas disponibles, cela peut provoquer de la frustration chez les clients et les inciter à se tourner vers d'autres fournisseurs ou concurrents offrant une meilleure disponibilité. Par conséquent, l'entreprise risque de perdre des clients et des parts de marché, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur ses revenus et sa réputation. C'est pourquoi les entreprises travaillent régulièrement sur l'amélioration et le contrôle de la capacité de leurs installations.

#### Méthodes de l'augmentation de la capacité de production

La littérature aborde différentes méthodes et approches qui peuvent être mises en œuvre pour accroître la capacité de production. Quelques exemples incluent :

- a. Améliorer le processus de production actuel : Cette approche vise à rechercher des solutions d'amélioration en interne, sans recourir à de grands investissements.
- Régler la vitesse des machines : Dans son article intitulé "Réduction du délai de production grâce à la sélection du taux d'usinage et de la taille de manipulation des unités", Pius J. Egbelu souligne que de nombreuses machines ont la capacité de fonctionner à des vitesses de production différentes. Il affirme également que l'ajustement des paramètres de ces machines peut avoir un impact sur les taux de production, le temps de cycle de la machine et le temps total de changement d'outil. Par conséquent, ces ajustements peuvent potentiellement augmenter la capacité de production dans certains cas[13][14][15].
- Augmenter les heures d'utilisation des machines : En réduisant les temps d'arrêt planifiés des machines, tels que les pauses et la maintenance préventive, il est possible d'optimiser l'utilisation des machines disponibles[13].

- Éliminer les gaspillages en utilisant les outils du lean ou lean six sigma[14][16].
- Améliorer l'allocation des ressources : En revoyant la planification des tâches, la répartition des ressources, l'allocation des tampons, la taille de lot utilisée et les horaires de travail. Cette approche nécessite une modélisation complète de la situation afin d'optimiser les processus et d'améliorer l'efficacité globale de la production. Une autre approche consiste à utiliser la simulation pour évaluer différents scénarios [17][18].
- Assurer la bonne formation des employés et créer un bon climat de travail : L'environnement de travail et les compétences des opérateurs jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la productivité et la réduction du temps d'exécution des tâches, ce qui impacte directement la capacité de production[13].
- Automatiser et Digitaliser le processus : En optant pour la digitalisation et l'automatisation des processus, on réduit les tâches manuelles, ce qui permet de diminuer les erreurs humaines et d'accélérer leur exécution. De plus, cette approche facilite le contrôle et la planification des opérations[19][20].

b. Acheter des nouvelles machines : Dans certains cas, il est inévitable d'opter pour cette solution, même si elle peut être coûteuse. Le remplacement des machines et équipements anciens par des modèles plus récents peut entraîner une amélioration de la productivité de fabrication, une meilleure efficacité des alliances, une adaptabilité accrue, une expansion internationale et un avantage concurrentiel durable[21].

c. Augmenter le nombre des travailleurs dans les postes de travail : L'embauche de nouveaux employés pour augmenter la capacité de travail est l'une des solutions les plus directes qui peuvent être envisagées. Cependant, il est crucial d'évaluer avec précision le nombre d'opérateurs requis pour chaque poste afin de garantir que toutes les opérations disposent du personnel adéquat. Engager un nombre excessif de travailleurs est considéré comme du gaspillage et ne contribue pas à augmenter la capacité de manière efficace [13].

d. Externaliser la fonction de production : L'externalisation est devenue une stratégie à long terme pour les entreprises, même pour des fonctions critiques comme la production, en raison de la libéralisation économique, des défis commerciaux croissants et des cycles de vie des produits plus courts. Cela permet aux entreprises de faire face à la demande accrue, au manque temporaire de capacité et à l'indisponibilité de ressources internes, lorsque l'entreprise ne possède pas toutes les compétences nécessaires en interne [22].

e. Augmenter la taille de l'installation : Cette solution implique l'augmentation de l'espace physique disponible en agrandissant un bâtiment existant, en ajoutant un nouveau bâtiment ou en créant un espace supplémentaire à l'intérieur. Étant donné son coût élevé, il est primordial de l'envisager après avoir élaboré une stratégie globale [65].

### Critères de choix de la méthode d'augmentation de la capacité

La sélection des solutions appropriées pour une entreprise souhaitant augmenter sa capacité dépend principalement de plusieurs critères, ainsi que des contraintes propres à l'industrie et au marché auxquelles elle est confrontée. Ces critères peuvent être classés en deux catégories : les critères de choix généraux qui ne dépendent pas de la nature spécifique du problème ou de l'industrie, et les critères liés spécifiquement à l'industrie pharmaceutique.

a. Critères de choix généraux : Ces critères sont des facteurs importants à considérer lors de la sélection d'une solution adéquate, indépendamment de la nature spécifique de la situation traitée. Ces critères incluent :

- Le coût : Le coût doit être compatible avec le budget de l'entreprise [23][24][25].

- La taille de projet : Elle doit être définie clairement [23][66].

- La durée de mise en œuvre : Ce critère est important, notamment en termes de perturbation de la production [24][66].

- La complexité : Les solutions simples et bien structurées sont préférables, car elles sont plus accessibles, rapides, rentables et faciles à entretenir [23][66].

b. Critères liés à l'industrie pharmaceutique : Lorsqu'il s'agit de sélectionner des méthodes pour accroître la capacité d'une entreprise pharmaceutique, il est important de tenir compte de certains critères en raison des spécificités de l'industrie pharmaceutique. Ces critères comprennent :

- Conformité réglementaire : Les réglementations strictes auxquelles l'industrie pharmaceutique est soumise nécessitent une totale conformité de toute solution adoptée. Cela englobe notamment les bonnes pratiques de fabrication (BPF) et les exigences de contrôle de la qualité [25].

- Qualité du produit : La priorité absolue dans la production de médicaments est la qualité. La solution choisie ne doit en aucun cas compromettre la qualité des produits finaux, que ce soit directement ou indirectement, que ce soit en termes de coûts ou autrement [25][26].

- Contrôle sur le processus : Pour garantir la qualité, il est essentiel que l'entreprise soit capable de contrôler efficacement le processus de fabrication et de suivre sa performance à chaque étape [26].

Le tableau ci-dessous est un récapitulatif des différentes méthodes mentionnées précédemment, en fonction des critères prédéfinis [13][16][18][19][21][22][65] (Bourahla, 2023)(Zitouni, 2023) :



### 2.2.4 Résultat de la section 1

Dans cette section, nous avons renforcé notre compréhension de la problématique abordée et de ses cadres conceptuels. Nous avons également étudié diverses approches et méthodes de solutions potentielles pour accroître la capacité de production, en tenant compte des critères et des facteurs à prendre en considération lors du choix de l'approche la plus appropriée.

Grâce à le tableau récapitulatif des différentes solutions, nous avons pu sélectionner l'approche adaptée à notre situation en prenant en considération les spécificités de l'entreprise et du cas traité. Cette approche consiste à réduire les gaspillages en utilisant les outils du Lean et du Lean Six Sigma.

## 2.3 Lean manufacturing et Lean Six Sigma

Après avoir sélectionné la méthode la plus appropriée pour notre problème, dans cette section, nous allons définir les concepts liés au lean manufacturing et au lean Six Sigma, ainsi que les différentes méthodes de résolution de problèmes.

### 2.3.1 Lean manufacturing

#### Définition du concept Lean Manufacturing

”Le lean consiste à maximiser la valeur pour le client tout en minimisant les gaspillages.” (James P. Womack et Daniel T. Jones ,1990)

Le Lean manufacturing est une initiative basée sur l'élimination de toutes les sources de gaspillages dans les processus de fabrication. Cette production allégée se différencie de la production de masse par son utilisation réduite de ressources humaines, matérielles et financières. Le Lean est axé sur deux principes fondamentaux : la satisfaction du client et le respect des employés [27][28].

Historique et origine de Lean Manufacturing (Voir annexe 01) [29].

#### Les bases du Lean

Le Lean est basée sur six principes qui sont : la valeur pour le client, l'analyse du flux de valeur, l'amélioration quotidienne, le flux, le tirage et la perfection [28][30].

1. Valeur : Le Lean est comme une boucle fermée commençant et se terminant avec le client. Dans la culture Lean, la valeur est définie par le client, en fonction de ce qu'il demande et souhaite [28][31].

- La valeur ajoutée pour le client : Une activité à valeur ajoutée est une activité qui accroît la valeur du produit fini en répondant à un besoin spécifique du client. Une opération est jugée efficace si la proportion des tâches ajoutant de la valeur est élevée [31][32].

- La valeur ajoutée pour l'entreprise : Cette catégorie regroupe les activités qui sont jugées des activités de non valeur ajoutée pour les clients mais incontournables du point de vue de l'entreprise. Les tâches à valeur ajoutée pour l'entreprise sont généralement des tâches exigées par la loi ou des tâches indispensables pour l'efficacité d'une opération [32].
- La non valeur ajoutée : "L'activité sans valeur ajoutée (NVA) est une activité qui absorbe des ressources mais ne crée aucune valeur" - (Womack et Jones, 1996).

Une activité à non valeur ajoutée est une activité gaspilleuse qui ne génère aucune valeur ni pour le client ni pour l'entreprise. Toute activité à non valeur ajoutée doit être améliorée ou éliminée tout en préservant la réactivité et la qualité des résultats indispensables pour satisfaire tant le client que l'entreprise [31][32].

2. Analyse du flux de valeur : La démarche d'analyse du flux de valeur vise à identifier toutes les étapes et les événements impliqués dans la livraison d'un produit au client, ainsi que les informations qui les accompagnent. Cela englobe à la fois les activités en amont et en aval, mais l'entreprise concentre ses efforts d'amélioration sur les éléments qu'elle peut contrôler directement, avant d'étendre ses actions au-delà de ses propres limites organisationnelles [28][31].

3. L'amélioration continue : Le Lean propose le Kaizen comme une méthodologie pour réaliser les améliorations constantes, progressives et régulières. Le Kaizen est une philosophie basée sur les petites améliorations contenues [28][31].

4. Pull (Tirage) : Ce qui distingue le Lean de la production de masse, c'est que dans le Lean, le produit est tiré en réponse à la demande des clients, plutôt que d'être poussé depuis les étapes amont sans aucune relation avec la consommation par les étapes ultérieures [28][31].

5. Le flux : Le flux de valeur dans le Lean est un flux à pièce unique, dans chaque processus, sans aucun arrêt [28][31].

6. La perfection : La perfection est atteinte lorsque le produit fabriqué offre une valeur pure. Cela signifie que son flux de valeur ne contient aucune action à non valeur ajoutée ou gaspillage [28].

### Les notions de base du Lean

**TPS** : " TPS est un phénomène de fabrication qui cherche à maximiser l'effort de travail de la ressource numéro un d'une entreprise : les personnes. Le Lean est donc une façon de penser pour s'adapter au changement, éliminer les gaspillages et améliorer continuellement" (Taiichi Ohno,1988).

C'est un système développé par Toyota Motor visant à améliorer la qualité et réduire les coûts tout en respectant les délais. Ce système est fondé sur la délégation de la définition de nouvelles normes aux travailleurs de Gemba (la zone de production). Entre 1948 et 1975, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo et Eiji Toyoda ont continué à développer ce système qui utilise des méthodes visant à améliorer la qualité et la productivité et à réduire les différents types de gaspillages notamment : les stocks et les temps d'attente, les défauts et les temps d'arrêt.[33] Le TPS se base sur deux piliers : le Jidoka et le just a temps

- Le Jidoka : Le concept de Jidoka a été inventé par Sakichi Toyoda, fondateur du groupe Toyota. Sa philosophie affirme que chaque personne est responsable de la qualité de son processus ou de sa tâche. Cela implique la résolution des problèmes rencontrés et, si nécessaire, l'arrêt du processus afin de le faire réparer. Le Jidoka utilise des outils tels que les cinq pourquoi, le Poka Yoke et les techniques de gestion visuelle [33].
- Le juste à temps : Ce concept consiste à produire selon le besoin ni plus ni moins. La mode juste à temps est liée au zéro stock [33]. Parmi les pratiques adoptées pour fonctionner en ce mode :
  1. Production en fonction du Takt time : Le takt time est le temps de production disponible divisé par la demande du client. Dans la production just a temps le takt time est utilisé pour aligner le rythme de production de chaque processus avec la demande du client.
  2. Travail standardisé : La standardisation des méthodes de travail sert à réduire la variabilité pour une meilleure maîtrise des processus.
  3. Changement rapide : Une plus grande flexibilité du processus réduit les temps d'arrêt de la machine et augmente sa productivité.
  4. Flux continu : L'état idéal consiste à créer un flux régulier s'écoulant en continu. Les produits se déplacent à travers un processus de fabrication sans s'arrêter ou interruption.
  5. Tirage : Une méthode qui cherche à éliminer la surproduction en permettant aux activités en aval de signaler leurs besoins aux activités en amont.
  6. Logistique intégrée : C'est la gestion globale de la chaîne d'approvisionnement comme un seul système.

**Gaspillage** : Selon Dan Jones et Jim Womack, les auteurs de Système Lean, le gaspillage est défini comme une activité qui ne crée aucune valeur pour le client ou le consommateur final du produit mais qui consomme des ressources. Le gaspillage est considéré comme une source de coût qui doit être éliminé [34]. Taiichi Ohno, le père fondateur du Système de Production Toyota, a identifié trois familles de gaspillage [33] :

- Mura : Cette famille est associée à la variabilité dans les processus. L'instabilité des processus engendre des gaspillages et des coûts supplémentaires dû à la qualité, qui ne peut pas être anticipée [31][33].
- Muri : Ce mot japonais signifie l'irraisonnable ou l'impossible. C'est l'exploitation abusée et non nécessaire des employés, des machines ou des systèmes sur une longue période, ce qui ne s'aligne pas avec la culture Lean basée sur le respect des employés et l'utilisation réduite des ressources [31][33].
- Muda : Toute activité qui consomme des ressources sans créer de la valeur appartient à la famille Muda [31][33]. Il existe deux types de Muda :
  - Muda type 1 : Il regroupe les activités gaspilleuses qui ne peuvent pas être éliminées immédiatement.

- Muda type 2 : Il regroupe les activités à non-valeur ajoutée qui peuvent être éliminées sans impacter le rendement du processus.

Taiichi Ohno a déterminé sept formes du gaspillage connues par les sept muda d'Ohno [33] : Transport, Temps d'attente, Surproduction, Mouvement inutile, Stockage inutile, Surprocessus, Erreurs.

### 2.3.2 Six Sigma

#### Définition de l'approche Six Sigma

Six Sigma est une méthodologie d'amélioration continue ayant pour but de réduire la variabilité des processus, et ce, en se basant sur les besoins du client et ses exigences et en utilisant les outils statistiques pour une meilleure analyse et interprétation de l'état actuel [35][36].

L'origine de l'appellation Six Sigma est la lettre grecque sigma représentant l'écart type. En termes de variation statistiquement acceptable, Six Sigma représente six fois l'écart type (6  $\sigma$ ) l'équivalent de par 3,4 défauts pour un million d'unités produites [35][36]. Origine de Six Sigma (Voir annexe 02) [37].

#### Les bases de Six Sigma

- Compréhension des CTQ (Critical to Quality) des clients et parties prenantes : Le point de départ de tout projet Six Sigma réside dans les besoins et les exigences du client [35][36].
- Compréhension du processus de l'organisation : Avant d'entreprendre les tests statistiques, il est essentiel de posséder une compréhension approfondie du processus et du flux de l'organisation, en mettant l'accent sur le processus spécifique en question [35][36].
- La gestion par les faits et réduction de la variation : La bonne compréhension de la variation dans les processus permet de déterminer les moments propices pour intervenir. Ce qui mène à une amélioration ciblée où les ressources sont concentrées là où elles auront le plus d'impact [35][36].
- L'implication et la formation du personnel : il est essentiel d'impliquer les employés et de les engager activement dans l'amélioration des processus, car ce sont les premiers à être impactés par les changements. Il est également essentiel de leur fournir une formation adéquate afin de développer les compétences nécessaires pour s'adapter aux changements et réussir leurs tâches avec succès [35][36].
- L'engagement d'une manière systématique et méthodique dans les actions et les projets d'amélioration : En utilisant une approche méthodique et structurée ainsi qu'une analyse approfondie des données, il est possible de mieux comprendre un projet, de déterminer les domaines clés à cibler et d'identifier les causes fondamentales [35][36].

### La notion de la variabilité

La variabilité est un concept clé de la méthodologie Six Sigma. Elle se réfère aux variations observées dans les résultats d'un processus. Il s'agit de la mesure de la dispersion de ses résultats par rapport à une cible spécifiée [35].

### Le système des ceintures

Les niveaux de formation en Six Sigma sont identifiés par des ceintures de différentes couleurs, représentant à la fois le niveau d'expertise de la personne formée et le rôle qu'elle peut jouer dans un projet Six Sigma [37] :

- Master Black Belt : Ce sont des consultants internes de l'organisation ayant pour mission d'intervenir au niveau du programme Six Sigma en développant des indicateurs clés et en prenant en charge la direction stratégique du projet. Leur rôle consiste aussi à former les "Black Belt" et les "Green Belt".
- Black Belt : Les "Black Belt" sont les chefs des projets de résolution des problèmes. Ce sont les premiers responsables de la formation de leurs équipes.
- Green Belt : Les "Green Belt" peuvent intervenir dans la phase de collecte et d'analyse des données dans des projets dirigés par des "Black Belt" comme ils peuvent conduire des petits projets avec des buts bien spécifiques.
- Yellow Belt : Le "Yellow Belt" participe dans les projets Six Sigma comme un membre de l'équipe.
- White Belt : Le "White Belt" possède une connaissance de base de la méthodologie Six Sigma, mais il n'est pas en mesure de participer activement à des projets Six Sigma.

### 2.3.3 Lean Six sigma

#### Définition du Lean Six Sigma

Le Lean Six Sigma est une approche puissante visant à réduire la variabilité dans les processus tout en éliminant les gaspillages, ce qui conduit à l'amélioration de la qualité du produit, la réduction des coûts et une meilleure satisfaction des clients et des employés [30][38][39].

Après la révolution industrielle du début du XXe siècle, marquée par l'émergence des deux concepts Lean et Six Sigma, une nouvelle approche a été développée en les combinant : le Lean Six Sigma (LSS). Cette approche, d'abord mise en œuvre chez General Electric, intègre les points forts des concepts Lean et Six Sigma. Son implémentation dans les organisations permet d'éliminer les gaspillages, de réduire la variabilité et de supprimer les étapes à non valeur ajoutée [40].

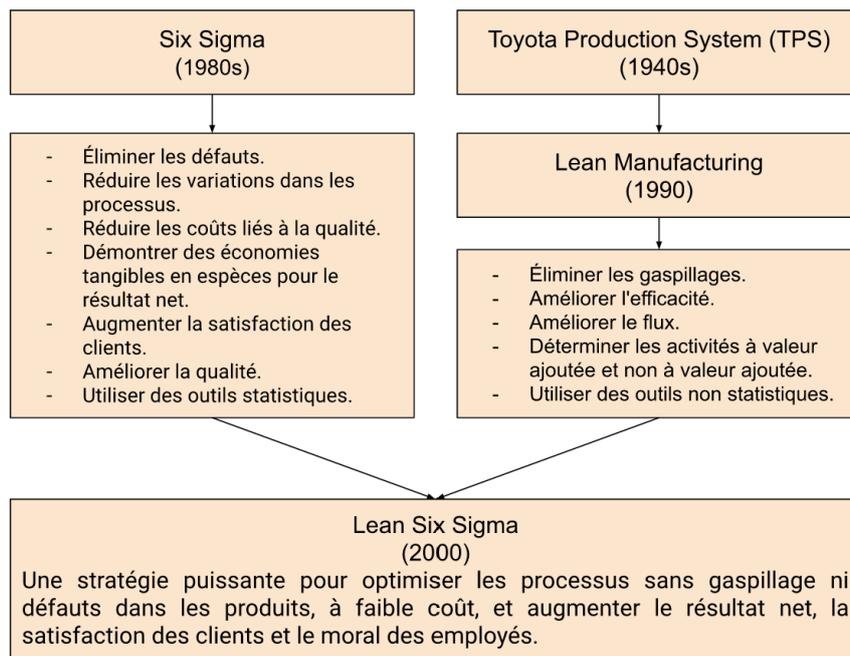


FIG. 2.2 : Lean six sigma

### 2.3.4 Méthodologies de résolution de problèmes

Le choix de la méthodologie de résolution de problèmes est une étape cruciale pour la réussite de tout projet. Il est important de choisir la méthodologie la plus adaptée aux besoins et aux objectifs du projet. Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons commencé par étudier plusieurs méthodologies de résolution de problèmes éprouvées telles que PDCA, DMAIC, A3 et DMADV. Chacune de ces méthodologies présente des avantages et des étapes spécifiques pour résoudre les problèmes.

#### Présentation des méthodologies de résolution de problèmes

La littérature explore diverses approches méthodologiques pour résoudre des problèmes, qui peuvent être appliquées pour structurer des projets liés aux méthodes Lean, Six Sigma et Lean Six Sigma. Parmi les approches citées dans la littérature :

**1.PDCA** : Le PDCA (Plan, Do, Check, Act) Cycle, également connu sous le nom de cycle de Deming, est un outil qui vise à améliorer les processus organisationnels, les produits ou les services offerts. Il a été développé par le Dr William Edwards Deming, un expert américain, et repose sur l'idée que les entreprises peuvent améliorer la qualité tout en réduisant les coûts. Ce cycle se compose de quatre étapes, permettant ainsi une amélioration continue offrant la possibilité de tester rapidement des idées et de progresser à chaque itération réalisée dans la boucle [41].

**2.DMAIC** : La démarche DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) est une approche structurée pour résoudre les problèmes et améliorer les processus. Elle suit

un ordre précis afin de réaliser des activités spécifiques et d'obtenir des résultats concrets. L'objectif principal de la méthode DMAIC est d'identifier et d'éliminer les causes des problèmes, en se basant sur des données recueillies à chaque étape [39][40].

**3.DMADV** : Le DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) est parmi les méthodologies de gestion des projets Lean Six Sigma. Elle est utilisée dans les projets de conception et industrialisation de nouveaux produits ou de nouveaux services. Cette approche de gestion de projet facilite la transformation et la concrétisation des idées de départ en produits ou services qui peuvent être produits à grande échelle [39][40].

**4.A3** : A3 est un outil de résolution de problèmes approfondie développé par Toyota ayant pour but de promouvoir la collaboration active en permettant à des groupes de personnes de travailler ensemble sur les objectifs stratégiques d'un projet. Le nom de l'approche tire son origine de la taille spécifique du papier utilisé pour la visualisation et la présentation des idées, des plans et des informations essentielles tout au long du processus [42].

Le tableau suivant représente les étapes de chaque méthode de résolution de problèmes [35][39][40] :

TAB. 2.6 : Les étapes des méthodologies de résolution des problèmes

PDCA	DMAIC	DMADV	A3
Planifier (Plan)	Définir le problème	Définir le problème	Définir le problème
	Mesurer et récolter les données	Mesurer et récolter les données	Décrire la situation actuelle
			Déterminer l'objectif
Analyser les données	Analyser les données	Analyser les données	Analyser les causes racines
			Mesurer
Réaliser (Do)	Améliorer et innover	Implémenter	Planifier la mise en oeuvre
Contrôler (Check)	Contrôler	Étudier les résultats et corriger	Évaluer les résultats
Ajuster (Act)			Standardiser

### Comparaison des méthodologies de résolution des problèmes

Le tableau ci-dessous un tableau comparatif entre les quatre méthodes provoquées précédemment [43][44][45] :

TAB. 2.8 : Tableau comparatif des méthodologies de résolution de problèmes

Critère du choix	PDCA	DMAIC	DMADV	A3
Méthodologie structurée	Structurée	Structurée	Structurée	Structurée
Une définition robuste de problème	Elle définit ce qui doit être fait	Elle définit ce qui doit être fait et comment le faire	Elle définit ce qui doit être fait et comment le faire	Elle définit ce qui doit être fait et comment le faire
Analyse des causes profonds	Tout dépend le projet	Analyse détaillée des causes profonds	Analyse détaillée des causes profonds	Analyse détaillée des causes profonds
Implication des parties prenantes	Faible à Moyenne	Élevée	Élevée	Faible
Type du problème	Des problèmes de taille moyenne	Des problèmes complexes	Des problèmes complexes	Des problèmes de taille moyenne
Type du projet	L'amélioration d'un processus à l'état de seuil	L'amélioration d'un processus à l'état de seuil	Conception d'un processus entièrement nouveau	L'amélioration d'un processus à l'état de seuil
Complexité	Moins Complexité	Complexité	Complexité	Variable
Durée	Courte	Moyenne	Longue	Très Courte

### 2.3.5 Résultat de la section 2

Au cours de cette section , nous avons examiné les principes fondamentaux du lean manufacturing et du lean Six Sigma, ainsi que les différentes approches de résolution de problèmes adoptées dans les projets.

Nous avons également comparé ces différentes méthodologies en analysant leurs avantages et leurs inconvénients, ainsi que leurs étapes et leur application. Après avoir évalué les différentes options, nous avons sélectionné la méthode la mieux adaptée à notre projet en fonction de nos objectifs et des contraintes.

Nous mettrons ensuite en évidence la méthodologie choisie : DMAIC, et détaillerons chaque étape dans la section trois afin de montrer comment elle nous aidera à résoudre le problème de manière efficace et efficiente.

### 2.4 La méthodologie DMAIC

Notre démarche adopte une approche standard qui s'appuie sur la méthodologie DMAIC des projets Six Sigma, tout en intégrant les outils Lean spécifiques à chaque étape. Cette approche nous permet d'identifier les opportunités d'amélioration et d'approfondir l'analyse des problèmes détectés lors de notre évaluation initiale. En combinant ces deux approches, nous sommes en mesure de mettre en évidence des pistes concrètes d'amélioration et d'obtenir une compréhension approfondie des problématiques identifiées.

Le DMAIC est une méthode de résolution de problèmes inspirée des pratiques de Deming et du cycle PDCA, est une approche essentielle pour améliorer les processus et la qualité. Il se compose de cinq étapes : Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler. Le DMAIC a été appliqué avec succès dans divers domaines tels que la chaîne d'approvisionnement et l'analyse des défaillances de systèmes. Il peut également être combiné à d'autres méthodes comme VSM, ainsi qu'à des approches telles que Lean manufacturing et la théorie des contraintes [46].

#### 2.4.1 Définir

Un projet DMAIC commence par l'identification d'un problème spécifique à résoudre. La première étape Définir consiste à définir clairement ce problème en décrivant ce qui doit être amélioré. Cette étape est cruciale car elle établit le point de départ du projet [35]. Les outils utilisés dans cette phase sont :

##### 1. Identifier les CTQ

###### Voix client

Le principal objectif de la démarche DMAIC est d'atteindre la satisfaction du client pour améliorer les performances économiques de l'entreprise. Pour comprendre les attentes des clients, il est essentiel de les écouter attentivement, en utilisant diverses méthodes d'investigation. Cela peut inclure des sondages, des groupes de discussion, des entretiens individuels, l'observation directe, ainsi que l'analyse des informations préexistantes dans les archives de l'entreprise. Cette approche permet de recueillir une compréhension approfondie des besoins des clients, en tenant compte à la fois des aspects pratiques et des facteurs émotionnels liés à leur satisfaction [30][35].

###### Diagramme CTQ

Pour évaluer la satisfaction des exigences du client, il est essentiel de mettre en place un processus de mesure adéquat. Cela implique de définir clairement les critères de satisfaction visés pour chaque exigence. La construction d'un diagramme CTQ nécessite une réflexion approfondie sur ces aspects.

Chaque exigence doit être associée à une caractéristique mesurable, accompagnée de spécifications définies. Parmi ces caractéristiques, il convient d'identifier celles qui revêtent une importance cruciale pour le client (CTQ) et de s'assurer que les spécifications établies sont en accord avec ses attentes. Cette démarche vise à garantir que les caractéristiques sélectionnées et les limites spécifiées sont en adéquation avec les attentes du client [35].

### Diagramme de Kano

Le modèle de Kano, théorisé par Noriaki Kano en 1984, met en évidence une distinction importante dans la satisfaction et l'insatisfaction des utilisateurs vis-à-vis d'un produit ou d'un service. Ce modèle de qualité est largement utilisé pour évaluer les attentes des clients et comprendre comment les caractéristiques d'un produit peuvent influencer leur satisfaction [30][35].

Selon le modèle de Kano, une caractéristique peut être classée dans l'une des six catégories suivantes [35] :

- La première catégorie est la "Performance" (P), où la satisfaction de l'utilisateur est directement liée à la performance de la caractéristique. Une performance médiocre entraîne de l'insatisfaction, tandis qu'une performance élevée génère de la satisfaction.
- La deuxième catégorie est celle du "Devrait être" (D). Dans cette catégorie, la satisfaction de l'utilisateur n'est pas proportionnelle à la performance de la caractéristique. Une performance faible provoque de l'insatisfaction, mais une bonne performance ne suscite pas de réactions particulières car il s'agit d'une caractéristique attendue.
- La troisième catégorie est celle de la "Séduction" (S). Ici, la satisfaction de l'utilisateur n'est pas non plus proportionnelle à la performance de la caractéristique. Une performance faible n'éveille pas d'intérêt particulier, mais une bonne performance crée un sentiment de délice et de surprise chez le client.
- La catégorie "Indifférent" (I) indique que l'utilisateur se soucie peu de cette caractéristique, qu'elle soit bien réalisée ou non. Pour lui, cela n'a pas d'impact significatif sur sa satisfaction globale.
- Les catégories "Questionnable" (Q) et "Opposé" (O) soulignent les situations où les réponses des utilisateurs ne sont pas significatives ou sont opposées aux attentes des enquêteurs.

Selon le modèle de Kano, une caractéristique peut évoluer avec le temps. Elle peut commencer par susciter un sentiment de "Séduction", puis évoluer vers une catégorie de "Performance", pour finalement être considérée comme une caractéristique "Devrait être" standard, attendue par les utilisateurs.

L'enquête de Kano est conçue pour déterminer dans quelle catégorie chaque caractéristique se situe. Elle repose sur trois questions principales : les effets de la présence de la caractéristique, les effets de l'absence de la caractéristique, et les effets d'une performance élevée de la caractéristique.

Les réponses à ces questions permettent de classer les caractéristiques dans les différentes catégories de Kano, fournissant ainsi des informations précieuses.

### Matrice QFD

La matrice QFD, également connue sous le nom de "maison de la qualité", est l'outil central du QFD. Elle permet d'établir un lien entre les attentes des clients (QUOI) et les spécifications du produit (COMMENT). Les attentes des clients sont collectées à travers des enquêtes, où chaque attente est pondérée en fonction de son importance et évaluée par rapport à la concurrence. Les spécifications du produit sont définies et évaluées en comparaison avec celles des concurrents.

La construction de la matrice QFD implique d'établir les relations entre les attentes des clients et les spécifications du produit en utilisant différents niveaux de relation (forte, modérée, faible). Ces relations permettent de calculer l'importance de chaque spécification par rapport aux attentes des clients.

L'analyse comparative des évaluations concurrentielles permet de vérifier si les spécifications du produit répondent aux attentes des clients. Elle permet également d'identifier d'éventuelles incohérences entre les attentes mal notées par les clients et les spécifications qui bénéficient d'une bonne évaluation concurrentielle [35][47].

### 2. Cartographie des processus (SIPOC)

Le diagramme SIPOC est un outil puissant utilisé pour comprendre, analyser et améliorer un processus. Il offre une représentation visuelle claire et concise des étapes clés d'un processus, ainsi que des relations entre les fournisseurs, les inputs, les étapes, les outputs et les clients [30][35][48].

- Fournisseurs (Suppliers) : Il s'agit des personnes, départements ou organisations qui fournissent les inputs nécessaires au processus. Cela peut inclure des fournisseurs externes, des départements internes de l'entreprise ou des régulateurs externes. Les inputs fournis par les fournisseurs peuvent être des informations, des équipements, des matières premières ou des ressources humaines.
- Inputs : Les inputs sont les éléments nécessaires pour exécuter le processus. Ils peuvent prendre la forme de formulaires, d'informations, d'équipements ou même de compétences humaines. Les inputs peuvent provenir à la fois des fournisseurs externes et internes.
- Processus (Process) : Cette partie du diagramme représente les étapes clés du processus lui-même. Les étapes sont généralement décrites de manière succincte et à un niveau élevé pour donner une vision globale du processus sans entrer dans les détails opérationnels.
- Outputs (Résultats) : Les outputs sont les résultats ou les produits générés par le processus. Ils sont destinés à satisfaire les besoins et les attentes des clients internes et externes. Les outputs peuvent être des produits finis, des services, des rapports, des informations, etc.
- Customer (Clients) : Les différentes parties prenantes internes et externes qui reçoivent les outputs du processus. Il peut s'agir de clients finaux, de départements internes ou d'autres entités qui utilisent les résultats du processus [30].

### 3.QQOQCP

La méthode QQOQCP permet de rassembler des informations détaillées sur le problème en posant ces six questions essentielles. Cela aide à mieux comprendre la nature, la portée et les implications du problème, afin de pouvoir ensuite identifier et mettre en œuvre des solutions appropriées [49].

TAB. 2.10 : Méthode QQOQCP

QQOQCP (5W1H)	Description
Quoi (What)	Quel est le problème ou l'objet d'étude ? Quels sont les aspects spécifiques ou les caractéristiques du problème ?
Qui (Who)	Qui est impliqué dans le problème ? Qui est affecté par le problème ? Y a-t-il des acteurs clés ou des parties prenantes importantes liées au problème ?
Où (Where)	Où le problème se produit-il ? Où le problème a-t-il été détecté ou observé ?
Quand (When)	Quand le problème s'est-il produit ? Quand a-t-il été détecté ou signalé ? Est-ce que le problème se produit régulièrement, de manière sporadique ou à des moments précis ?
Comment (How)	Comment le problème se manifeste-t-il ? Comment le problème affecte-t-il les processus, les personnes ou les systèmes ? Comment le problème est-il mesuré ou évalué ?
Pourquoi (Why)	Pourquoi le problème se produit-il ? Quelles sont les causes ou les facteurs contributifs du problème ? Quelles sont les conséquences ou les impacts du problème

### 4.Diagramme "Dedans/Dehors"

Le diagramme "Dedans/Dehors" est une approche visuelle utilisée pour représenter les frontières et les interactions entre les différentes parties d'un système ou d'un processus. Il met en évidence les entrées, les sorties et les flux entre les composants internes et externes, ainsi que les contraintes, les interfaces et les responsabilités de chaque composant. Cet outil favorise la communication, la compréhension des frontières et des interfaces, et facilite l'identification des opportunités d'amélioration et des risques potentiels [35].

### 5.Charte de projet

La charte de projet résume les principales conclusions de l'étape "Définir" et constitue un document essentiel pour initier et orienter le projet. Elle définit précisément le problème ou l'opportunité d'amélioration, identifie les caractéristiques critiques pour les clients, établit l'état actuel et souhaité, et met en place le groupe de travail chargé de la mise en œuvre. La charte sert de référence pour le suivi, l'évaluation et la communication du

projet, et peut être révisée au besoin pour garantir l'atteinte des objectifs dans les délais prévus [30][35].

### 2.4.2 Mesurer

Cette phase a pour objectif de rassembler différentes informations afin d'évaluer de manière approfondie la situation actuelle de l'entreprise en utilisant des données chiffrées et des informations concrètes [35]. Cela permet de quantifier précisément le problème [38] et de comparer les résultats tout au long du projet. L'objectif est d'utiliser des outils précis pour évaluer les processus de manière rigoureuse [30]. Il est primordial de collecter des données pertinentes et précises, car des mesures incorrectes pourraient avoir des conséquences importantes sur l'analyse et les autres étapes du DMAIC [35][46].

#### 1. La boîte à moustaches

La boîte à moustaches est un outil graphique qui récapitule de manière concise la forme, la tendance centrale et la variabilité d'un échantillon, offrant ainsi une analyse approfondie de la distribution des données. Elle permet de visualiser la répartition des valeurs par rapport à la médiane, de détecter les valeurs aberrantes et de comparer différents ensembles de données [50].

Les différents éléments de la boîte à moustaches comprennent [50] :

La médiane est une mesure de position centrale représentée par une ligne à l'intérieur de la boîte, qui divise l'échantillon en deux parties égales.

La boîte de l'étendue interquartile représente la plage centrale de 50% des données, entre le premier quartile (Q1) et le troisième quartile (Q3).

Les valeurs aberrantes (\*) sont des observations situées en dehors de cette plage.

Les moustaches s'étendent de part et d'autre de la boîte pour montrer la dispersion globale des données, en excluant les valeurs aberrantes.

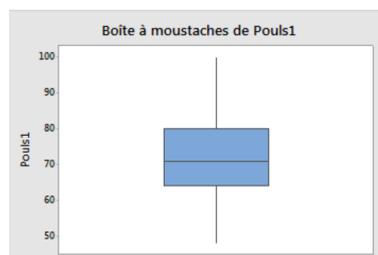


FIG. 2.3 : Boîte à moustaches

#### 2. Cartographie de la chaîne de valeur (Value Stream Mapping)

Value Stream Mapping ou la cartographie de la chaîne de valeur est un outil de lean manufacturing, et une représentation visuelle qui permet de visualiser la situation réelle qui se produit dans la chaîne de valeur de la production [30][51]. "Ce que nous entendons par VSM est simple : suivez le chemin de production d'un produit du client au fournisseur et dessinez soigneusement une représentation visuelle de chaque processus dans le flux de

matière et d'informations, ensuite posez un ensemble de questions clés et dessinez une cartographie de l'état futur de la façon dont la valeur devrait circuler" (John Shook et Mike Rother, 1998).

La cartographie de la chaîne de valeur comprend plusieurs étapes pour évaluer et optimiser les flux de valeur. Avant de commencer à élaborer la carte de la chaîne de valeur (Value Stream Mapping ou VSM), il est essentiel de choisir attentivement le produit qui fait l'objet de l'étude. Ce choix dépend de son portefeuille de produits [51].

Dans le cas des entreprises qui ont un nombre limité de produits, il est courant de se concentrer sur le produit phare, celui qui réalise les ventes les plus importantes ou qui représente le mieux l'activité principale de l'entreprise [52].

En revanche, pour les entreprises de plus grande envergure, l'étude se portera plutôt sur une famille de produits. Cette famille regroupe des produits qui subissent des traitements similaires ou qui passent par des équipements comparables. L'objectif est d'analyser les flux de valeur et les processus communs à ces produits apparentés [52].

Une fois le produit sélectionné, il est nécessaire de procéder à l'élaboration du dessin de l'état actuel en recueillant des informations sur le terrain. Cela permet de comprendre le fonctionnement actuel de la chaîne de valeur et de déterminer les bases pour un état futur amélioré. Les idées d'amélioration pour l'état futur peuvent également émerger lors de cette étape [51].

Ensuite, l'étape clé est de concevoir l'état futur souhaité de la chaîne de valeur. Cette représentation graphique met en évidence les changements et les améliorations qu'on souhaite apporter. Il est important de souligner que l'état futur est l'objectif principal de la cartographie de la chaîne de valeur [51].

Enfin, pour mettre en œuvre les changements nécessaires, il est essentiel de créer un plan d'implémentation clair et concis. Ce plan décrit comment on prévoit d'atteindre l'état futur souhaité. Une fois que les modifications sont mises en place, il est important de mettre à jour la cartographie de la chaîne de valeur pour refléter la réalité actuelle [51].

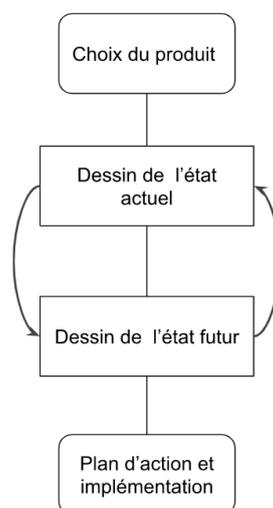


FIG. 2.4 : Les étapes d'élaboration du VSM

La cartographie de la chaîne de valeur classe généralement chaque type d'activité ou tâche en posant une série de questions [53] :

TAB. 2.12 : Questions clés pour la classification des tâches

Type de tâche	Questions à poser
Tâche à valeur ajoutée VA	<p>La tâche ajoute-t-elle une forme ou une caractéristique au produit ou au service ?</p> <p>La tâche confère-t-elle un avantage concurrentiel (prix réduit, livraison plus rapide, moins de défauts) ?</p> <p>Le client serait-il prêt à payer un supplément ou à préférer notre produit par rapport à la concurrence si cette tâche était connue ?</p>
Tâche à non valeur ajoutée mais nécessaire BVA	<p>En plus de la valeur ajoutée pour le client, l'entreprise exige-t-elle cette tâche pour des raisons légales ou réglementaires ?</p> <p>Cette tâche contribue-t-elle à la réduction des risques financiers pour l'entreprise ?</p> <p>Cette tâche répond-elle aux exigences de reporting financier ?</p> <p>Le processus serait-il perturbé si cette tâche était supprimée ?</p>
Tâche à non valeur ajoutée NVA	<p>La tâche comprend-elle des activités non essentielles comme le comptage, la manipulation, l'inspection, le transport, le retard, le stockage, etc. ?</p>

### 2.4.3 Analyser

Pendant cette phase, on se concentre sur l'identification des problèmes liés au processus et la recherche des causes profondes à l'origine de ces problèmes. L'objectif est de répondre à la question essentielle : "Qu'est-ce qui ne fonctionne pas correctement dans le processus ?" Dans cette perspective, la phase d'analyse revêt une importance cruciale, car elle consiste à regrouper et à donner un sens aux informations et aux données collectées lors de la phase de mesure. L'objectif est de déterminer les sources de retard, de gaspillage, en utilisant ces données comme base solide pour identifier les liens de cause à effet au sein du processus. Il est essentiel de rester rigoureusement attaché aux faits et aux données disponibles, afin de tirer des conclusions éclairées sur les facteurs qui contribuent aux problèmes fondamentaux [30][46].

Les outils utilisés dans cette étape sont :

#### 1. Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa également connu sous le nom de diagramme en arête de poisson ou diagramme de cause à effet, est un outil visuel et une technique graphique utilisés pour explorer les différentes causes possibles d'un événement ou d'un phénomène spécifique. Il nous aide à trouver les causes principales du problème. Ce diagramme a été

créé par le professeur Kaoru Ishikawa, un chimiste japonais et l'un des précurseurs des théories de gestion de la qualité aux côtés de William E. Deming et Joseph Juran [30][54].

Le diagramme en arête de poisson est souvent utilisé pour récapituler les résultats des sessions de brainstorming, mettant en évidence les raisons profondes d'une situation. Il offre une approche systématique pour analyser les effets et les causes qui créent ou contribuent à ces effets. En raison de sa fonction, il est parfois appelé diagramme de cause à effet. Sa conception ressemble à celle du squelette d'un poisson, d'où son nom de diagramme en arête de poisson [30][54].

### 2. Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un outil puissant qui se présente sous la forme d'un histogramme, où les causes sont représentées sur l'axe horizontal. Il permet de filtrer facilement les causes prioritaires et de concentrer nos actions sur les problèmes essentiels, ce qui permet de maximiser l'impact tout en minimisant les coûts [38].

Ce diagramme est particulièrement utile pour classer les phénomènes par ordre d'importance. Il met en évidence les causes les plus importantes qui expliquent un phénomène ou une situation, en se basant sur la loi du 80/20 selon laquelle 20% des causes sont responsables de 80% des effets. Cela signifie que se focaliser sur ces 20% de causes permet d'avoir un fort impact sur le phénomène étudié [54].

Les diagrammes de Pareto sont utilisés pour hiérarchiser les problèmes par ordre de priorité. Ils permettent de comparer l'évolution des données sur différentes périodes et fournissent une base solide pour la construction d'un diagramme cumulatif. Ils aident les décideurs à concentrer leur attention sur les problèmes les plus importants, en identifiant les domaines où leur contribution peut être la plus significative.

### 3. AMDEC

L'AMDEC, acronyme pour Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, est une méthode qui consiste à analyser les modes de défaillance d'un produit, d'un service ou d'un processus, ainsi que leurs effets potentiels. Ensuite, ces modes de défaillance sont hiérarchisés en fonction de leur criticité, qui est déterminée en tenant compte de la fréquence d'occurrence, de la gravité des conséquences et de la facilité de détection. Cette analyse permet de prendre des mesures correctives ou préventives appropriées, d'améliorer les mesures déjà en place, que ce soit lors de la phase de conception, de la réalisation ou de l'exploitation [54].

Les types d'AMDEC : Différents types d'analyse AMDEC existent en fonction de l'objectif de l'analyse et de l'objet de l'étude [55] :

- AMDEC produit : Ce type d'analyse vise à évaluer la fiabilité d'un produit lors de sa conception afin de prévoir les éventuelles défaillances.
- AMDEC processus : Il est principalement appliqué aux processus de production ou de fabrication, ainsi qu'à leurs différentes étapes.
- AMDEC organisation : Cette méthode s'applique aux différents processus organisationnels tels que la gestion, la finance, le marketing et la production.
- AMDEC service : Son objectif est d'analyser l'alignement entre la performance d'un

service et les attentes des clients.

- AMDEC moyen : Cette approche s'applique aux machines, équipements ou logiciels informatiques afin d'analyser leurs modes de défaillance.

### 2.4.4 Améliorer

La phase d'amélioration du processus DMAIC vise à rechercher de nouvelles approches pour optimiser les processus, réduire les coûts et améliorer l'efficacité. Elle met l'accent sur la créativité, l'exploration de méthodes alternatives pour mettre en œuvre ces nouvelles approches de manière efficace. L'objectif est d'identifier et de mettre en place des solutions qui génèrent des améliorations, des économies de coûts ou une productivité accrue. On choisit des solutions à implémenter en fonction de la faisabilité, et répond à la question "Que devons-nous faire pour améliorer le processus?". Cette phase repose sur un travail approfondi effectué lors de la phase d'analyse [30][46].

Les outils utilisés dans cette étape sont :

#### 1. Brainstorming

Le brainstorming est une méthode collaborative permettant de générer un grand nombre d'idées et de solutions en un court laps de temps. Il favorise la libre expression et encourage la créativité des participants. Lors d'une séance de brainstorming, les membres du groupe sont invités à partager leurs idées sans jugement ni critique. Toutes les idées sont considérées comme valables et peuvent être développées ultérieurement. Cette approche permet d'explorer différentes perspectives, d'identifier de nouvelles opportunités et de trouver des solutions innovantes aux problèmes. Le brainstorming peut être utilisé dans de nombreux contextes, tels que la résolution de problèmes, la prise de décision en groupe ou la génération de nouvelles stratégies. Il favorise la collaboration, l'engagement de chacun et la création d'un environnement propice à l'innovation [38][46].

#### 2. SMED

SMED, qui est l'acronyme de l'expression anglaise "Single Minute Exchange of Die", se réfère au changement de matrice en moins de 10 minutes, c'est-à-dire en un laps de temps à un seul chiffre. Cette méthode est communément traduite par "changement rapide d'outillage" [56].

La norme AFNOR NF X 50-310 définit SMED comme "une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié".

Lorsqu'il s'agit d'un changement d'outillage, on distingue généralement deux types d'opérations. Les opérations internes nécessitent l'arrêt de la machine. En revanche, les opérations externes peuvent être effectuées pendant le fonctionnement de la machine.

Le processus SMED (Single Minute Exchange of Die) se compose des étapes suivantes [56] :

- Étape 1 : Identification des opérations de changement d'outillage : Les différentes opérations impliquées dans le processus de changement d'outillage sont identifiées, observées et analysées en détail.

- Étape 2 : Séparation des opérations externes : Les opérations qui peuvent être réalisées pendant le fonctionnement de la machine sont identifiées et extraites du temps total de changement d'outillage.

- Étape 3 : Conversion des opérations internes en opérations externes : Les opérations internes restantes sont analysées et réorganisées de manière à les convertir en opérations externes, réduisant ainsi le temps de machine arrêtée.

- Étape 4 : Rationalisation des opérations internes : Les opérations internes qui demeurent sont examinées afin de supprimer les étapes inutiles et d'optimiser celles qui restent. Une restructuration efficace des opérations internes est effectuée en les organisant de manière parallèle ou simultanée.

- Étape 5 : Rationalisation des opérations externes : Les opérations externes nécessaires à la préparation du changement d'outillage sont examinées et optimisées pour minimiser leur durée et leur impact sur le temps total de changement.

L'objectif de ces étapes est de réduire le temps nécessaire pour effectuer un changement d'outillage en convertissant les opérations internes en opérations externes, en éliminant les étapes non essentielles et en optimisant l'ensemble du processus. Cela permet d'obtenir des changements d'outillage plus rapides et efficaces.

### 2.4.5 Contrôler

La phase de contrôle est cruciale pour assurer la pérennité des améliorations apportées au processus. Son objectif est d'établir une structure solide qui permettra de maintenir le processus sous contrôle. En mettant en place des mécanismes de surveillance et de suivi réguliers, on s'assure que les améliorations ne se dégradent pas avec le temps. Cette étape est essentielle pour garantir que les gains obtenus restent durables et que le processus continue de fonctionner de manière efficace. En contrôlant activement le processus, on peut identifier rapidement tout signe de dégradation et prendre des mesures correctives appropriées [30][35][46].

### 2.4.6 Résultat de la section 3

Cette section confirme la puissance de l'approche DMAIC en tant que méthode de résolution de problèmes. Il fournit une référence solide pour l'application de la démarche DMAIC et des outils Lean dans les prochains chapitres du rapport.

### 2.5 Lean manufacturing digital

Le lean manufacturing vise à optimiser l'efficacité, à réduire les gaspillages et à fournir une valeur ajoutée aux clients. Dans l'ère numérique actuelle, le Lean manufacturing digital est une approche qui cherche à améliorer l'efficacité et à réduire les gaspillages dans les processus de fabrication en intégrant des outils numériques. Parmi ces outils, les plateformes Low-Code/No-Code jouent un rôle essentiel. Elles permettent de créer des applications sans nécessiter de compétences en programmation avancée, facilitant ainsi la numérisation des opérations de production [67][68].

#### 2.5.1 Les plates-formes d'application à Low-code/No-code

Les plates-formes d'application à Low code (faible code) sont des logiciels qui permettent aux fabricants de numériser efficacement la collecte de données et la surveillance des processus de production, et qui permettent également un développement rapide d'applications en utilisant des abstractions de programmation déclaratives et de haut niveau. Elles offrent des avantages en termes de productivité et de rapidité de livraison pour les applications d'entreprise nécessitant des performances élevées, une sécurité et une évolutivité. Les plates-formes "No-code" sont également incluses dans ce marché et permettent un développement d'applications sans ou avec peu de codage, principalement basé sur la modélisation visuelle ou la configuration [57][67][68].

Voici comment le Low-code/ No code améliore le Lean manufacturing [67][68] :

- Automatisation des tâches et amélioration des flux de travail : Le Low-code/No-code favorise l'automatisation des tâches répétitives et chronophages, libérant ainsi le temps des employés pour se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée. Grâce à cette automatisation, des processus tels que l'attribution des tâches, les instructions aux utilisateurs et les flux de travail peuvent être simplifiés et rationalisés. Cela permet une réduction des erreurs humaines et une amélioration globale de l'efficacité. On peut ainsi optimiser le flux de travail, garantir une gestion transparente des tâches tout au long du processus de fabrication et améliorer la productivité de l'équipe.

- Agilité renforcée et développement accéléré : Grâce au Low-code, on peut concevoir et développer des applications sur mesure à une vitesse jusqu'à dix fois plus rapide que les méthodes traditionnelles. Cette agilité accrue permet de s'adapter rapidement aux changements du marché et aux demandes spécifiques des clients. De plus, le Low-code/No-code permet des modifications et des mises à jour aisées, facilitant ainsi l'optimisation continue des processus de fabrication.

- Visibilité en temps réel et amélioration continue : Les applications basées sur la technologie Low-code/No-code offrent une précieuse source de données en temps réel, offrant ainsi une visibilité complète sur les processus de production. En se basant sur des indicateurs clés de performance liés à la production, on peut désormais suivre précisément les performances de chaque étape du processus de fabrication. Cette approche basée sur les données permet d'analyser les informations en temps réel et de prendre des décisions éclairées pour optimiser l'efficacité et réduire les temps d'arrêt. Grâce à ces données en temps réel, il devient possible d'identifier les goulots d'étranglement et de découvrir les

meilleures pratiques pour améliorer continuellement les processus. En personnalisant les applications Low-code/No-code pour suivre les activités, la localisation et la productivité des travailleurs, on peut optimiser les performances et améliorer la productivité globale de leur entreprise. Cette approche permet d'optimiser le flux de travail en éliminant les activités sans valeur ajoutée et en se concentrant sur celles qui génèrent une réelle valeur pour l'entreprise. En exploitant les capacités des applications Low-code/No-code, on peut non seulement obtenir une vision claire des performances de processus de production, mais également identifier les domaines où des améliorations sont nécessaires. Cela permet d'optimiser les ressources disponibles et de maximiser l'efficacité opérationnelle, tout en minimisant les coûts et en garantissant la satisfaction des clients.

- Optimisation des ressources et réduction des coûts : Le Low-code/No-code permet une gestion plus efficace des ressources en optimisant l'utilisation des équipements, des matières premières et de la main-d'œuvre. On peut ainsi planifier la production de manière plus précise, évitant les surstocks et les pénuries, ce qui se traduit par une réduction des coûts liés à la gestion des stocks. De plus, l'automatisation des tâches et la réduction des erreurs contribuent à optimiser les coûts de production, améliorant ainsi la rentabilité globale de l'entreprise.

- Numérisation des données : Le Lean manufacturing repose sur des données précises et accessibles pour prendre des décisions éclairées. Les plateformes Low-code/No-code permettent de numériser le processus de collecte de données, garantissant que les informations sont facilement disponibles et facilement analysées. Cette transformation numérique élimine les documents papier manuels, réduit les erreurs et fournit des informations en temps réel pour une prise de décision efficace.

En combinant les principes de la fabrication Lean avec les avantages du Low-code/No-code, on peut améliorer leur agilité, automatiser leurs processus, optimiser l'utilisation des ressources et prendre des décisions basées sur des données en temps réel. Le Low-code/No-code joue un rôle essentiel dans la transformation du Lean manufacturing en une approche numérique, permettant aux entreprises de rester compétitives dans un environnement commercial en constante évolution.

- Exemples de plateformes low-code/No-code :

Parmi les différentes plateformes et outils de développement à Low code/No code (faible code/sans code) considérées comme Leader dans le marché selon la classification de Gartner en annexe 03 [57], on peut trouver :

- Microsoft Power Platform : La Power Platform de Microsoft est une suite de produits comprenant Power Apps, Power Automate (anciennement Microsoft Flow) et Power BI. Ces outils permettent aux utilisateurs de créer facilement des applications, d'automatiser des processus et de visualiser des données, le tout sans nécessiter de compétences de développement approfondies.

- Mendix : Mendix est une plate-forme de développement d'applications à Low-code/No-code qui met l'accent sur la collaboration entre les équipes métier et informatiques. Elle permet de créer rapidement des applications d'entreprise personnalisées tout en offrant des fonctionnalités avancées telles que l'intégration de l'Internet des objets (IoT) et la gestion du cycle de vie des applications.

- OutSystems : OutSystems est une plate-forme de développement d'applications à Low-code/No-code qui offre une approche visuelle pour la création d'applications web et mobiles. Elle permet aux développeurs de concevoir, développer, déployer et gérer des applications rapidement et efficacement, en utilisant des composants réutilisables et une automatisation avancée.
- Appian : Appian est une plate-forme de développement d'applications à Low-code/No-code qui met l'accent sur l'automatisation des processus métier complexes. Elle offre des fonctionnalités de modélisation, d'exécution et d'analyse des processus, ainsi que des capacités d'intégration et de déploiement avancées.
- Salesforce Lightning Platform : La Salesforce Lightning Platform est une plate-forme de développement d'applications à low-code/No-code conçue pour l'écosystème Salesforce. Elle permet aux utilisateurs de créer des applications personnalisées et des flux de travail automatisés, en exploitant les fonctionnalités de Salesforce, telles que la gestion des clients, les ventes, le service client et le marketing.

Chaque plateforme présente ses propres points forts et faibles, qui sont détaillés dans l'annexe 04.

### 2.5.2 Résultat de la section 4

En combinant les principes du Lean manufacturing avec les avantages du Low-code/No-code, les entreprises peuvent améliorer leur agilité, automatiser leurs processus, optimiser l'utilisation des ressources et prendre des décisions basées sur des données en temps réel.

## 2.6 Conclusion

Ce chapitre a amélioré notre compréhension des concepts liés à la problématique abordée dans ce travail. En comparant et examinant les approches existantes, nous avons pu choisir l'approche et la méthodologie les plus appropriées pour notre projet, à savoir l'utilisation de la démarche DMAIC avec les outils du Lean Manufacturing pour réduire les gaspillages dans le processus actuel. Le chapitre suivant se concentrera sur l'application des trois premières étapes de la démarche choisie, à savoir Définir, Mesurer et Analyser, afin de bien cerner la problématique et d'identifier les causes majeures.

## Chapitre 3

### Identification des opportunités d'amélioration

### 3.1 Introduction

Ce chapitre met l'accent sur les trois premières phases du DMAIC, à savoir la phase Définir, Mesurer et Analyser. Ces phases initiales revêtent une importance capitale car elles permettent de comprendre et d'évaluer d'une manière qualitative et quantitative la problématique de la capacité limitée, d'identifier les causes profondes potentielles en collectant et interprétant les données pertinentes.

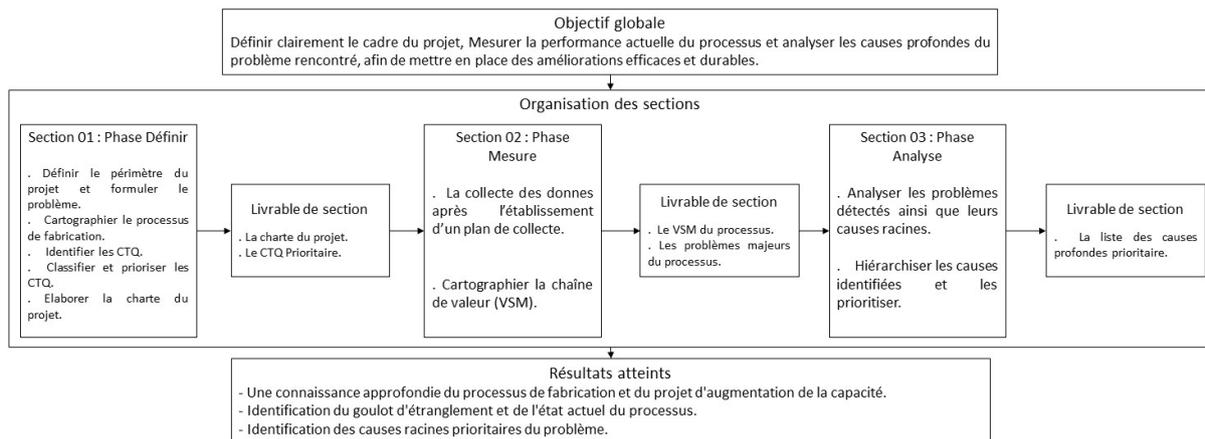


FIG. 3.1 : Schéma de cadre logique du chapitre 03

### 3.2 Phase 1 : Définir

L'objectif de la phase "Define" est de définir clairement le cadre du projet et son périmètre et de s'assurer que toutes les parties prenantes sont alignées sur les objectifs.

En premier lieu, il est primordial de comprendre le besoin du client et ses exigences pour pouvoir identifier les CTQ, qui représentent un élément clé dans la démarche employée. Les CTQ fournissent une base solide pour évaluer la performance en termes de satisfaction des exigences des clients.

Un autre aspect important concerne la représentation graphique du processus qui a pour but de fournir une visualisation claire sur les différentes étapes du processus, ses entrées, ses fournisseurs, ses sorties et ses clients. Cela permet de mieux comprendre le processus en question dans son ensemble.

#### 3.2.1 Périmètre du projet et formulation du problème

La première étape d'un projet consiste à éclaircir le problème à résoudre, afin de garantir sa bonne définition et d'identifier clairement son périmètre. Pour cela, nous allons utiliser l'analyse QQQCP, qui offre une vue d'ensemble du problème et permet de déterminer ses différents éléments.

#### QOOQCP

En répondant aux six questions posées par cette analyse, il devient possible d'identifier les parties prenantes impliquées, les actions passées qui ont conduit au problème, l'endroit, le moment, la manière et la raison pour lesquelles le problème se produit.

TAB. 3.2 : La méthode QOOQCP

Quoi ?	Un écart entre la capacité de production actuelle de la ligne sachet et les prévisions de la demande du marché pour l'année 2024 .
Qui ?	Direction du site de production GSK.
Où ?	Dans la zone de production du site GSK Algérie plus précisément la ligne sachet.
Quand ?	Fin de l'année 2022, lors de l'élaboration du plan de production pour l'année 2023 et 2024.
Comment ?	L'incapacité de répondre à la demande du marché, ce qui se traduit par une indisponibilité de produits pouvant entraîner une insatisfaction des clients.
Pourquoi ?	Le processus de production actuel n'est pas optimal et nécessite des améliorations.

#### Diagramme "Dedans/Dehors"

Afin d'élaborer ce diagramme, nous avons discuté avec la direction du site pour définir les limites du projet. Le résultat que nous avons obtenues sont illustrées dans le diagramme suivant :

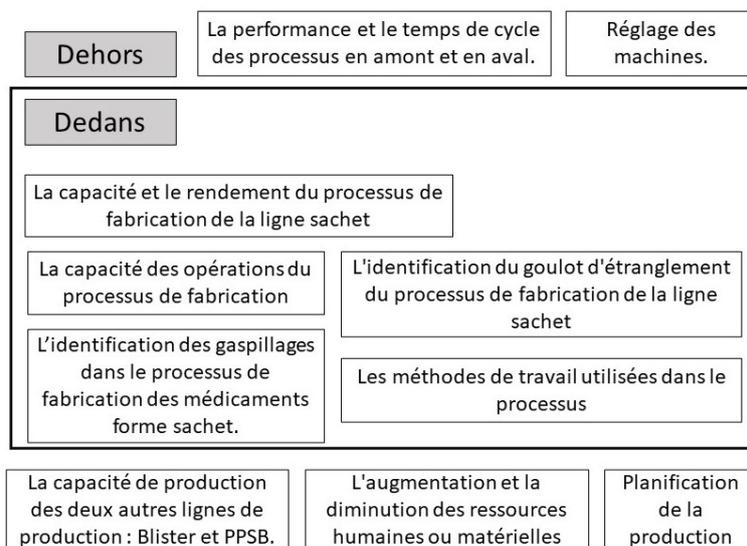


FIG. 3.2 : Diagramme Dedans / Dehors

### Enoncé du problème

Le problème à résoudre est l'écart entre la capacité de production actuelle de la ligne sachet du site GSK Algérie et les prévisions de la demande du marché pour l'année 2023, identifié en fin 2022 par la direction du site lors de l'élaboration du plan de production, afin d'éviter une indisponibilité de produits qui pourrait entraîner une insatisfaction des clients, en améliorant le processus de production actuel qui n'est pas optimal.

### 3.2.2 Cartographier le processus

#### Description de processus

Au cours de cette étape, nous allons décrire le processus étudié : le processus de production de la ligne de sachets.

a. Préfabrication : À partir des prévisions et de la planification des besoins, une élaboration de la production est réalisée. Ensuite, les ordres de commande sont envoyés aux fournisseurs. Une fois que les matières premières sont reçues, les tests de qualité sont effectués. Si les résultats sont confirmés, le service de contrôle qualité les enregistre sur SAP afin de comparer les documents fournis par le fournisseur avec les résultats trouvés. Une fois cette opération terminée, le service de planification lance les ordres de processus qui représentent le point de déclenchement du processus. Ensuite, la production envoie une demande de transfert à l'entrepôt qui confirme la réception de cet ordre et envoie les quantités de matières premières.

b. Fabrication : On peut identifier quatre étapes de fabrication nécessaires à la production d'un lot :

- Réception de la matière première : Le processus de production débute avec la réception des matières premières, qui sont livrées dans des sacs en polyéthylène. Ensuite, les matières premières sont vérifiées sur SAP avant d'être attribuées à la chambre de la pesée.

- La pesée des matières premières : Les matières premières sont amenées à la chambre de pesée sur des palettes. L'opération de pesage commence après le déchargement des palettes.

- Le mélange : Il est nécessaire de confirmer le poids des MP reçus avant de commencer l'opération. Les sacs sont déplacés sur une distance de 3 mètres à l'aide d'un transpalette, puis déchargés dans une boîte à gants pour éviter toute contamination. Les MP sont tamisées pour l'aspiration, chargées dans le distributeur et le mélangeur en Y et le mélange est finalement déchargé dans des fûts en inox.

- La détection des métaux : Les fûts sont ensuite acheminés vers la salle de détection des métaux, où ils sont passés un par un à travers le détecteur.

c. Post-fabrication :

- Conditionnement primaire : Le processus de conditionnement commence par la formation des sachets qui sont ensuite repliés avec le mélange et finalement scellés.

- Conditionnement secondaire : Les sachets sont insérés dans des boîtes avec leur notice,

puis passent par une trieuse pondérale, une vignetteuse et une caméra vérificatrice de vignette. Enfin, les boîtes sont placées dans des cartons qui sont scellés par une scotcheuse.

Une fois le processus de production terminé, un préleveur effectue un échantillonnage pour réaliser des tests. Après ces tests, les cartons sont emballés et envoyés à l'entrepôt. Avant d'arriver à cette étape, le régulateur envoie les documents du lot au ministère pour obtenir la libération. Le lot est ensuite envoyé au centre national de distribution et finalement aux distributeurs.

Le logigramme représentant le processus de fabrication et ses interactions avec les processus en amont et en aval est présenté en annexe 05.

### Identification des clients

Maintenant que nous avons décrit le processus de manière générale, nous sommes en mesure d'identifier la liste des clients impliqués dans ce processus :

Les clients finaux : Ce sont principalement les consommateurs finaux pour lesquels le produit est fabriqué en premier lieu.

Les clients aval sont les processus qui suivent directement le processus en question. Dans notre cas, il s'agit du processus de conditionnement, qui fait partie intégrante de la production. D'autres services peuvent également être identifiés en tant que clients indirects, tels que le service qualité qui effectue des prélèvements lors de la phase de conditionnement secondaire, et le service performance chargé du suivi des performances du processus.

### Diagramme de SIPOC

À partir de la description du processus, nous avons élaboré le diagramme suivant :

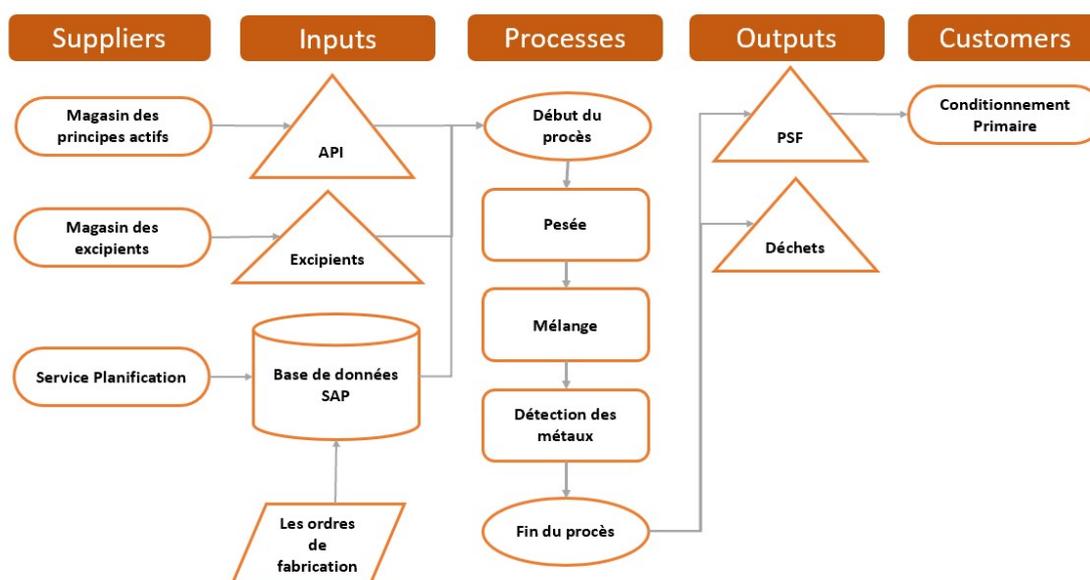


FIG. 3.3 : Diagramme de SIPOC.

### 3.2.3 Identification des CTQ

#### Écouter la voix du client

Dans notre étude, nous avons entrepris une enquête en partant de la demande exprimée par les clients finaux externes de l'entreprise, qui était la disponibilité du produit sur le marché. Après avoir analysé les données et échangé avec les responsables des différents départements du site, nous avons identifié que l'incapacité de répondre à la demande avec la capacité de production actuelle était la cause profonde du problème. En mettant en évidence cette cause fondamentale, nous avons réussi à traduire la demande externe du client en exigence interne.

TAB. 3.4 : CTQ - Le besoin client

Besoin	Explication
Une capacité de production annuelle améliorée.	La capacité de production désigne la quantité maximale de boîtes que la ligne de production est capable de produire pendant une année. Plusieurs éléments ont une incidence sur cette capacité et peuvent contribuer à son amélioration.

#### Elaboration du diagramme CTQ (Critical To Quality)

Une fois que le besoin du client a été déterminé, il est maintenant nécessaire de décomposer ce besoin en exigences. Cette décomposition permettra d'identifier les caractéristiques mesurables qui serviront à définir les objectifs nécessaires.

- Les exigences clients

En partant du besoin préalablement défini et en menant des enquêtes avec les parties prenantes de notre projet, nous avons pu identifier la liste des exigences suivante : Les exigences de rapidité, qualité, une ligne bien équipée, modernité et flexibilité

- Les caractéristiques mesurables

Après avoir déterminé les exigences, nous avons attribué à chacune d'elles une caractéristique mesurable qui est en adéquation avec les attentes du client telles qu'elles ont été définies au préalable.

Les exigences et caractéristiques sont expliquées en détail dans l'annexe 06.

- L'arbre CTQ

Maintenant que tous les éléments de l'arbre CTQ sont clairement définis, nous les avons regroupés dans le tableau suivant en associant chaque caractéristique à son exigence respective :

TAB. 3.5 : Tableau de regroupement des caractéristiques et exigences de l'arbre CTQ

Besoin	Exigences	Caractéristiques	Objectif
Améliorer la capacité de production de la ligne.	Rapidité	Temps de cycle d'un lot	à minimiser
		Délai de mise en production	à minimiser
	Qualité	Rendement de fabrication	à maximiser
	Une ligne bien équipée	Taux de disponibilité des machines	à maximiser
		Rendement des machines	à maximiser
	Modernité	Taux d'automatisation	à maximiser
	Flexibilité	Temps de traitement des anomalies	à minimiser
		Temps de changement de série	à minimiser

#### 3.2.4 Classification de Kano

Pour déterminer sur quelle exigence nous devons nous concentrer, nous avons réalisé une enquête de Kano. Cette enquête avait pour but d'attribuer à chaque caractéristique une catégorie correspondante en fonction de l'importance qu'elle revêt pour le client. Les réponses obtenues ainsi que les résultats issus de l'enquête ont été consignés dans le tableau ci-dessous :

TAB. 3.7 : Tableau des résultats de l'enquête de Kano pour l'attribution des catégories aux caractéristiques

Caractéristiques	Que ressentez-vous si la caractéristique suivante est présente ?	Que ressentez-vous si la caractéristique suivante est absente ?	Catégorie
------------------	--	---	-----------

Rapidité	Espéré et souhaité	Pas désiré	Devrait être
Qualité	Espéré et souhaité	Pas désiré	Devrait être
Une ligne bien équipée	Espéré et souhaité	Pas désiré	Devrait être
Modernité	Délice	Vit avec	Séduction
Flexibilité	Délice	Pas désiré	Performance

Les catégories qui doivent être considérées pour l'étude sont les suivantes : Séduction, Performance et Devrait être. Cela indique que, dans notre cas, les quatre exigences sont jugées importantes et peuvent faire l'objet de l'étude en conséquence.

#### Priorisation des exigences

En se basant sur les catégories de Kano, nous allons assigner à chaque exigence un poids de 1 à 5 en fonction de l'ordre de priorité des classes de Kano (Voir annexe 07).

En utilisant le tableau en annexe 07 précédent et la classification de Kano réalisée précédemment, nous avons assigné un poids à chaque exigence, comme le montre le tableau suivant :

TAB. 3.8 : Tableau des poids attribués aux exigences en fonction des catégories de Kano

Exigence	Poids attribué
Rapidité	5
Qualité	5
Une ligne bien équipée	5
Modernité	3
Flexibilité	4

#### La matrice QFD – Déploiement de la fonction qualité

La matrice QDF vise à illustrer les relations entre les attentes du client et les spécifications internes (CTQ), ainsi que les corrélations entre les spécifications elles-mêmes. Elle permet également de classer les spécifications par ordre de priorité en utilisant un coefficient d'importance. Cela nous permettra de sélectionner la caractéristique sur laquelle nous allons travailler pour le reste du projet.

Les éléments de la matrice sont présentés en annexe 08.

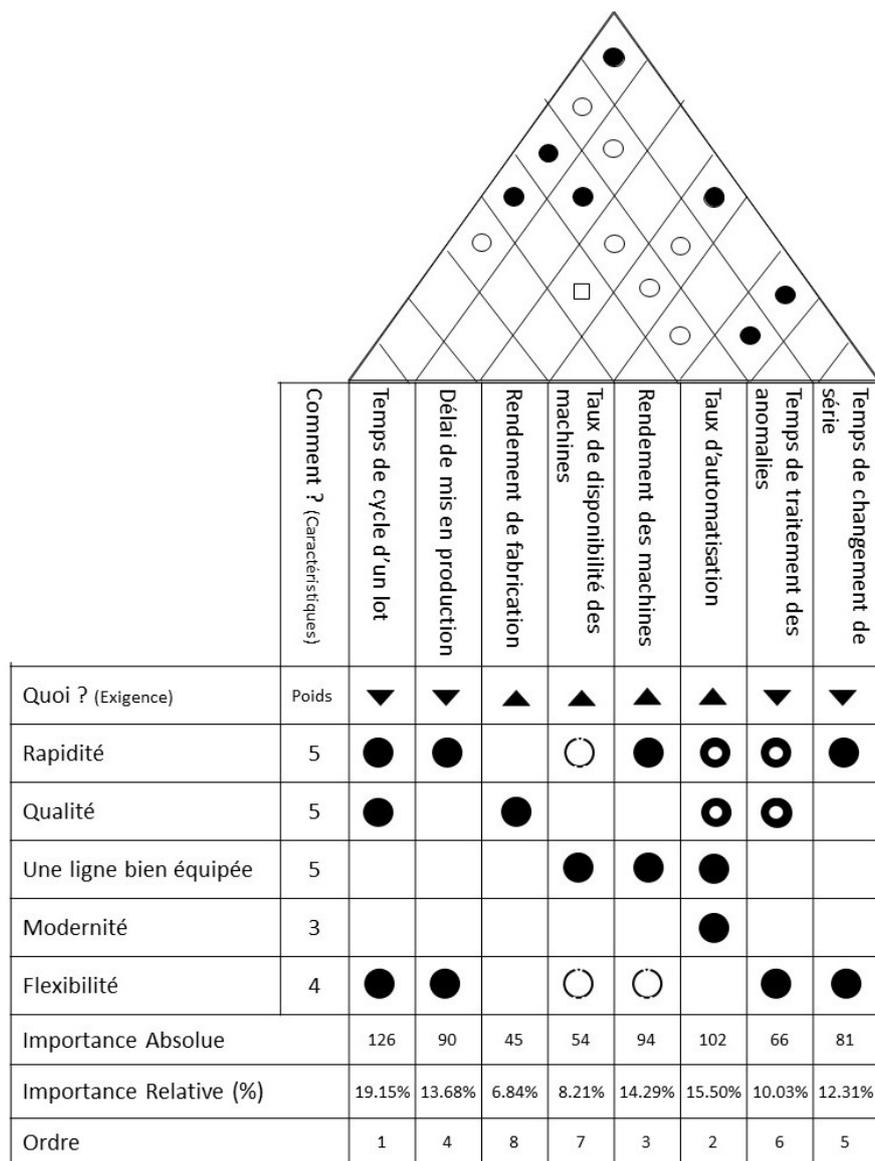


FIG. 3.4 : La matrice QFD

Une première interprétation de la matrice QFD nous permet de constater que la spécification interne ayant le poids le plus important est le temps de cycle du lot, qui doit être minimisé, avec une importance relative de 19,5%. Cette caractéristique est fortement corrélée avec les spécifications internes suivantes : temps de changement de série, rendement des machines et taux d'automatisation. De plus, elle est fortement liée aux trois exigences suivantes : rapidité, qualité et flexibilité. Cela signifie qu'elle constitue un bon CTQ sur lequel nous devons nous concentrer pour les prochaines étapes.

### 3.2.5 Charte de projet

Nous avons résumé les principaux éléments de la phase définir dans une charte de projet, qui est présentée en annexe 09.

### 3.2.6 Résultat de la phase "Définir"

Pour cette première phase, nous avons utilisé des outils Lean Six Sigma, ce qui nous a permis de comprendre le problème dans son ensemble et d'identifier les besoins des clients en détail. À la fin de cette phase, nous avons réussi à sélectionner la caractéristique critique (CTQ) sur laquelle nous allons nous concentrer pour les prochaines phases, en nous basant sur les retours des enquêtes réalisées auprès des clients.

## 3.3 Phase 2 : Mesurer

La phase de mesure est une étape clé du DMAIC, dont l'objectif est de collecter des données précises et de créer une référence pour évaluer les performances actuelles du processus. Elle permet de comprendre le niveau de performance actuel et de mesurer les progrès accomplis après la mise en place de solutions.

Pour notre projet, nous avons commencé par établir un plan de collecte de données pour ensuite les traiter et les représenter graphiquement. Nous avons ensuite procédé à la cartographie des processus de production en utilisant la méthode de la Value Stream Mapping (VSM). Cette dernière nous a permis de visualiser les flux de valeur ajoutée et non ajoutée au sein du processus et d'identifier les gaspillages et les goulets d'étranglement. Nous avons également utilisé Camunda pour une meilleure visualisation des étapes de chaque processus, en se basant sur la modélisation BPMN.

### 3.3.1 Plan de collecte des données

Nous avons commencé par comprendre la situation actuelle des processus de production en effectuant des interviews avec les différentes personnes impliquées dans ces processus. Nous avons discuté avec First line leader FLL (Chef d'équipe des opérateurs), qui nous a expliqué les différentes étapes du processus de production, ainsi que son estimation par rapport au temps de cycle de chaque processus et sous-processus, le nombre d'opérateurs sur le terrain, et les différents problèmes rencontrés. Nous avons également organisé des enquêtes et des réunions avec les différents responsables de production pour trouver les sources où nous pouvions collecter les données nécessaires pour évaluer la situation actuelle et cartographier les processus. Nous avons identifié les informations et données nécessaires pour cartographier le processus, y compris les temps de cycle par lot pour chaque opération, les temps d'attente, le nombre d'opérateurs et les temps à valeur ajoutée et non valeur ajoutée en observant les processus sur le terrain et en les chronométrant.

#### Temps du cycle

Temps du cycle : Cette mesure clé est définie comme étant le temps écoulé entre le début et la fin de chaque processus (sous-processus).

1. Source et déroulement de la collecte de données :

Nous avons mené une réunion avec le responsable de production et les chefs de ligne pour déterminer la source de données sur le temps de cycle de chaque processus et sous-processus (opération). Nous avons rencontré des difficultés avec la collecte de données qui n'étaient pas toutes intégrées dans leur système SAP et ils n'avaient pas de référence sur laquelle ils pouvaient suivre ces données. Nous avons donc fait un brainstorming pour trouver une solution. Nous avons finalement découvert que les temps de cycle de chaque opération (sous-processus) de fabrication peuvent être obtenus à partir des dossiers de lot. Ce document est rempli par l'opérateur et contient la date de début et la date de fin de chaque sous-processus (temps de cycle), en prenant le lot comme unité de mesure. Pour le temps de cycle de conditionnement, nous avons pu le tirer à partir du système d'information SAP utilisé par GSK.

Nous avons ensuite mis en place le processus de collecte de données en nous rendant aux archives pour récupérer les informations et construire notre base de données de référence (Baseline) pour les différents temps de cycle des sous-processus de fabrication. Nous avons sélectionné un échantillon de 50 données à partir des dossiers de lots les plus récents, débutant en 2022 et 2023, en effectuant un échantillonnage aléatoire. Nous avons rempli les informations sur le nom du lot, la date et l'heure de début et de fin pour chaque opération (pesée, mélange, détection de métaux). Les données pour chaque sous-processus de fabrication ont été incluses dans la base de données. Pour le processus de conditionnement, nous avons extrait les informations sur le temps de cycle à partir du système SAP en utilisant le même échantillon de lots que pour le processus de fabrication. Les données ont été consolidées en une base de données unique qui est présentée en annexe 15.

### 2. Traitement et représentation de données :

Une fois que nous avons collecté les données, nous les avons traitées et représentées graphiquement, en utilisant la boîte à moustache et histogramme (Voir annexe 10), cela nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

#### a. Sous processus 1 : Opération de la pesée.

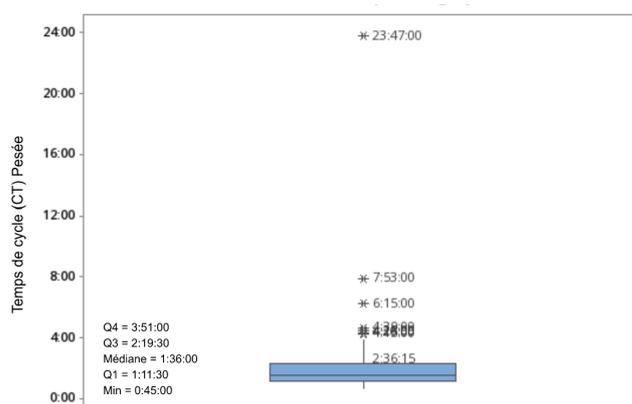


FIG. 3.5 : Diagramme en boîte à moustaches du temps de cycle de l'opération de pesée

TAB. 3.10 : Tableau des statistiques de temps de cycle de l'opération de pesée

Ecart Type	Moyenne CT	Max	Min
3 :33 :22	2 :36 :15	23 :47 :00	0 :45 :00

Interprétation des résultats : La représentation graphique et la boîte à moustaches indiquent une variabilité relativement faible dans les données, avec la présence de 7 valeurs aberrantes.

b. Sous processus 2 : Opération de mélange.

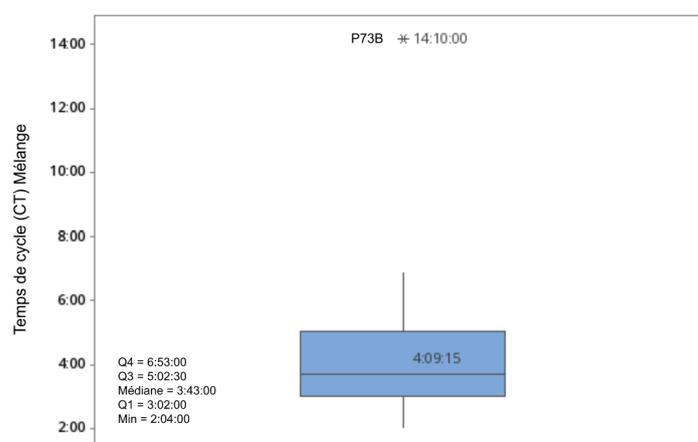


FIG. 3.6 : Diagramme en boîte à moustaches du temps de cycle de l'opération de mélange

TAB. 3.12 : Tableau des statistiques de temps de cycle de l'opération de mélange

Ecart Type	Moyenne	Max	Min
1 :54 :58	4 :09 :15	14 :10 :00	2 :04 :00

Interprétation des résultats : La représentation graphique et la boîte à moustaches montrent une certaine variabilité dans le temps de cycle du mélange, avec 50% des données situées entre 3 heures et 2 minutes et 3 heures et 43 minutes. Toutefois, il y a la présence d'une valeur aberrante qui se démarque de la tendance générale.

c. Sous processus 3 : Opération de détection de métaux.

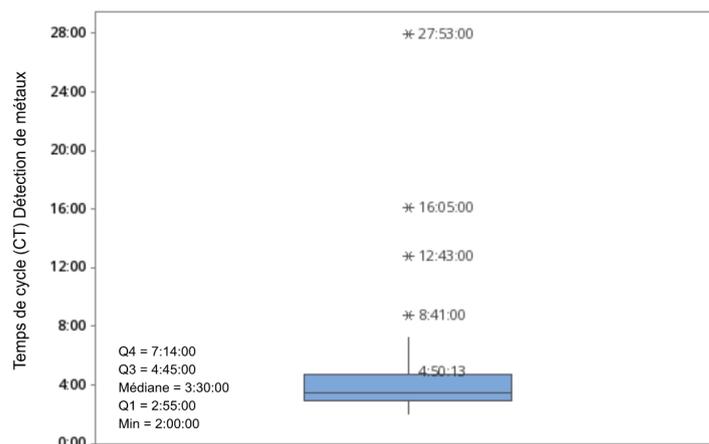


FIG. 3.7 : Diagramme en boîte à moustaches du temps de cycle de l'opération de détection de métaux

TAB. 3.14 : Tableau des statistiques de temps de cycle de l'opération de détection de métaux

Ecart Type	Moyenne	Max	Min
4 :22 :46	4 :50 :13	27 :53 :00	2 :00 :00

Interprétation des résultats : La représentation graphique et la boîte à moustaches montrent une certaine variabilité dans la durée de l'opération avec une moyenne de 4 heures et 50 minutes. La plage de la durée est également assez large, et la moitié des données se situent entre 2 heures et 55 minutes et 4 heures et 45 minutes, avec la présence de 4 valeurs aberrantes.

### Temps d'attente

Temps d'attente : Le temps d'attente correspond au temps écoulé entre la fin d'un sous-processus et le début du sous-processus suivant

1. Source et déroulement de la collecte de données : Pour collecter les données relatives à ce temps d'attente, nous avons utilisé la base de données préalablement construite, en calculant la différence entre la fin du sous-processus (opération) "n" et le début du sous-processus (opération) suivant "n+1" (annexe 15)

2. Traitement et représentation de données : Une fois que ces données ont été collectées, nous avons procédé à leur traitement et leur représentation, comme nous l'avons fait précédemment pour les données relatives au temps de cycle. Nous avons ensuite représenté ces données graphiquement et avons obtenu les résultats suivants :

- a. Temps d'attente 1 : entre opérations Pesée et Mélange

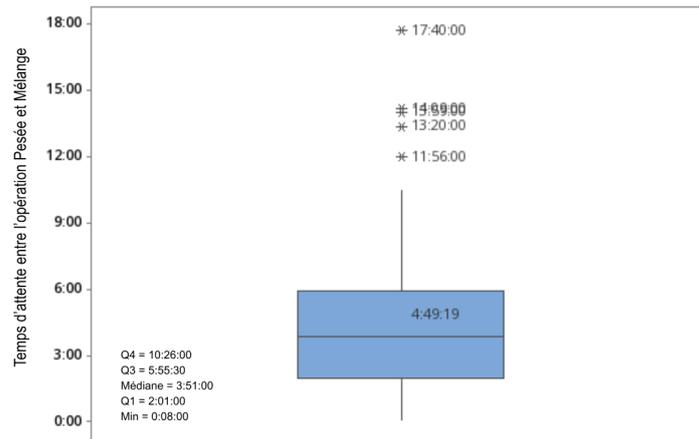


FIG. 3.8 : Diagramme en boîte à moustaches du temps d'attente entre pesée et mélange

TAB. 3.16 : Tableau des statistiques de temps d'attente entre pesée et mélange

Ecart Type	Moyenne	Max	Min
4 :09 :43	4 :49 :19	17 :40 :00	0 :08 :00

Interprétation des résultats : La représentation graphique et la boîte à moustaches indiquent une variabilité assez élevée dans les données, avec la présence de 5 valeurs aberrantes.

b. Temps d'attente 2 : entre opérations mélange et détection de métaux

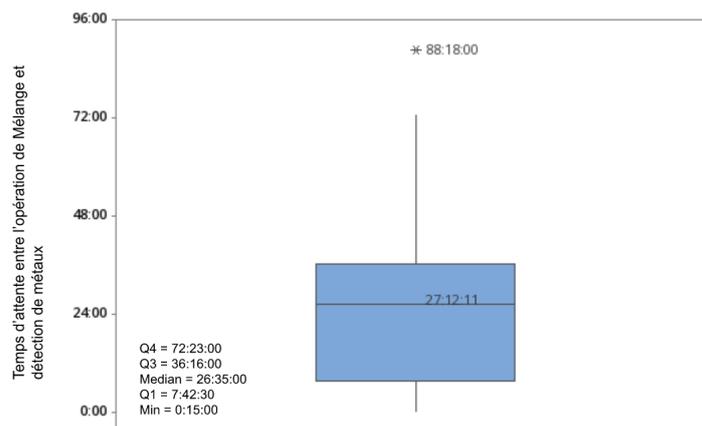


FIG. 3.9 : Diagramme en boîte à moustaches du temps d'attente entre mélange et détection de métaux

TAB. 3.18 : Tableau des statistiques de temps d'attente entre mélange et détection de métaux

Ecart Type	Moyenne	Max	Min
21 :38 :05	27 :12 :11	88 :18 :00	0 :15 :00

Interprétation des résultats : La représentation graphique et la boîte à moustaches indiquent une grande variabilité dans ce temps d'attente, avec un écart type élevé de 21 heures et 38 minutes et une large distribution des données et la moitié des données se situant entre 7 heures et 42 minutes et 36 heures et 16 minutes. Cependant, il y a également la présence d'une valeur aberrante avec un temps de cycle de 88 heures et 18 minutes.

### Temps à valeur ajoutée et non valeurs ajoutée

1. Source et déroulement de la collecte de données : Pour déterminer les temps à valeur ajoutée et non valeur ajoutée, ainsi que détailler le temps de cycle de chaque processus et observer les lacunes du processus actuel, nous avons mené des observations sur le terrain et chronométré chaque étape de chaque sous-processus. Nous avons rempli des fiches d'observation avec toutes les informations nécessaires, qui sont présentées en annexe 11.

2. Résultats obtenus pour chaque opération :

TAB. 3.19 : Tableau récapitulatif de résultats d'opérations

Opération	Pesée	Mélange	Détection de métaux
Heure début / Heure fin	10h32 / 13h16 (- 1 heure de pause)	9h50 / 14h51 (- 1 heure de pause)	12h54 / 16h05 (- 34 min change- ment de shift)
Temps de cycle	1h 44min	4h 01min	2h 37min
Temps à valeur ajoutée	35 min	30 min	1h 22 min

### Nombre d'opérateurs

Dans le processus de fabrication, deux opérateurs sont impliqués pour effectuer les trois opérations (sous-processus) nécessaires. De plus, lors de l'étape de pesée, la présence de deux opérateurs est requise. Il convient de noter que ces opérateurs sont polyvalents et peuvent être assignés à différentes tâches telles que le mélange, la pesée ou la détection de métaux en fonction des besoins spécifiques. Deux opérateurs sont mobilisés dans le conditionnement.

### 3.3.2 Cartographie de la chaîne de valeur VSM

Après avoir identifié le produit phare du site “Augmentin sachet”, nous avons commencé à élaborer notre VSM (Value Stream Mapping) en suivant une série d'étapes cruciales pour garantir la qualité et la précision de chaque élément

#### Comprendre les processus et les flux pour élaborer le VSM

Tout d'abord, nous avons commencé par comprendre les processus et les flux en discutant avec les employés de la supply chain et de la logistique pour avoir une vue globale de la manière dont les flux et les processus se déroulent. Après avoir discuté avec les employés de la supply chain et de la logistique et performance du site pour avoir une idée globale de la situation actuelle, nous avons affiné notre vision en discutant avec les opérateurs et les responsables de la production. Nous avons également effectué une visite sur terrain où se déroulent l'ensemble des processus pour avoir une idée plus précise sur l'enchaînement et la séquence des processus ainsi que sur l'ensemble des flux. Nous avons commencé par une visite rapide pour avoir une vue d'ensemble, puis nous sommes revenues en arrière, nous avons alors pris une approche systématique et commencé par le processus directement lié au client afin de nous assurer que chaque étape importante était prise en compte dans notre VSM. Nous voulions nous assurer de ne rien oublier et de capturer chaque étape importante du processus

Nous avons réalisé une observation plus approfondie de ce processus en chronométrant toutes les étapes et en remplissant la fiche déjà présentée précédemment. Nous avons ensuite classifié les étapes comme étant à valeur ajoutée ou non valeur ajoutée. Cette classification nous a permis de mieux comprendre les processus et les flux de valeur, de savoir où se trouvent les goulots d'étranglement et les opportunités d'amélioration.

#### Cartographie manuelle de VSM

Lors de l'élaboration de notre VSM, nous avons utilisé une approche de cartographie manuelle sur le mur, également appelée “wall map”. Cette méthode nous a permis de nous concentrer sur la compréhension des flux et des processus sans être distraite par l'ordinateur et les fonctionnalités logicielles. Nous avons commencé par dessiner un brouillon de notre VSM à la main sur un mur blanc, en utilisant des post-it de différentes couleurs pour représenter les différentes étapes et les flux de matières et d'informations. (Voir annexe 12)

Ensuite, nous avons affiné notre cartographie en discutant avec les opérateurs sur place. Nous avons ajouté et déplacé des post-it en fonction de leurs commentaires et avons utilisé des flèches pour représenter les flux de matières et d'informations entre les différentes étapes.

#### Numérisation de la cartographie VSM

Nous avons réalisé la phase de Capture Current State dans le cadre de la méthodologie de Value Stream Mapping (VSM). Après avoir effectué la cartographie manuelle de notre



le temps de production et d'obtenir des résultats plus performants. Les modélisations des 3 processus sont présentées en annexe 14.

### 3.3.4 Résultat de la phase "Mesurer"

La phase de mesure a été essentielle pour recueillir des données précises sur le temps de cycle, identifier le goulot d'étranglement et obtenir une vision détaillée de chaque étape du processus de production. Ces informations constitueront une base solide pour la phase d'analyse à venir. Grâce à ces données et informations, nous serons en mesure d'approfondir notre compréhension des problèmes et de déterminer les causes profondes de chaque dysfonctionnement.

## 3.4 Phase 3 : Analyser

Selon les mesures effectuées lors de la deuxième phase, on peut constater que le temps de cycle du processus de fabrication n'est pas stable, la durée de chaque opération ainsi que les temps d'attente varient. Par conséquent, il est nécessaire d'analyser et de comprendre les causes de cette instabilité du temps afin de stabiliser ultérieurement la durée de chaque sous processus et d'éliminer toutes les sources de variabilité.

Le deuxième aspect sur lequel nous allons travailler consiste à éliminer le temps sans valeur ajoutée et les gaspillages en analysant les dysfonctionnements. À partir du VSM (Value Stream Mapping), on confirme bien que le goulot d'étranglement se situe dans le processus de fabrication, où la durée est de 30h17min, comparée aux 27min 12min de processus de conditionnement. Cela signifie que le processus de fabrication est plus lent et limite la capacité globale du système de production. D'autre part, en se basant sur la deuxième phase de mesure, il est clair que le processus de fabrication ne compte que deux opérateurs pour trois opérations, ce qui pose un problème majeur. Les opérateurs doivent se déplacer d'un atelier à un autre pour terminer la fabrication d'un lot, laissant ainsi l'atelier précédent vide. Dans certains cas, les opérateurs enchaînent deux lots consécutifs dans une opération, ce qui crée des attentes dans les autres ateliers. En conséquence, le premier lot reste en attente, incapable de passer au deuxième sous processus faute d'opérateurs disponibles dans ce dernier.

Pour remédier à ce goulot d'étranglement et réduire le temps de cycle total de production, nous allons procéder à une analyse approfondie de chaque opération de fabrication. Dans un premier temps, nous allons investiguer l'origine et les causes de variation afin de stabiliser la durée de chaque opération. Ensuite, nous allons analyser la répartition du temps pour identifier et éliminer les activités non ajoutées de valeur, tout en réduisant les activités non ajoutées mais nécessaires.

### 3.4.1 Analyse de la variabilité

La première étape de la phase d'analyse consiste à examiner l'origine et la source de la variabilité observée précédemment. Ensuite, les causes identifiées sont hiérarchisées afin

de déterminer les problèmes prioritaires.

En raison d'un manque de données nécessaires pour effectuer une analyse quantitative, nous avons utilisé les premières étapes de l'analyse AMDEC processus (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) pour identifier les anomalies et les prioriser en fonction de leur criticité.

### Constitution de l'équipe

La première étape implique l'identification des membres de l'équipe qui participeront à l'identification des causes et à l'évaluation de leur criticité.

- Responsable de la production : C'est l'expert du processus de production. Il a une vision globale sur tout le processus et ses interactions avec les autres processus.

- Responsable de la fabrication : Cet expert maîtrise les trois opérations et fait partie des premiers intervenants en cas de problème.

- Responsable du conditionnement : Le processus de conditionnement est perçu comme le volet client du processus de fabrication.

- Opérateurs de production : Ils ont une connaissance approfondie des défis et des fluctuations du temps de cycle. Leur expertise pratique permet d'identifier les problèmes opérationnels et de proposer des améliorations.

### Identification des causes

Afin de déterminer les causes fondamentales de cette variabilité, nous avons consulté les logbooks des trois opérations, l'historique des opérations de maintenance effectuées et nous avons mené des enquêtes auprès du personnel de production. Grâce à ces différentes sources d'information, nous avons pu identifier les causes fondamentales de la variabilité pour chaque opération :

- Pour l'analyse de la variabilité de l'opération de Pesée, les causes avec leurs explications détaillées sont présentées en annexe 16.
- Pour l'analyse de la variabilité de l'opération de Mélange, les causes avec leurs explications détaillées sont présentées en annexe 17.
- Pour l'analyse de la variabilité de l'opération de Détection des métaux, les causes avec leurs explications détaillées sont présentées en annexe 18.

Diagramme d'Ishikawa :

Après avoir identifié toutes les causes de variabilité dans les trois opérations, nous avons utilisé le diagramme d'Ishikawa pour organiser et classer les dysfonctionnements détectés :

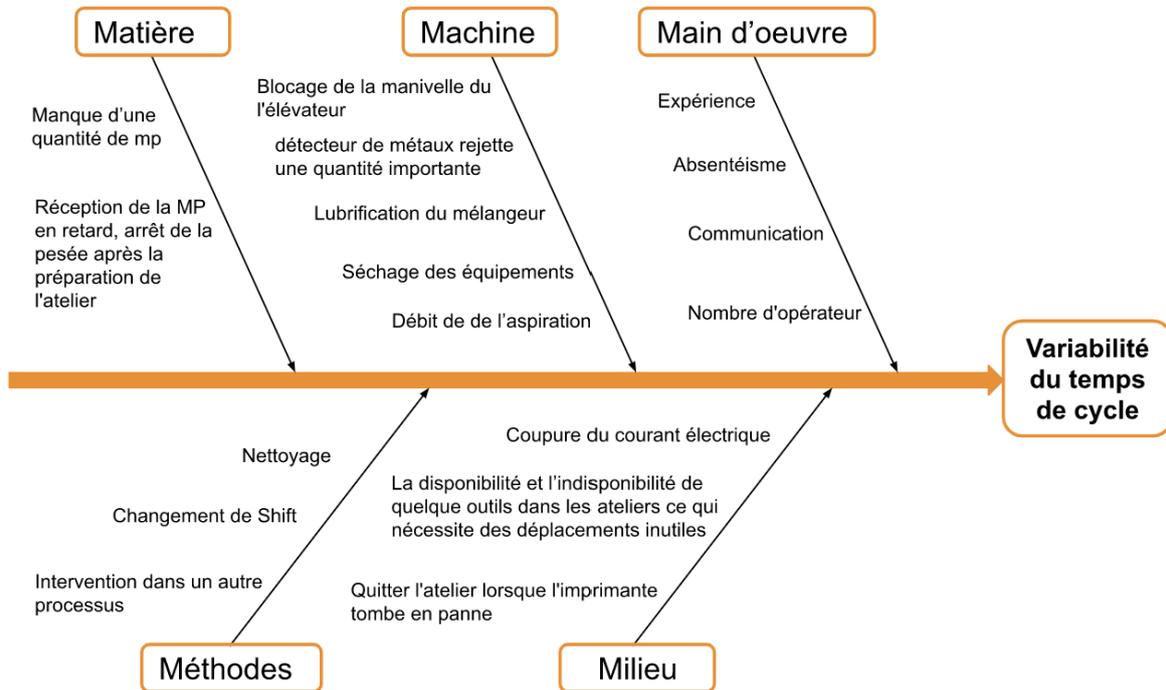


FIG. 3.11 : Diagramme d'Ishikawa de variabilité du temps de cycle des opérations

### Hiérarchisation des causes

Pour hiérarchiser les sources de variabilité mentionnées précédemment, nous avons sollicité les personnes interrogées pour évaluer chaque cause sur une échelle de 1 à 4 en fonction de trois critères :

- La sévérité : Il s'agit de la gravité des effets, dans notre cas, c'est évaluer à partir du temps perdu en raison de l'anomalie. l'anomalie peut être : mineur, moyenne majeur important
- L'occurrence : Il s'agit de la fréquence d'apparition de l'anomalie, pouvant être fréquente, occasionnelle, rare ou très rare.
- La détection : Cela concerne le contrôle actuel pour détecter le problème et la difficulté de sa détection. La détection peut être : certaine, facile, difficile, impossible Indétectable

Nous avons ensuite calculé le produit des notes attribuées à chaque critère afin d'obtenir la criticité de chaque cause.

Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

TAB. 3.21 : Tableau AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) des opérations

Mode de défaillance	Effet potentiel de mode de défaillance	Causes potentielles	Sévérité	Occurrence	Détection	Criticité
Variabilité dans le temps de cycle de l'opération	Difficultés dans la planification des opérations et le contrôle du processus. Des retards et des temps d'attente dans le processus global ce qui influence la capacité et l'exploitation des ressources disponibles.	Changement de shift	3	4	4	48
		Intervention dans un autre processus	4	4	4	64
		Pause	3	4	4	48
		Coupure du courant électrique	2	2	4	16
		Blocage de la manivelle du l'élévateur	4	1	2	16
		Une grande quantité rejetée par le détecteur	4	2	3	24
		Expérience de l'opérateur	3	4	4	48
		Débit de l'aspiration	1	3	3	9
		Nombre des opérateurs	4	4	3	48
		Communication entre deux opérateurs	2	4	4	32
		Lubrification du mélangeur	2	1	2	4
		Problème dans le support vanne	4	2	2	16
		Panne dans l'imprimante	1	2	2	4
		Absence de courant au niveau des prises de la balance	1	1	2	2

Interprétation du tableau :

Après avoir analysé la criticité de chaque cause, on identifie cinq causes dont la criticité est supérieure à 27, ce qui indique que ces causes sont les plus prioritaires. Ces causes comprennent le changement de shift, l'intervention dans un autre processus, les pauses, l'expérience de l'opérateur, le nombre d'opérateurs et la communication entre deux opérateurs. Une première observation que l'on peut faire est que toutes ces causes appartiennent à la catégorie "Main d'œuvre" dans le diagramme d'Ishikawa. Ce résultat est logique car ce type des problèmes sont difficiles à détecter et très fréquents en raison d'un manque de suivi et de contrôle.

Malgré leur gravité, les pannes des machines et les problèmes techniques sont relativement moins critiques que les problèmes liés aux opérateurs. Cela est dû à l'existence d'un programme de maintenance préventive et aux contrôles effectués avant le début de chaque opération.

### 3.4.2 Analyse de répartition du temps

Après avoir identifié les sources de variation de chaque opération, nous examinons comment le temps est réparti pour cette opération. Cette analyse consistera à classer les tâches observées précédemment en trois catégories distinctes : les tâches qui apportent une valeur ajoutée, les tâches qui n'apportent pas de valeur ajoutée, et les tâches qui apportent une valeur ajoutée spécifique à l'entreprise. Cette approche nous permettra d'optimiser les tâches qui contribuent à la valeur ajoutée de l'opération, tout en minimisant ou éliminant le temps consacré aux tâches qui n'en ajoutent pas.

#### Analyse de l'opération pesée

Dans le but de réduire les erreurs humaines, il est essentiel d'avoir deux opérateurs impliqués dans l'opération de pesée. En examinant chaque opérateur individuellement, nous avons pu classer les tâches qu'ils accomplissent, ce qui nous permet d'identifier les dysfonctionnements et de déterminer les pistes d'amélioration possibles. Les graphiques illustrent la répartition du temps de l'opérateur 01 et l'opérateur 02 ainsi que les différentes tâches qu'il ont effectuées :

Opérateur 01 :

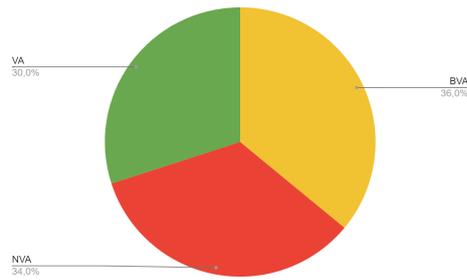


FIG. 3.12 : Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération 1 de pesée



FIG. 3.13 : Histogramme de répartition des tâches pour l'opération 1 de pesée

D'après les résultats on remarque bien qu'il existe un équilibre entre les tâches à non valeur ajoutée mais nécessaires (BVA), les tâches à valeur ajoutée (VA) et les tâches non valeur ajoutée (NVA).

L'histogramme révèle que la tâche de pesée est la plus fréquente. Cependant, il est important de noter que la proportion des activités non valeur ajoutée est relativement élevée. Cela indique qu'il y a un potentiel d'amélioration en réduisant ces tâches non valeur ajoutée afin d'optimiser l'efficacité du processus.

Il est constaté que le temps alloué aux pauses est significativement élevé, constituant ainsi une grande partie des activités non valeur ajoutée.

Opérateur 02 :

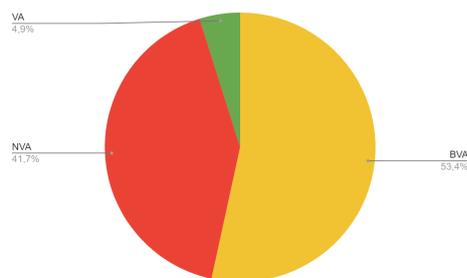


FIG. 3.14 : Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération 2 de pesée

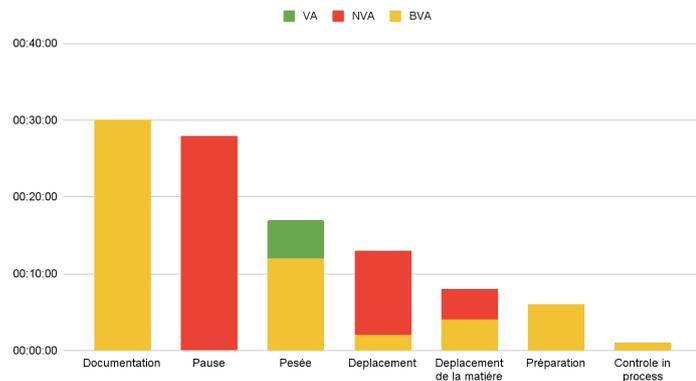


FIG. 3.15 : Histogramme de répartition des tâches pour l'opération 2 de pesée

Les résultats de l'analyse montrent que l'opérateur 02 passe la majorité de son temps à effectuer des tâches qui ne contribuent pas à la création de la valeur, avec seulement 4,9% de son temps consacré à des tâches à valeur ajoutée, ce qui est considéré comme très faible. Selon l'histogramme, on remarque que la documentation occupe une part importante de son temps, ce qui peut être amélioré. Les pauses prennent également une part significative de son temps, ce qui indique que l'opérateur n'a pas suffisamment de tâches à effectuer et qu'il y a une mauvaise répartition des tâches entre les deux opérateurs. Des améliorations

devraient être envisagées pour réduire le temps consacré aux tâches à non-valeur ajoutée et aux tâches à non valeur ajoutée mais nécessaire afin de réduire le temps de cycle de tout le processus de la pesée.

#### Analyse des causes racines

Cette étape consiste à identifier les dysfonctionnements qui sont à l'origine des pertes de temps observées au cours de l'opération de pesée. Les résultats de cette analyse sont présentés dans l'annexe 19.

#### Analyse de l'opération mélange

En utilisant la fiche d'observation du processus de mélange, nous avons constaté à partir de VSM que celui-ci représente un goulot d'étranglement dans le processus de fabrication. Cela est dû au temps considérable qu'il prend dans le processus de fabrication et au fait qu'il comporte plusieurs tâches, classées en valeur ajoutée, en non-valeur ajoutée mais nécessaire, et en non-valeur ajoutée, afin de déterminer les tâches qui devant être éliminées ou réduites afin d'optimiser l'ensemble du processus.

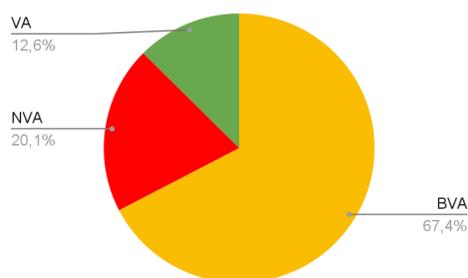


FIG. 3.16 : Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération de mélange

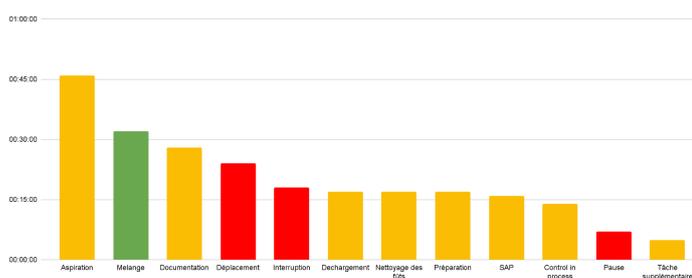


FIG. 3.17 : Histogramme de répartition des tâches pour l'opération de mélange

En se basant sur la représentation graphique de la figure 3.16, on peut constater que l'opération de mélange comporte une proportion importante des tâches à non valeur ajoutée, et que la tâche principale du processus représente que 12,6% du temps total, Cela implique que n'est pas optimisé et que la durée totale du processus est en grande partie basée sur les tâches à non valeur ajoutée mais nécessaires ainsi que les tâches à non valeur ajoutée.

D'après l'histogramme, on peut identifier plusieurs tâches qui prennent beaucoup de temps mais qui pourraient être optimisées. Par exemple, la tâche d'aspiration qui prend un temps important et qui peut être optimisée en réduisant sa durée et ceci à travers une amélioration de l'efficacité de l'opérateur. On trouve en deuxième position la tâche de documentation prend 28 minutes, ce qui représente une part importante du temps total, l'utilisation d'outils numériques et digitalisation pourrait permettre de réduire le temps nécessaire à cette tâche, ainsi que la tâche de déplacement avec une durée de 22 minutes et ne contribue pas à la création de la valeur pour produit Cette tâche est liée à des déplacements de matériaux et d'outils nécessaires pour réaliser d'autres tâches, telles que la préparation de l'aspiration et la contre-pesée. Il est donc possible de chercher des

moyens d'optimiser cette tâche pour réduire son temps ou sa fréquence, par exemple en organisant l'espace de travail.

### Analyse des causes racines

Cette étape consiste à identifier les dysfonctionnements qui sont à l'origine des pertes de temps observées au cours de l'opération du mélange. Les résultats de cette analyse sont présentés dans l'annexe 20.

### Analyse de l'opération détection des métaux

En observant attentivement l'opérateur lors de l'opération de détection des métaux, nous avons pu classer les tâches en trois catégories distinctes. Cette classification nous a permis de déterminer les tâches à enlever et à optimiser.

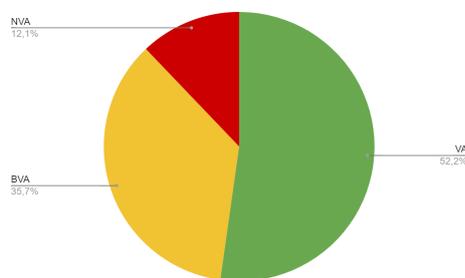


FIG. 3.18 : Diagramme circulaire de la répartition de VA, NVA, BVA pour l'opération de détection de métaux

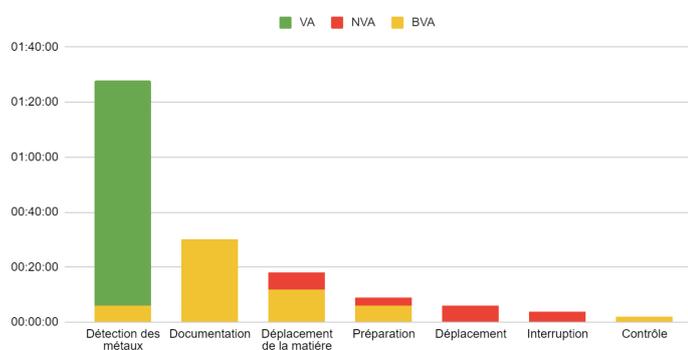


FIG. 3.19 : Histogramme de répartition des tâches pour l'opération de détection de métaux

Après avoir analysé le processus, nous avons constaté que le temps de valeur ajoutée représentait plus de 50%, ce qui est relativement satisfaisant. Toutefois, il est possible d'améliorer le processus en réduisant le temps de non-valeur ajoutée et en optimisant la manière de réaliser certaines tâches. L'histogramme révèle que la tâche de détection des métaux représente le poste le plus chronophage, avec plus de 50% du temps consacré à cette activité principale.

### Analyse des causes racines

Cette étape consiste à identifier les dysfonctionnements qui sont à l'origine des pertes de temps observées au cours de l'opération de détection de métaux. Les résultats de cette analyse sont présentés dans l'annexe 21.

### Analyse du temps d'attente entre les opérations

En analysant le VSM, le temps d'attente entre le processus de pesée et de mélange ainsi que le temps d'attente entre le processus de mélange et de détection de métaux sont des temps à non valeur ajoutée, et donc deux points clés à examiner pour réduire le temps de cycle total de production.

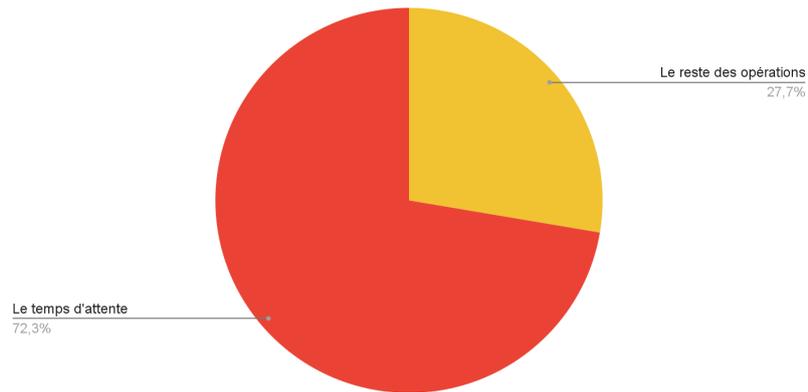


FIG. 3.20 : Diagramme circulaire du temps d'attente par rapport au reste du temps des opérations.

Selon l'analyse du VSM, le temps d'attente nécessaire pour qu'un lot passe d'une opération à l'autre est significativement élevé et représente une proportion importante du temps de cycle total de fabrication, estimé à 72,3 %. Cette durée d'attente est influencée par plusieurs facteurs.

### Analyse des causes racines

D'après les informations collectées auprès des opérateurs et des responsables de production, ainsi que les observations sur terrain et les données tirées du système d'information, plusieurs causes peuvent affecter le temps d'attente entre le passage d'un lot d'une opération à l'autre. Ces causes sont présentées en annexe 22.

- Diagramme d'Ishikawa :

Après avoir identifié toutes les causes de non-valeur ajoutée dans les trois opérations, nous avons utilisé le diagramme d'Ishikawa pour organiser et classer les dysfonctionnements détectés :

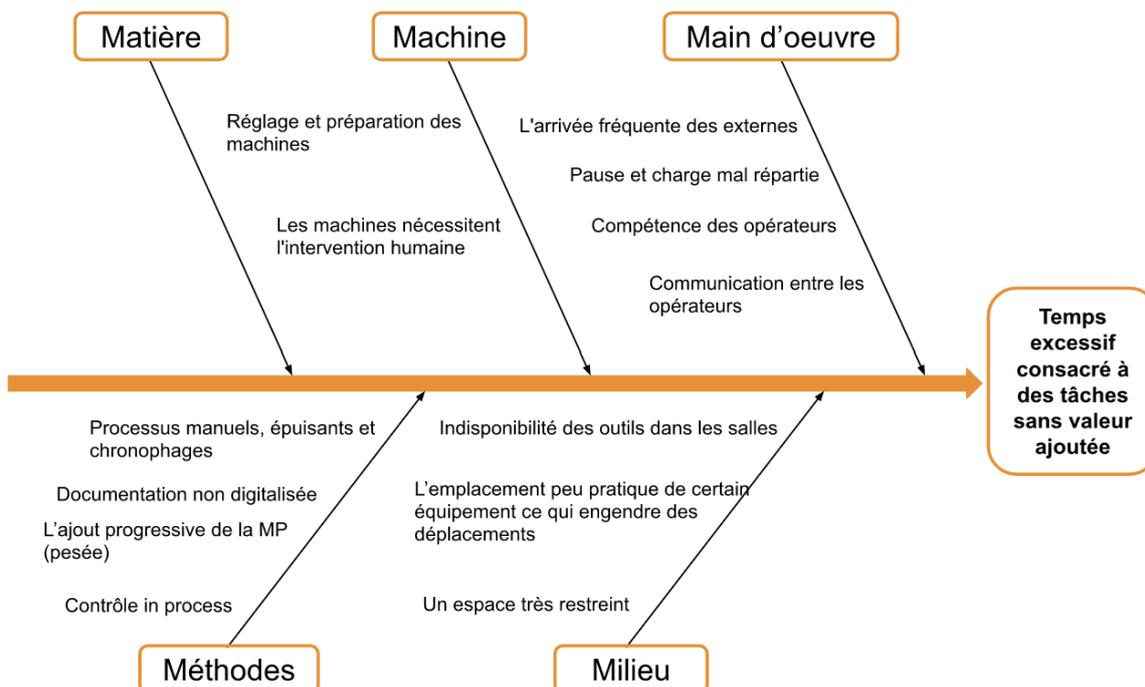


FIG. 3.21 : Diagramme d'Ishikawa de temps à non valeur ajoutée.

### Analyse Pareto

Nous avons utilisé l'analyse de Pareto pour déterminer les dysfonctionnements qui génèrent le plus de temps à non-valeur ajoutée, afin de nous concentrer sur ceux-ci par la suite. Le but de cette analyse est d'identifier les causes qui sont responsables de 80% des effets observés.

Dans un premier temps, il est nécessaire de calculer la somme de la durée des activités à non valeur ajoutée et des activités à non valeur ajoutée mais nécessaires dans les trois processus et ce pour chaque catégorie. (Voir annexe 23)

Le résultat de l'analyse est présentée dans le diagramme de Pareto suivant :

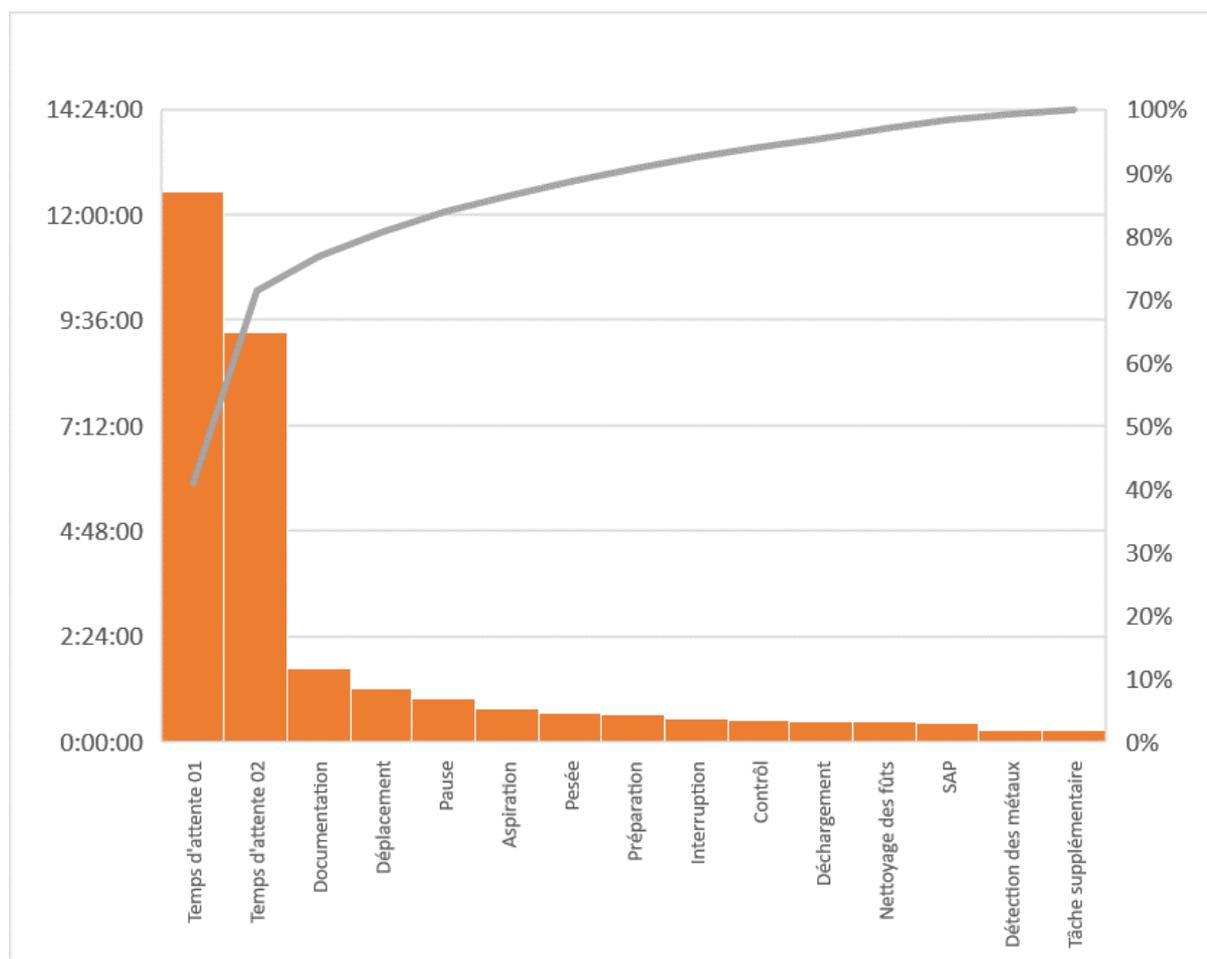


FIG. 3.22 : Diagramme de Pareto.

Interprétation du graphe :

En analysant le graphique, nous constatons que la majeure partie, soit 80%, du temps consacré aux tâches non productives est principalement attribuée à trois catégories : le temps d'attente entre les opérations, la documentation et les déplacements. Par conséquent, ces trois catégories doivent être les principales priorités d'amélioration à cibler.

Le temps d'attente, qui est considéré comme une forme de gaspillage, représente 71,34% du temps total non ajouté de manière productive. Cette proportion est significative et nécessite une intervention pour réduire ou éliminer ce gaspillage.

Quant à la documentation, elle occupe 1 heure et 40 minutes, ce qui représente 5,44% du temps total non valeur ajoutée. La part restante des 80% est attribuée aux déplacements, comprenant à la fois les déplacements inutiles (représentant plus de 60%) et les déplacements liés à la matière première. Bien que ces deux proportions soient relativement faibles, elles peuvent néanmoins contribuer à une perte de temps.

Les autres catégories ont des proportions relativement faibles, mais elles peuvent également contribuer à une perte de temps.

Ces résultats soulignent les opportunités d'amélioration du processus de création de valeur en réduisant les temps d'attente et en optimisant les méthodes actuelles de documentation.

### 3.4.3 Résultat de la phase "Analyser"

La phase d'analyse révèle les principales lacunes dans le processus de fabrication actuel, notamment les problèmes liés à la variabilité et aux temps non productifs dans chaque opération.

Dans la première phase, nous avons examiné la variabilité des opérations en identifiant et en classant les causes potentielles de défaillance. Après avoir interprété les résultats, nous avons constaté que les problèmes majeurs étaient : le changement de shift, l'intervention dans un autre processus, les pauses, l'expérience de l'opérateur, le nombre d'opérateurs et la communication entre deux opérateurs.

La deuxième étape consistait à examiner comment le temps était réparti entre chaque tâche afin de distinguer celles qui étaient bénéfiques de celles qui ne l'étaient pas. L'analyse a révélé que 80% du temps non productif était attribuable à l'attente entre les opérations, à la documentation et aux déplacements, principalement aux déplacements inutiles.

En conclusion, cette phase d'analyse met en évidence les principales lacunes dans le processus de fabrication actuel, à savoir les problèmes liés à la main-d'œuvre et aux temps non valeur ajoutée. En identifiant ces domaines clés, nous pouvons maintenant nous concentrer sur la mise en place de solutions appropriées pour réduire les pertes et optimiser la création de valeur. La prochaine étape consistera à passer à la phase suivante, l'amélioration, en utilisant les informations et les résultats obtenus lors de cette analyse approfondie.

## 3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons atteint plusieurs objectifs significatifs. Tout d'abord, nous avons réussi à délimiter clairement la problématique à traiter. Ensuite, nous avons collecté les données nécessaires permettant d'orienter notre travail. Enfin, nous avons réalisé une analyse approfondie des causes fondamentales du problème qui limite la capacité de production sur le site. Les informations et les résultats que nous avons obtenus dans ce chapitre serviront de base solide pour les prochaines phases du projet, à savoir améliorer (Improve) et contrôler (Control), qui seront abordées dans les chapitres suivants.

## Chapitre 4

### Mise en oeuvre des améliorations futures

## 4.1 Introduction

Ce chapitre se focalise sur les deux dernières phases du DMAIC à savoir la phase améliorer et contrôler. Après avoir identifié les causes profondes potentielles et réalisé une analyse approfondie, il est temps de mettre en œuvre des solutions ciblées pour résoudre la problématique de réduction du temps de cycle de production afin d'augmenter la capacité de production. Ensuite, il est nécessaire d'assurer un suivi régulier des performances pour maintenir les améliorations réalisées et atteindre les objectifs fixés.

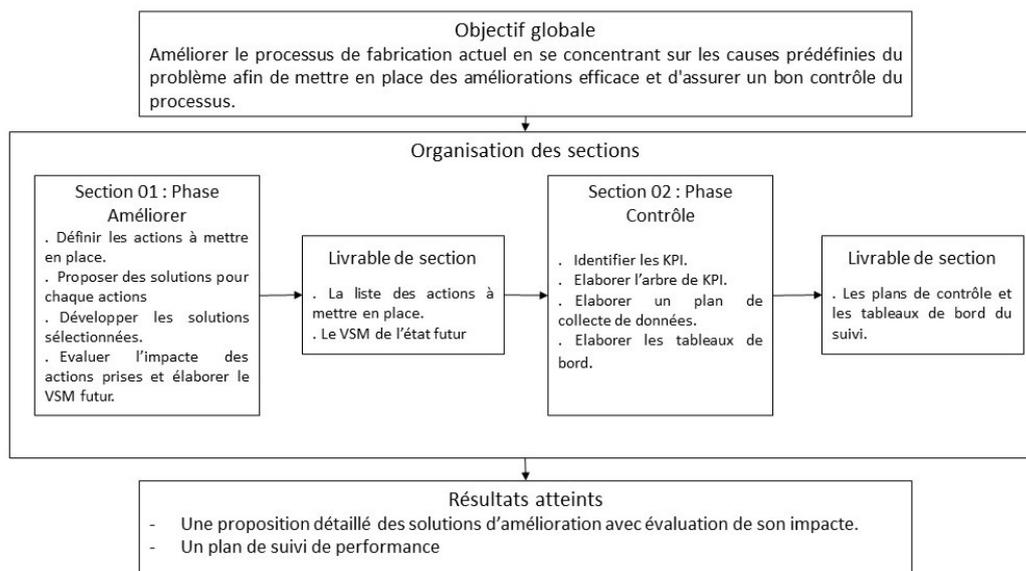


FIG. 4.1 : Schéma de cadre logique du chapitre 04

## 4.2 Phase 4 :Améliorer

Après avoir identifié les différents dysfonctionnements lors de la phase d'analyse précédente, notamment les sources de variabilité et les temps non valeur ajoutée, la phase améliorer consiste à proposer des actions d'amélioration. Ces actions seront formulées en fonction des problèmes spécifiques identifiés, telles que présentées dans le tableau en annexe 24. Une fois les actions d'amélioration proposées, il est nécessaire de les concrétiser en développant des solutions spécifiques.

### 4.2.1 Actions et solutions proposées

#### Action 1 : Réduction du temps de nettoyage

Après chaque procédure, il est crucial de nettoyer la salle avant de commencer le traitement d'un nouveau lot. Chaque salle est nettoyée séparément, en respectant ses propres procédures de nettoyage. Il y a deux types d'opérations de nettoyage :

- Vide de ligne (nettoyage partiel) : le vide de ligne est effectuée entr deux opérations traitant des lots du même SKU.

- Nettoyage complet : Le nettoyage complet est réalisé dans l'un des deux cas suivants :
  - a. Lorsque la première opération est terminée et que la prochaine implique un lot d'un SKU différent.
  - b. Lorsqu'il s'est écoulé 10 heures depuis le dernier nettoyage complet.

**Solution proposée 1 : SMED** Pour réduire la durée de l'opération de nettoyage, qui entraîne actuellement un temps d'attente assez long, nous allons mettre en oeuvre la méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) en suivant six étapes comme suit :

### Etape 00 : Identification de la zone d'application

Après avoir recherché les différents types de nettoyage pour chaque salle et leurs durées respectives, nous avons recueilli les informations présentées dans le tableau ci-dessous :

TAB. 4.2 : Durées des opérations de nettoyage par salle

Salle	Opération de nettoyage	Durée
Pesée	Vide de ligne	20 min
	Nettoyage complet	25 min
Mélange	Vide de ligne	35 min
	Nettoyage complet	3h50min à 4h20min
Détection des métaux	Vide de ligne	25 min
	Nettoyage complet	1h30

L'analyse du tableau révèle que la durée de nettoyage de la salle de mélange est la plus longue pour les deux types de nettoyage, ce qui est logique étant donné que la salle de mélange est la plus grande et qu'elle contient un plus grand nombre de machines. En raison de la durée plus longue requise pour le nettoyage de la salle de mélange par rapport aux autres salles, ainsi que de notre observation selon laquelle le mélange représente un goulot d'étranglement pour le système, nous avons décidé d'appliquer la méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) dans la salle du mélange.

### Etape 01 : Analyser les sous-opérations

Pour commencer, il est nécessaire de générer une liste répertoriant toutes les sous-opérations des deux types de nettoyage. Il convient de noter que la salle de mélange est un espace commun pour les sept SKU, ce qui signifie que deux lots consécutifs peuvent appartenir soit au même SKU, soit à deux SKU différents.

Les opérations et leurs étapes sont présentées dans l'annexe 25.

L'opération de nettoyage complet est la plus complexe car elle se déroule dans trois salles différentes : la salle de laverie, la salle de séchage et la salle de mélange. De plus,

elle implique le nettoyage de tous les dispositifs et les machines présents dans la salle. Dans le cas général, deux opérateurs sont assignés à l'opération de nettoyage. Cependant, dans certaines situations d'urgence, un seul opérateur peut prendre en charge toutes les sous-opérations, ce qui prolonge la durée de 3 heures et 50 min à 4 heures et 20 min. Les deux diagrammes ci-dessous montrent la répartition des sous-opérations pour les deux cas :

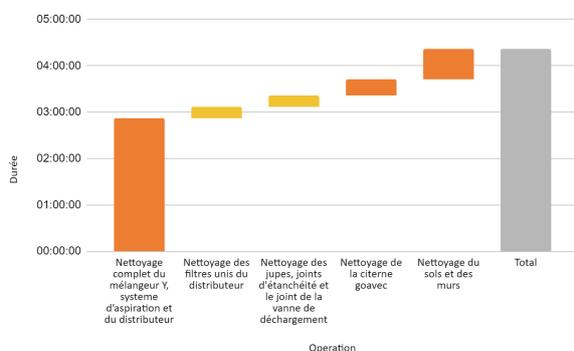


FIG. 4.2 : Diagramme de répartition des sous-opérations de nettoyage, le cas d'un opérateur

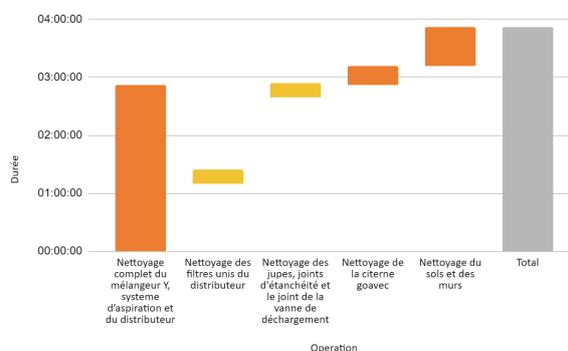


FIG. 4.3 : Diagramme de répartition des sous-opérations de nettoyage, le cas de deux opérateurs

On remarque que, dans le cas particulier, toutes les opérations sont effectuées séquentiellement par un seul opérateur, contrairement à la situation normale où le deuxième opérateur se charge du nettoyage des filtres unis, des jupes et des joints (les sous-opérations représentées en jaune) en parallèle avec les autres opérations effectuées par le premier opérateur.

Après avoir analysé le processus et ses tâches, nous avons observé en premier lieu que toutes les tâches sont actuellement effectuées en interne, ce qui signifie qu'elles sont réalisées pendant que toutes les machines de la salle sont à l'arrêt. De plus, suite à des discussions avec le personnel de production, ils ont confirmé que toutes ces étapes sont considérées comme essentielles et nécessaires pour prévenir les contaminations. Cela indique qu'aucune tâche n'est jugée superflue. Les listes détaillant les tâches se trouvent en annexe.

### Etape 02 : Séparer les activités internes et externes

Cette étape consiste à classier les tâches effectuées durant l'opération de nettoyage en deux catégories :

- Tâches internes : ce sont les tâches qui nécessitent l'arrêt de la machine pour être effectuées.
- Tâches externes : ce sont les tâches qui peuvent être effectuées pendant que la machine fonctionne.

Le tableau en annexe 26 présente de manière exhaustive la liste des tâches effectuées pour le nettoyage partiel du mélangeur en Y.

En externalisant certaines tâches qui peuvent être effectuées avant ou après l'opération de nettoyage, la durée du nettoyage partiel peut être réduite de 35 minutes à 29 minutes.

La tâche externalisée en amont peut être réalisée pendant le traitement du premier lot, tandis que les deux tâches externalisées en aval peuvent être effectuées pendant le traitement du deuxième lot.

Lors de l'opération de nettoyage complet, il est important de souligner que l'eau suit un circuit fermé en traversant successivement la boîte des gants, les flexibles, le distributeur, puis enfin le mélangeur. L'eau usée est évacuée par la vanne de déchargement à la fin du processus. Le tableau présenté en annexe 27 fournit la liste complète des tâches effectuées pour le nettoyage intégral du mélangeur en Y, du distributeur et du système d'aspiration.

Il est possible de retirer les gants, les filtres et les joints du système d'aspiration ou du distributeur pendant que le mélangeur fonctionne. De plus, il est également possible de commencer à préparer le système de nettoyage en place (CIP) pendant que les machines de la salle sont en fonctionnement.

Le même travail est répété pour le reste des étapes du nettoyage complet. Les listes des tâches correspondantes sont disponibles dans l'annexe 28.

### **Etape 03 :** Convertir des tâches internes en des tâches externes

Maintenant que toutes les tâches sont répertoriées et classées, il est temps de déterminer quelles tâches peuvent être externalisées afin de réduire la durée de l'opération. En effet, nous avons remarqué que si un seul opérateur est mobilisé pour effectuer un nettoyage complet, il est possible d'externaliser les tâches de nettoyage des filtres, des jupes et des joints en fournissant des éléments supplémentaires. Ce qui va permettre de diminuer la durée de nettoyage dans ce cas à 3h25min.

Les tableaux des tâches pour les sous-opérations, ainsi que les détails de conversion, sont disponibles dans l'annexe 29.

### **Etape 04 :** Rationaliser les tâches internes

Après avoir identifié et séparé les tâches internes et externes, l'étape suivante consiste à optimiser les tâches internes en réduisant leur temps d'exécution. Le tableau en annexe 30 présente les tâches qui peuvent être optimisées et comment les optimiser.

### **Etape 05 :** Rationaliser les tâches externes

Nous avons réitéré le même travail pour les tâches externes dans le but d'optimiser leur temps d'exécution. Le tableau présenté en annexe 31 présente les tâches qui peuvent être optimisées, accompagnées de la manière dont elles peuvent l'être.

**Résultats de l'application du SMED** Le tableau ci-dessous résume les résultats pouvant être obtenus en appliquant certaines techniques de la démarche SMED :

TAB. 4.4 : Tableau de résultats de l'application du SMED

Opération du nettoyage	Avant le SMED	Après le SMED	Le gain du temps
Vide de ligne (nettoyage partiel)	35 min	29 min	17,14%
Nettoyage complet (cas normale)	3h50min	3h25min	10,86%
Nettoyage complet (cas particulier)	4h20min	3h25min	21,15%

### Solution proposée 2 : Création d'une application Productech

**Les objectifs et fonctionnalités de l'application :** Afin de faciliter la gestion de ces différentes actions et garantir leur mise en œuvre harmonieuse, nous avons envisagé la création d'une application mobile dédiée et personnalisée. ProdcTech est une application qui joue le rôle d'intermédiaire entre les chefs d'équipes FLL et les opérateurs. Cette application permettrait de remédier à différents dysfonctionnements tels que la réduction des temps d'attente, l'affectation des tâches, la visibilité des opérations pour les opérateurs, la standardisation des processus ainsi que la digitalisation du logbook. De plus, elle offrirait la possibilité de suivre le temps de cycle dans chaque atelier et pour chaque opération. Étant donné qu'il n'y a pas de PC ni de système SAP dans chaque atelier, il serait plus pratique de créer une application mobile pour permettre le suivi du temps de cycle de chaque processus et éviter les pertes de temps et les déplacements inutiles. En développant une application sur mesure, notre objectif est de centraliser toutes ces actions au sein d'une seule plateforme conviviale et intuitive.

Cette application regrouperait l'ensemble des fonctionnalités nécessaires pour chaque action citée précédemment, à savoir :

- Action 1 : Réduction du temps de nettoyage

L'application propose une procédure standardisée améliorée en ajoutant le temps alloué pour chaque tâche, ce qui permet aux opérateurs de suivre les étapes recommandées et d'optimiser leur temps de travail. De plus, elle remplace le log-book papier du nettoyage par une solution numérique, ce qui élimine la nécessité de remplir manuellement les informations telles que la date, l'heure de début et de fin. Ces données sont enregistrées automatiquement en cliquant simplement sur des boutons appropriés dans l'application.

- Action 2 : Affectation de tâches aux opérateurs

Nous avons mis en place un système d'affectation des tâches pour chaque opérateur, grâce à l'application, les chefs d'équipe peuvent facilement sélectionner le shift approprié pour chaque opérateur et attribuer des tâches spécifiques en choisissant les opérations et

sous-opérations correspondantes dans des listes déroulantes. Cela garantit une répartition précise et équilibrée des charges de travail, tout en offrant aux opérateurs une visibilité claire sur les tâches qui leur sont assignées, avec des détails sur les priorités et les délais.

- Action 3 : Standardisation des tâches à réaliser durant le processus

Nous avons ajouté une fonctionnalité à l'application pour standardiser les tâches à réaliser tout au long du processus. Chaque sous-opération dispose désormais d'une durée standard prédéfinie, ce qui permet à l'opérateur d'avoir une visibilité claire sur la durée estimée de chaque opération et sous-opération. Cette fonctionnalité vise à motiver l'opérateur à accomplir sa tâche dans le temps imparti, en lui fournissant des références temporelles précises pour chaque étape du processus.

- Action 4 : Formation et développement des opérateurs

Nous avons intégré une fonctionnalité dans notre application qui permet à chaque opérateur de valider individuellement chaque sous-opération réalisée, en enregistrant les délais respectés. Cela nous permet de mesurer les performances des opérateurs et d'identifier les besoins de formation supplémentaires. De plus, nous prévoyons de mettre en place des tableaux de bord de suivi en utilisant Power BI pour visualiser les données collectées et prendre des décisions éclairées.

- Action 5 : Digitalisation de la documentation

Nous avons ajouté une fonctionnalité de numérisation du logbook dans l'application. Les opérateurs peuvent désormais enregistrer les informations essentielles, telles que les problèmes et les anomalies identifiés avant, pendant et après chaque opération. Cette fonctionnalité facilite la consultation ultérieure et l'analyse des données enregistrées, améliorant ainsi la traçabilité des activités et la précision de la documentation.

- Action 6 : Élimination des déplacements

L'application joue un rôle essentiel dans la réduction des déplacements inutiles des opérateurs. Nous avons mis en place une interface où chaque opérateur peut vérifier la disponibilité des outils nécessaires à la fin de son opération. De cette façon, nous évitons aux opérateurs de se déplacer inutilement en leur permettant de signaler les outils manquants. Le FLL peut ainsi avoir une visibilité sur les outils manquants et les remplacer avant le début de l'opération suivante. De plus, l'application offre un système de communication efficace entre les opérateurs et leurs responsables, leur permettant de résoudre les problèmes et d'obtenir les outils nécessaires sans avoir à se déplacer physiquement.

**Choix de la technologie :** Pour la réalisation de cette application, nous avons choisi Power Apps, une technologie de développement d'applications Low-code. Ce choix est justifié par plusieurs raisons. Tout d'abord, étant donné que GSK travaille déjà avec les applications Microsoft, utiliser Power Apps nous permet de bénéficier de synergies avec les autres outils et systèmes que nous utilisons. Il sera plus facile d'intégrer notre application avec l'écosystème Microsoft existant.

De plus, Power Apps étant une technologie Low-code, elle permet de réduire le besoin de programmation complexe, ce qui nous permettra de développer et de maintenir l'application plus facilement, même avec une équipe de développement limitée.

**Les étapes de création de l'application :** Pour créer l'application ProduTech, nous avons suivi une séquence d'étapes méthodiques. Nous avons commencé par concevoir des prototypes pour valider les fonctionnalités clés. Ensuite, nous avons construit une base de données adaptée à nos besoins. Enfin, nous avons utilisé Power Apps pour le développement de l'application et l'intégrer aux prototypes et à la base de données préalablement créés.

### 1. Prototypes et conception de l'interface utilisateur

Etape 01 : Brainstorming :

Nous avons entamé le processus de création des prototypes en commençant par un brainstorming intensif. Lors de cette session, nous nous sommes réunies pour discuter et explorer les différentes fonctionnalités et exigences de l'application et recueillir un large éventail d'idées et de perspectives. Nous avons identifié les objectifs clés de l'application, les besoins des utilisateurs et les cas d'utilisation spécifiques que nous souhaitons adresser.

Etape 02 : Création de maquettes (Wireframing) :

Après avoir clarifié nos objectifs et nos idées, nous sommes passés à l'étape du wireframing. Pour ce faire, nous avons opté pour une approche plus traditionnelle en utilisant du papier et un stylo pour créer un brouillon de notre conception initiale (Voir annexe 32). Cette méthode nous a permis de mettre nos idées sur papier de manière rapide et facile, sans être limités par les fonctionnalités d'un outil de conception numérique. Nous avons créé des croquis initiaux pour chaque écran de l'application, en nous concentrant principalement sur la disposition générale des éléments, l'organisation de l'information et les interactions de base. Ces wireframes rudimentaires nous ont permis d'explorer rapidement différentes possibilités de conception sans être limités par des détails visuels.

Etape 03 : Création de prototypes sur Figma :

Après avoir réalisé les wireframes, nous sommes passées à l'étape suivante, qui consiste à transformer ces croquis en prototypes interactifs. Nous avons transféré nos maquettes papier dans l'outil de conception Figma. Nous avons créé un nouveau projet Figma et avons commencé à reproduire nos croquis en utilisant les fonctionnalités et les outils disponibles. Nous avons créé des cadres pour chaque écran de l'application et avons ajouté des éléments interactifs tels que des boutons cliquables, des champs de saisie et des menus déroulants.

Nous avons choisi Figma comme outil de conception pour plusieurs raisons. Tout d'abord, Figma est une plateforme de conception collaborative basée sur le cloud. Cela

signifie que nous avons pu accéder et travailler sur les prototypes en temps réel. Cela favorisait la collaboration et nous permettait de partager facilement nos progrès et d'obtenir des commentaires en temps réel. De plus, Figma offre une large gamme de fonctionnalités et d'outils de conception puissants. Nous pouvions créer des interfaces interactives en utilisant des éléments préconçus, des composants réutilisables, Figma nous permettait également de personnaliser les styles visuels, les polices et les couleurs pour assurer la cohérence de l'application et donner vie à notre vision de conception. Un autre avantage de Figma est sa simplicité d'utilisation et son interface conviviale. Nous avons trouvé l'outil intuitif, ce qui nous a permis de créer rapidement nos prototypes sans nécessiter une expertise technique approfondie.

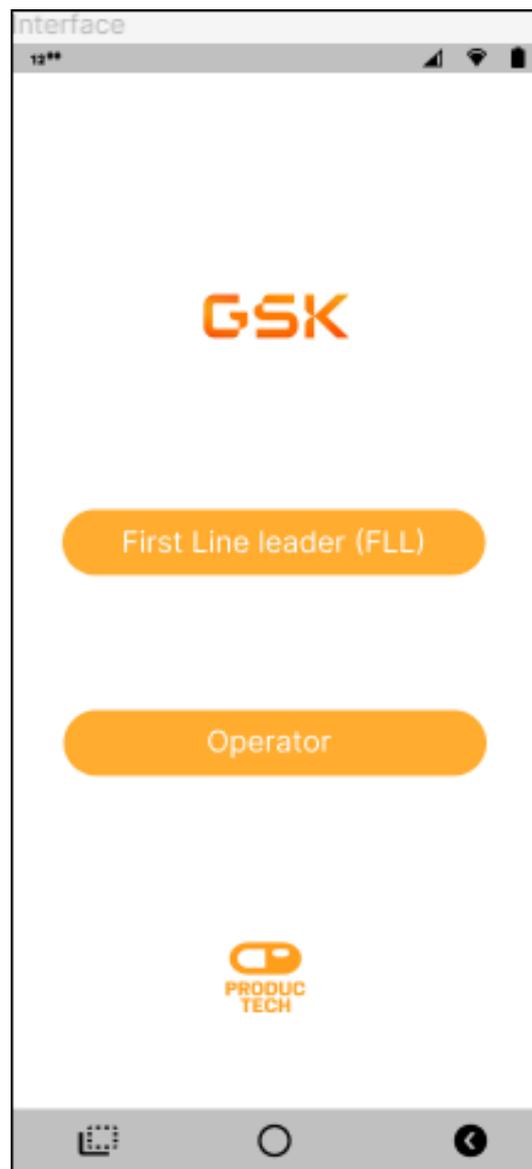


FIG. 4.4 : Interface de l'application ProductTech

Le tableau en annexe 33 présente les différents prototypes et leurs fonctionnalités respectives.

### 2. La construction de la base de données

Etape 01 : Modèle conceptuel :

Lors de la construction de notre base de données, nous avons suivi une approche méthodique en commençant par établir un modèle conceptuel de données. Ce modèle nous a permis de représenter les données de manière abstraite, en décrivant les entités, les attributs et les relations entre les entités, sans nous préoccuper de l'organisation spécifique des données ou d'un système de gestion de base de données (SGBD) particulier [58].

En identifiant les entités clés de notre domaine d'application, nous avons pu déterminer les objets ou les concepts importants à prendre en compte dans notre base de données. Ensuite, nous avons défini les attributs qui caractérisent ces entités, en identifiant les propriétés pertinentes pour chaque entité. Parallèlement, nous avons établi les relations entre les entités, en capturant les liens et les dépendances entre elles, qu'il s'agisse de relations "un-à-un", "un-à-plusieurs" ou "plusieurs-à-plusieurs" [58].

Pour représenter visuellement notre modèle conceptuel, nous avons utilisé des diagrammes entité-association. Ces diagrammes nous ont permis de visualiser les entités, les attributs et les relations [58].

Une fois que notre modèle conceptuel a été validé, nous l'avons utilisé comme base pour la conception du modèle relationnel. Cette étape consiste à traduire les entités, les attributs et les relations en tables, clés primaires et clés étrangères. Cette transformation nous a préparés à la construction de la base de données physique, où les données seront stockées et gérées à l'aide d'un SGBD spécifique [58].

Dans notre modèle conceptuel, nous avons identifié plusieurs entités à savoir :

L'entité "Chef d'équipe" représente les chefs d'équipe.

Elle possède des attributs tels que Id\_FLL (identifiant du chef d'équipe), Email\_FLL (adresse email du chef d'équipe) et Nom\_FLL (nom du chef d'équipe).

L'entité "Opérateur" représente les opérateurs.

Elle est caractérisée par des attributs tels que Id\_Opt (identifiant de l'opérateur) et Nom\_Opt (nom de l'opérateur).

L'entité "Opération" représente les opérations réalisées.

Elle possède des attributs tels que N\_Operation (numéro de l'opération), Nom\_Operation (nom de l'opération), Date\_Début (date de début de l'opération), Date\_Fin (date de fin de l'opération), Heure\_Début (heure de début de l'opération) et Heure\_Fin (heure de fin de l'opération).

L'entité "Sous\_opérations" représente les sous opérations associées à une opération principale.

Elle est caractérisée par des attributs tels que N\_SubOp (numéro de la sous opération), Nom\_SubOp (nom de la sous opération), Date\_Début (date de début de la sous opération), Date\_Fin (date de fin de la sous opération), Heure\_Début (heure de début de la sous opération), Heure\_Fin (heure de fin de la sous opération) et Durée (durée de la sous opération).

L'entité "Produit" représente les produits fabriqués.

Elle possède des attributs tels que Id\_Sku (identifiant du produit), Designation (désigna-

tion du produit) et Ligne (ligne de production du produit).

L'entité "Atelier" représente les différents ateliers où les opérations sont réalisées. Elle est caractérisée par des attributs tels que Id\_Room (identifiant de l'atelier) et Nom\_Room (nom de l'atelier).

L'entité "Lot" représente les lots de production. Elle possède des attributs tels que N\_Lot (numéro du lot), Date\_Fab (date de fabrication du lot) et Date\_péréemption (date de péremption du lot).

L'entité "Outil" représente les outils utilisés dans les ateliers. Elle possède des attributs tels que Id\_Outil (identifiant de l'outil) et Nom\_Outil (nom de l'outil).

L'entité "Logbook" représente un enregistrement des informations sur les problèmes ou des anomalies rencontrés dans chaque atelier. Elle possède des attributs tels que Id\_Log (identifiant de l'enregistrement) et Probleme (problème/anomalie enregistré).

Nous avons également identifié les différentes associations entre les entités qui décrivent les relations entre elles, voici les associations que nous avons établies : L'association "Affecte" permet de relier un chef d'équipe aux opérations qu'il affecte, indiquant qu'un chef d'équipe peut affecter plusieurs opérations tandis que l'opération est affectée par un seul chef d'équipe.

L'association "Dirige" relie l'entité "Chef d'équipe" à l'entité "Opérateur". Indiquant qu'un chef d'équipe peut diriger plusieurs opérateurs qui travaillent avec lui dans le même shift. En revanche, chaque opérateur est dirigé par un seul chef d'équipe.

L'association "Effectue" relie l'entité "Opérateur" à l'entité "Opération", indiquant qu'un opérateur effectue une ou plusieurs opérations, et que l'opération peut être effectuée par un ou plusieurs opérateurs .

L'association "Est composée" relie l'entité "Opération" à l'entité "Sous\_opérations", indiquant qu'une opération peut être composée de plusieurs sous-opérations, tandis qu'une sous-opération fait partie intégrante d'une opération.

L'association "Est réalisée" relie l'entité "Opération" à l'entité "Atelier", indiquant qu'une opération peut être réalisée dans un seul atelier, tandis qu'un atelier peut servir de lieu pour la réalisation d'une ou plusieurs opérations.

L'association "Traite" relie l'entité "Sous\_opérations" à l'entité "Lot", indiquant qu'une sous opération traite un lot spécifique tandis qu'un lot passe par plusieurs sous opérations.

L'association "Dispose" relie l'entité "Atelier" à l'entité "Outil", indiquant qu'un atelier possède plusieurs outils tandis que chaque outil est présent dans un atelier afin d'éviter les déplacements inutiles d'un atelier à un autre pour chercher un outil, en assurant que chaque atelier dispose des outils nécessaires à ses opérations.

L'association "Contient" relie l'entité "Atelier" à l'entité "Logbook", indiquant qu'un atelier peut contenir un ou plusieurs logbook, tandis que le logbook appartient à un seul atelier.

L'association "A" relie l'entité "Produit" à l'entité "Lot", indique que chaque produit peut avoir plusieurs lots associés, tandis qu'un lot appartient à un seul produit. Cela

signifie qu'un produit fini peut être fabriqué en plusieurs lots distincts.

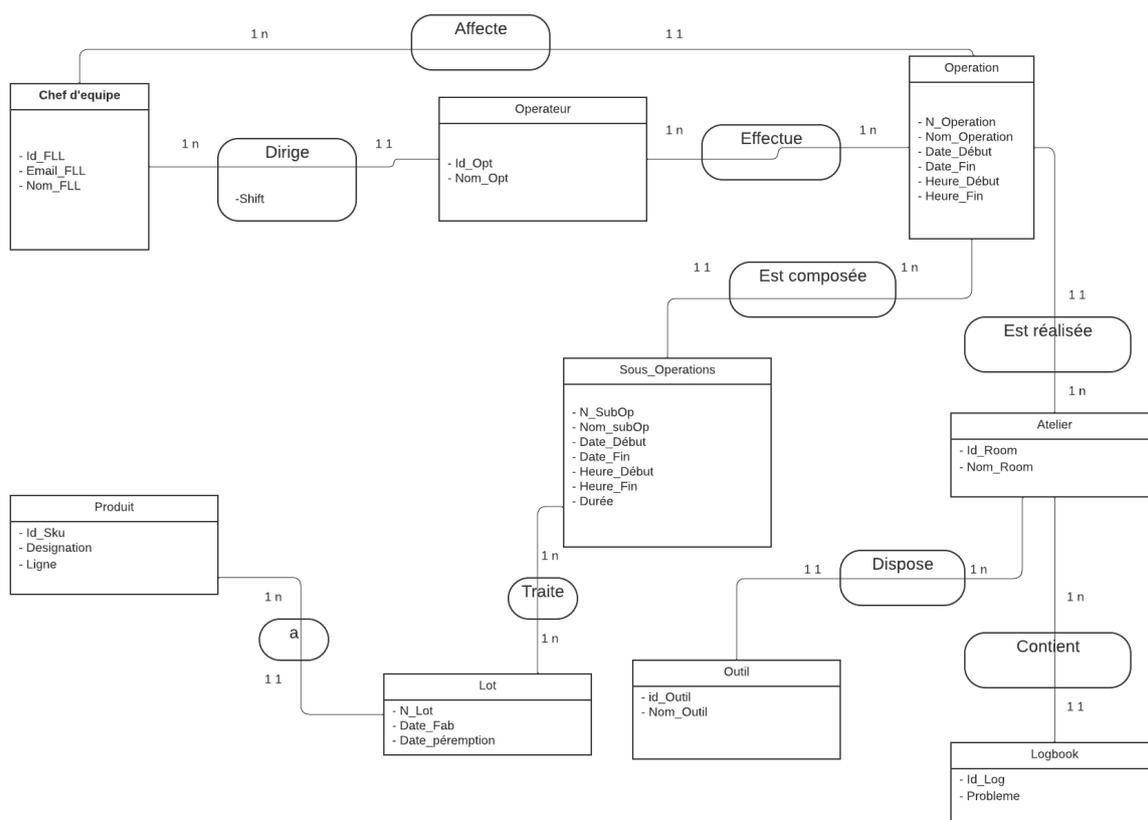


FIG. 4.5 : Modèle conceptuel

Etape 02 : Modèle relationnel (SGBD relationnel) : Nous avons construit notre modèle relationnel en suivant les principes du modèle relationnel utilisé dans les systèmes de gestion de bases de données relationnelles (SGBD). Ce modèle repose sur des relations, qui sont des structures de données composées d'un nom de relation et d'une liste d'attributs. Chaque relation est définie par son schéma, qui spécifie les attributs qui la composent [58].

Dans notre modèle relationnel, nous avons veillé à ce que chaque relation possède une clé, également connue sous le nom de clé primaire. La clé d'une relation est un sous-ensemble minimal d'attributs qui permet d'identifier de manière unique les autres attributs de la relation.

Lors du passage du modèle entité-association vers le modèle relationnel, nous avons associé chaque classe d'entités du modèle entité-association à une relation dans le modèle relationnel. Chaque relation porte le nom de la classe d'entités correspondante et comprend les attributs de cette classe.

De plus, chaque classe d'entités dans le modèle entité-association possède un identifiant, ou une clé, qui a été utilisé comme clé primaire dans la relation correspondante du modèle relationnel. Cela nous permet d'identifier de manière unique chaque enregistrement dans la relation.

Nous avons également représenté les associations du modèle entité-association par des relations dans le modèle relationnel. Chaque relation associée à une association porte le nom de cette dernière et inclut les identifiants des classes d'entités reliées ainsi que les attributs spécifiques à l'association elle-même.

La clé de la relation associée à une association est formée par l'ensemble des identifiants des classes d'entités reliées. Cette approche garantit l'unicité des enregistrements dans la relation associée à l'association.

Le modèle relationnel que nous avons obtenu à partir du modèle conceptuel est présenté en annexe 34.

Simplification du modèle relationnel :

Nous avons simplifié notre modèle relationnel en éliminant les associations binaires ayant une cardinalité spécifique (0,1) ou (1,1) vis-à-vis d'une classe d'entités. Cette simplification a été réalisée en déplaçant l'identifiant relié vers une autre classe d'entités.

Pour représenter efficacement la relation entre deux tables dans notre base de données relationnelle, nous avons utilisé des clés étrangères. Lorsqu'un identifiant a été déplacé vers une autre table, il est devenu une clé étrangère dans cette table. L'utilisation de clés étrangères nous a permis de représenter efficacement les relations entre les tables de notre base de données relationnelle.

Le modèle relationnel résultant de la simplification :

- Chef d'équipe ( Id\_FLL, Email\_FLL, Nom\_FLL)
- Opérateur ( Id\_Opt, Nom\_opt, Id\_FLL, Shift )
- Operation ( N\_operation, Nom\_operation, Date\_Début, Date\_Fin, Heure\_Début, Heure\_Fin, Id\_FLL, Id\_Room)
- Sous\_operations ( N\_subOp, Nom\_ubOp, Date\_Début, Date\_Fin, Heure\_Début, Heure\_Fin, Durée, N\_operation, N\_Lot)
- Atelier (Id\_Room, Nom\_Room)
- Lot (N\_Lot, Date\_Fab, Date\_péremption, Id\_Sku)
- Produit (Id\_Sku, Designation, Ligne)
- Outil (Id\_Outil, Nom\_Outil, Id\_Room)
- Logbook (Id\_Log, Probleme, Id\_Room)
- Effectue (Id\_Opt, N\_operation )

La simplification de notre modèle relationnel en déplaçant les identifiants reliés et en utilisant des clés étrangères a eu plusieurs avantages. Tout d'abord, elle a permis de réduire le nombre de tables, ce qui a rendu la structure de notre base de données plus concise et facile à gérer. De plus, cette simplification a rendu notre modèle relationnel plus cohérent, en éliminant les associations redondantes et en clarifiant les relations entre les entités.

Etape 03 : Modèle physique :

Après avoir construit notre modèle relationnel, nous avons opté pour l'utilisation de DataVerse comme plateforme pour établir notre modèle physique. "DataVerse est une plateforme qui permet de stocker et de gérer de manière sécurisée les données utilisées par les applications métier. Les données sont organisées dans des tables, qui sont composées de lignes (anciennement appelées enregistrements) et de colonnes (anciennement appelées champs/attributs). Chaque colonne est conçue pour stocker un type spécifique

de données.” documentation Microsoft [69].

DataVerse est une plateforme de gestion de données intégrée à Power Apps. Ce choix a été mûrement réfléchi et s’appuie sur plusieurs raisons à savoir :

Tout d’abord, DataVerse intègre nativement avec Power Apps, ce qui facilite grandement le développement de notre application. Ou nous pouvons utiliser les fonctionnalités de glisser-déposer et de configuration visuelle de Power Apps pour créer des formulaires, des vues et des flux de travail sans nécessiter de codage complexe. Cette approche visuelle et intuitive nous fait gagner du temps et nous permet de développer rapidement une application fonctionnelle. Nous pouvons bénéficier également de l’intégration transparente avec d’autres applications de la suite Microsoft Power Platform, notamment Power BI.

De plus, La gestion des données est simplifiée puisque les métadonnées et les données sont stockées dans le cloud. Nous n’avons pas à nous préoccuper des détails de stockage, car cela est géré par la plateforme, et nous nous assurons que notre application est soutenue par une infrastructure robuste, capable de gérer efficacement les charges de travail et de s’adapter à la croissance future de notre entreprise. De plus, étant une solution cloud, nous bénéficions des avantages de la disponibilité à tout moment, de la sauvegarde automatique et de la gestion simplifiée de l’infrastructure.

En outre, DataVerse propose des fonctionnalités de gestion des versions et de suivi des modifications, ce qui facilite la gestion des modifications apportées à notre modèle physique au fil du temps. Nous avons pu enregistrer les modifications, suivre l’historique des données et revenir à des versions précédentes si nécessaire. Cette traçabilité nous offre une plus grande flexibilité dans l’évolution de notre application et nous permet de prendre des décisions éclairées en matière de gestion des données.

Un autre avantage clé de DataVerse est sa sécurité intégrée. La plateforme offre des fonctionnalités avancées de contrôle d’accès aux données, nous permettant de définir des rôles, des autorisations et des règles de sécurité spécifiques. En établissant notre modèle physique sur DataVerse, nous avons pu garantir la confidentialité et l’intégrité de nos données, en limitant l’accès uniquement aux utilisateurs autorisés.

Cette étape consiste à établir les tables, les colonnes et les relations correspondantes dans l’environnement de DataVerse. Nous avons attribué des noms appropriés aux tables et sélectionné les types de données adéquats pour les colonnes. Les clés primaires ont été définies pour assurer l’unicité des enregistrements, tandis que les clés étrangères ont été utilisées pour établir les relations entre les tables, reflétant ainsi les dépendances logiques entre les entités. Grâce à ce modèle physique sur DataVerse, nous pouvons accéder aux données de manière cohérente et naviguer facilement entre les différentes entités de notre système.

### 3. Création de l’application sur Power Apps

Lors de la création de notre application sur Power Apps à partir du design initial réalisé sur Figma, nous avons franchi la première étape de la digitalisation. Nous avons utilisé le fichier Figma comme référence pour concevoir et mettre en place l’interface utilisateur de notre application. Cela nous a permis de gagner du temps et d’assurer une cohérence visuelle entre le design initial et l’application finale. (Voir annexe 35)

En important le fichier Figma dans Power Apps, nous avons pu extraire les composants,

les styles et les mises en page nécessaires pour notre application. Nous avons veillé à ce que les éléments graphiques, tels que les boutons, les champs de saisie et les icônes, soient fidèlement reproduits et conservent leur aspect visuel d'origine. (Voir annexe 36)

Après avoir mis en place l'interface utilisateur dans Power Apps, la prochaine étape consiste à intégrer les données provenant de notre modèle physique stocké dans Dataverse. Les connexions et les sources de données sont configurées de manière à extraire les informations pertinentes de la base de données et à les afficher dans l'application. Cette approche permet la création de formulaires de saisie, de listes et de vues de données qui sont dynamiquement liés à la base de données, assurant ainsi la cohérence des informations. (Voir annexe 37)

Grâce à cette intégration des données provenant de Dataverse, l'application devient interactive et fonctionnelle. Les utilisateurs ont désormais la possibilité de saisir, modifier et consulter en temps réel les informations stockées dans la base de données.

### 4.2.2 Cartographie de la chaîne de valeur VSM future, améliorée

Après avoir proposé nos solutions et les actions d'amélioration, nous avons élaboré une version améliorée de la cartographie de chaîne de valeur (VSM) pour représenter l'état futur du processus, cette version améliorée du VSM nous donne une vision claire et détaillée de l'état futur du processus, en tenant compte des solutions proposées. Elle permet de visualiser les gains potentiels en termes de réduction de temps de cycle de production. Les résultats détaillés de la réduction du temps de cycle sont présentés dans le tableau de l'annexe 38.

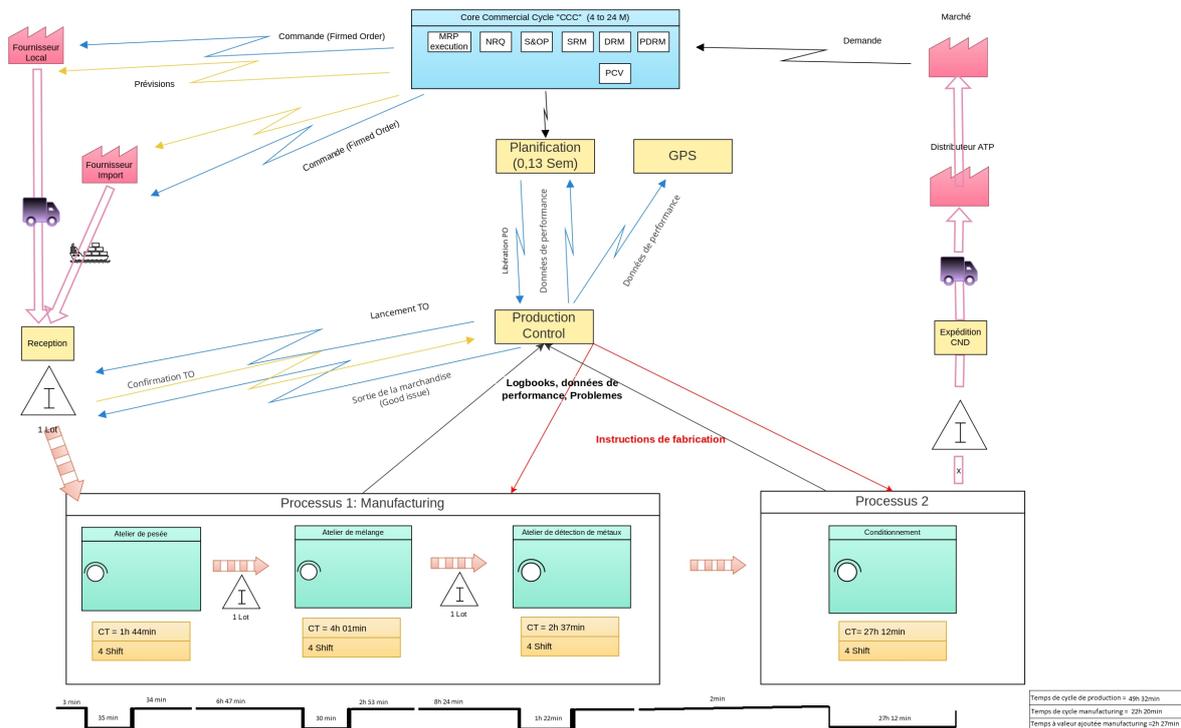


FIG. 4.6 : Cartographie de la chaîne de valeur VSM de l'état futur

Manufacturing : En implémentant les solutions proposées, on peut réduire le temps de cycle du processus de fabrication de 30h 17min à 22h 20 min, soit une réduction de 8 heures 15 minutes. Cela équivaut à un gain de 27,24%.

### 4.2.3 Résultat de la phase "Améliorer"

Les solutions proposées nous permettront de réduire le temps de cycle de production pour le produit Augmentin Ligne Sachet. Cette réduction du temps de fabrication aura un impact positif sur l'ensemble de processus de production. En libérant des ressources et en optimisant les ateliers partagés avec les autres lignes, nous pourrions augmenter la capacité de production de toutes les lignes.

## 4.3 Phase 5 : Contrôler

Dans cette phase, nous mettons en place un suivi et un contrôle du temps de cycle de production afin de garantir l'efficacité des améliorations apportées.

Le contrôle du temps de cycle est réalisé en utilisant des indicateurs de performance clés et des tableaux de bord. Ces mesures permettent de surveiller, en temps réel, le temps de cycle, d'analyser les écarts par rapport aux objectifs fixés et de prendre les mesures correctives appropriées pour assurer une performance optimale. L'objectif est d'obtenir

une visibilité claire sur le déroulement de la production et d'assurer que les améliorations apportées produisent les résultats attendus.

### 4.3.1 Le contrôle et le suivi du temps de cycle de production

#### 4.3.1.1 Identification des KPI

Le contrôle et le suivi jouent un rôle essentiel dans notre projet de réduction du temps de cycle de production chez GSK. Étant donné l'absence d'un suivi précis du temps de cycle de production et d'une baseline (référence) pour évaluer la performance actuelle, nous proposons la mise en place de KPIs, avec comme KPI principal le temps de cycle de production.

(Un KPI - Key Performance Indicator est une mesure clé utilisée pour évaluer et suivre la performance d'un processus, d'une entreprise ou d'un objectif spécifique)

Pour approfondir l'analyse de ce KPI principal, nous avons identifié qu'il est pertinent de décliner ce KPI en plusieurs indicateurs plus spécifiques afin d'identifier les étapes du processus qui représentent des goulots d'étranglement et des opportunités d'amélioration pour réduire le temps de cycle. Cela permettra d'obtenir une visibilité et une transparence accrues sur chaque étape du processus de production.

La méthode que nous avons choisie pour organiser ces indicateurs est le KPI Tree.

**KPI tree :** Le KPI Tree que nous avons conçu est une structure hiérarchique qui nous permet de suivre et d'analyser le temps de cycle de production, ainsi que ses différentes composantes. Il s'agit d'un outil visuel qui nous aide à organiser et à hiérarchiser les indicateurs clés de performance (KPI) liés au temps de cycle. Chaque niveau du KPI Tree représente une catégorie spécifique liée au temps de cycle et est subdivisé en sous-niveaux pour une analyse plus détaillée. (Voir annexe 39)

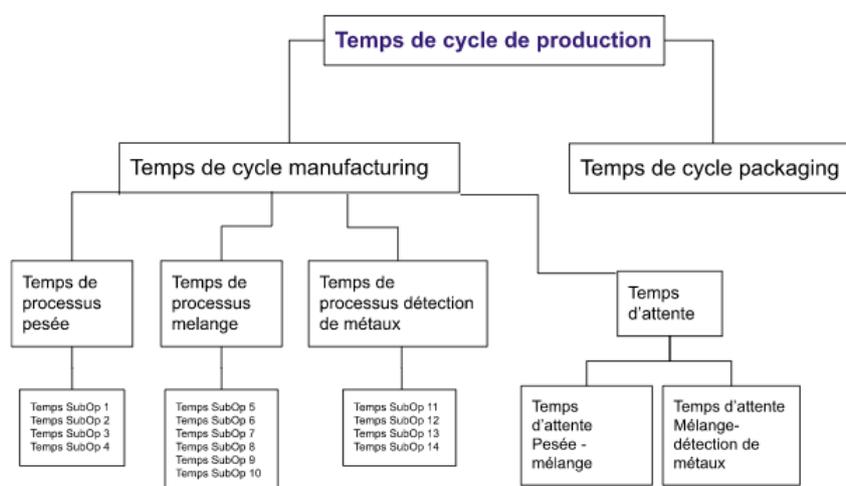


FIG. 4.7 : KPI (Key Performance Indicator) Tree

Cette structure de KPI Tree nous permet de visualiser et de hiérarchiser les différents KPI liés au temps de cycle de production. Elle nous aide à identifier les domaines qui

nécessitent des améliorations, à suivre les performances de chaque étape du processus et à prendre des décisions éclairées pour réduire le temps de cycle de production.

### 4.3.1.2 Fixer les objectifs

Comme mentionné précédemment, étant donné l'absence de baseline pour comparer nos résultats actuels après avoir implémenter nos solutions avec un objectif, nous proposons de fixer des objectifs et des exigences pour chaque KPI, en commençant par le KPI principal et en déterminant la durée cible pour chaque sous-opération. Pour concrétiser cette démarche, il est essentiel d'impliquer toute l'équipe, y compris le chef de production et les chefs d'équipe FFL et la responsable de performance, afin de définir ces objectifs de manière collective et de favoriser un engagement partagé envers l'amélioration du temps de cycle de production.

### 4.3.1.3 Plan de collecte de données

Pour assurer le suivi et le contrôle des KPI liés au temps de cycle de production, nous mettons en place un plan de collecte de données. Nous utiliserons deux sources pour obtenir les informations nécessaires :

- Application ProduTech : Nous utiliserons notre application ProduTech, qui a été proposée lors de la phase "Améliorer". Cette application est connectée à notre base de données sur Dataverse. Elle nous fournira les données et informations relatives au temps de chaque processus ainsi que le temps de chaque sous-opération. En utilisant ces données, nous pourrions calculer le temps d'attente et le temps de cycle du processus de fabrication.

- Système SAP : Nous utiliserons également le système SAP pour collecter les données sur le temps de cycle du processus de conditionnement. Étant donné que ces données sont déjà enregistrées dans SAP, nous pourrions obtenir les informations sur le temps de cycle total de production.

### 2.3.1.4 : Elaboration de tableaux de bord

Une fois que les données sont récupérées à partir de deux sources d'alimentation, elles sont affichées de manière automatique, dynamique et interactive dans des interfaces sur Power BI.

Power BI se distingue non seulement par son intégration étroite avec d'autres outils Microsoft, mais aussi par ses fonctionnalités d'analyse avancée. Ces fonctionnalités permettent de concevoir des tableaux de bord conviviaux et intuitifs.

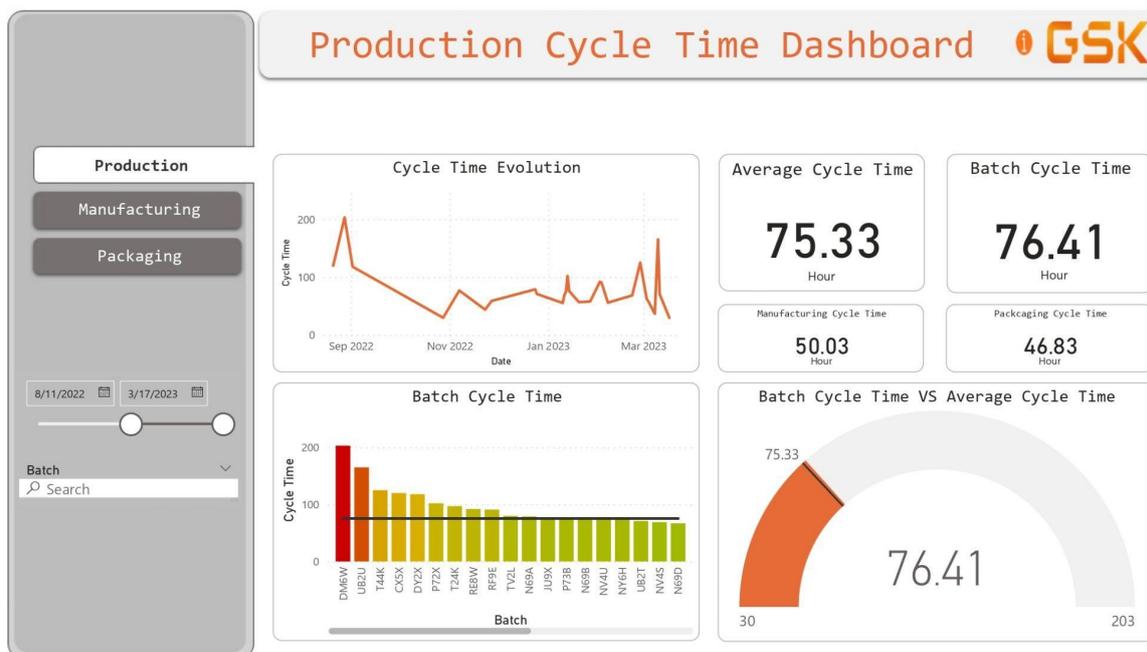


FIG. 4.8 : Tableau de bord du temps de cycle de production

Pour accéder aux tableaux de bord de la partie fabrication ou conditionnement et être redirigé vers leurs interfaces respectives, il suffit de cliquer sur les boutons spécifiques portant le nom de chaque partie. Les deux interfaces contiennent des éléments similaires à la première, ce qui permet d'analyser le temps de cycle de chaque partie. (Voir annexe 40)

Les deux interfaces (de fabrication et de conditionnement) comportent des éléments similaires à ceux de la première interface. Cependant, l'interface de fabrication présente en plus des boutons en haut, qui permettent à l'utilisateur de naviguer vers les interfaces spécifiques à chaque opération et l'interface du temps d'attente du processus. (Voir annexe 41)

Chaque interface d'opération est dotée d'un filtre de sous-opération qui permet d'afficher les analyses spécifiques à une sous-opération donnée. Cela peut être réalisé en tapant le nom de la sous-opération dans la barre de recherche du filtre.

### 4.3.2 Le contrôle et le suivi des opérateurs

Comme nous l'avons proposé dans la phase d'amélioration en ce qui concerne l'ajout d'une fonctionnalité de l'application qui permet d'enregistrer la durée prise par chaque opérateur dans chaque sous-opération, en se basant sur ces données nous mettons en place un suivi individuel des opérateurs afin de détecter les besoins éventuels en formation supplémentaire dans une sous-opération ou une opération spécifique. Cela nous permettra d'identifier les cas où un opérateur ne respecte pas les délais en raison d'un manque d'expertise ou de formation adéquate.

Ce suivi nous permettra également de reconnaître et de récompenser les opérateurs qui respectent constamment les délais fixés et qui ont contribué de manière significative à la

réduction du temps de cycle. En offrant des incitations et des rémunérations appropriées, nous encourageons l'engagement et la motivation des opérateurs à atteindre et dépasser les objectifs fixés.

### 4.3.2.1 Identification des KPI

Afin d'assurer le contrôle et le suivi individuel des opérateurs, nous proposons les indicateurs clés de performance suivants (KPI) :

Temps moyen par opérateur par sous-opération : Mesure le temps moyen qu'un opérateur prend pour effectuer une sous-opération spécifique. Cela permet de détecter les opérations qui prennent plus de temps que la normale.

Taux de respect des délais par opérateur : Indique le pourcentage de fois où un opérateur respecte les délais fixés pour chaque sous-opération. Cela permet d'identifier les opérateurs qui ont des difficultés à respecter les délais.

Nombre d'occurrences de retards par opérateur : Compte le nombre de fois où un opérateur dépasse les délais fixés pour une sous-opération donnée. Cela permet de détecter les problèmes potentiels de formation ou de compétences spécifiques à chaque opérateur.

### 4.3.2.2 Plan de collecte de données

Notre application proposée permet d'enregistrer les données relatives à la durée de chaque opérateur pour chaque opération et sous-opération sur notre base de données élaborée sur Dataverse.

### 4.3.2.3 Elaboration de tableaux de bord

Le tableau de bord "Suivi Opérateur" comprend des fonctionnalités qui permettent de suivre les performances de chaque opérateur individuellement en saisissant leur nom dans la barre de recherche "Nom de l'opérateur", ainsi que l'ensemble des opérateurs du même quart de travail en choisissant un quart de travail spécifique dans la barre de recherche "Shift". (Voir annexe 42)

## 4.3.3 Le contrôle et le suivi des problèmes et anomalies consignés dans le logbook

Notre application ProducTec, liée à Dataverse, nous permet d'enregistrer de manière précise les différentes anomalies et problèmes rencontrés à toutes les étapes du processus, que ce soit avant, pendant ou après l'opération. Les problèmes enregistrés seront classés en fonction de leur gravité et de leur impact sur les durées des opérations. Cela permet de déterminer l'ordre de traitement des problèmes, en accordant une attention particulière aux problèmes les plus critiques et urgents, et nous serons en mesure de résoudre rapidement les problèmes, d'améliorer l'efficacité de nos opérations et de prévenir les incidents futurs.

Chaque salle dispose d'un tableau bord de suivi des problèmes spécifique pour ses équipements et machines. Le tableau de bord des anomalies permet d'identifier les problèmes les

plus fréquents à travers un diagramme de Pareto, de suivre leur évolution via une courbe, et même de poser des questions sur les problèmes les plus importants et leur fréquence d'apparition. ( Voir annexe 43)

### 4.4 Conclusion

Ce dernier chapitre présente les solutions proposées pour améliorer le problème de réduction du temps de cycle de production. Dans la phase Innover/Améliorer, nous avons examiné plusieurs options pour résoudre ce problème et nous avons estimé l'état futur après la mise en place de ces solutions. La phase Contrôler inclut la mise en place de nouveaux indicateurs clés de performance (KPI) et de tableaux de bord pour suivre efficacement le temps de cycle. Ces mesures de contrôle permettent de monitorer et d'évaluer en continu les progrès réalisés, assurant ainsi une gestion optimale du temps de cycle de production.

# Conclusion générale et perspectives

La réduction du temps de cycle de production grâce à l'application des principes lean et des solutions digitales a été au cœur de notre projet de fin d'études, tout en suivant une approche DMAIC. Cette méthodologie s'est révélée particulièrement adaptée à notre cas d'étude, qui visait à augmenter la capacité de production en éliminant les gaspillages et en identifiant les goulots d'étranglement au niveau de la production.

Nous avons identifié notre problématique et fixé des objectifs clairs lors de la phase Définir. La phase Mesurer nous a permis de collecter et analyser des données pour évaluer l'évolution du temps de cycle.

En analysant les causes des dysfonctionnements et des temps non ajoutés de valeur dans la phase Analyser, nous avons pu proposer des solutions adaptées. Dans la phase Améliorer, nous avons combiné les principes du lean manufacturing avec les avantages du digital pour optimiser le temps de cycle et réduire les gaspillages.

La phase Contrôler nous a permis de mettre en place des indicateurs clés de performance et des tableaux de bord pour évaluer les résultats de nos actions d'amélioration et suivre le temps de cycle.

En réduisant le temps de cycle de production, nous avons pu libérer des ressources et des capacités de production. Cela a permis d'augmenter la capacité de notre ligne de production, mais aussi de mieux utiliser les ressources disponibles sur les autres lignes.

En plus des solutions que nous avons proposées, notre projet a également contribué à renforcer la maturité de la digitalisation au sein de l'entreprise. Nous avons développé une solution digitale adaptée à notre contexte, qui a permis une meilleure collecte et analyse des données, facilitant ainsi la prise de décision et l'amélioration continue des processus de production.

Notre projet constitue une base solide pour d'autres projets futurs axés sur l'augmentation de la capacité de production. Les résultats de nos analyses seront disponibles pour les futurs stagiaires, qui pourront ainsi les utiliser pour résoudre d'autres problèmes et développer de nouvelles approches novatrices.

En implémentant un tableau de bord, il sera possible d'effectuer des analyses quantitatives précises. Cela permettra à l'entreprise non seulement de détecter et traiter rapidement les problèmes, mais aussi d'utiliser les résultats du tableau de bord lors des négociations avec les fournisseurs. Par exemple, en identifiant précisément les pertes dues aux coupures électriques, l'entreprise pourra négocier des tarifs préférentiels dans les accords de niveau de service (SLA) avec son fournisseur d'électricité, ce qui réduira les coûts.

# Bibliographie

- [1] Javel, G., Le Bert, J. (1993). L'Organisation et la Gestion de Production.
- [2] Kumar, S. A., Suresh, N. (2006). Production and operations management.
- [3] Patil, S. (2022). Production and operations management.
- [4] Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., Pillet, M., Pillet, M. (2003). Gestion de production. Les Ed. d'Organisation.
- [5] Kukulka, A., Wirkus, M. (2017). Evaluation of Batch Production Processes Based on Seven Criteria. Elsevier.
- [6] Lee, S. L., O'Connor, T. F., Yang, X., Cruz, C. N., Chatterjee, S., Madurawe, R. D., ... Woodcock, J. (2015). Modernizing pharmaceutical manufacturing : from batch to continuous production. Journal of Pharmaceutical Innovation.
- [7] Scherer, F. M. (2000). The pharmaceutical industry. Handbook of health economics.
- [8] Schaber, S. D., Gerogiorgis, D. I., Ramachandran, R., Evans, J. M., Barton, P. I., Trout, B. L. (2011). Economic analysis of integrated continuous and batch pharmaceutical manufacturing : a case study. Industrial Engineering Chemistry Research.
- [9] Gupta, S., Starr, M. (2014). Production and operations management systems. CRC Press.
- [10] Perry, G. L. (1973). Capacity in manufacturing.
- [11] Paton, S., Clegg, B., Juliana, H., Pilkington, A. (2011). EBOOK : Operations Management.
- [12] Yu-Lee, R. T. (2002). Essentials of capacity management. John Wiley Sons.
- [13] Abu Jadayil, W., Khraisat, W., Shakoor, M. (2017). Different strategies to improve the production to reach the optimum capacity in plastic company. Cogent Engineering, 4(1), 1389831.
- [14] Suthar, K., Deshpande, V. (2014). Review on reducing manufacturing throughput time : Various tools and techniques. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), 1(6), 542-546.
- [15] Egbelu, P. J. (1991). Reduction of manufacturing lead-time through selection of machining rate and unit handling size.
- [16] Alata, M. A. L., Robielos, R. A. C. (sans date). Capacity Improvement of an Advanced Manufacturing using Lean Six Sigma.
- [17] Abdul-Kader, W. (2006). Capacity improvement of an unreliable production line—an analytical approach. Computers Operations Research.

- [18] Köse, S. Y., Demir, L., Tunalı, S., Eliiyi, D. T. (2015). Capacity improvement using simulation optimization approaches : A case study in the thermotechnology industry. *Engineering Optimization*.
- [19] Sant.ana, A., Afonso, P. S. L. P., Zanin, A., Wernke, R. (2017). Costing models for capacity optimization in Industry 4.0 : Trade-off between used capacity and operational efficiency.
- [20] Muscio, A., Ciffolilli, A. (2020). What drives the capacity to integrate Industry 4.0 technologies? Evidence from European RD projects.
- [21] Lee, A. H., Wang, W. M., Lin, T. Y. (2010). An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry.
- [22] Mohanty, R. P., Mishra, D., Mishra, T. (2009). Comparative study of production outsourcing models.
- [23] Jiang, J. J., Klein, G. (1999). Project selection criteria by strategic orientation.
- [24] Faust, R. E. (1971). Project selection in the pharmaceutical industry.
- [25] Chen, L. H., Hung, C. C. (2010). An integrated fuzzy approach for the selection of outsourcing manufacturing partners in pharmaceutical RD.
- [26] Bennett, B., Cole, G. (Eds.). (2003). *Pharmaceutical production : an engineering guide*.
- [27] Earley, J. (2016). *The lean book of lean : A concise guide to lean management for life and business*.
- [28] Sayer, N. J., Williams, B. (2012). *Lean for dummies*.
- [29] Iuga, M. V., Kifor, C. V. (2013). *Lean manufacturing : The when, the where, the who*.
- [30] Morgan, J., Brenig-Jones, M. (2012). *Lean Six Sigma for Dummies*.
- [31] Marchwinski, C., Shook, J. (Eds.). (2003). *Lean lexicon : a graphical glossary for lean thinkers*
- [32] Muralidharan, K., Raval, N. (2015). Assessment of value added activities : Lean versus Six Sigma.
- [33] Ohno, T. (1988). *Toyota production system : beyond large-scale production*.
- [34] Jones, D. T., Womack, J. P. (2009). *Système Lean : Penser l'entreprise au plus juste*
- [35] Pillet, M. (2003). *Six Sigma - Comment l'appliquer*.
- [36] Gygi, C., Williams, B. (2012). *Six sigma for dummies*.
- [37] Montgomery, D. C., Woodall, W. H. (2008). *An overview of six sigma*.

- [38] George, M. L., Maxey, J., Rowlands, D., Price, M. (2004). The Lean Six Sigma Pocket Toolbook.
- [39] Voehl, F., Harrington, H. J., Mignosa, C., Charron, R. (2013). The lean six sigma black belt handbook : tools and methods for process acceleration.
- [40] Shahin, A., Alinavaz, M. (2008). Integrative approaches and frameworks of lean Six Sigma : a literature perspective.
- [41] Isniah, S., Purba, H. H., Debora, F. (2020). Plan do check action (PDCA) method : literature review and research issues.
- [42] Flinchbaugh, J. (2012). A3 problem solving : Applying lean thinking.
- [43] Aichouni, A. B. E., Ramlie, F., Abdullah, H. (2021). Process improvement methodology selection in manufacturing : A literature review perspective.
- [44] Cronemyr, P. (2007). DMAIC and DMADV-differences, similarities and synergies. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage,
- [45] Marques, P. A., Guerreiro, F. F., Saraiva, P. M. (2019). Lean Six Sigma methods and tools in ISO 9001 : 2015 management systems.
- [46] Auzémery, E. (2016). Mise en place d'un projet d'amélioration continue sur une ligne de conditionnement secondaire de vaccins, à l'aide de l'outil Lean Six Sigma.
- [47] Revelle, J. B., Moran, J. W., Cox, C. A. (1998). The QFD handbook.
- [48] Nandakumara, N., Saleeshyab, P. G., Harikumarc, P. (2018). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology.
- [49] Knop, K., Mielczarek, K. (2018). Using 5W-1H and 4M Methods to Analyse and Solve the Problem with the Visual Inspection Process case study.
- [50] Minitab, L. L. C. (2019). Minitab 18 support.
- [51] Rother, M., Shook, J. (1998). Learning to see.
- [52] Garnier, D. (2011). La value stream mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliquée à l'industrie pharmaceutique.
- [53] George, M. L. (2002). Lean Six Sigma : Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed.
- [54] Olivier, F. (2011). L'approche Lean : méthodes et outils appliqués aux ateliers de production pharmaceutique.
- [55] Kélada, J. (1994). l'amdec.
- [56] LECONTE, T. (2008). La pratique du SMED - Obtenir des gains importants avec le changement d'outillage rapide.

## Bibliographie

---

- [57] Vincent, P., Iijima, K., Driver, M., Wong, J., Natis, Y. (2019). Magic Quadrant for Enterprise Low-Code Application Platforms.
- [58] Zouaghi, I. (2022). Cours Business Intelligence.

### Webliographie :

- [60] Algérie Presse Service. (2023) . Industrie pharmaceutique : répondre à la demande locale et accéder aux marchés internationaux. [en ligne]. URL : [Industrie pharmaceutique : répondre à la demande locale et accéder aux marchés internationaux](#).
- [61] Kevin Dunleavy. (2023) . The top 20 pharma companies by 2022 revenue. [en ligne]. URL : [The top 20 pharma companies by 2022 revenue](#).
- [62] GSK. (2023) . Annual Report 2022.[en ligne]. URL : [Annual Report 2022 |GSK](#).
- [63] Ministère de l'industrie et la production pharmaceutique . (2023) .[en ligne]. URL : [Ministère de l'industrie et la production pharmaceutique](#).
- [64] IQVIA . (2023) .[en ligne]. Dynamique du marché du médicament en Algérie. URL : [Dynamique du marché du médicament en Algérie](#).
- [65] Merkur . (2023) .[en ligne]. Comment préparer efficacement votre agrandissement d'usine?. URL : [Comment préparer efficacement votre agrandissement d'usine?](#)
- [66] Wimi . (2023) .[en ligne]. Comment déterminer la complexité d'un projet?. URL : [Comment déterminer la complexité d'un projet?](#)
- [67] Intuz . (2023). Why You Should Choose Low-Code Platform For Lean Manufacturing?. [en ligne]. URL : [Why You Should Choose Low-Code Platform For Lean Manufacturing](#).
- [68] Amy Groden-Morrison. (2023) . The benefits of using low code platform for Lean manufacturing.[en ligne]. URL : [The benefits of using low code platform for Lean manufacturing](#).
- [69] Microsoft. (2023) . Microsoft 365 documentation. [en ligne]. URL : [Microsoft 365 documentation](#).

# Annexes

# Liste des annexes

<b>1</b>	<b>Annexes du chapitre 02</b>	<b>123</b>
1.1	Annexe 01 : Historique et origine de Lean Manufacturing	123
1.2	Annexe 02 : Origine de Six Sigma	124
1.3	Annexe 03 : Classification des plateformes de Low-code/No-code	125
1.4	Annexe 04 : Les plate-formes Low code/No code populaires les plus utilisées	125
<b>2</b>	<b>Annexes du chapitre 03</b>	<b>128</b>
2.1	Annexe 05 : Processus de fabrication et ses interactions	128
2.2	Annexe 06 : Les exigences des clients et leurs caractéristiques mesurables	128
2.3	Annexe 07 : Attribution des poids aux catégories de Kano	130
2.4	Annexe 08 : Les composants de la matrice QFD	130
2.5	Annexe 09 : La charte de projet	132
2.6	Annexe 10 : Histogrammes du temps de cycle de chaque opération	133
2.7	Annexe 11 : Les fiches d'observations des opérations	134
2.8	Annexe 12 : Cartographie manuelle de la chaîne de valeur VSM	137
2.9	Annexe 13 : Les symboles et les icônes du VSM	138
2.10	Annexe 14 : Modélisation BPMN des opérations	139
2.11	Annexe 15 : Base de données du temps de cycle des opérations	139
2.12	Annexe 16 : Les causes de variabilité de l'opération de pesée	140
2.13	Annexe 17 : Les causes de variabilité de l'opération de mélange	141
2.14	Annexe 18 : Les causes de variabilité de l'opération de détection de métaux	142
2.15	Annexe 19 : Les dysfonctionnements détectés dans l'opération de pesée	143
2.16	Annexe 20 : Les dysfonctionnements détectés dans l'opération de mélange	143
2.17	Annexe 21 : Les dysfonctionnements détectés dans l'opération de détection de métaux	145
2.18	Annexe 22 : Les causes du temps d'attente entre les opérations	146
2.19	Annexe 23 : Analyse de Pareto	147
<b>3</b>	<b>Annexes du chapitre 04</b>	<b>149</b>
3.1	Annexe 24 : Les actions d'amélioration pour la résolution des dysfonctionnements identifiés	149
3.2	Annexe 25 : Les opérations de nettoyage	150
3.3	Annexe 26 : Séparation des tâches du nettoyage partiel	150
3.4	Annexe 27 : Séparation des tâches du nettoyage complet	151
3.5	Annexe 28 : Séparation des tâches du nettoyage de la citerne, les filtres et les jupes	154
3.6	Annexe 29 : Conversion des tâches	155

## Liste des annexes

---

3.7	Annexe 30 : Rationalisation des tâches internes . . . . .	156
3.8	Annexe 31 : Rationalisation des tâches externes . . . . .	156
3.9	Annexe 32 : Brouillon de maquette de l'application ProdecTech . . . . .	157
3.10	Annexe 33 : Les interfaces et les fonctionnalités du prototype . . . . .	157
3.11	Annexe 34 : Model relationnel . . . . .	167
3.12	Annexe 35 : Intégration du design Figma dans l'application Power Apps .	167
3.13	Annexe 36 : Application ProducTech sur Power Apps . . . . .	168
3.14	Annexe 37 : Liaison dynamique de l'application avec Dataverse . . . . .	168
3.15	Annexe 38 : L'état futur . . . . .	169
3.16	Annexe 39 : Les niveaux de l'arbre des KPI . . . . .	170
3.17	Annexe 40 : Tableau de bord du temps de cycle des processus . . . . .	172
3.18	Annexe 41 : Tableaux de bord des opérations . . . . .	172
3.19	Annexe 42 : Tableau de bord des opérateurs . . . . .	174
3.20	Annexe 43 : Tableau de bord de suivi des problèmes . . . . .	174

# Chapitre 1

## Annexes du chapitre 02

### 1.1 Annexe 01 : Historique et origine de Lean Manufacturing

Avec la domination des entreprises automobiles japonaises sur le marché mondial à la fin des années 1980, les experts et chercheurs se sont davantage intéressés au système de production japonais. Cette prise de contrôle par des entreprises telles que Toyota, Nissan et Honda a suscité des inquiétudes dans le monde occidental, incitant les chercheurs à enquêter sur les raisons du succès du système de production japonais qui utilisait moins d'efforts et de ressources dans le processus de production, notamment en termes de stockage, d'espace et de capital investi. Les premiers résultats ont été publiés dans "The Machine that Changed the World", un livre collectif écrit par Womack, Jones et Roos en 1990, qui a fourni les premières données écrites mettant l'accent sur le succès japonais.

TAB. 1.1 : Historique de la contribution américaine et japonaise dans le Lean Manufacturing

La contribution américaine	<ul style="list-style-type: none"><li>- Concept de pièces interchangeables : Ce concept existe depuis l'époque de l'empereur chinois Qin Shi Huangdi. Toutefois, il a été amélioré en 1799 par Whitney qui a réussi à produire 10 000 fusils pour l'armée américaine en utilisant des pièces standardisées à un prix abordable.</li><li>- L'étude de la gestion du temps : La méthode d'analyse individuelle des travailleurs et de leurs méthodes de travail adoptée par des ingénieurs industriels tels que Frederick W. Taylor a permis d'améliorer la standardisation du travail et la gestion du temps en offrant une meilleure visibilité sur les processus de travail.</li><li>- L'étude des mouvements et la cartographie des processus : ces deux concepts témoignent de la contribution de Frank Gilbreth à l'amélioration de la production Lean.</li><li>- La motivation des travailleurs et son impact sur les résultats du processus : C'est Lilian Gilbreth qui aborder en introduisant l'aspect psychologique.</li></ul>
La contribution japonaise	<ul style="list-style-type: none"><li>- Toyota Production System : proposait un système alternatif de normes visant à maximiser l'efficacité économique avec des ressources minimales.</li></ul>

## 1.2 Annexe 02 : Origine de Six Sigma

La méthodologie Six Sigma a été développée en 1986 par Bill Smith, un ingénieur de Motorola en vue d'améliorer la qualité des produits et de diminuer le nombre des défauts. Après le succès interne qu'elle a connu, Motorola qui était sous la direction de Bob Galvin à l'époque a commencé à l'appliquer sur tous ses produits tout en focalisant sur les processus de fabrication. Grâce à Six Sigma, Motorola a réussi à réduire les défauts sur ses dispositifs à semi-conducteurs de 94 % entre 1987 et 1993. Ce succès retentissant a encouragé d'autres organisations à adopter cette méthodologie comme une solution pour réduire la variabilité et améliorer la qualité de leurs produits.

Au fil des années, Le concept de Six Sigma a évolué en passant par trois générations qui ont élargi la vision de l'approche en marquant une évolution dans son objectif fondamental :

- Génération 01 : cette génération a fixé comme objectif principale de réduire la variabilité et les défauts. Motorola est reconnue comme étant l'entreprise pionnière et leader de la première de cette génération.
- Génération 02 : cette génération est connue par ses efforts pour relier l'objectif primaire de six sigma avec d'autres initiatives commerciales visant à réduire les

coûts et améliorer le produit dans sa conception. General Electric est souvent cité comme un exemple emblématique de cette seconde génération.

- Génération 03 : Cette génération a élargi son objectif afin d’englober la création de valeur pour l’ensemble des parties prenantes du projet Six Sigma.

### 1.3 Annexe 03 : Classification des plateformes de Low-code/No-code



FIG. 1.1 : Classification des plateformes de Low-code / No-code (Source : Gartner ; 2019)

### 1.4 Annexe 04 : Les plate-formes Low code/No code populaires les plus utilisées

TAB. 1.2 : Les plate-formes Low code/No code populaires les plus utilisées

Produit	Points forts	Points faibles
Microsoft	- Microsoft propose une plateforme LCAP intégrée (PowerApps, Flow et Common Data Service) adaptée à de nombreux cas d'utilisation.	- La capacité des applications model-driven de PowerApps ne répond pas toujours aux besoins des développeurs d'applications d'entreprise plus complexes.
	- Microsoft offre des outils de conception simples adaptés aux développeurs citoyens et aux développeurs d'unités commerciales.	- Les versions sous licence restreinte de PowerApps et Flow peuvent nécessiter l'achat de licences supplémentaires pour des cas d'utilisation plus complexes.
	- Microsoft a une solide compréhension du marché et une stratégie produit axée sur l'intégration avec les services Azure et l'intelligence artificielle.	- La stratégie de l'industrie de Microsoft est encore en développement, avec un nombre limité de solutions spécifiques à l'industrie disponibles.
Mendix	- Propriété de Siemens, Mendix bénéficie de ressources importantes et offre des caractéristiques adaptées aux grandes entreprises.	- L'acquisition par Siemens représente un risque potentiel pour la stratégie de Mendix.
	- Mendix offre une expérience de développement multipersonne permettant la collaboration entre les développeurs métier et les développeurs professionnels.	- Mendix doit améliorer ses capacités d'intégration et d'orchestration de processus pour répondre aux exigences futures du marché LCAP.
	- Mendix est bien noté pour ses fonctionnalités d'entreprise, son intégration avancée et sa facilité d'utilisation pour les développeurs professionnels.	- Les clients de référence de Mendix ont exprimé une satisfaction inférieure à la moyenne en ce qui concerne le support des développeurs citoyens et la tarification.
Appian	- Appian est reconnu pour sa capacité à gérer des processus métier complexes et à automatiser les applications.	- Les clients de référence d'Appian ont exprimé une satisfaction inférieure à la moyenne concernant le processus de vente et la flexibilité des contrats.
	- Appian dispose d'une solide expérience dans le domaine de la gestion des processus métier et offre une haute disponibilité et des certifications de sécurité.	- La stratégie de vente d'Appian se concentre sur de gros contrats et certains clients ont exprimé leur insatisfaction concernant la tarification.
	- Appian est une entreprise stable, cotée en bourse, avec de nombreux clients d'entreprise et agences gouvernementales.	- Appian est plus adapté aux développeurs professionnels qu'aux développeurs citoyens.

OutSystems	- OutSystems offre une alternative aux plateformes de développement de troisième génération (3GL) et favorise la productivité en utilisant le code bas.	- OutSystems n'est pas compétitif dans tous les aspects du développement d'applications centrées sur les processus.
	- OutSystems bénéficie d'une vision stratégique solide et d'une solide viabilité globale.	- Les clients de référence d'OutSystems ont exprimé une satisfaction inférieure à la moyenne concernant l'expérience de développement pour les développeurs.
	- OutSystems propose des fonctionnalités d'intégration avancées et des capacités de déploiement flexibles.	- OutSystems peut être moins performant dans les cas d'utilisation nécessitant des interfaces utilisateur hautement personnalisées.
Salesforce	- Salesforce est une entreprise établie avec une grande viabilité globale et une croissance continue.	- Les fonctionnalités d'intégration de la plateforme Lightning de Salesforce sont plus limitées par rapport à d'autres fournisseurs LCAP.
	- Salesforce propose une gamme complète de fonctionnalités pour la gestion des clients, la vente, le marketing et le service client.	- Certains clients ont exprimé une insatisfaction concernant la complexité de la plateforme et la courbe d'apprentissage pour les développeurs citoyens.
	- Salesforce a une large communauté d'utilisateurs et une vaste marketplace d'applications.	- La personnalisation de Salesforce peut être complexe et nécessiter l'intervention de développeurs professionnels.

# Chapitre 2

## Annexes du chapitre 03

### 2.1 Annexe 05 : Processus de fabrication et ses interactions

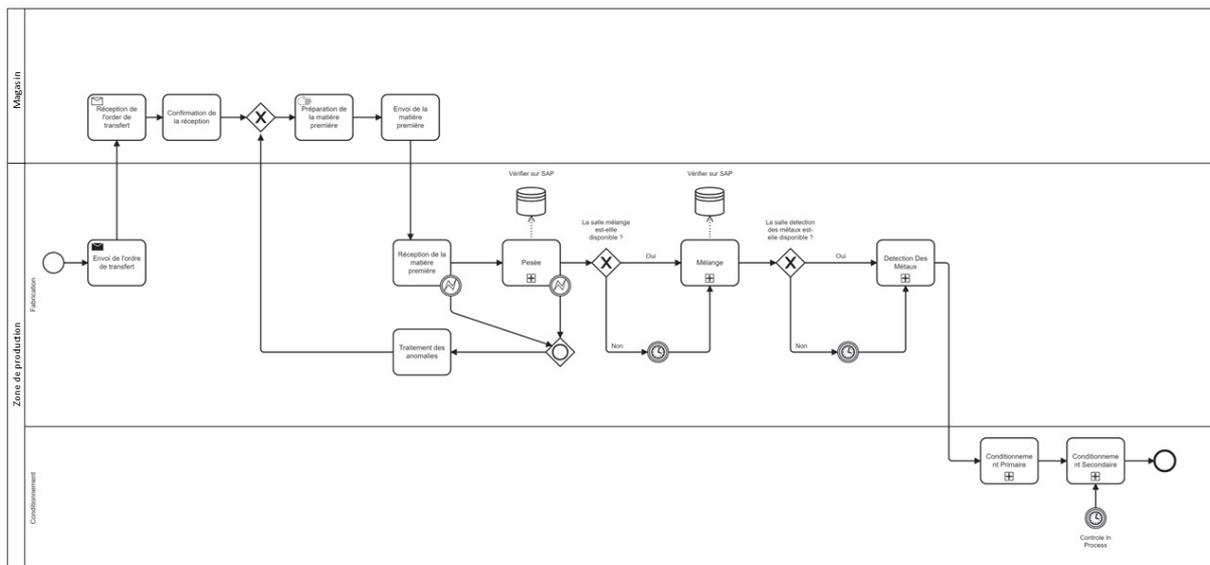


FIG. 2.1 : Logigramme du processus de fabrication et ses interactions avec les processus en amont et en aval.

### 2.2 Annexe 06 : Les exigences des clients et leurs caractéristiques mesurables

TAB. 2.1 : CTQ - Les exigences des clients

Exigence	Explication
Rapidité	La rapidité est une mesure de la vitesse à laquelle le processus se réalise. Cette exigence est directement liée et proportionnelle à la capacité du processus et au nombre d'unités produites. En améliorant la rapidité du processus, on peut augmenter la quantité d'unités produites dans une période de temps donnée, ce qui se traduit par une augmentation de la capacité globale du processus.
Qualité	La principale exigence de l'industrie pharmaceutique est d'assurer la qualité. Lorsqu'un grand nombre de lots sont rejetés lors des opérations, cela a un impact direct sur la capacité.
Une ligne bien équipée	Une ligne équipée avec des machines performantes et fiables permet d'accroître la production et d'améliorer l'efficacité du processus.
Modernité	Cette exigence est liée à l'automatisation du processus et à l'utilisation de technologies et de méthodes innovantes. En réduisant la dépendance à l'égard des interventions humaines dans un processus, l'automatisation permet de contrôler plus efficacement et de manière plus stable la production. Cela facilite le suivi et le contrôle des unités produites, ce qui contribue à augmenter la capacité globale
Flexibilité	C'est la capacité de réorganiser rapidement le processus en cas de problème, d'anomalie ou d'imprévu. En réagissant rapidement aux situations d'urgence ou aux interruptions, il est possible de minimiser les temps d'arrêt et de maintenir une production continue. Cela permet d'augmenter la capacité horaire du processus, ce qui se traduit par une augmentation de la capacité globale de l'entreprise

TAB. 2.2 : CTQ - Les caractéristiques mesurables

Caractéristiques	Explication	Objectif
Temps de cycle d'un lot	Cette mesure clé est définie comme étant le temps écoulé entre le début et la fin de chaque processus (sous-processus).	à minimiser
Délai de mis en production	Le temps écoulé entre la demande de production d'un produit et le moment où il est effectivement produit.	à minimiser

Rendement de fabrication	Un ratio exprimant la performance de la fabrication en comparant la quantité de produits fabriqués à la quantité théorique ou cible.	à maximiser
Taux de disponibilité des machines	Le pourcentage de temps pendant lequel les machines sont disponibles et prêtes à être utilisées pour la production.	à maximiser
Rendement des machines	Un indicateur évaluant l'efficacité d'une machine en calculant le nombre des lots produits dans une période spécifique.	à maximiser
Taux d'automatisation	Le pourcentage d'opérations automatisés par rapport au total des opérations du processus.	à maximiser
Temps de traitement des anomalies	Le temps nécessaire pour détecter et résoudre les anomalies ou les problèmes dans la zone de fabrication.	à minimiser
Temps de changement de série	Le temps nécessaire pour passer d'une série ou d'une format à une autre	à minimiser

### 2.3 Annexe 07 : Attribution des poids aux catégories de Kano

TAB. 2.3 : Le poids attribué en fonction d'ordre de priorité de Kano

Catégorie	Ordre de priorité	Le poids attribué
Devrait être	1	5
Performance	2	4
Séduction	3	3
Indifférent	4	2
Opposé	5	1

### 2.4 Annexe 08 : Les composants de la matrice QFD

La matrice est composée des éléments suivants :

- Les lignes représentent les exigences avec leurs poids.
- Les colonnes représentent les caractéristiques en indiquant si elles doivent être minimisées ou maximisées à l'aide d'un symbole.

TAB. 2.4 : Symbole d'objectif de la matrice QFD

Symbole	Signification
▼	a minimiser
▲	a maximiser

- Une partie triangulaire : Elle montre l'interaction entre chaque paire de caractéristiques avec un symbole indiquant leur corrélation.

Symbole	Signification
	Aucune corrélation
■	Corrélation très négative
□	Corrélation négative
○	Corrélation positive
●	Corrélation très positive

FIG. 2.2 : Symbole d'interaction de la matrice QFD

- Une partie rectangulaire : Chaque case contient un symbole indiquant la relation entre l'exigence dans la ligne et la caractéristique dans la colonne.

Symbole	Signification	Poids
	Aucune relation	0
●	Relation forte	9
◐	Relation modérée	3
○	Relation faible	1

FIG. 2.3 : Symbole de relation de la matrice QFD

- L'importance absolue est calculée en additionnant les produits des poids par la relation selon le barème mentionné précédemment.
- L'importance relative est l'importance absolue exprimée en pourcentage.
- L'ordre représente la séquence des caractéristiques en fonction de leur importance absolue.

## 2.5 Annexe 09 : La charte de projet

Charte du projet														
Titre de projet : Augmentation de la capacité de production														
Formulation du problème														
Le problème à résoudre est l'écart entre la capacité de production actuelle de la ligne sachet du site GSK Algérie et les prévisions de la demande du marché pour l'année 2024, identifié en fin 2022 par la direction du site lors de l'élaboration du plan de production, afin d'éviter une indisponibilité de produits qui pourrait entraîner une insatisfaction des clients, en améliorant le processus de production actuel qui n'est pas optimal.														
Clients identifiés														
Clients aval : Le processus de conditionnement														
Clients finaux : Le consommateur finale														
Diagramme CTQ														
Besoin des clients		Exigences		Caractéristiques mesurables										
Une Capacité de processus fabrication améliorée		Rapidité	Temps du cycle d'un lot					Temps de mise en production						
		Qualité	Rendement de fabrication											
		Une ligne bien équipée	Taux de disponibilité des machines					Rendement des machines						
		Modernité	Taux d'automatisation											
		Flexibilité	Temps de traitement des anomalies					Temps de changement de série						
Groupe de travail														
Nom		Prénom		Fonction										
Zitouni		Amel		Responsable de la performance										
Bourahla		Sofiane		Directeur de production										
Derradji		Seif Eddine		Planificateur de production										
Biskri		Loubna		Stagiaire										
Chaher		Sihem		Stagiaire										
Planification du projet														
Phase	Date Début	Date Fin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Définir	01/03/2023	22/03/2023												
Mesurer	23/03/2023	06/04/2023												
Analyser	07/04/2023	28/04/2023												
Améliorer	29/04/2023	13/05/2023												
Contrôler	14/05/2023	28/05/2023												

FIG. 2.4 : Charte de projet

## 2.6 Annexe 10 : Histogrammes du temps de cycle de chaque opération

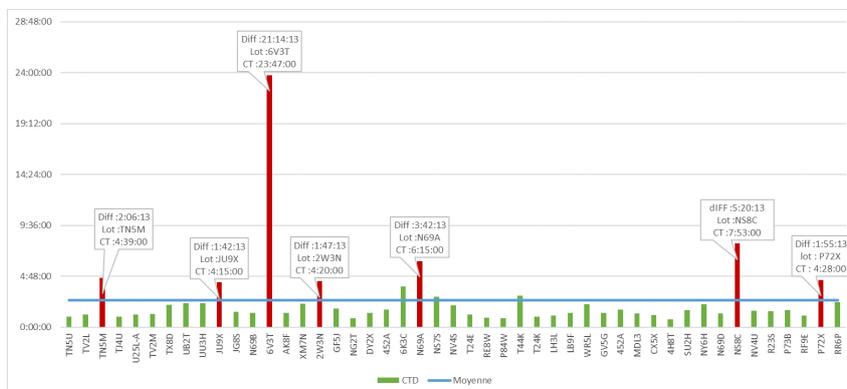


FIG. 2.5 : Histogramme du temps de cycle de l'opération de pesée.

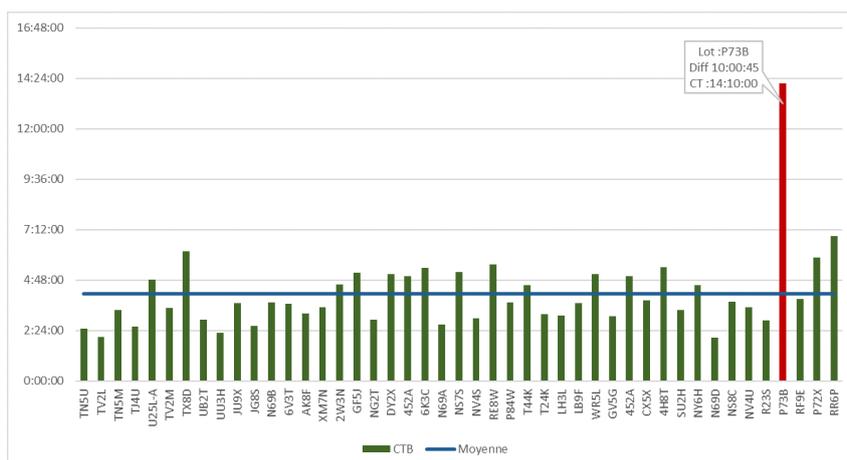


FIG. 2.6 : Histogramme du temps de cycle de l'opération de mélange.

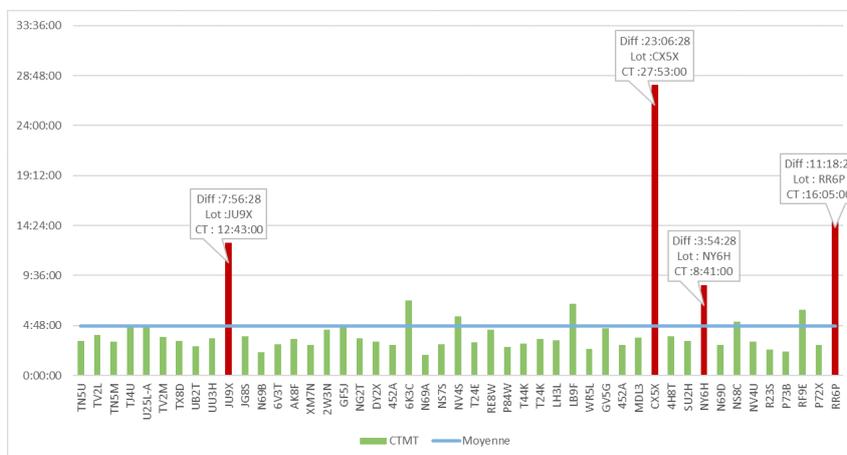


FIG. 2.7 : Histogramme du temps de cycle de l'opération de détection de métaux.

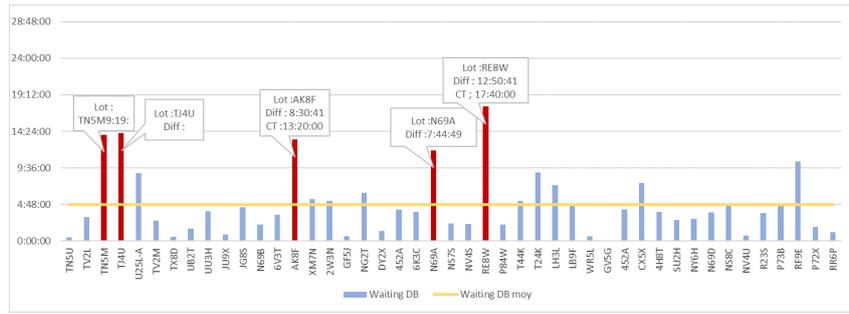


FIG. 2.8 : Histogramme du temps d'attente entre pesée et mélange

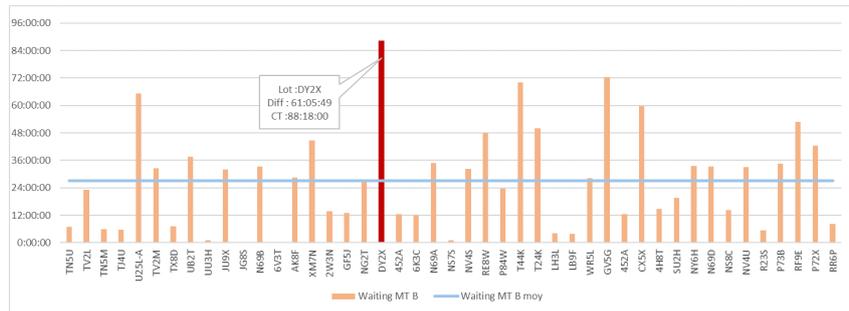


FIG. 2.9 : Histogramme du temps d'attente entre mélange et détection de métaux

## 2.7 Annexe 11 : Les fiches d'observations des opérations

## Chapitre 2. Annexes du chapitre 03

Fiche D'Observation						
Process : Pesée		Produit : Augmentin			Format : Sachet	
Tache	Detais Tache	Temps de debut	Temps de fin	Duree	Type	
Documentation	Imprimer l'etiquette	10:32:00	10:33:00	00:01:00	NVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette de la quantité restante	10:34:00	10:35:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Remplir un document	10:35:00	10:36:00	00:01:00	BVA	▼
Deplacement	Quitter l'atelier de pesée pour ramener un scotch	10:36:00	10:37:00	00:01:00	NVA	▼
Deplacement de la matière	Faire sortir ce qui reste en quantité, et amener un nouveau box à l'intérieur	10:37:00	10:39:00	00:02:00	BVA	▼
Pause	Discuter	10:39:00	10:43:00	00:04:00	NVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette	10:43:00	10:44:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Peser la quantité restante	10:44:00	10:45:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Fermer la box de la quantité restante en utilisant le scotch	10:45:00	10:46:00	00:01:00	BVA	▼
Deplacement de la matière	Ramener la matière première	10:46:00	10:47:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Discuter	10:47:00	10:48:00	00:01:00	NVA	▼
Pause	Pause	10:48:00	10:56:00	00:08:00	NVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette	10:56:00	10:57:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Pause	10:57:00	11:05:00	00:08:00	NVA	▼
Documentation	Remplir un document	11:05:00	11:06:00	00:01:00	BVA	▼
Deplacement	Quitter l'atelier de pesée	11:06:00	11:10:00	00:04:00	NVA	▼
Deplacement de la matière	Faire sortir ce qui reste en quantité	11:10:00	11:11:00	00:01:00	NVA	▼
Pesée	Nettoyer le box	11:11:00	11:12:00	00:01:00	BVA	▼
Deplacement de la matière	Déplacer la box contenant les 4 sachets hors de l'atelier	11:12:00	11:13:00	00:01:00	NVA	▼
Deplacement	Amener un nouveau box	11:13:00	11:15:00	00:02:00	NVA	▼
Documentation	Documentation	11:15:00	11:17:00	00:02:00	BVA	▼
Contrôle	Comparer le contenu d'une feuille avec les étiquettes sur les futs	11:16:00	11:17:00	00:01:00	BVA	▼
Préparation	Préparation de la pesée du 1er sac, et mettre le fut à coté	11:17:00	11:18:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Discuter avec un externe	11:18:00	11:21:00	00:03:00	NVA	▼
Pesée	Peser du 1er sac/ 2eme sac	11:21:00	11:22:00	00:01:00	VA	▼
Deplacement	Transfert de sacs d'un nouveau fut vers la palette	11:22:00	11:23:00	00:01:00	NVA	▼
Pause	Discuter	11:23:00	11:26:00	00:03:00	NVA	▼
Pesée	Ouvrir les futs	11:26:00	11:31:00	00:05:00	BVA	▼
Pause	Quitter l'atelier de pesée	11:31:00	11:32:00	00:01:00	NVA	▼
Pesée	Peser des sacs	11:32:00	11:35:00	00:03:00	VA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette	11:35:00	11:36:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Documentation	11:36:00	11:38:00	00:02:00	BVA	▼
Pesée	Ouvrir le dernier fut	11:38:00	11:39:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Peser la mp tout en l'ajoutant progressivement dans un sac de petite taille	11:39:00	11:40:00	00:01:00	VA	▼
Documentation	Documentation	11:40:00	11:42:00	00:02:00	BVA	▼
Pesée	Peser la quantité restante	11:42:00	11:43:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette	11:43:00	11:44:00	00:01:00	BVA	▼
Deplacement de la matière	Faire sortir le 1ere caisse (box) vers salle mélange	12:45:00	12:46:00	00:01:00	NVA	▼
Deplacement de la matière	Faire rentrer une palette contenant 5 futs de amoxy clav	12:46:00	12:47:00	00:01:00	BVA	▼
Préparation	Decharger le 1er fut	12:47:00	12:48:00	00:01:00	BVA	▼
Deplacement	Mettre le fut vide à coté	12:48:00	12:49:00	00:01:00	NVA	▼
Préparation	Ouvrir un nouveau fut	12:49:00	12:50:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette	12:50:00	12:50:00	00:00:00	BVA	▼
Pesée	Fermer le sac	12:50:00	12:51:00	00:01:00	BVA	▼
Préparation	Ouvrir un nouveau fut	12:51:00	12:52:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Documentation	12:52:00	12:53:00	00:01:00	BVA	▼
Préparation	Ouvrir un nouveau fut	12:53:00	12:54:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette	12:54:00	12:55:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Documentation	12:55:00	13:00:00	00:05:00	BVA	▼

FIG. 2.10 : Fiche d'observation de l'opération pesée (opérateur 01)

Tache	Detais Tache	Temps de debut	Temps de fin	Duree	Type	
Deplacement de la matière	Faire rentrer un carton contenant une matière première restante	10:27:00	10:27:00	00:00:00	NVA	▼
Pesée	Vider le carton dans un sachet propre sur la balance	10:28:00	10:29:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Mettre le carton vide à coté	10:29:00	10:29:00	00:00:00	NVA	▼
Pesée	Ouvrir un nouveau carton	10:29:00	10:29:00	00:00:00	BVA	▼
Pesée	Ajouter la matière progressivement à partir du sac à le sac dans la balance	10:29:00	10:32:00	00:03:00	VA	▼
Pesée	Ajuster la quantité en retirant de la matière progressivement	10:32:00	10:33:00	00:01:00	VA	▼
Pesée	Fermer le sac	10:33:00	10:34:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre le sac dans le box	10:34:00	10:34:00	00:00:00	BVA	▼
Contrôle	Peser la quantité restante dans le carton	10:34:00	10:36:00	00:02:00	BVA	▼
Pesée	Mettre un nouveau sac sur la balance	10:36:00	10:36:00	00:00:00	BVA	▼
Pause	Attendre	10:36:00	10:38:00	00:02:00	NVA	▼
Pesée	Ouvrir un nouveau carton	10:38:00	10:39:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Ajouter la matière progressivement dans un sac vide	10:39:00	10:42:00	00:03:00	VA	▼
Pesée	Ajuster la quantité en retirant de la matière progressivement	10:42:00	10:44:00	00:02:00	VA	▼
Pesée	Fermer le sac + le mettre dans le box	10:44:00	10:45:00	00:01:00	BVA	▼
Documentation	Imprimer l'etiquette de la quantité restante	10:45:00	10:46:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre un nouveau sac sur la balance	10:46:00	10:47:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Discuter avec son collègue	10:47:00	10:48:00	00:01:00	NVA	▼
Pesée	Ouvrir le premier sac du gel	10:48:00	10:49:00	00:01:00	VA	▼
Pesée	Inverser le contenu du sachet du gel dans un sac propre et le peser directement	10:49:00	10:50:00	00:01:00	NVA	▼
Deplacement	Jeter l'emballage du gel dans la poubelle	10:50:00	10:50:00	00:00:00	NVA	▼
Pesée	Ouvrir un 2ème sac du gel	10:50:00	10:51:00	00:01:00	NVA	▼
Pesée	Ajouter progressivement du gel à partir du 2ème sac	10:51:00	10:55:00	00:04:00	VA	▼
Pesée	Ajuster la quantité en retirant de la matière progressivement	10:55:00	10:57:00	00:02:00	VA	▼
Pesée	Fermer le sac et mettre l'etiquette	10:57:00	10:58:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre le 3ème sac dans le box	10:58:00	10:59:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre un nouveau sac sur la balance	10:59:00	11:01:00	00:02:00	BVA	▼
Pesée	Ajouter progressivement du gel à partir du 2ème sac	11:01:00	11:04:00	00:03:00	VA	▼
Documentation	Imprimer son étiquette et fermer le sac	11:04:00	11:05:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre le 4ème sac dans le box	11:05:00	11:06:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Peser la quantité restante et fermer le sac	11:06:00	11:07:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre la quantité restante sur une transpalette et la mettre à part	11:07:00	11:09:00	00:02:00	BVA	▼
Pause	Attendre pour que l'agent de nettoyage nettoie la balance	11:09:00	11:15:00	00:06:00	NVA	▼
Contrôle	Vérifier les étiquettes sur le fut contenant l'amox	11:15:00	11:16:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Quitte la salle	11:16:00	11:18:00	00:02:00	NVA	▼
Deplacement	Mettre le fut vide à part	11:18:00	11:19:00	00:01:00	NVA	▼
Pause	Discuter avec son collègue	11:19:00	11:21:00	00:02:00	NVA	▼
Pesée	Mettre le 1er sac dans le box	11:21:00	11:22:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Mettre le 2ème sac dans le box	11:22:00	11:23:00	00:01:00	BVA	▼
Pesée	Peser le 3ème sac et le mettre dans le box	11:23:00	11:24:00	00:01:00	VA	▼
Pesée	Peser le 4ème sac et le mettre dans le box	11:24:00	11:25:00	00:01:00	VA	▼
Deplacement de la matière	Faire sortir le sac du fut 4	11:25:00	11:26:00	00:01:00	NVA	▼
Pesée	Mettre le sachet 3 dans le box	11:26:00	11:29:00	00:03:00	BVA	▼
Pause	L'opérateur 1 quitte la salle et une autre personne lui remplace	11:29:00	11:33:00	00:04:00	NVA	▼
Documentation	Imprime les étiquettes des 4 sacs	11:33:00	11:37:00	00:04:00	BVA	▼
Pause	Attendre	11:37:00	11:41:00	00:04:00	NVA	▼
Documentation	Imprime les étiquettes du dernier sac	11:41:00	11:42:00	00:01:00	BVA	▼
Pause	Pause	11:42:00	12:45:00	01:03:00	/	▼
Deplacement de la matière	Faire sortir la quantité rejeté du dernier fut	12:45:00	12:46:00	00:01:00	NVA	▼
Pesée	Peser le 1er sac de l'amoxyclav	12:46:00	12:48:00	00:02:00	VA	▼
Pesée	Peser le 2ème sac de l'amoxyclav	12:48:00	12:49:00	00:01:00	VA	▼
Pesée	Peser le 3ème sac de l'amoxyclav	12:49:00	12:50:00	00:01:00	VA	▼

FIG. 2.11 : Fiche d'observation de l'opération pesée (opérateur 02)

## Chapitre 2. Annexes du chapitre 03

Fiche D'Observation						
Process : Mélange	Tache	Détails de la tache	Produit : Augmentin			Format : Sachet
			Temps de debut	Temps de fin	Durée	
Documentation		Vérification de la validité des équipements et remplissage	09:50:00	09:55:00	00:05:00	BVA
Préparation de l'aspiration		Préparation du dispositif d'aspiration (Mettre un sac)	09:55:00	09:57:00	00:02:00	BVA
Déplacement		Se rendre à l'atelier de pesée afin de récupérer une pou	09:57:00	09:58:00	00:01:00	NVA
Préparation de la contre pesée		Ouvrir la caisse des MP	09:58:00	09:59:00	00:01:00	BVA
Préparation de la contre pesée		Réglage de la balance	09:59:00	10:00:00	00:01:00	BVA
Déplacement		Se rendre à l'atelier de pesée afin de récupérer des mas	10:00:00	10:02:00	00:02:00	NVA
Interruption		L'opérateur a été interrompu dans son travail pour discu	10:02:00	10:03:00	00:01:00	NVA
Préparation de la contre pesée		Réglage et teste de l'exactitude de la balance en mettan	10:03:00	10:06:00	00:03:00	BVA
Déplacement		Déplacer les masses hors de l'atelier de mélange après	10:06:00	10:07:00	00:01:00	NVA
Documentation		Retirer le ticket de la balance une fois les masses utilisé	10:07:00	10:09:00	00:02:00	BVA
Interruption		Discuter avec son collègue	10:34:00	10:35:00	00:01:00	NVA
Déplacement		Ramener un masque de la salle pesée	10:35:00	10:36:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Aller à l'aspiration	10:36:00	10:42:00	00:06:00	BVA
Aspiration		Ouvrir un sachet et le pousser vers la 2 eme zone	10:42:00	10:43:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Decharger le 1 er sachet/ pousser le 2 eme vers la 2	10:43:00	10:44:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Decharger le 1 er sachet/ pousser le 2 eme vers la 2	10:44:00	10:44:00	00:00:00	BVA
Aspiration		Pousser le 1 er box vide et ramener le 2 eme box	10:44:00	10:44:00	00:00:00	BVA
Aspiration		Pousser les sachets du 1 er box vers la 2 eme zone/ les	10:44:00	10:45:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Pousser les sachets vides dans la poubelle	10:45:00	10:46:00	00:01:00	BVA
Interruption		Parler avec son collègue	10:46:00	10:47:00	00:01:00	NVA
SAP		Commencer d'effectuer le check sur SAP	10:47:00	10:49:00	00:02:00	BVA
Aspiration		Reprenre l'aspiration et terminer avec tous les	10:49:00	10:50:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Ouvrir le 1 er sachet du 2 eme box	10:50:00	10:51:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Decharger le 1 er sachet/ mettre le sachet vide dans la	10:51:00	10:52:00	00:01:00	BVA
Aspiration		Ouvrir le 2 eme sachet /le decharger/ mettre le	10:52:00	10:54:00	00:02:00	BVA
Aspiration		Ouvrir le 3 eme et le 4 eme sachet /les decharger /	10:54:00	10:58:00	00:04:00	BVA
Interruption		Parler avec une personne externe	10:58:00	11:02:00	00:04:00	NVA
Aspiration		Aspiration terminée/ Ajuster la vanne de l'aspirateur	11:02:00	11:05:00	00:03:00	BVA
Déplacement		Ramener un outil pour ajuster la vanne	11:05:00	11:08:00	00:03:00	NVA
Tâche supplémentaire		Vérifier le flexible	11:08:00	11:09:00	00:01:00	BVA
Interruption		Quitter pour discuter avec des collègues	11:09:00	11:10:00	00:01:00	NVA
Aspiration		Ajuster la vanne pour pousser la poudre vers le haut	11:10:00	11:14:00	00:04:00	BVA
Tâche supplémentaire		Monter pour vérifier le flexible	11:14:00	11:16:00	00:02:00	BVA
Interruption		Descendre pour parler avec un externe	11:16:00	11:18:00	00:02:00	NVA
Déplacement		Quitter la salle pour chercher un sachet	11:18:00	11:18:00	00:00:00	NVA
Mélange		Ouvrir la vanne de mélangeur	11:18:00	11:20:00	00:02:00	VA
Déplacement		Descendre pour ramasser les fils rouge	11:20:00	11:20:00	00:00:00	NVA
Mélange		Debut de l'opération mélange	11:20:00	11:50:00	00:30:00	VA
Interruption		Remplir des feuilles dans la salle Metal Detect	11:21:00	11:25:00	00:04:00	NVA

FIG. 2.12 : Fiche d'observation de l'opération mélange

Fiche D'Observation						
Process : Metal Detect		Produit : Augmentin		Format : Sachet		
Tache	Details	Temps de debut	Temps de fin	Duree	Type	
Préparation	Verification des equipements	12:54:00	12:57:00	00:03:00	NVA	
Documentation	Documentation	12:57:00	13:00:00	00:03:00	BVA	
	Porter la tenue	13:00:00	13:02:00	00:02:00	BVA	
Préparation	Verifier la balance en pesant un fut vide	13:02:00	13:03:00	00:01:00	BVA	
	Preparation du detecteur	13:03:00	13:05:00	00:02:00	BVA	
	Faire descendre le lift a travers la manivelle	13:05:00	13:06:00	00:01:00	BVA	
Déplacement de la matière	Mettre le fut dans sa place	13:06:00	13:07:00	00:01:00	BVA	
	Faire tourner le fut	13:07:00	13:08:00	00:01:00	BVA	
	Faire monter le fut	13:08:00	13:09:00	00:01:00	BVA	
Déplacement	Monter pour ajuster le fut	13:09:00	13:10:00	00:01:00	BVA	
Détection des métaux	Faire descendre la poudre progressivement avec un levier manuel	13:10:00	13:33:00	00:23:00	VA	
Contrôl	Pesée du fut	13:33:00	13:34:00	00:01:00	BVA	
	Documentation	13:34:00	13:34:00	00:00:00	BVA	
Documentation	Imprimer l'etiquette	13:34:00	13:35:00	00:01:00	BVA	
	Documentation	13:35:00	13:38:00	00:03:00	BVA	
Détection des métaux	Fermer le fut	13:38:00	13:42:00	00:04:00	BVA	
Interruption	Cahngement du shift	13:42:00	14:12:00	00:30:00	/	
Documentation	Documentation	14:12:00	14:13:00	00:01:00	BVA	
Déplacement	Sortir pour ramener la rampe d'accès portable	14:13:00	14:13:00	00:00:00	NVA	
Documentation	Verifier les etiquettes	14:13:00	14:15:00	00:02:00	BVA	
Déplacement	Sortir pour checher une bavette	14:15:00	14:17:00	00:02:00	NVA	
Déplacement de la matière	Faire sortir le 1 er fut	14:17:00	14:19:00	00:02:00	NVA	
Interruption	Chercher une personne pour lui remplacer	14:19:00	14:23:00	00:04:00	NVA	
	Porter la tenue	14:23:00	14:25:00	00:02:00		
Préparation	Verifier la balance en pesant un fut vide	14:25:00	14:26:00	00:01:00		
	Preparation du detecteur	14:26:00	14:27:00	00:01:00		
	Faire descendre le lift a travers la manivelle	14:27:00	14:28:00	00:01:00	BVA	
Déplacement de la matière	Mettre le fut dans sa place	14:28:00	14:29:00	00:01:00	BVA	
	Faire tourner le fut	14:29:00	14:30:00	00:01:00	BVA	
	Faire monter le fut	14:30:00	14:31:00	00:01:00	BVA	
Déplacement	Monter pour ajuster le fut	14:31:00	14:32:00	00:01:00	BVA	
Détection des métaux	Faire descendre la poudre progressivement avec un levier manuel	14:32:00	14:52:00	00:20:00	VA	
Contrôl	Pesée du fut	14:52:00	14:52:00	00:00:00	BVA	
Documentation	Imprimer l'etiquette	14:52:00	14:53:00	00:01:00	BVA	
	Documentation	14:53:00	14:57:00	00:04:00	BVA	
Détection des métaux	Fermer le fut	14:57:00	14:58:00	00:01:00	BVA	
	Faire sortir le fut	14:58:00	14:59:00	00:01:00	NVA	
Déplacement de la matière	Mettre le fut dans sa place	14:59:00	15:00:00	00:01:00	NVA	
	Faire tourner le fut	15:00:00	15:01:00	00:01:00	BVA	
	Faire monter le fut	15:01:00	15:02:00	00:01:00	BVA	
Déplacement	Monter pour ajuster le fut	15:02:00	15:03:00	00:01:00	BVA	
Détection des métaux	Faire descendre la poudre progressivement avec un levier manuel	15:03:00	15:22:00	00:19:00	VA	
Contrôl	Pesée du fut	15:22:00	15:22:00	00:00:00	BVA	
Documentation	Imprimer l'etiquette	15:22:00	15:23:00	00:01:00	BVA	
	Documentation	15:23:00	15:27:00	00:04:00	BVA	

FIG. 2.13 : Fiche d'observation de l'opération détection de métaux

## 2.8 Annexe 12 : Cartographie manuelle de la chaîne de valeur VSM

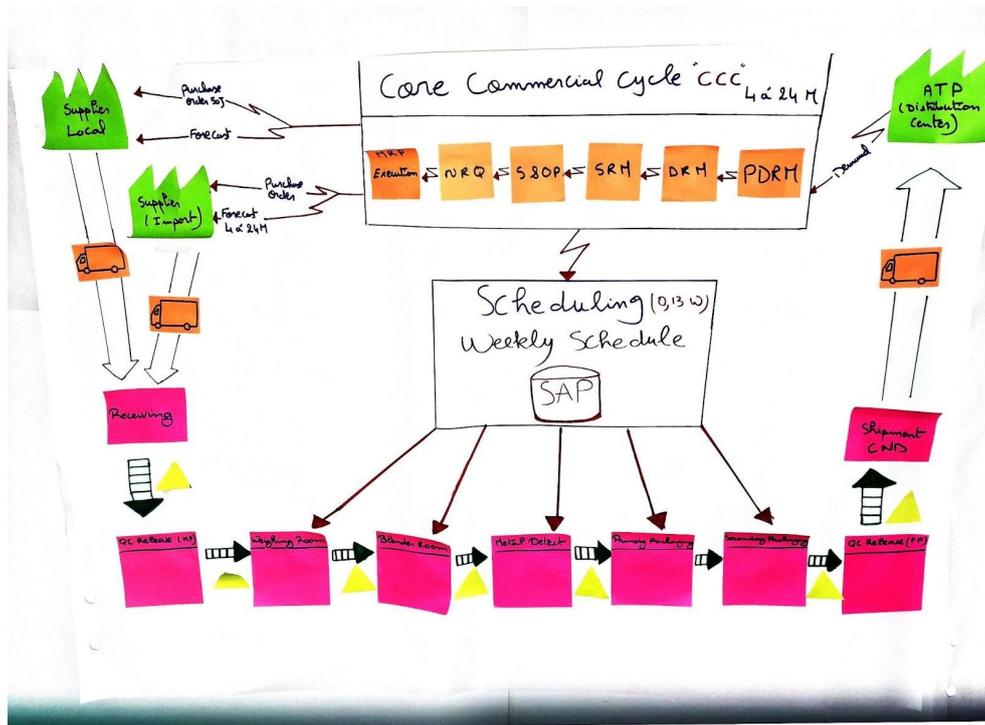


FIG. 2.14 : Cartographie manuelle de la chaîne de valeur VSM

## 2.9 Annexe 13 : Les symboles et les icônes du VSM

### Symboles et icônes du VSM

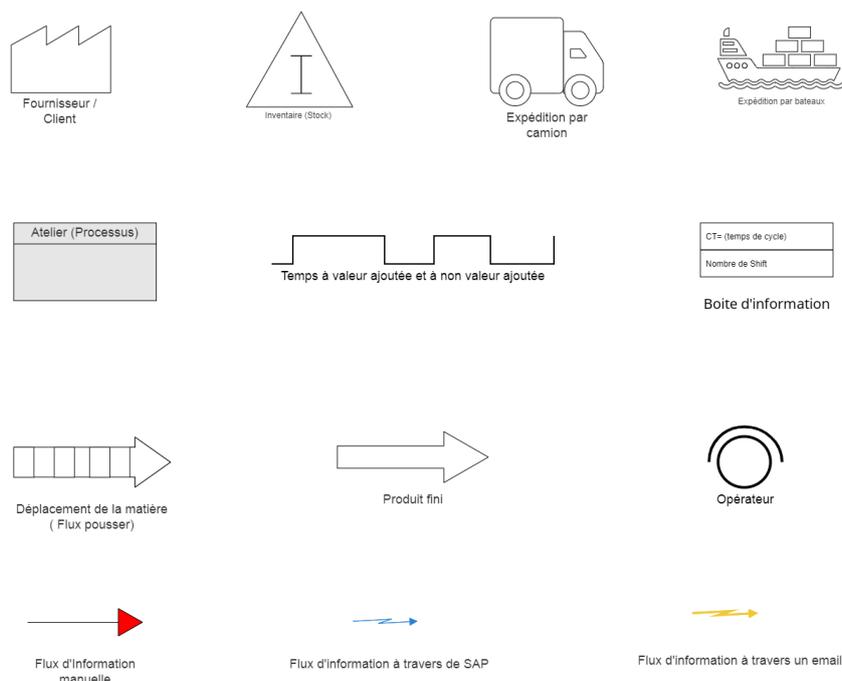


FIG. 2.15 : Symboles et icônes du VSM

## 2.10 Annexe 14 : Modélisation BPMN des opérations

### 1. Sous processus 1: opération de la Pesée

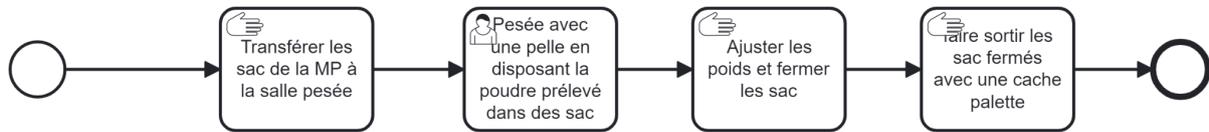


FIG. 2.16 : Modélisation BPMN de l'opération de pesée

### 2. Sous processus 2: opération de mélange

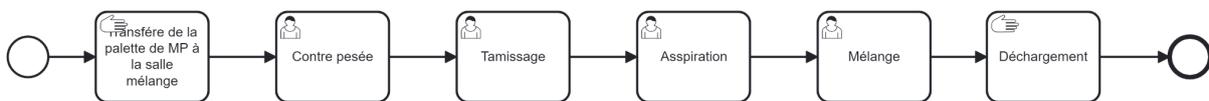


FIG. 2.17 : Modélisation BPMN de l'opération de mélange

### 3. Sous processus 3: opération de détection de métaux

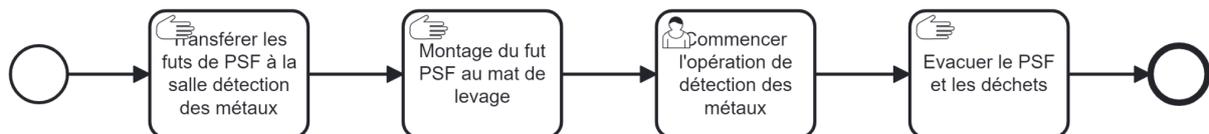


FIG. 2.18 : Modélisation BPMN de l'opération de détection de métaux

## 2.11 Annexe 15 : Base de données du temps de cycle des opérations

## Chapitre 2. Annexes du chapitre 03

Batch	Pesée					OTD	Mélange					OTD	Metal detect					OTD
	ActualStart	ActualFinish	ActualStart	ActualFinish	ActualFinish		ActualStart	ActualFinish	ActualStart	ActualFinish	ActualFinish		ActualStart	ActualFinish	ActualStart	ActualFinish	ActualFinish	
TNSU-E	3/14/2023	3/14/2023	2:30:00 PM	3:30:00 PM	3:30:00 PM	1:00:00	3/14/2023	3/14/2023	4:00:00 PM	4:30:00 PM	2:30:00	3/14/2023	3/14/2023	1:30:00 AM	4:50:00 AM	3:20:00		
TYSL	3/14/2023	3/14/2023	7:20:00 PM	9:22:00 PM	9:22:00 PM	1:12:00	3/14/2023	3/14/2023	11:40:00 PM	1:45:00 AM	2:05:00	3/14/2023	3/14/2023	12:55:00 AM	4:50:00 AM	3:55:00		
TNSM	3/13/2023	3/13/2023	11:37:00 AM	4:16:00 PM	4:39:00	4:39:00	3/14/2023	3/14/2023	6:15:00 AM	9:33:00 AM	3:23:00	3/14/2023	3/14/2023	3:30:00 PM	6:45:00 PM	3:15:00		
TJAU	3/13/2023	3/13/2023	9:45:00 AM	9:46:00 AM	10:10:00	10:10:00	3/13/2023	3/13/2023	11:55:00 PM	2:30:00 AM	2:35:00	3/14/2023	3/14/2023	8:00:00 AM	1:05:00 PM	4:50:00		
UZSL	3/14/2023	3/14/2023	12:05:00 AM	1:16:00 AM	1:11:00	1:11:00	3/14/2023	3/14/2023	10:11:00 AM	3:00:00 PM	4:49:00	3/14/2023	3/14/2023	8:10:00 AM	12:50:00 PM	4:40:00		
TYZM	3/14/2023	3/14/2023	10:10:00 PM	11:26:00 PM	1:16:00	1:16:00	3/14/2023	3/14/2023	2:06:00 AM	5:35:00 AM	3:29:00	3/14/2023	3/14/2023	2:10:00 PM	5:55:00 PM	3:42:00		
TRSD	3/14/2023	3/14/2023	2:40:00 PM	4:46:00 PM	2:06:00	2:06:00	3/14/2023	3/14/2023	5:20:00 PM	11:30:00 PM	6:10:00	3/14/2023	3/14/2023	6:35:00 PM	9:55:00 AM	3:20:00		
TBSG	3/14/2023	3/14/2023	9:25:00 PM	11:05:00 PM	1:40:00	1:40:00	3/14/2023	3/14/2023	6:13:00 AM	1:57:00 PM	7:44:00	3/14/2023	3/14/2023	11:10:00 AM	7:40:00 PM	6:29:00		
UBST	3/11/2023	3/11/2023	2:14:00 AM	4:30:00 AM	2:16:00	2:16:00	3/11/2023	3/11/2023	6:10:00 AM	9:05:00 AM	2:55:00	3/12/2023	3/12/2023	10:40:00 AM	1:30:00 PM	2:50:00		
UOSH	3/11/2023	3/11/2023	6:10:00 PM	8:25:00 PM	2:15:00	2:15:00	3/11/2023	3/11/2023	12:22:00 AM	2:40:00 AM	2:13:00	3/11/2023	3/11/2023	3:40:00 PM	7:15:00 AM	3:35:00		
UBSU	3/10/2023	3/11/2023	11:36:00 PM	1:10:00 AM	1:34:00	1:34:00	3/11/2023	3/11/2023	9:30:00 AM	1:20:00 PM	3:50:00	3/12/2023	3/16/2023	2:15:00 PM	5:30:00 PM	75:15:00		
UJ9K	1/17/2022	1/17/2022	11:10:00 AM	3:25:00 PM	4:15:00	4:15:00	1/17/2022	1/17/2022	4:16:00 PM	7:58:00 PM	3:42:00	1/19/2022	1/19/2022	3:55:00 AM	4:38:00 PM	12:43:00		
JG5S	10/23/2022	10/23/2022	4:05:00 PM	5:33:00 PM	1:28:00	1:28:00	10/23/2022	10/23/2022	10:00:00 PM	12:38:00 AM	2:38:00	10/23/2022	10/23/2022	12:53:00 AM	4:38:00 AM	3:45:00		
N64B	12/25/2022	12/25/2022	7:10:00 AM	9:30:00 AM	1:20:00	1:20:00	12/25/2022	12/25/2022	10:41:00 AM	2:25:00 PM	3:44:00	12/24/2022	12/27/2022	11:40:00 PM	1:53:00 AM	2:13:00		
KVST	6/11/2022	6/12/2022	4:20:00 PM	4:07:00 PM	23:47:00	23:47:00	6/12/2022	6/12/2022	7:35:00 PM	11:16:00 PM	3:41:00	6/12/2022	6/12/2022	11:35:00 PM	2:35:00 AM	3:00:00		
AKSF	7/17/2022	7/17/2022	9:50:00 AM	10:10:00 AM	1:20:00	1:20:00	7/17/2022	7/17/2022	11:30:00 PM	2:42:00 AM	3:12:00	7/19/2022	7/19/2022	7:07:00 AM	10:37:00 AM	3:20:00		
BHTN	4/11/2022	4/11/2022	6:30:00 AM	9:44:00 AM	2:14:00	2:14:00	4/11/2022	4/11/2022	2:15:00 PM	5:45:00 PM	3:30:00	4/12/2022	4/12/2022	12:30:00 PM	5:25:00 AM	2:55:00		
9AC6	6/30/2022	6/30/2022	2:25:00 PM	3:34:00 PM	1:11:00	1:11:00	6/30/2022	6/30/2022	7:13:00 AM	11:15:00 PM	3:25:00	7/2/2022	7/2/2022	7:20:00 PM	7:20:00 AM	11:55:00		
2W3H	4/13/2022	4/13/2022	10:40:00 AM	3:00:00 PM	4:20:00	4:20:00	4/13/2022	4/13/2022	8:15:00 PM	12:50:00 AM	4:35:00	4/14/2022	4/14/2022	2:45:00 PM	7:10:00 PM	4:25:00		
GF5J	1/10/2022	1/10/2022	2:05:00 AM	3:50:00 AM	1:45:00	1:45:00	1/10/2022	1/10/2022	4:30:00 AM	9:40:00 AM	5:10:00	1/10/2022	1/10/2022	10:45:00 PM	3:35:00 AM	4:50:00		
NG2T	2/12/2022	2/12/2022	9:45:00 AM	10:35:00 AM	0:50:00	0:50:00	2/12/2022	2/12/2022	4:55:00 PM	7:50:00 PM	2:55:00	2/12/2022	2/14/2022	10:25:00 PM	2:00:00 AM	3:35:00		
DMSW	8/23/2022	8/23/2022	3:30:00 AM	5:15:00 AM	1:45:00	1:45:00	8/23/2022	8/23/2022	10:44:00 AM	4:30:00 PM	5:46:00	9/4/2022	9/4/2022	9:15:00 AM	1:30:00 PM	4:15:00		
DY2X	9/2/2022	9/2/2022	7:40:00 AM	9:02:00 AM	1:22:00	1:22:00	9/2/2022	9/2/2022	10:32:00 AM	3:27:00 PM	5:05:00	9/6/2022	9/6/2022	7:45:00 AM	11:00:00 AM	3:15:00		
452A	4/27/2022	4/27/2022	11:10:00 PM	12:50:00 AM	1:40:00	1:40:00	4/27/2022	4/27/2022	5:00:00 AM	10:30:00 AM	5:00:00	4/27/2022	4/27/2022	10:30:00 PM	1:25:00 AM	2:55:00		
K3C3	5/27/2022	5/27/2022	9:04:00 AM	12:55:00 AM	3:51:00	3:51:00	5/27/2022	5/27/2022	4:47:00 AM	10:10:00 AM	5:23:00	5/29/2022	5/29/2022	10:10:00 PM	5:24:00 AM	7:14:00		
N69A	12/24/2022	12/24/2022	1:30:00 PM	7:45:00 PM	6:15:00	6:15:00	12/25/2022	12/25/2022	7:41:00 AM	10:23:00 AM	2:42:00	12/24/2022	12/24/2022	9:20:00 PM	11:20:00 PM	2:00:00		
N57S	1/10/2023	1/10/2023	10:44:00 AM	1:35:00 PM	2:51:00	2:51:00	1/10/2023	1/10/2023	3:53:00 PM	9:05:00 PM	5:12:00	1/10/2023	1/11/2023	10:20:00 PM	1:20:00 AM	3:00:00		
NV4S	1/11/2023	1/11/2023	5:45:00 PM	7:50:00 PM	2:05:00	2:05:00	1/11/2023	1/12/2023	10:06:00 PM	1:05:00 AM	2:59:00	1/12/2023	1/12/2023	9:30:00 AM	3:10:00 PM	5:40:00		
T24E	2/22/2023	2/22/2023	8:00:00 AM	9:12:00 AM	1:12:00	1:12:00	2/22/2023	2/22/2023	7:09:00 AM	1:38:00 PM	6:38:00	2/22/2023	2/22/2023	2:30:00 PM	5:40:00 PM	3:10:00		
T43V	2/27/2023	2/27/2023	1:02:00 AM	3:59:00 AM	2:57:00	2:57:00	2/27/2023	2/27/2023	10:53:00 AM	1:46:00 PM	2:53:00	2/28/2023	2/28/2023	6:20:00 AM	9:50:00 AM	3:20:00		
RE3W	2/2/2023	2/2/2023	3:45:00 PM	4:40:00 PM	0:55:00	0:55:00	2/3/2023	2/3/2023	10:20:00 AM	3:52:00 PM	5:32:00	2/3/2023	2/3/2023	3:45:00 PM	3:10:00 PM	4:25:00		
F24M	10/20/2022	10/20/2022	1:10:00 AM	2:00:00 AM	0:50:00	0:50:00	10/20/2022	10/20/2022	6:10:00 AM	1:55:00 AM	3:45:00	11/2/2022	11/2/2022	7:30:00 AM	10:15:00 AM	2:45:00		
RN2A	2/16/2023	2/17/2023	11:40:00 PM	12:45:00 AM	1:05:00	1:05:00	2/17/2023	2/17/2023	1:30:00 AM	4:50:00 AM	5:20:00	2/17/2023	2/17/2023	7:50:00 AM	10:00:00 AM	2:30:00		
T44K	2/27/2023	2/27/2023	8:05:00 PM	11:03:00 PM	2:58:00	2:58:00	2/28/2023	2/28/2023	4:20:00 AM	8:53:00 AM	4:33:00	3/3/2023	3/3/2023	7:00:00 AM	10:05:00 AM	3:05:00		
T24K	2/22/2023	2/23/2023	11:30:00 PM	12:30:00 AM	1:00:00	1:00:00	2/23/2023	2/23/2023	9:30:00 AM	12:40:00 PM	3:10:00	2/25/2023	2/25/2023	2:35:00 PM	6:05:00 PM	3:30:00		
LH3L	1/12/2022	1/12/2022	11:00:00 PM	12:05:00 AM	1:05:00	1:05:00	1/12/2022	1/12/2022	7:24:00 AM	10:30:00 AM	3:06:00	1/12/2022	1/12/2022	2:35:00 PM	6:00:00 PM	3:25:00		
LE3E	1/12/2022	1/12/2022	9:10:00 PM	10:55:00 PM	1:45:00	1:45:00	1/12/2022	1/12/2022	7:48:00 AM	11:09:00 AM	3:21:00	1/12/2022	1/12/2022	9:20:00 PM	4:24:00 AM	7:04:00		
LB9F	1/12/2022	1/12/2022	7:20:00 PM	9:40:00 PM	1:20:00	1:20:00	1/12/2022	1/12/2022	1:32:00 AM	5:15:00 AM	3:43:00	1/12/2022	1/12/2022	9:15:00 AM	4:10:00 PM	6:55:00		
3463	6/16/2022	6/16/2022	2:10:00 AM	4:39:00 AM	2:29:00	2:29:00	6/16/2022	6/16/2022	7:11:00 AM	9:40:00 AM	2:29:00	6/22/2022	6/22/2022	9:05:00 AM	5:10:00 PM	12:05:00		
AK3G	7/17/2022	7/17/2022	1:05:00 PM	5:00:00 PM	4:03:00	4:03:00	7/17/2022	7/17/2022	3:59:00 PM	1:50:00 AM	3:51:00	7/19/2022	7/19/2022	3:23:00 PM	6:00:00 PM	2:63:00		
WR5L	3/25/2022	3/25/2022	8:30:00 PM	10:41:00 PM	2:11:00	2:11:00	3/25/2022	3/25/2022	11:20:00 PM	4:25:00 AM	5:05:00	3/27/2022	3/27/2022	8:40:00 AM	11:15:00 AM	2:35:00		
GV5G	1/14/2022	1/14/2022	6:30:00 AM	7:52:00 AM	1:22:00	1:22:00	1/14/2022	1/14/2022	8:00:00 AM	11:05:00 AM	3:05:00	1/17/2022	1/17/2022	11:23:00 AM	4:00:00 PM	4:32:00		
HL3A	1/17/2022	1/17/2022	5:35:00 PM	6:20:00 PM	0:45:00	0:45:00	1/17/2022	1/17/2022	10:06:00 PM	1:30:00 AM	3:24:00	1/19/2022	1/19/2022	2:50:00 PM	6:25:00 PM	3:35:00		
452A	4/27/2022	4/28/2022	11:10:00 PM	12:50:00 AM	1:40:00	1:40:00	4/28/2022	4/28/2022	5:00:00 AM	10:00:00 AM	5:00:00	4/28/2022	4/29/2022	10:30:00 PM	1:25:00 AM	2:55:00		
MD3L	2/7/2022	2/7/2022	7:55:00 PM	9:13:00 PM	1:18:00	1:18:00	2/8/2022	2/8/2022	2:20:00 AM	7:30:00 AM	5:10:00	2/8/2022	2/8/2022	6:25:00 AM	10:02:00 AM	3:37:00		
CR3X	8/21/2022	8/21/2022	7:40:00 PM	9:50:00 PM	1:10:00	1:10:00	8/22/2022	8/22/2022	4:30:00 AM	8:20:00 AM	3:50:00	8/24/2022	8/25/2022	8:05:00 PM	11:58:00 PM	27:53:00		
CO3V	9/7/2022	9/7/2022	4:10:00 AM	5:30:00 AM	1:20:00	1:20:00	9/7/2022	9/7/2022	3:20:00 PM	9:05:00 PM	4:45:00	9/10/2022	9/10/2022	10:35:00 PM	2:05:00 AM	3:23:00		
4HS7	5/16/2022	5/16/2022	4:30:00 PM	5:15:00 PM	0:45:00	0:45:00	5/16/2022	5/17/2022	9:06:00 PM	2:30:00 AM	5:24:00	5/17/2022	5/17/2022	5:15:00 PM	9:00:00 PM	3:45:00		
SU3H	3/7/2022	3/7/2022	9:15:00 PM	10:51:00 PM	1:36:00	1:36:00	3/8/2022	3/8/2022	1:30:00 AM	5:00:00 AM	3:22:00	3/9/2022	3/9/2022	12:40:00 PM	4:00:00 AM	3:20:00		
NY6H	1/12/2023	1/12/2023	8:55:00 PM	11:05:00 PM	2:10:00	2:10:00	1/12/2023	1/12/2023	2:00:00 AM	6:33								

Absence de courant au niveau des prises de la balance	La balance est l'appareil principalement utilisé. Une panne de cet appareil entraîne l'arrêt total de l'opération.
Intervention dans un autre processus	Dans certains cas, l'opérateur peut interrompre le processus en cours pour intervenir dans un autre processus jugé plus urgent.
Expérience de l'opérateur	Il se peut qu'un opérateur, lors de ses débuts, prenne plus de temps que prévu pour effectuer une tâche.
Communication entre les deux opérateurs	La communication entre deux opérateurs est plus aisée lorsqu'ils ont l'habitude de travailler régulièrement ensemble.

## 2.13 Annexe 17 : Les causes de variabilité de l'opération de mélange

TAB. 2.6 : Tableau des causes de variabilité de l'opération de mélange

Cause	Explication
Changement de shift	Les opérateurs responsables sur l'opération changent pendant le traitement du lot, ce qui entraîne une interruption de la production et des temps d'arrêt non planifiés.
Intervention dans un autre processus	Dans certains cas, l'opérateur peut interrompre le processus en cours pour intervenir dans un autre processus jugé plus urgent.
Débit de l'aspiration	Il s'agit de la vitesse ou du volume de la poudre aspiré par le système d'aspiration. Le débit d'aspiration augmente après le nettoyage, ce qui se traduit par un temps de cycle plus court pour les lots qui suivent immédiatement le nettoyage.
Pause	La pause de l'opérateur peut interrompre l'opération, ce qui peut augmenter le temps du cycle de l'opération.

Nombre des opérateurs	Il est possible d'effectuer l'opération de mélange avec un seul opérateur, mais deux opérateurs sont mobilisés pour cette tâche. La mobilisation de deux opérateurs permet de réduire le temps de cycle de l'opération de mélange.
Expérience de l'opérateur	Il se peut qu'un opérateur, lors de ses débuts, prenne plus de temps que prévu pour effectuer une tâche.
Communication entre les deux opérateurs	La communication entre deux opérateurs est plus aisée lorsqu'ils ont l'habitude de travailler régulièrement ensemble.
Lubrification du mélangeur	L'huilage de mélangeur est une action corrective qui entraîne un certain retard dans l'opération.
Problème dans le support vanne	Vanne pneumatique

## 2.14 Annexe 18 : Les causes de variabilité de l'opération de détection de métaux

TAB. 2.7 : Tableau des causes de variabilité de l'opération de détection de métaux

Cause	Explication
Changement de shift	Les opérateurs responsables sur l'opération changent pendant le traitement du lot, ce qui entraîne une interruption de la production et des temps d'arrêt non planifiés.
Intervention dans un autre processus	Dans certains cas, l'opérateur peut interrompre le processus en cours pour intervenir dans un autre processus jugé plus urgent.
Pause	La pause de l'opérateur peut interrompre l'opération, ce qui peut augmenter le temps du cycle de l'opération.
Coupure du courant électrique	En cas de coupure de courant, l'opération s'arrête complètement.

Blocage de la manivelle du l'élevateur	Si la manivelle utilisée pour faire tourner le porteur de fûts est bloquée, il sera impossible de lever ou de descendre les fûts.
Une grande quantité rejetée par le détecteur	À la fin de chaque opération, la quantité de produits rejetés est pesée. Si cette quantité dépasse la norme, il est nécessaire de procéder au retraitement du lot.
Expérience de l'opérateur	Un opérateur, lors de ses débuts, prend plus de temps que prévu pour effectuer une tâche .

## 2.15 Annexe 19 : Les dysfonctionnements détectés dans l'opération de pesée

TAB. 2.8 : Tableau des dysfonctionnements détectés dans l'opération de pesée

Tâche	Dysfonctionnement détecté
Documentation	La documentation n'est pas digitalisée et comporte plusieurs exigences.
Pesée	L'ajout progressive de la matière dans le sac prends un temps important,
Déplacement de la matière	En raison de l'espace limité dans la salle, l'opérateur est contraint de retirer chaque fût déjà traité et d'insérer un nouveau fût à chaque fois qu'il commence à traiter un nouveau fût.
Pause	La tâche de pesée peut être effectuée par un seul opérateur, mais actuellement deux opérateurs sont mobilisés pour suivre le principe de 4 yeux et réduire les erreurs humaines. Toutefois, pour optimiser cette tâche et économiser les ressources humaines, il est possible d'ajouter une fonctionnalité de surveillance qui permettra de pallier ce principe et donc de n'avoir qu'un seul opérateur dans l'atelier de pesée.

## 2.16 Annexe 20 : Les dysfonctionnements détectés dans l'opération de mélange

TAB. 2.9 : Tableau des dysfonctionnements détectés dans l'opération de mélange

Tâche	Dysfonctionnement détecté
Aspiration	<p>L'aspiration faible, obligeant les opérateurs à intervenir manuellement pour aider à aspirer la matière. Cela empêche l'opérateur de se concentrer sur d'autres tâches et ralentit le processus.</p> <p>Certaines étapes nécessitent une intervention manuelle pour pousser les sachets et les décharger. Cependant, lors du passage et du déchargement dans l'aspirateur, la majorité du temps les gants étaient mal positionnés et se détachaient de l'aspirateur. Cela entraîne des arrêts répétés pour les réajuster, ce qui ralentit le processus et augmente le temps nécessaire pour terminer la tâche d'aspiration.</p> <p>Le temps nécessaire pour ouvrir et pousser les sachets vers la zone d'aspiration varie en fonction de la compétence de l'opérateur.</p> <p>La tâche d'ajustement de la vanne prend du temps car l'opérateur doit se déplacer à plusieurs reprises pour chercher les outils nécessaires</p>
Documentation	<p>La documentation n'est pas digitalisée et comporte plusieurs exigences.</p>
Déplacement	<p>Plusieurs déplacements inutiles à cause de l'indisponibilité des outils dans l'atelier de mélange à savoir : une calculatrice, un ciseau, poubelle, des sac vides, un masque, un outil pour ajustement de la vanne, un stylo, carton, chiffon pour nettoyer des fûts qui se fait en parallèle avec l'opération de mélange, faire un aller- retour à l'atelier de pesée pour ramener des masses (des poids) afin de les utiliser dans la contre pesée.</p>
Interruption	<p>L'arrivée fréquente de personnes externes qui ne sont pas impliquées dans le processus de mélange interrompant les opérateurs et les distraire de leur tâche, entraînant une prolongation du temps de cycle du processus. Les opérateurs doivent prendre le temps de répondre aux questions et de discuter avec les personnes externes, ce qui les empêche de se concentrer sur leur travail.</p>
Déchargement	<p>Il arrive que la matière se bloque, entraînant un débit faible lors du déchargement. Cela oblige l'opérateur à interrompre la tâche et à monter pour régler le problème, ce qui rallonge la durée de la tâche de déchargement et le remplissage des fûts.</p>

SAP	Les deux opérateurs ont dû quitter la salle de mélange pour faire le Check sur SAP car l'un d'entre eux est débutant et il n'est pas bien formé sur l'utilisation du logiciel, Chaque fois qu'ils doivent faire le Check sur SAP, ils doivent quitter leur poste et attendre que l'ordinateur démarre et que le logiciel s'ouvre, ce qui prend environ deux minutes.
Control in process	Cette tâche correspond à la contre pesée et prend 14 minutes alors qu'elle peut être éliminée, sachant que la matière a déjà passée par tout un processus de la pesée et qui exigent la présence de 2 opérateurs pour réduire les erreurs humaines (principe de 4 yeux)
Pause	Mobiliser deux opérateurs pour le processus de mélange alors qu'un seul opérateur suffit. De plus, l'opérateur 2 a pris sa pause avant que le processus de mélange soit terminé, sans affecter la durée du processus, charge mal répartie entre les opérateurs.
Préparation	Perte de temps pour tester l'exactitude de la balance en utilisant des masses, ces derniers ne sont pas disponibles dans l'atelier de mélange. Réglages nécessitant des ajustements supplémentaires pour obtenir une pesée précise. La découpe des sacs prend trop de temps, prolongeant la durée de la tâche, et nécessite un déplacement de l'opérateur pour ramener ces sacs et un ciseau.
Tâche supplémentaire	Problèmes d'accessibilité au flexible en raison de l'emplacement peu pratique, nécessitant ainsi une montée et une descente de l'opérateur, pour le vérifier.

## 2.17 Annexe 21 : Les dysfonctionnements détectés dans l'opération de détection de métaux

TAB. 2.10 : Tableau des dysfonctionnements détectés dans l'opération de détection de métaux

Tâche	Dysfonctionnement détecté
Détection des métaux	Le processus manuel est à la fois épuisant et chronophage. L'opérateur doit faire descendre la poudre progressivement pendant environ 20 min pour un fût. Le tour du détecteur est très petit, ce qui entraîne un rejet important si l'on augmente la cadence de descente de la poudre.

Documentation	La documentation n'est pas digitalisée et comporte plusieurs exigences.
Déplacement de la matière	En raison de l'espace limité dans la salle, l'opérateur est contraint de retirer chaque fût déjà traité et d'insérer un nouveau fût à chaque fois qu'il commence à traiter un nouveau fût. L'opérateur doit grimper pour vérifier et ajuster le détecteur, effectuer l'opération de détection, et tourner et soulever les fûts à l'aide de la manivelle.
Déplacement	Chaque fois que l'opérateur a besoin de la calculatrice, de la rampe d'accès ou des bavettes, il est contraint de sortir de la salle pour les chercher, car ces outils ne sont pas disponibles sur place.

## 2.18 Annexe 22 : Les causes du temps d'attente entre les opérations

TAB. 2.11 : Tableau des causes du temps d'attente entre les opérations

	Cause	Explication
Temps d'attente entre Pesée et Mélange	Nettoyage	Comme le processus de mélange implique le mélange de plusieurs produits (tous les SKU), un nettoyage est nécessaire à chaque changement de SKU. Étant donné que le processus de mélange est un goulot d'étranglement, l'ajout du temps de nettoyage augmente le temps d'attente du lot entre la pesée et le mélange.
	D'autres lots en cours de fabrication dans le processus de mélange	Tous les produits (SKU) passent par le processus de mélange, et étant donné que ce processus est un goulot d'étranglement qui prend environ 4 heures (dans des conditions normales sans facteurs de variabilité), cela augmente le temps d'attente du lot.
	Indisponibilité des ressources humaines (Les opérateurs)	Deux opérateurs sont mobilisés dans la fabrication qui comporte 3 processus. Alors que le processus de pesée requiert la présence de deux opérateurs.

	Manque d'affectation de tâches (planification)	Le manque d'affectation de tâches (planification) engendre un manque de visibilité pour les opérateurs sur les tâches à réaliser dans la journée, ce qui provoque des retards pour démarrer n'importe quel processus et entraîne une augmentation du temps d'attente.
Temps d'attente entre processus Mélange et détection de métaux	Indisponibilité des ressources humaines (Les opérateurs)	Trois opérateurs sont mobilisés dans la fabrication qui comporte 3 processus. De plus, le processus de pesée requiert la présence de deux opérateurs, et lorsque le dernier opérateur est disponible et qu'il est en train de réaliser le mélange, il ne reste aucun opérateur disponible pour effectuer la détection de métaux.
	Manque d'affectation de tâches (planification)	En raison de l'absence d'affectation de tâches planifiées, les opérateurs ne disposent pas d'une vision claire des tâches à effectuer tout au long de la journée, ce qui entraîne des retards pour le démarrage de n'importe quel processus. De plus, les opérateurs évitent souvent le processus de détection de métaux, ce qui entraîne une augmentation du temps d'attente. Après enquête, il a été découvert que le port du masque lors de ce processus décourage les opérateurs car il entrave leur respiration, et que le processus est très manuel, ce qui nécessite un effort physique important tout au long du temps de cycle du processus.

## 2.19 Annexe 23 : Anlayse de Pareto

TAB. 2.12 : Tableau de l'analyse Pareto

Cause	Durée	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Temps d'attente mélange - détection des métaux (01)	12:32:00	40.89%	40.89%
Temps d'attente pesée - mélange (02)	9:20:00	30.45%	71.34%
Documentation	1:40:00	5.44%	76.78%
Déplacement	1:12:00	3.92%	80.70%

Pause	0:59:00	3.21%	83.90%
Aspiration	0:46:00	2.50%	86.41%
Pesée	0:39:00	2.12%	88.53%
Préparation	0:38:00	2.07%	90.59%
Interruption	0:32:00	1.74%	92.33%
Contrôl	0:30:00	1.63%	93.96%
Déchargement	0:27:00	1.47%	95.43%
Nettoyage des fûts	0:27:00	1.47%	96.90%
SAP	0:26:00	1.41%	98.31%
Détection des métaux	0:16:00	0.87%	99.18%
Tâche supplémentaire	0:15:00	0.82%	100.00%
Total	29:24:00	100%	

# Chapitre 3

## Annexes du chapitre 04

### 3.1 Annexe 24 : Les actions d'amélioration pour la résolution des dysfonctionnements identifiés

TAB. 3.1 : Tableau des actions d'amélioration pour résoudre les dysfonctionnements identifiés

	Dysfonctionnement	Action
Non valeur ajoutée	Temps d'attente	Action 1: Réduction du temps de nettoyage.
	Documentation	Action 5: Digitalisation de la documentation
	Déplacement	Action 6: Eliminer les déplacements
Variabilité	Changement de shift	Action 2: Affectation de tâches
	Nombre des opérateurs	Action 2: Affectation de tâches
	Pause	Action 2: Affectation de tâches
	Intervention dans un autre processus	Action 2: Affectation de tâches

	Expérience de l'opérateur	Action 3: Standardiser les tâches à réaliser durant le processus Action 4: Former et développer les opérateurs de tous niveaux d'expérience pour harmoniser leurs compétences
	Communication entre opérateurs	Action 3: Standardiser les tâches à réaliser durant le processus

### 3.2 Annexe 25 : Les opérations de nettoyage

TAB. 3.2 : Tableau des opérations de nettoyage

Operation	Intervenants	Etapas
Vide de ligne	1 opérateurs	Nettoyage partiel du mélangeur Y
Nettoyage complet	2 opérateurs	Nettoyage complet du mélangeur Y, système d'aspiration et du distributeur
		Nettoyage des jupes, des joints d'étanchéité et le joint de la vanne de déchargement
		Nettoyage des filtres unis du distributeur
		Nettoyage de la citerne goavec
	Agent de nettoyage	Nettoyage du sols et des murs

### 3.3 Annexe 26 : Séparation des tâches du nettoyage partiel

Nettoyage partiel du melangeur en Y		
Tache	Durée (min)	Type
Vider les sacs poubelle	3	Interne ▼
Déconnecter le distributeur de poudre du mélangeur afin de pouvoir retourner.	2	Interne ▼
Fermer la vanne inférieure de déchargement et les couvercles du mélangeur.	1	Interne ▼
Aspirer toute trace de poudre sur la surface extérieure du mélange.	7	Interne ▼
Passer un chiffon humide propre sur la surface externe du mélangeur.	9	Interne ▼
Essuyer la surface externe du mélangeur avec un chiffon sec et propre	9	Interne ▼
Connecter le distributeur de poudre avec le mélangeur	2	Interne ▼
Etiqueter selon procédure général de nettoyage.	1	Interne ▼
Renseigner le log-book de nettoyage de l'atelier.	1	Interne ▼
<b>Total</b>	35	

FIG. 3.1 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage partiel du mélangeur en Y avant la séparation

Nettoyage partiel du melangeur en Y		
Tache	Durée (min)	Type
Vider les sacs poubelle	3	Externe ▼
Déconnecter le distributeur de poudre du mélangeur afin de pouvoir le retourner.	2	Interne ▼
Fermer la vanne inférieure de déchargement et les couvercles du mélangeur.	1	Interne ▼
Aspirer toute trace de poudre sur la surface extérieure du mélange.	7	Interne ▼
Passer un chiffon humide propre sur la surface externe du mélangeur.	9	Interne ▼
Essuyer la surface externe du mélangeur avec un chiffon sec et propre	9	Interne ▼
Connecter le distributeur de poudre avec le mélangeur	2	Interne ▼
Etiqueter selon procédure général de nettoyage.	1	Externe ▼
Renseigner le log-book de nettoyage de l'atelier.	1	Externe ▼
<b>Total</b>	Interne	29 min
	Externe	6 min

FIG. 3.2 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage partiel du mélangeur en Y après la séparation

### 3.4 Annexe 27 : Séparation des tâches du nettoyage complet

Nettoyage complet du mélangeur en Y et du système d'aspiration		
Tache	Durée(min)	Type
Aspirer le sol au-dessous de la vanne de déchargement	10	Interne ▼
Aspirer la plateforme et les alentours de la balance	7	Interne ▼
Enlever la vanne de déchargement.	1	Interne ▼
Enlever les gants, les joints et les filtres	15	Interne ▼
Placer la lance de CIP.	10	Interne ▼
Mettre le mélangeur sur position 30°C.	1	Interne ▼
Placer les trappes supérieures du mélangeur.	3	Interne ▼
Lancer un cycle de nettoyage à l'eau chaude pour la boîte à gants; les flexibles de transfert et le distributeur de poudre.	20	Interne ▼
Faire descendre le distributeur de poudre vers le bas après avoir déconnecté le mélangeur en Y	1	Interne ▼
Enlever les filtres unit et les transférer vers la laverie dans un sac rouge identifier pour le nettoyage et le sechage	3	Interne ▼
Connecter le distributeur de poudre au mélangeur via la jupe en silicone et fermer avec un clamp « blank »	2	Interne ▼
Fermer la vanne protection filtre au-dessous de boîte à gants.	1	Interne ▼
Enlever le filtre noir de la vanne de protection.	2	Interne ▼
Connecter le point de drainage de la boîte à gants, le melangeur et le distributeur au collecteur.	7	Interne ▼
Connecter la citerne goavec à l'eau (froide, chaude et purifiée)	3	Interne ▼
Connecter la boîte à gants et le distributeur à la citerne goavec	5	Interne ▼
Lancer un cycle de nettoyage à l'eau froide pour la boîte à gants; les flexibles de transfert et le distributeur de poudre	20	Interne ▼
Lancer un cycle de nettoyage à l'eau purifiée pour la boîte à gants; les flexibles de transfert et le distributeur de poudre	20	Interne ▼
Vérifier la propreté du flexible	10	Interne ▼
Déconnecter le distributeur et le mélangeur pour vérifier la propreté	15	Interne ▼
Déconnecter les jupes pour les nettoyer	3	Interne ▼
Sécher la boîte à gants à l'aide d'un tissu	10	Interne ▼
Vérifier le filtre Volkman et le flexible à trois voies	3	Interne ▼
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>172</b>
	<b>Externe</b>	<b>0</b>

FIG. 3.3 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage complet du mélangeur en Y, du distributeur et du système d'aspiration avant la séparation

Nettoyage complet du mélangeur en Y et du système d'aspiration		
Tache	Durée(min)	Type
Enlever les gants, les joints et les filtres	15	Externe ▼
Placer la lance de CIP.	10	Externe ▼
Aspirer le sol au-dessous de la vanne de déchargement	10	Interne ▼
Aspirer la plateforme et les alentours de la balance	7	Interne ▼
Enlever la vanne de déchargement.	1	Interne ▼
Mettre le mélangeur sur position 30°C.	1	Interne ▼
Placer les trappes supérieures du mélangeur.	3	Interne ▼
Lancer un cycle de nettoyage à l'eau chaude pour la boîte à gants; les flexibles de transfert et le distributeur de poudre.	20	Interne ▼
Faire descendre le distributeur de poudre vers le bas après avoir déconnecté le mélangeur en Y	1	Interne ▼
Enlever les filtres unit et les transférer vers la laverie dans un sac rouge identifier pour le nettoyage et le sechage	3	Interne ▼
Connecter le distributeur de poudre au mélangeur via la jupe en silicone et fermer avec un clamp « blank »	2	Interne ▼
Fermer la vanne protection filtre au-dessous de boîte à gants.	1	Interne ▼
Enlever le filtre noir de la vanne de protection.	2	Interne ▼
Connecter le point de drainage de la boîte à gants, le melangeur et le distributeur au collecteur.	7	Interne ▼
Connecter la citerne goavec à l'eau (froide, chaude et purifiée)	3	Interne ▼
Connecter la boîte à gants et le distributeur à la citerne goavec	5	Interne ▼
Lancer un cycle de nettoyage à l'eau froide pour la boîte à gants; les flexibles de transfert et le distributeur de poudre	20	Interne ▼
Lancer un cycle de nettoyage à l'eau purifiée pour la boîte à gants; les flexibles de transfert et le distributeur de poudre	20	Interne ▼
Vérifier la propreté du flexible	10	Interne ▼
Déconnecter le distributeur et le mélangeur pour vérifier la propreté	15	Interne ▼
Déconnecter les jupes pour les nettoyer	3	Interne ▼
Sécher la boîte à gants à l'aide d'un tissu	10	Interne ▼
Vérifier le filtre Volkman et le flexible à trois voies	3	Interne ▼
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>147</b>
	<b>Externe</b>	<b>25</b>

FIG. 3.4 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage complet du mélangeur en Y, du distributeur et du système d'aspiration après la séparation

### 3.5 Annexe 28 : Séparation des tâches du nettoyage de la citerne, les filtres et les jupes

Tache	Type
Déconnecter la citerne goavec à l'eau (froide ; chaude et purifiée).	Interne ▼
Laisser écouler l'eau restante dans les tuyaux blancs.	Interne ▼
Déconnecter la boîte à gants à la citerne goavec.	Interne ▼
Transférer les flexible vers la salle de séchage.	Interne ▼
Connecter le point de drainage citerne goavec au collecteur.	Interne ▼
Ouvrir la vanne et laisser couler l'eau restante dans la citerne	Interne ▼
Ouvrir la trappe supérieure de la citerne et vérifié visuellement l'absence d'eau dans la citerne.	Interne ▼
Fermer la vanne	Interne ▼
Fermer la trappe supérieure de la citerne.	Interne ▼
Rincer avec l'eau chaude ; froide puis avec l'eau purifiée l'extérieur de la citerne.	Interne ▼

FIG. 3.5 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage de citerne goavec avant/après la séparation

Nettoyage des filtres unis		
Tache	Durée	Type
Enlever l'ensemble filtre et support filtres	3	Interne ▼
Remettre le couvercle du distributeur de poudre et bien fermer l'ensemble	2	Interne ▼
Mettre l'ensemble filtre et support filtres dans un sac hermétiquement bien fermé et étiqueté selon la procédure de nettoyage général	1	Interne ▼
Transférer le sac vers la laverie pour le nettoyage	1	Interne ▼
Nettoyer abondamment les filtres avec de l'eau chaude et S'assurer de l'absence de poudre au niveau des paroi des filtres	6	Interne ▼
Rincer les à l'eau froide puis à l'eau purifiée.	7	Interne ▼
Transférer les filtres à la salle de séchage.	1	Interne ▼
Laisser sécher les filtres à l'aire libre. 10 jours à température ambiante 20.C	0	Interne ▼
Etiqueter les filtres selon procédure général de nettoyage	1	Interne ▼
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>19</b>
	<b>Externe</b>	<b>0</b>

FIG. 3.6 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage des filtres avant/après la séparation

Nettoyage des jupes et des joints		
Tache	Durée (min)	Type
Démonter les jupes, les joints d'étanchéité pour assemblage et le joint de la vanne de déchargement.	3	Interne
Transférer les à la laverie pour les nettoyer	1	Interne
Nettoyer ces jupes et joints à la laverie avec de l'eau potable chaude frottant avec une peau de-chamois propre	6	Interne
Rincer les avec l'eau froide.	2,5	Interne
Rincer les avec l'eau purifiée.	2,5	Interne
Transférer les à la salle de séchage.	1	Interne
Etiqueter selon procédure général de nettoyage PROD-007	1	Interne
Renseigner le log-book de nettoyage de l'atelier.	1	Interne
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>18</b>
	<b>Externe</b>	<b>0</b>

FIG. 3.7 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage des jupes avant séparation

Nettoyage des jupes et des joints		
Tache	Durée (min)	Type
Démonter les jupes, les joints d'étanchéité pour assemblage et le joint de la vanne de déchargement.	3	Interne
Transférer les à la laverie pour les nettoyer	1	Interne
Nettoyer ces jupes et joints à la laverie avec de l'eau potable chaude frottant avec une peau de-chamois propre	6	Interne
Rincer les avec l'eau froide.	2,5	Interne
Rincer les avec l'eau purifiée.	2,5	Interne
Transférer les à la salle de séchage.	1	Interne
Etiqueter selon procédure général de nettoyage PROD-007	1	Externe
Renseigner le log-book de nettoyage de l'atelier.	1	Externe
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>16</b>
	<b>Externe</b>	<b>2</b>

FIG. 3.8 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage des jupes après séparation

### 3.6 Annexe 29 : Conversion des tâches

Tache	Durée	Type
Enlever l'ensemble filtre et support filtres	3	Interne
Remettre le couvercle du distributeur de poudre et bien fermer l'ensemble	2	Interne
Mettre l'ensemble filtre et support filtres dans un sac hermétiquement bien fermé et étiqueté selon la procédure de nettoyage général	1	Externe
Transférer le sac vers la laverie pour le nettoyage	1	Externe
Nettoyer abondamment les filtres avec de l'eau chaude et S'assurer de l'absence de poudre au niveau des paroi des filtres	6	Externe
Rincer les à l'eau froide puis à l'eau purifiée.	7	Externe
Transférer les filtres à la salle de séchage.	1	Externe
Laisser sécher les filtres à l'aire libre. 10 jours à température ambiante 20.C	0	Externe
Etiqueter les filtres selon procédure général de nettoyage	1	Externe
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>2</b>
	<b>Externe</b>	<b>17</b>

FIG. 3.9 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage des filtres après la conversion

Tache	Durée (min)	Type
Démonter les jupes, les joints d'étanchéité pour assemblage et le joint de la vanne de déchargement.	3	Interne
Transférer les à la laverie pour les nettoyer	1	Externe
Nettoyer ces jupes et joints à la laverie avec de l'eau potable chaude frottant avec une peau de-chamois propre	6	Externe
Rincer les avec l'eau froide.	2,5	Externe
Rincer les avec l'eau purifiée.	2,5	Externe
Transférer les à la salle de séchage.	1	Externe
Etiqueter selon procédure général de nettoyage PROD-007	1	Externe
Renseigner le log-book de nettoyage de l'atelier.	1	Externe
<b>Total</b>	<b>Interne</b>	<b>3</b>
	<b>Externe</b>	<b>15</b>

FIG. 3.10 : Liste des tâches effectuées pour le nettoyage des jupes après la conversion

### 3.7 Annexe 30 : Rationalisation des tâches internes

TAB. 3.3 : Tableau des tâches internes à optimiser et des solutions d'optimisation pour le nettoyage complet / vide de ligne

Opération / Sous-opération	Tâches	Solution d'optimisation
Nettoyage complet / Vide de ligne	Toutes les tâches	L'optimisation de la procédure standardisée actuelle en ajoutant le temps consacré pour chaque tâche et en la rendant facilement accessible.
		Le suivi de la durée de chaque opération de nettoyage afin de garantir le respect de la procédure de nettoyage, et ce, en implémentant une solution digitale.
Vide de ligne	Séchage du mélangeur avec un chiffon sec	L'utilisation des méthodes plus rapides pour le séchage comme l'air comprimé.

### 3.8 Annexe 31 : Rationalisation des tâches externes

TAB. 3.4 : Tableau des tâches externes à optimiser et des solutions d'optimisation pour le nettoyage complet / vide de ligne

Opération / Sous-opération	Tâches	Solution d'optimisation

Nettoyage des jupes, des joints d'étanchéité et le joint de la vanne de déchargement	Rinçage des éléments avec l'eau purifiée	Le rinçage avec un l'eau de qualité pour éliminer l'étape purification supplémentaire et ce en utilisant des systèmes de filtration appropriés
Nettoyage des filtres unis du distributeur	Étiquetage des sacs de transfert des filtres selon la procédure de nettoyage.	L'utilisation des sacs pré-étiquetés spécifiquement pour le nettoyage de l'ensemble filtre unis.

### 3.9 Annexe 32 : Brouillon de maquette de l'application ProdecTech

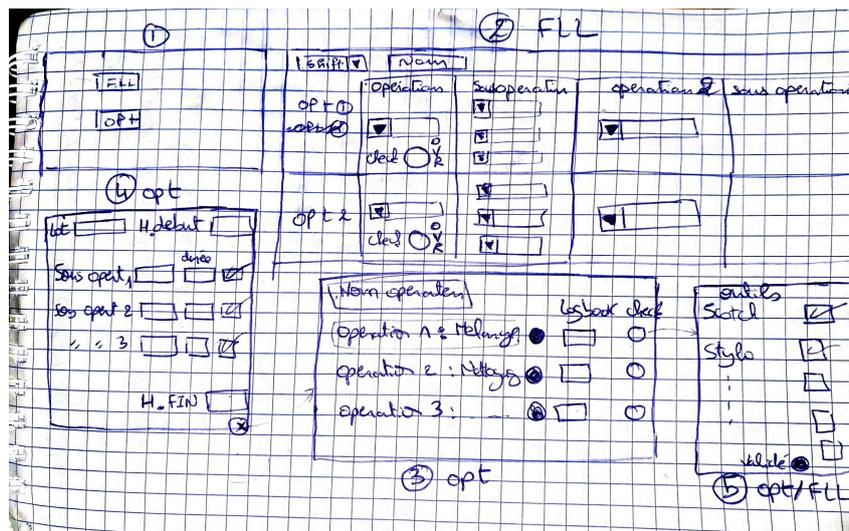


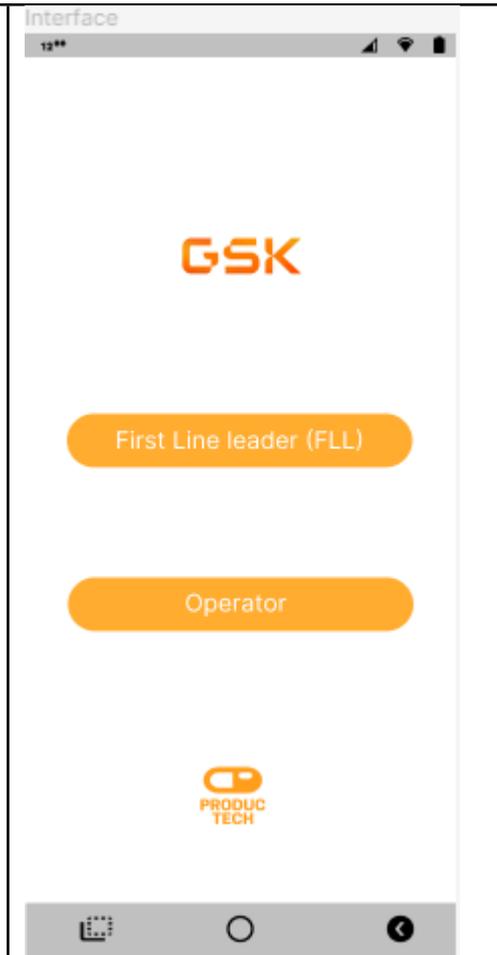
FIG. 3.11 : Brouillon de maquette de l'application ProdecTech

### 3.10 Annexe 33 : Les interfaces et les fonctionnalités du prototype

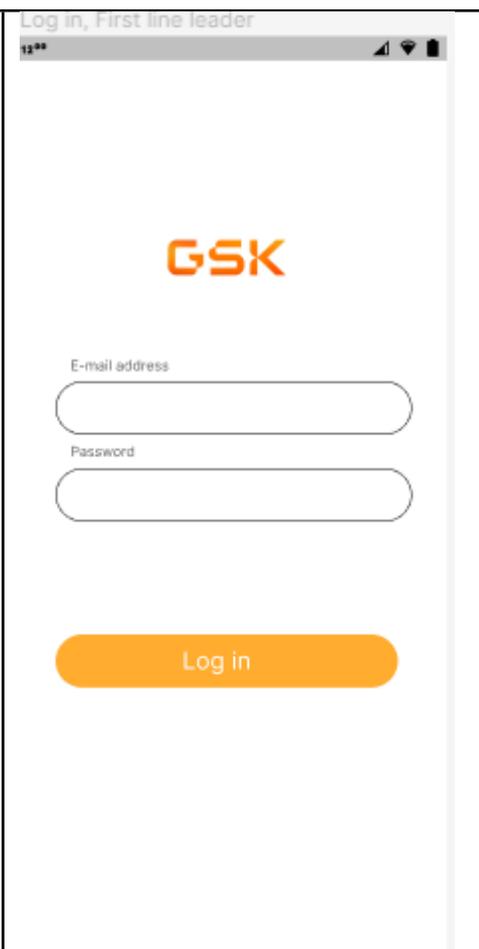
TAB. 3.5 : Tableau des interfaces et fonctionnalités du prototype

Description	Prototype (Interface)
-------------	-----------------------

1. Interface d'utilisateurs : La première interface de notre application présente aux utilisateurs un choix entre deux options en fonction de leur rôle, les dirigeant vers leur interface respective. La conception de cette interface a été pensée de manière à être intuitive et conviviale. Les boutons de sélection du rôle sont suffisamment grands et clairs pour être facilement identifiables.



2. Interface de connexion pour les chefs d'équipe (FLL) : Si l'utilisateur est un chef d'équipe, il sera redirigé vers la deuxième interface de l'application. Sur cette interface, il lui sera demandé de saisir son adresse e-mail et son mot de passe. Ces informations d'identification permettront de vérifier son identité et d'accéder à des fonctionnalités spécifiques réservées aux chefs d'équipe. L'interface est conçue de manière à faciliter la saisie des informations et à garantir la sécurité des données personnelles de l'utilisateur.



The screenshot shows a mobile application interface for logging in as a First Line Leader (FLL). At the top, the title bar reads "Log in, First line leader" and the status bar shows the time "13:00" along with signal, Wi-Fi, and battery icons. The GSK logo is prominently displayed in orange. Below the logo, there are two input fields: "E-mail address" and "Password", both with rounded rectangular borders. At the bottom, there is a large orange button labeled "Log in".

3. Interface FLL pour l'affectation des tâches et vérification des outils : Cette interface est spécifiquement conçue pour les chefs d'équipe (FLL). Elle leur offre la possibilité de gérer efficacement les tâches et les opérations au sein de leur équipe. Le FLL pourra sélectionner le shift approprié pour chaque opérateur à partir d'une liste déroulante, garantissant ainsi une répartition précise et équilibrée des charges de travail. De plus, le FLL pourra attribuer des tâches spécifiques à chaque opérateur en sélectionnant les opérations et sous-opérations correspondantes dans les listes déroulantes.

L'utilisation de listes déroulantes facilite grandement le processus de sélection des opérations et sous opérations, offrant au FLL une interface conviviale et une saisie rapide et précise des informations. Cette fonctionnalité permet de résoudre les problèmes de charge de travail inégale qui pouvaient survenir précédemment, assurant ainsi une meilleure répartition des tâches au sein de l'équipe. De plus, une section de commentaires est mise à disposition du FLL, offrant un espace où il peut inclure des instructions, des remarques ou des notes importantes destinées aux opérateurs. Cette fonctionnalité permet une communication claire et efficace entre le FLL et les membres de l'équipe, favorisant ainsi une meilleure coordination et compréhension des attentes.

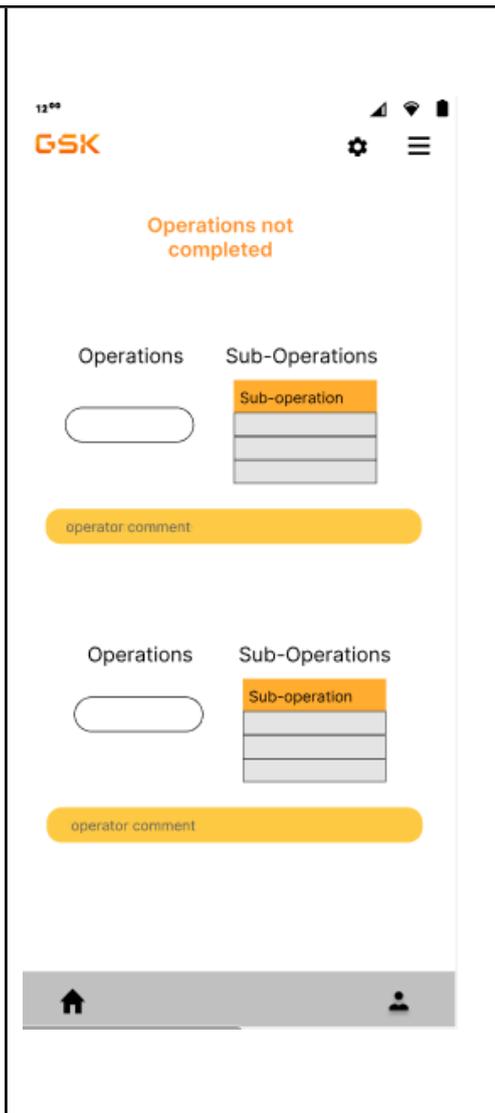
Une autre option disponible sur cette interface "Opérations non terminées" est un bouton qui permet au chef d'équipe de consulter les opérations non terminées du shift précédent. En cliquant sur ce bouton, le chef d'équipe peut accéder à une liste des opérations en suspens, offrant ainsi une visibilité sur les tâches restantes à compléter.

The screenshot displays a mobile application interface titled "Form 1: FLL (assignment of tasks and ...)". At the top, it shows the GSK logo, a "Shift" dropdown menu, an "FLL name" input field, and a button labeled "Operation not completed". Below this, the interface is organized into three sections for "Operator 1", "Operator 2", and "Operator 3". Each operator section contains a "Operation" dropdown, a "Sub-operation" dropdown, a "Check" status indicator (a colored circle), and a "Your comment" text input field. At the bottom of the screen, there is a navigation bar with a home icon, a central "Add operator" button with a plus sign, and a user profile icon.

4. Interface FLL pour la vérification des opérations non terminées : Lorsque le chef d'équipe (FLL) clique sur le bouton "Opérations non terminées", il accède à cette interface. Sur cette interface, les commentaires laissés par l'opérateur précédent sont affichés. Cela permet au chef d'équipe de prendre connaissance des informations laissées par l'opérateur précédent concernant les opérations en cours.

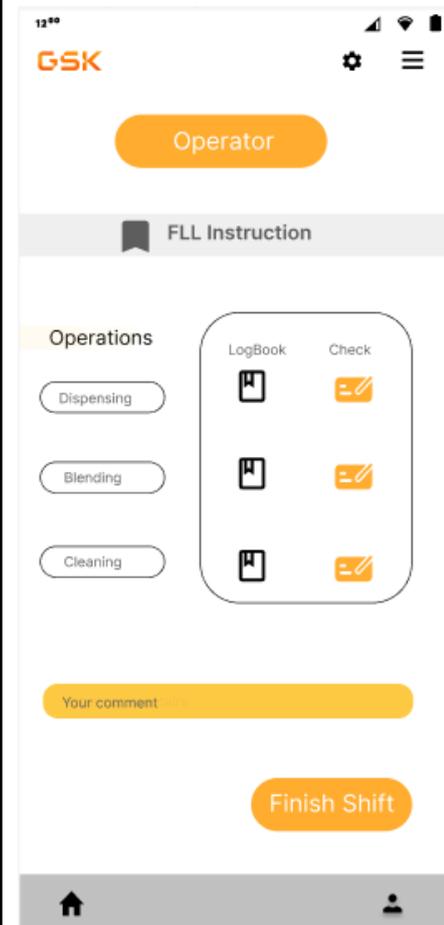
De plus, si un opérateur a cliqué sur le bouton "Terminer le shift" sur sa page d'opération, cela signifie que l'opération n'a pas été complétée et elle est enregistrée comme telle dans la page "Opérations non terminées". Les sous-opérations pour lesquelles il n'y a pas de marque de "Vérification" à côté d'elles sont également affichées dans cette page.

Cela permet au chef d'équipe d'avoir une vue d'ensemble des opérations non terminées et des sous-opérations qui nécessitent une attention supplémentaire. Il peut ainsi planifier les actions nécessaires pour compléter les opérations en suspens et garantir un suivi efficace du travail. Cette fonctionnalité est extrêmement utile car elle facilite également la coordination entre les équipes et garantit que toutes les tâches essentielles sont traitées de manière adéquate.



5. Interface de l'opérateur pour la visualisation des opérations à réaliser : L'interface dédiée à l'opérateur affiche l'opération qui lui a été assignée par le chef d'équipe (FLL). L'opérateur doit cliquer sur l'opération assignée pour accéder à ses détails. Le bouton "Vérification" redirige vers la feuille de vérification de l'opération, permettant de vérifier la disponibilité des outils dans la salle après chaque opération. Le bouton "Logbook" redirige l'opérateur vers le logbook spécifique à chaque opération en cas de problème ou d'incident. Cette fonctionnalité élimine l'utilisation de la documentation manuelle sur papier et permet d'économiser du temps en automatisant l'enregistrement des informations. Une section de commentaires est également disponible, offrant à l'opérateur un espace où il peut inclure des commentaires sur l'état d'avancement des opérations non terminées.

Cette interface facilite la gestion des opérations pour l'opérateur, en lui fournissant les détails nécessaires, les outils de vérification et un moyen de signaler toute problème ou anomalie à travers le logbook. Grâce à cette interface, l'opérateur dispose d'une visibilité précise sur les tâches qui lui sont assignées par le FLL, ce qui lui permet de mieux s'organiser et de les exécuter sans perdre de temps d'attente inutile.



6. Interface de l'opérateur pour la visualisation des sous opérations à réaliser : Dans l'interface de l'opérateur, en cliquant sur l'opération de la page précédente, l'opérateur sera redirigé vers les détails de l'opération. Lorsque l'opération commence, l'opérateur doit cliquer sur "Heure de début" pour enregistrer l'heure de début de l'opération. Il doit également cocher la case à côté de chaque sous-opération terminée afin d'enregistrer la durée de chaque sous-opération. Cela permet de détecter d'éventuels retards et d'analyser les sous-opérations qui ont pris plus de temps. Cette analyse peut aider à identifier des problèmes potentiels, tels qu'un manque de formation de l'opérateur sur une certaine sous-opération. Une autre fonctionnalité de cette interface est la standardisation des sous-opérations à effectuer. Chaque sous-opération est associée à une durée prédéfinie, permettant ainsi à l'opérateur de connaître le temps nécessaire pour accomplir chaque tâche. Cette information aide à standardiser les processus et à garantir une exécution cohérente des opérations. En ayant des durées définies pour chaque sous-opération, l'opérateur dispose d'une référence claire pour planifier son travail et respecter les délais impartis.

Lorsque l'opération est terminée, l'opérateur doit cliquer sur "Heure de fin" en bas de la page pour enregistrer l'heure de fin. Si l'opérateur ne termine pas l'opération, il doit cliquer sur "Terminer le shift". Cela permet de garder une trace précise des opérations effectuées et de signaler les opérations non terminées pour une meilleure gestion des tâches.

Form 4: Operator (Sub-Operations)

12:00

GSK

Operation Batch SKU

Start time

Sub operation 1 Duration

Sub operation 2 Duration

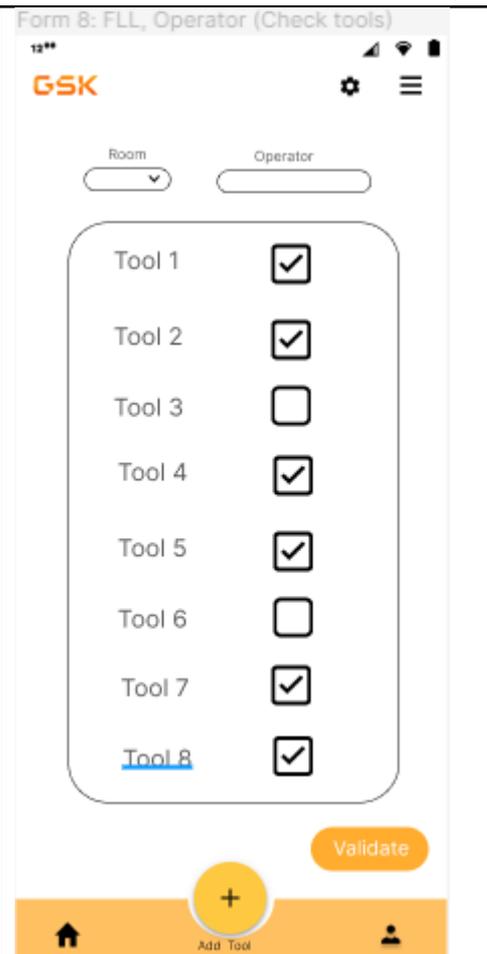
Sub operation 3 Duration

Finish Shift Finish time

7. Interface de l'opérateur pour le remplissage des problèmes et anomalies détectés : Dans l'interface du logbook, l'opérateur est invité à documenter tous les problèmes rencontrés dans la salle pendant, avant ou après l'opération. En cliquant sur le bouton "Valider", l'opérateur confirme sa liste de problèmes. La liste des problèmes sera ensuite enregistrée dans la base de données des problèmes. Cette fonctionnalité permet de consigner et de suivre de manière organisée tous les problèmes signalés, ce qui facilite leur résolution ultérieure. En enregistrant les problèmes dans la base de données, ils peuvent être consultés, analysés et traités plus efficacement, contribuant ainsi à l'amélioration continue du processus de production.



8. Interface de disponibilité des outils : Après avoir terminé l'opération, l'opérateur doit vérifier la disponibilité des outils dans la salle avant de commencer une autre opération. Cette fonctionnalité permet d'informer le FLL en temps réel si un outil est manquant, évitant ainsi les déplacements inutiles et la perte de temps à la recherche d'outils manquants. Grâce à cette fonctionnalité, le FLL dispose d'une visibilité sur la disponibilité des outils dans chaque salle, ce qui lui permet de prendre des mesures appropriées, comme le remplacement d'un outil manquant, afin de ne pas retarder l'opérateur suivant qui doit effectuer une opération dans cette salle. En cliquant sur le bouton "Valider", l'opérateur confirme qu'il a effectué la vérification de tous les outils nécessaires. Cette étape assure une coordination efficace entre l'opérateur et le FLL, garantissant ainsi une utilisation fluide des outils et une optimisation du temps de cycle de chaque processus



9. Interface FLL : Lorsque l'opérateur effectue la vérification dans l'interface précédente en cliquant sur le bouton "Valider", les résultats de cette vérification sont transmis à l'interface du FLL. Les différents statuts de vérification, à savoir le vert, le rouge et l'orange, sont affichés dans l'interface du FLL en fonction des résultats.

Si tous les outils sont disponibles et que l'opérateur a rempli la page de vérification, cela sera indiqué par la couleur verte dans l'interface du FLL. Le FLL peut ainsi constater que la vérification a été effectuée et que tous les outils nécessaires sont présents, ce qui lui donne l'assurance que la prochaine opération peut être réalisée sans avoir à effectuer des déplacements inutiles.

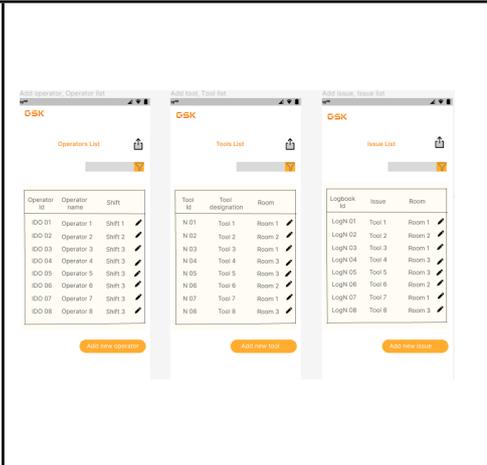
Si certains outils manquent malgré le remplissage de la page de vérification par l'opérateur, la couleur affichée dans l'interface du FLL sera rouge. Cela alerte le FLL sur la nécessité de prendre des mesures pour s'assurer que les outils manquants sont rapidement remplacés, afin de garantir la continuité des opérations sans retard ni interruption.

Enfin, si l'opérateur n'a pas rempli la page de vérification, la couleur affichée dans l'interface du FLL sera orange. Cela signifie que le FLL doit prendre des mesures pour rappeler à l'opérateur de compléter la vérification et de signaler la disponibilité des outils.

Ainsi, l'interface du FLL est constamment mise à jour en fonction des actions effectuées par l'opérateur dans l'interface précédente, fournissant au FLL une visibilité en temps réel sur l'état de disponibilité des outils et lui permettant de prendre les décisions appropriées pour assurer la fluidité des opérations.

The screenshot displays a mobile application interface titled "Form 1: FLL (assignment of tasks and ...)". At the top, it shows the GSK logo, a "Shift" dropdown menu, an "FLL name" input field, and a "Operation not completed" button. Below this, the interface is organized into three sections for "Operator 1", "Operator 2", and "Operator 3". Each operator's section contains a "Check" indicator with a colored dot (orange for Operator 1, green for Operator 2, and red for Operator 3), a "Sub-operation" dropdown menu, and a "Your comment" text field. At the bottom of the screen, there is a navigation bar with a home icon, a central "+" button labeled "Add operator", and a user profile icon.

10. Interfaces d'ajout d'informations et check liste : Ces interfaces offrent des fonctionnalités pour ajouter des outils, des problèmes et des opérateurs, ce qui permet d'alimenter la base de données de l'application. En ce qui concerne l'extraction des données, l'application offre la possibilité d'exporter les données sous forme de fichiers Excel. Enfin, l'application offre également une fonctionnalité de recherche permettant de retrouver rapidement des données spécifiques. Cela facilite la navigation et l'accès aux informations pertinentes.



### 3.11 Annexe 34 : Model relationnel

- Chef d'équipe ( Id\_FLL, Email\_FLL, Nom\_FLL)
- Opérateur ( Id\_Opt, Nom\_opt )
- Operation ( N\_operation, Nom\_operation, Date\_Début, Date\_Fin, Heure\_Début, Heure\_Fin)
- Sous\_operations ( N\_subOp, Nom\_ubOp, Date\_Début, Date\_Fin, Heure\_Début, Heure\_Fin, Durée)
- Atelier (Id\_Room, Nom\_Room)
- Lot (N\_Lot, Date\_Fab, Date\_péréemption)
- Produit (Id\_Sku, Designation, Ligne)
- Outil (Id\_Outil, Nom\_Outil)
- Logbook (Id\_Log, Probleme)
  
- Affecte (Id\_FLL, N\_operation)
- Dirige (Id\_FLL, Id\_Opt, Shift)
- Effectue (Id\_Opt, N\_operation )
- Est composé (N\_operation, N\_subOp )
- Est réalisée (N\_operation, Id\_Room )
- Traite (N\_subOp, N\_Lot)
- a (Id\_Sku, N\_Lot )
- Dispose (Id\_Room, Id\_Outil)
- Contient (Id\_Room, Id\_Log )

### 3.12 Annexe 35 : Intégration du design Figma dans l'application Power Apps



FIG. 3.12 : Intégration du design Figma dans l'application Power Apps

### 3.13 Annexe 36 : Application ProducTech sur Power Apps

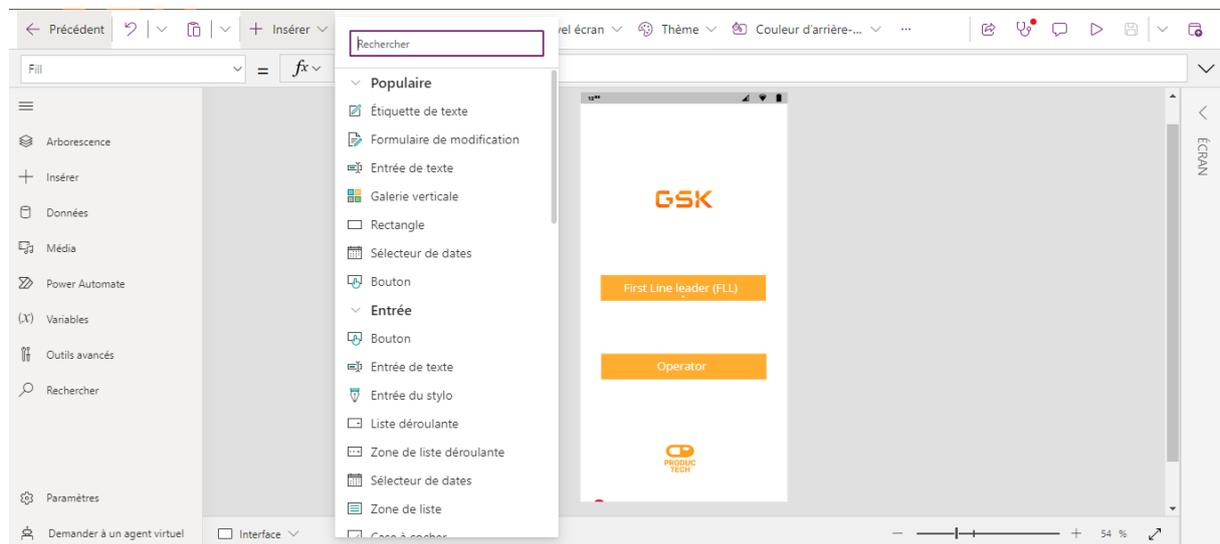


FIG. 3.13 : Application ProducTech sur Power Apps

### 3.14 Annexe 37 : Liaison dynamique de l'application avec Dataverse

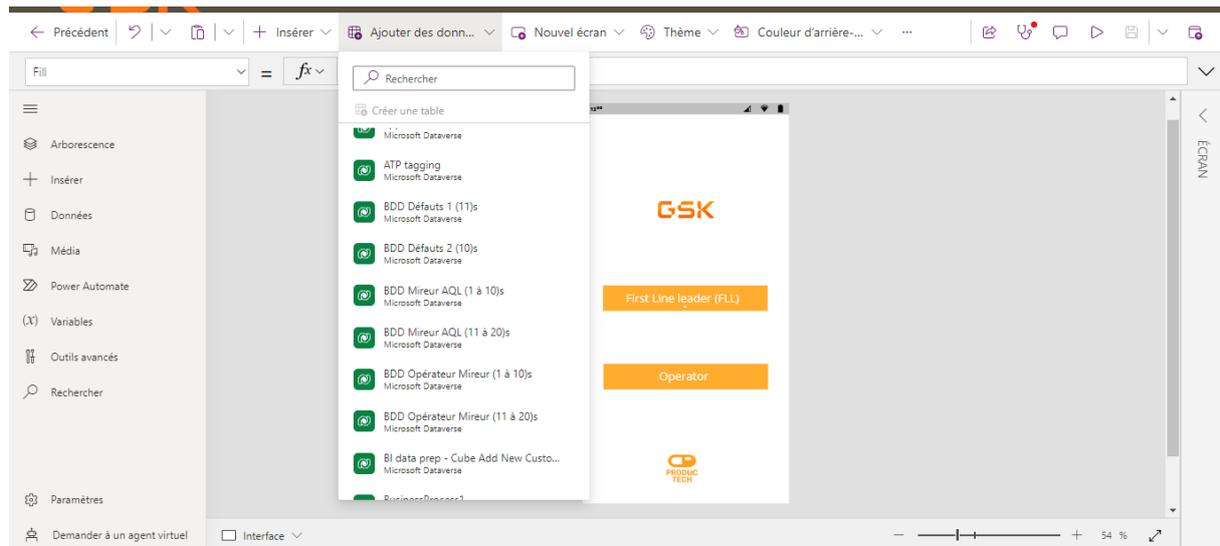


FIG. 3.14 : Liaison Dynamique de l'application avec Dataverse

### 3.15 Annexe 38 : L'état futur

A. Opération de Pesée, mélange, détection de métaux :

En proposant nos solutions de digitalisation de la documentation et d'élimination des déplacements, voici les améliorations que nous pouvons réaliser dans chaque atelier :

- Grâce à la digitalisation de la documentation, nous pouvons réduire le temps total de 50 minutes, soit une réduction de 50% par rapport à la durée initiale, Pour l'opération de pesée, nous pouvons réduire le temps à 21 minutes. Pour l'atelier de mélange, nous pouvons réduire le temps à 14 minutes. Pour l'opération de détection de métaux, nous pouvons réduire le temps à 15 minutes.

- Grâce à l'élimination des déplacements dans chaque atelier, nous pouvons gagner 44 minutes,

Pour l'opération de pesée, nous pouvons gagner un temps de 14 minutes.

Pour l'atelier de mélange, nous pouvons gagner un temps de 24 minutes.

Pour l'opération de détection de métaux, nous pouvons gagner un temps de 6 minutes.

B. Le temps d'attente entre l'opération de pesée et de mélange :

En ce qui concerne le temps d'attente entre l'opération de pesée et de mélange nous avons réussi à le réduire de 9 heures et 20 minutes à 6 heures et 47 minutes, ce qui représente une réduction de 2 heures et 33 minutes. Et ceci grâce à :

- L'amélioration apportée au processus de nettoyage, nous avons pu réduire le temps requis de 4 heures et 20 minutes à 3 heures et 25 minutes, soit une réduction de 55 minutes.

- L'affectation de tâches spécifiques à chaque opérateur a également contribué à éliminer les arrêts d'une heure pendant lesquels les opérateurs ne savaient pas quoi faire, prenaient des pauses ou discutaient entre eux.

- La réduction du temps de l'opération de mélange, nous avons réussi à le réduire de 4 heures et 1 minute à 3 heures et 23 minutes, soit une réduction de 38 minutes. Cette réduction est particulièrement bénéfique lorsqu'il y a un autre lot en attente dans la salle

de mélange. En diminuant le temps nécessaire pour effectuer l'opération de mélange, nous contribuons à réduire le temps d'attente de ce lot en attente.

C. Temps d'attente entre l'opération de mélange et détection de métaux :

En ce qui concerne le temps d'attente entre l'opération de mélange et détection de métaux nous avons réussi à le réduire de 12 heures et 32 minutes à 8 heures et 24 minutes, soit une réduction de 4 heures et 8 minutes.

- Ce temps d'attente était principalement dû au manque d'affectation de tâches, ce qui a entraîné une perte de temps considérable. En raison de la réticence de la plupart des opérateurs à effectuer l'opération de détection de métaux à cause du masque comme expliqué précédemment dans la phase Analyse, cette opération a été laissée au shift suivant, entraînant un temps d'attente supplémentaire de 1 heure et 36 minutes. De plus, le shift suivant a pris environ 35 minutes pour décider qui effectuerait cette opération restante du premier shift, faute d'une affectation claire et rotationnelle des tâches. En mettant en œuvre notre solution d'affectation de tâches, nous sommes en mesure de réaliser une réduction de 2 heures et 11 minutes.

- Le temps d'attente était également dû à l'indisponibilité des opérateurs, car ils devaient effectuer d'autres opérations telles que la pesée et deux opérations de mélange, ainsi qu'une opération de nettoyage de vide de ligne d'une durée de 35 minutes. La réduction du temps nécessaire pour ces opérations a également contribué à réduire de ce temps d'attente soit une réduction de 1 heure 57 minutes, grâce à 38 minutes de l'opération de mélange, 35 minutes de la pesée et 6 minutes pour le nettoyage de vide de ligne.

TAB. 3.6 : Tableau récapitulatif du temps de cycle actuel et futur

Opération	Pesée	Mélange	Détection de métaux	Attente pesée / mélange	Attente mélange / Détection M
Écart	35 minutes	38 minutes	21 minutes	2h 33 min	4h 8 min
Etat actuel	1h 44 min (1h 09min VNA)	4h 01 min (3h 31min VNA)	2h 37min (1h 15min VNA)	9h 20 min	12h 32 min
Etat futur	1h 09min (34 min VNA)	3h 23 min (2h 53min VNA)	2h 16min (40 min VNA)	6h 47 min	8 h 24 min

### 3.16 Annexe 39 : Les niveaux de l'arbre des KPI

#### Niveau 1:

Temps de cycle de production Ce KPI représente la durée totale nécessaire pour compléter le processus de production, de la phase de manufacturing à la phase de packaging. L'objectif principal est de réduire ce temps global de production en identifiant les goulots d'étranglement et en optimisant les différentes étapes du processus.

### Niveau 2:

1.1: Temps de cycle du processus de fabrication (manufacturing)

Ce KPI mesure la durée totale nécessaire pour accomplir les processus de pesée, mélange et détection de métaux dans la phase de manufacturing en prenant en considération le temps d'attente. L'objectif est d'optimiser le temps de chaque processus spécifique et éliminer le temps d'attente pour réduire le temps global de manufacturing.

1.2: Temps de cycle du processus de conditionnement

Ce KPI représente la durée totale nécessaire pour accomplir les différentes étapes d'emballage du produit fini dans la phase de packaging. L'objectif est de maintenir sa performance qui est déjà élevée.

### Niveau 3:

1.1.1: Temps de processus pesée

Ce KPI mesure le temps nécessaire pour réaliser le processus de pesée des matières premières dans la phase de manufacturing.

1.1.2: Temps de processus mélange

Ce KPI mesure le temps nécessaire pour réaliser le processus de mélange des matières premières dans la phase de manufacturing.

1.1.3: Temps de processus détection de métaux

Ce KPI mesure le temps nécessaire pour réaliser le processus de détection des métaux dans la phase de manufacturing.

1.1.4: Temps d'attente

Ce KPI regroupe les temps d'attente entre les différentes étapes du processus de manufacturing.

### Niveau 4:

Chaque sous niveau du Niveau 3 peut être décomposé en sous-opérations spécifiques, et chaque sous-opération représente une tâche spécifique et a son propre temps d'exécution. On trouve également le temps d'attente qui est subdivisé en temps d'attente entre processus de pesée et mélange, et le temps d'attente entre le processus de mélange et détection de métaux.

Voici les différents sous kpi du niveau 4:

- Temps SubOp 1 (Transférer les sacs de la matière première à la salle de pesée)
- Temps SubOp 2 (Pesée avec une pelle en disposant la poudre prélevée dans des sacs)
- Temps SubOp 3 (Ajuster les poids et fermer les sacs)
- Temps SubOp 4 (Faire sortir les sacs fermés avec une cache-palette)
- Temps SubOp 5 (Transférer la palette de matières premières à la salle de mélange)
- Temps SubOp 6 (Contre-pesée)
- Temps SubOp 7 (Tamissage)
- Temps SubOp 8 (Aspiration)
- Temps SubOp 9 (Mélange)
- Temps SubOp 10 (Déchargement)
- Temps SubOp 11 (Transférer les fûts de produit semi-finis à la salle de détection des métaux)
- Temps SubOp 12 (Montage du fut PSF au mat de levage)
- Temps SubOp 13 (Commencer l'opération de détection des métaux)
- Temps SubOp 14 (Évacuer le PSF et les déchets)

- Temps d'attente pesée - mélange
- Temps d'attente mélange - Détection de métaux

### 3.17 Annexe 40 : Tableau de bord du temps de cycle des processus

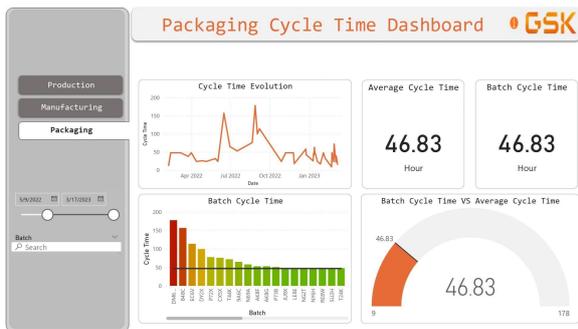


FIG. 3.15 : Tableau de bord du temps de cycle du processus de conditionnement



FIG. 3.16 : Tableau de bord du temps de cycle du processus de fabrication

### 3.18 Annexe 41 : Tableaux de bord des opérations

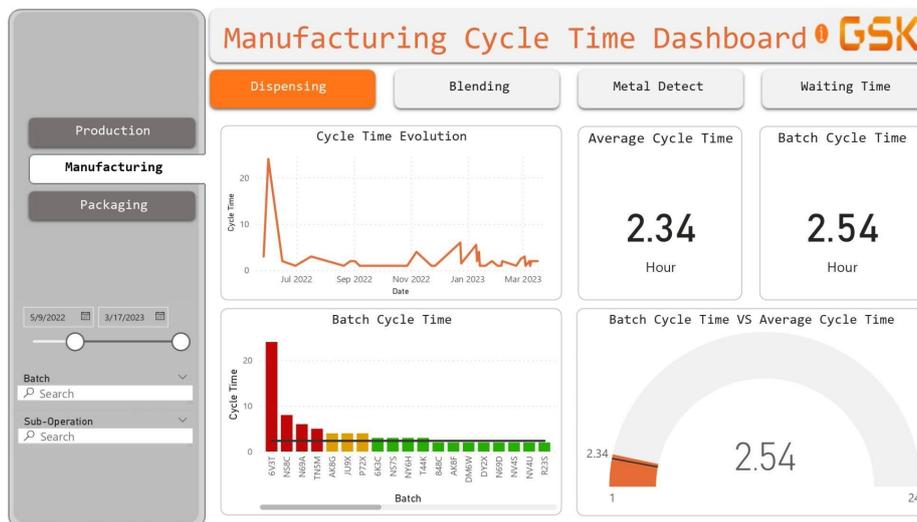


FIG. 3.17 : Tableau de bord de l'opération de pesée



FIG. 3.18 : Tableau de bord de l'opération de mélange

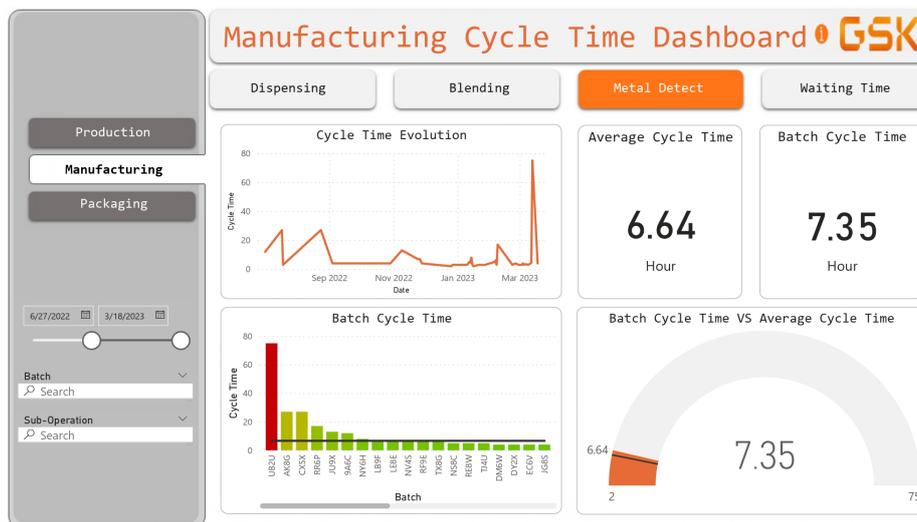


FIG. 3.19 : Tableau de bord de l'opération de détection des métaux

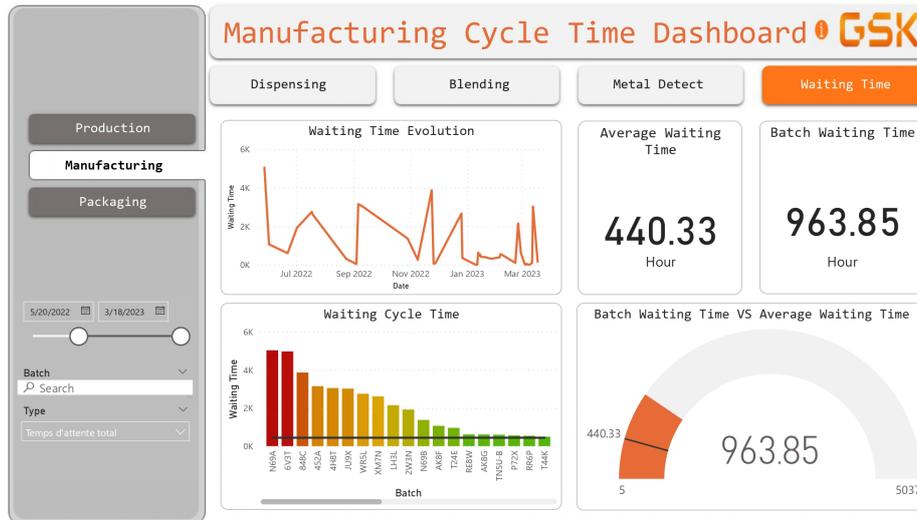


FIG. 3.20 : Tableau de bord de suivi du temps d'attente

### 3.19 Annexe 42 : Tableau de bord des opérateurs

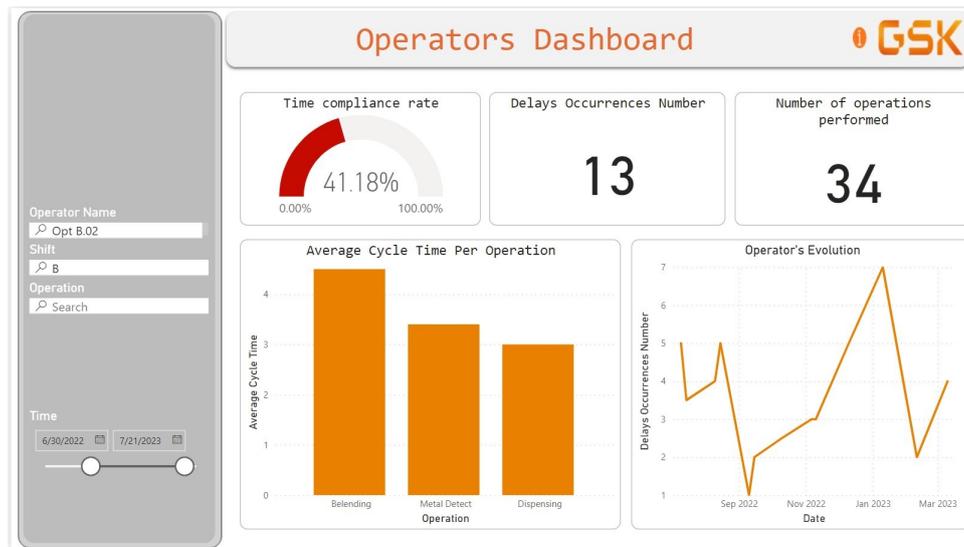


FIG. 3.21 : Tableau de bord des opérateurs

### 3.20 Annexe 43 : Tableau de bord de suivi des problèmes

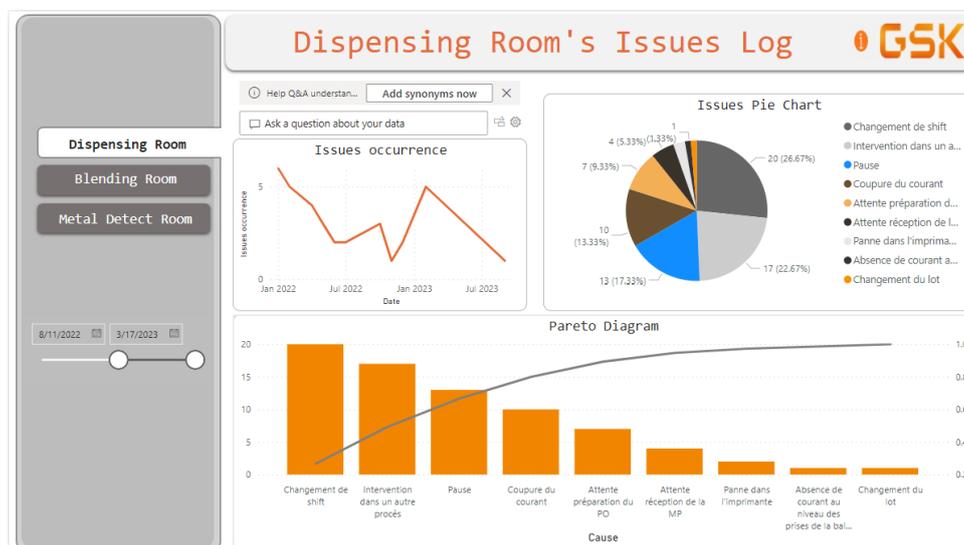


FIG. 3.22 : Tableau de bord de suivi des problèmes