

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا

Ecole Nationale Supérieure de Technologie

Département : Génie Logistique et Transport

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'état

Spécialité

Ingénierie de la Chaîne Logistique

- Thème -

Tentative d'organisation de la logistique d'une entreprise

Cas de l'EURL SATEREX

Réalisé par

MADOUÏ Sarra et RABIA CHERIF Amina

Les membres de Jury :

MOULAI Ratiba	Président
BENAISSA Mohamed Lazhar	Promoteur
BOUGHALEB Sadek el Amine	Examineur
AMICHI Hocine	Examineur

Alger, le 25/06/2023

Année universitaire 2022 – 2023

Dédicace 1

Je dédie ce modeste travail

À ma chère mère,

À mon cher père,

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point vous remercier comme il se doit.

Vous avez toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A ma chère tante Malika,

Qui a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

À ma chère sœur Somia,

Pour son soutien moral et ses conseils précieux tout au long de mon parcours.

À mes frères, Oussama, Salman, Abdou et notre petit Baraa,

Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite.

À mes chères grands-mères,

À qui je souhaite une bonne santé et une longue vie.

À ma binôme Sarra,

Pour son entente et sa sympathie.

À mes chères amies

Pour leur aide et leur soutien dans les moments difficiles.

À toute ma famille,

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Amina

Dédicace 2

Louange à Dieu, par Sa grâce s'accomplissent les bonnes actions

Grâce à Dieu et louange à Dieu

Je dédie ma remise de diplôme à mes chers parents, qui ont surmonté les obstacles sur mon chemin pour préparer le chemin du savoir.

À celui qui a vidé la coupe pour me donner une goutte d'amour

À ma mère, qui m'a comblé d'amour, de douceur et de guérison.

Papa, tu es mon modèle de détermination. Votre présence est irremplaçable dans ma vie.

Vous êtes les piliers de ma vie

À mon mari BELAIFA Bilal, Ces mots sont une dédicace empreinte d'amour.

Je suis tellement reconnaissante de t'avoir à mes côtés,

Non seulement comme mon partenaire,

Mais aussi comme un soutien inconditionnel et mon meilleur ami.

Merci d'être tout cela pour moi.

À mes précieuses sœurs : Lina, Malek, Hadil et mon seul frère : Omar, aux cœurs délicats et aux âmes innocentes, je vous remercie du fond du cœur à tous.

À ma grand-mère Saliha, ton soutien. Tes mots de sagesse, ton affection infinie et ta générosité sans limite ont fait de toi une grand-mère exceptionnelle traduire

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude à mon binôme Amina et à mes amis :

Hadil, Taqwa, Meriem, Manel, Afrah, Chafika...

Vous avez été une source d'inspiration, de soutien et de joie dans ma vie.

Votre présence et votre amitié ont enrichi mon parcours et m'ont aidé à surmonter les défis.

Je suis reconnaissante de vous avoir dans ma vie.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à ma chère tante Malika ainsi qu'à ma grand-mère et mes grands-pères. Je suis profondément reconnaissante pour ces âmes merveilleuses et les souvenirs qui resteront vivants dans mon cœur pour toujours.

À tous ma jolie famille et les personnes qui j'aime.

Sarra Madoui

Remerciements

Ce mémoire est le fruit des efforts fournis et des sacrifices consentis par plusieurs personnes que nous ne pourrions oublier de remercier.

En tête de nos remerciements, nous tenons à exprimer notre gratitude envers le bon Dieu, le Tout-Puissant, pour les opportunités et la force qu'il nous donne.

Aussi, nous adressons notre profonde reconnaissance envers notre directeur de mémoire, Monsieur BENAÏSSA Mohamed Lazher, qui nous a encadrés, orientés, aidés et conseillés.

Un grand merci à tout le personnel pédagogique et administratif de l'École Nationale Supérieure de Technologie d'Alger, en particulier du département GLT, qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

Nous remercions également l'entreprise d'accueil EURL SATEREX l'unité URF01, et particulièrement Messieurs CHAIB.B et ALLAOUA.S, pour leur aide et leurs conseils très bénéfiques, ainsi que pour le partage de leurs expériences.

Messieurs MEHTAL.R et SAHRAOUI.S, pour avoir accepté de nous accorder des entretiens et d'éclairer nos questions.

Nos remerciements s'adressent également à tous les membres du jury qui ont accepté de nous honorer de leur présence, de juger notre travail et de débattre de son contenu.

Nous sommes profondément reconnaissants envers toutes ces personnes qui ont contribué de manière significative à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien, leur expertise et leur générosité ont été inestimables. Merci du fond du cœur.

Table des matières

Introduction.....	4
I. GENERALITES SUR LES FLUX LOGISTIQUES.....	6
I.1 CONCEPT DES FLUX LOGISTIQUES	6
I.1.1 Processus Logistique	6
I.1.2 Types de flux logistiques	6
I.1.3 Stratégie de gestion des flux.....	7
I.2 LEAN MANUFACTURING.....	8
I.2.1 Définition de la valeur	10
I.1.1 Les types de gaspillages	11
I.1.2 Principaux outils du Lean.....	11
II. LES FLUX LOGISTIQUE CHEZ SATEREX.....	17
II.1 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE SATEREX.....	17
II.1.1 Organigramme de l'entreprise SATEREX.....	17
II.1.2 Procédures de production	20
II.1.3 Données techniques relatives au processus de fabrication	26
III. ANALYSE ET DIAGNOSTIC DES FLUX LOGISTIQUE DE DE SATEREX	33
III.1 ANALYSE ET DIAGNOSTIC GLOBALES DE LA CHAINE LOGISTIQUE.....	33
III.1.1 Le choix d'une famille de produit.....	33
III.1.2 VSM de l'état actuel.....	33
III.1.3 Identification des gaspillages.....	37
III.1.4 Analyse des temps	42
III.1.5 Analyse de déroulement.....	46
IV. AMELIORATION DE LA CHAINE LOGISTIQUE DE SATEREX.....	53
IV.1 AMELIORATION CONTINUE DE LA CHAINE LOGISTIQUE DE SATEREX.....	52
IV.1.1 Amélioration continue par les outils du Lean	52
IV.1.2 Plan d'amélioration recommandé	52
Conclusion générale	56
Bibliographie.....	58
ANNEXE.....	60

Liste des tableaux

Tableau 1:Fiche Technique de l'entreprise SATEREX	17
Tableau 2:Effectif de l'entreprise EURL SATEREX	18
Tableau 3:Effectif des employés de l'unité réf 01	19
Tableau 4:Les magasins des articles de l'URF01	22
Tableau 5: Les types de fournisseurs de SATEREX.....	27
Tableau 6: Les opérations de l'atelier thermoformage et profilage	27
Tableau 7: Les opérations de la ligne CKD	28
Tableau 8: Les opérations de l'atelier moussage	30
Tableau 9: Les opération de lignes SKD	30
Tableau 10: Les opérations de mise en fonction	31
Tableau 11: Les opérations d'emballage.....	32
Tableau 12:Classification décroissante des familles de produits par rapport au quantité	33
Tableau 13: Les exigences clients	34
Tableau 14: Tableau des cause de gaspillage selon les 5M.....	37
Tableau 15: Classification des gaspillage selon le poids.....	40
Tableau 16: Classification des causes de gaspillage selon le poids	41
Tableau 17:Calcule TRS	45
Tableau 18: Calcul de taux de qualité	45
Tableau 19: Calcul de taux de performance	45
Tableau 20: Les temps d'arrêts.....	46
Tableau 21:Analyse de déroulement de processus de fabrication.....	47
Tableau 22: Planification de production le mois de mars.....	58
Tableau 23: Suivi de production de mois de Mars.....	59
Tableau 24: Planification de production avec Heijunka.....	59
Tableau 25: Calcule le nombre des pièces de la nouvelle planification.....	60
Tableau 26: suivi de production après Heijunka.....	60
Tableau 27: Analyse déroulement état futur.....	61
Tableau 28: Inconvénients et avantages de type de maintenance	54

Liste des figures

Figure 1: Présentation du flux poussé	7
Figure 2: Présentation de flux tiré	8
Figure 3: Maison de Lean	9
Figure 4: Déroulement d'une Value Stream mapping	12
Figure 5: Organigramme de l'entreprise SATEREX	18
Figure 6, Organigramme de l'unité de réfrigérateur 01	19
Figure 7:macro-processus de production.....	20
Figure 8: Atelier thermoformage.....	22
Figure 9:Atelier de profilage.....	23
Figure 10:Atelier moussage	24
Figure 11: Atelier Test.....	25
Figure 12:machine emballage	25
Figure 13: Cartographie des chaines de valeurs VSM de l'URF01 de l'entreprise IRIS	35
Figure 14: Diagramme de Pareto	42
Figure 15:Analyse de temps cycle en fonction de takt time BCD480	44
Figure 16: Diagramme de planification réelle	58
Figure 17: Diagramme de planification avec Heijunka.....	60
Figure 18 : Cartographie de l'état futur de URF01	52
Figure 19: Diagramme des jour de perturbation de production	53

Liste d'abréviations :

CKD: Every Product Every Interval

C/O: Temps de réglage

C/T: Temps de cycle

CAP: Capacité

Cong: Congélateur

EPEI: Every Product Every Interval

Gig: Un moule

JAT: Just at time

L/T: Lead time

MRP: Material Requirements Planning

NVA: Non-valeur ajouté

Pcs: Pièces

PIC: Plan Industriel et Commercial

PDP: Plan Directeur de Production

PDV: Point de vente

REF/FRZ: Réfrigérateur

SMED: Single-Minute Exchange of Die

SMT: Surface Mount Technology

SKD: Semi Knocked Down

TRS: Taux de Rendement Synthétique

TPM: Total productive maintenance

VA: Valeur ajouté

VSM: Value stream mapping

VSD: Value stream design

Introduction

Aujourd'hui, les entreprises vivent dans un marché concurrentiel renforcé par la mondialisation des échanges, la diversification et le raccourcissement des cycles de vie des produits, le développement des partenariats entre entreprises, et la révolution technologique des systèmes d'information, avec une clientèle plus exigeante. L'amélioration des performances est devenue indispensable dans tous les secteurs d'activité surtout pour les entreprises les plus exposées à la concurrence, soit pour simplement assurer leur survie, soit pour affermir leur compétitivité.

Pour assurer la performance des entreprises, il est devenu nécessaire pour les entreprises de travailler sur l'efficacité de leurs chaînes logistiques, qui est, selon la littérature, reconnue comme étant le cœur de l'unité centrale de l'analyse concurrentielle car elle représente l'ensemble des mesures prises par une entreprise pour l'acheminement des produits ou services sur le marché. [1]

L'amélioration de la chaîne logistique joue un rôle crucial pour les entreprises industrielles et commerciales. C'est un potentiel important pour la compétitivité de l'entreprise, et la création de valeur pour satisfaire le client. Pour cela, il est important de réduire les temps de cycle de production, d'être flexible aux aléas, de maîtriser les coûts, la productivité et améliorer la qualité, d'où l'application du Lean Manufacturing tiré de l'industrie automobile des usines japonaises Toyota s'avère indispensable pour la réduction et l'élimination des sources de gaspillages des processus de production de l'entreprise.

L'entreprise EURL SATEREX n'est pas en reste. C'est une entreprise fabriquant de l'électroménager au sein duquel il existe une concurrence très dure. Elle est donc obligée de travailler sur la performance de la chaîne logistique de ses unités de production afin de réduire les coûts de production et pouvoir répondre aux exigences client au moment voulu avec un prix compétitif.

En conséquence, notre intérêt s'est porté sur l'amélioration continue de la chaîne logistique de l'URF01 (unité de fabrication des réfrigérateurs), afin d'évaluer sa performance. On se demande comment identifier les sources de gaspillage dans le processus de production de l'URF01, et quels sont les outils d'amélioration continue à mettre en place pour pouvoir améliorer la performance de la chaîne logistique de l'usine ?

Pour ce faire, ce mémoire est construit d'une façon à rappeler d'abord, la notion de processus logistique, ensuite la stratégie de gestion des flux logistique tirés et poussés, pour présenter à la suite la démarche de Lean manufacturing et la méthode VSM qui permet l'analyse des flux d'entreprise et l'amélioration de la chaîne logistique. Enfin, le mémoire est réparti sur quatre (04) chapitres présentés dans l'ordre suivant :

Le premier chapitre comprend deux grands titres : le premier aborde le concept des flux logistiques, tel que le processus logistique, les types de flux, ainsi que la stratégie de gestion des flux tirés et poussés. La deuxième partie est consacrée à la présentation de la démarche Lean Manufacturing, en mettant l'accent sur la définition de la valeur, les types de gaspillages (Mudas) et les outils utilisés pour identifier et éliminer ces gaspillages.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise EURL SATEREX, précisément l'URF01, tout en identifiant la logistique amont de l'entreprise contenant l'étude commerciale et la logistique d'aval contenant la stratégie de vente. Il s'agit aussi de faire une description du processus de production des réfrigérateurs de l'URF01 et présenter quelques données techniques nécessaires à l'étude.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des différentes étapes relatives à la VSM, l'analyse des résultats obtenus à travers une analyse des temps et des indicateurs comme le Takt time, TRS et une analyse de déroulement, afin de faire ressortir les recommandations nécessaires pour chaque situation indésirable.

Le dernier chapitre est consacré à l'amélioration de la chaîne logistique en utilisant différentes méthodes telles que les méthodes SMED, Heijunka et KANBAN. De plus, nous présenterons quelques recommandations en relation avec le présent travail.

Chapitre 01 : Les flux logistiques dans une entreprise

I.1 CONCEPT DES FLUX LOGISTIQUES

I.1.1 *Processus Logistique*

La chaîne logistique dans une entreprise concerne la gestion des flux d'informations, des flux physiques et des flux financiers depuis les approvisionnements en matières premières jusqu'à la mise à disposition des produits finis aux clients. Il s'agit aussi de coordonner les activités tout au long de la chaîne. Le but est d'assurer une fluidité maximale des flux tout en minimisant les coûts et les délais d'une part, et en garantissant la qualité, d'autre part. Comme toute entreprise, SATEREX dispose de quatre grandes fonctions dans le processus logistique qui traitent les flux.

1. Les approvisionnements en matières premières et composants : Selon PERSON.H, « *L'Approvisionnement désigne la fonction qui consiste à alimenter le(s) site(s) de production et de gérer au quotidien les flux des matières entrant dans l'entreprise destinées à la production* » [2]. C'est la fonction responsable de l'obtention des biens ou services nécessaires pour alimenter les sites industriels de production.
2. La production des biens et le pilotage des flux internes ou inter-usines : La production représente les différentes phases de transformation que les matières premières subissent pour obtenir un produit fini répondant au besoin du marché.
3. La distribution physique des produits finis aux clients finaux : La distribution est la fonction qui permet de mettre à la disposition du client final, les biens et services voulus, au bon endroit, au bon moment et dans les quantités demandées à travers un canal de distribution. Celui-ci correspond dans sa définition, au chemin commercial parcouru par un produit pour aller du producteur au consommateur final, en passant par plusieurs intermédiaires (grossiste, revendeur, détaillant, etc.).
4. La gestion des stocks qui, selon Lyonnet, « ... *est l'activité qui garantit la maîtrise des marchandises tant en quantité, qu'en qualité, coût et respect des approvisionnements* » [3]. L'objectif de cette gestion des stocks est de maintenir un niveau de stock suffisant pour éviter toute rupture, tout en minimisant les coûts de stockage et de passation de commande.

I.1.2 *Types de flux logistiques*

L'objectif de toute entreprise est de livrer ses clients avec le bon produit, au bon moment. Il est donc nécessaire, afin d'assurer cet ajustement entre l'offre et la demande, de maîtriser la gestion des flux physiques, qui peuvent être de deux types.

- **Flux internes** : ils sont également appelés « flux de production ». Ils concernent l'ensemble des mouvements des matières premières et composants dans le réseau de fabrication, subissant des transformations, de stockage au sein d'une même entreprise.
- **Flux externes** : ils sont référés aux flux d'approvisionnement (flux amont) lorsqu'il s'agit des mouvements des matières premières et composants nécessaires entre le

fournisseur et l'entreprise ou aux flux de distribution (flux aval) quand il s'agit des mouvements des produits finis de l'entreprise jusqu'au client.

1.1.3 Stratégie de gestion des flux

Dans la suite est présenté le flux de l'entreprise SATEREX basé sur le principe du flux poussé.

- **Flux poussé (push system) :** C'est le modèle de pilotage des flux dont la production génère la disponibilité. Cette dernière génère la demande, c'est-à-dire les ordres de fabrication, à partir des prévisions de ventes ou de commandes formalisées sur le programme directeur de production (PDP) et le plan industriel et commercial (PIC) où l'usine fabrique un nombre de produits qui seront stockés en anticipation de la demande future. Un flux est alors dit « poussé » lorsqu'une fois l'étape n est terminée, le flux est poussé vers l'étape n+1 (voir figure ci-dessous).

Cependant le flux poussé entraîne des coûts élevés dus au stockage, au transport, ainsi qu'aux pertes de valeur dues à l'obsolescence des produits ou à la dégradation de leur qualité. De plus, les prévisions de la demande peuvent être inexactes, ce qui peut entraîner des surplus ou des pénuries de stock.

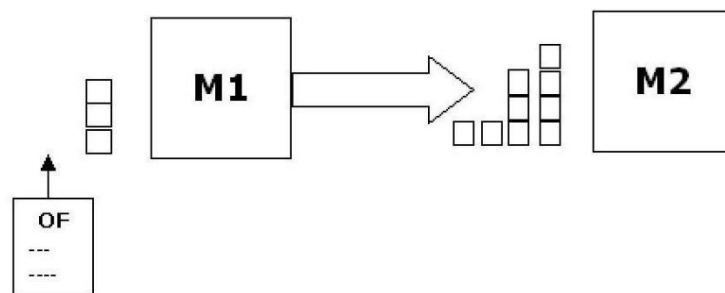


Figure 1: Présentation du flux poussé

Dans le cadre de ce mémoire, la partie pratique est basée sur le flux tiré qui est présenté ci-dessous.

- **Flux tiré (pull system) :** C'est un modèle de pilotage des flux qui se base sur les commandes réelles des clients pour déclencher la production, c'est-à-dire concevoir et produire uniquement ce que le client souhaite et quand il le souhaite. Autrement dit le flux tiré correspond à une production amont pilotée par les besoins de l'aval (voir figure ci-dessous). Le concept de flux tiré représente le principe du « juste à temps » qui consiste à produire les quantités nécessaires, au moment voulu et disponibles à l'endroit voulu.

Néanmoins, le flux tiré présente aussi des défis pour les entreprises en matière de planification et de préparation de la production pour répondre rapidement aux commandes des clients. De plus, il peut être difficile de s'adapter rapidement aux fluctuations de la demande, ce qui peut entraîner des retards dans la livraison des produits.

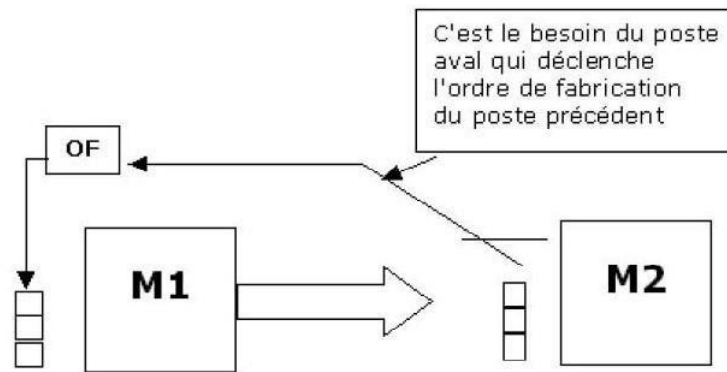


Figure 2: Présentation de flux tiré

Il existe une troisième stratégie de gestion des flux : les flux synchrones. Celle-ci est très utilisée dans le domaine de l'automobile par exemple.

- **Flux synchrone** : Le flux synchrone est une méthode d'approvisionnement qui consiste à passer une commande de composants à un fournisseur pour un poste de travail spécifique, pour une livraison précise afin de répondre à la demande jusqu'à la prochaine livraison. Cette méthode permet de minimiser les coûts de stockage et d'optimiser le temps de production en éliminant les temps morts. Le flux synchrone est souvent utilisé dans les processus de production "juste-à-temps" pour assurer une production efficace et rentable.

Afin d'améliorer la chaîne logistique de l'unité URF01 de l'entreprise SATEREX nous allons suivre les méthodes de Lean manufacturing.

I.2 LEAN MANUFACTURING

Le Lean Manufacturing est un ensemble de principes, de techniques et d'outils visant à gérer la production ou les services tout en éliminant les gaspillages, c'est-à-dire les tâches sans valeur ajoutée. L'objectif du Lean Manufacturing est de développer une organisation flexible, réactive et compétitive, focalisée sur la satisfaction client.

Les principes du Lean tirent leur origine du système de production Toyota, qui a été développé progressivement depuis les années 1960. Ce système est caractérisé par la focalisation de toute l'organisation sur l'optimisation des processus pour réduire les gaspillages et les délais, ainsi que par la recherche constante de solutions d'amélioration.

La maison Lean est utilisée (voir la figure ci-dessous) afin de permettre aux entreprises de visualiser les principes, les méthodes et les étapes d'amélioration continue des processus, et ainsi faciliter la compréhension et l'application pratique des concepts Lean.

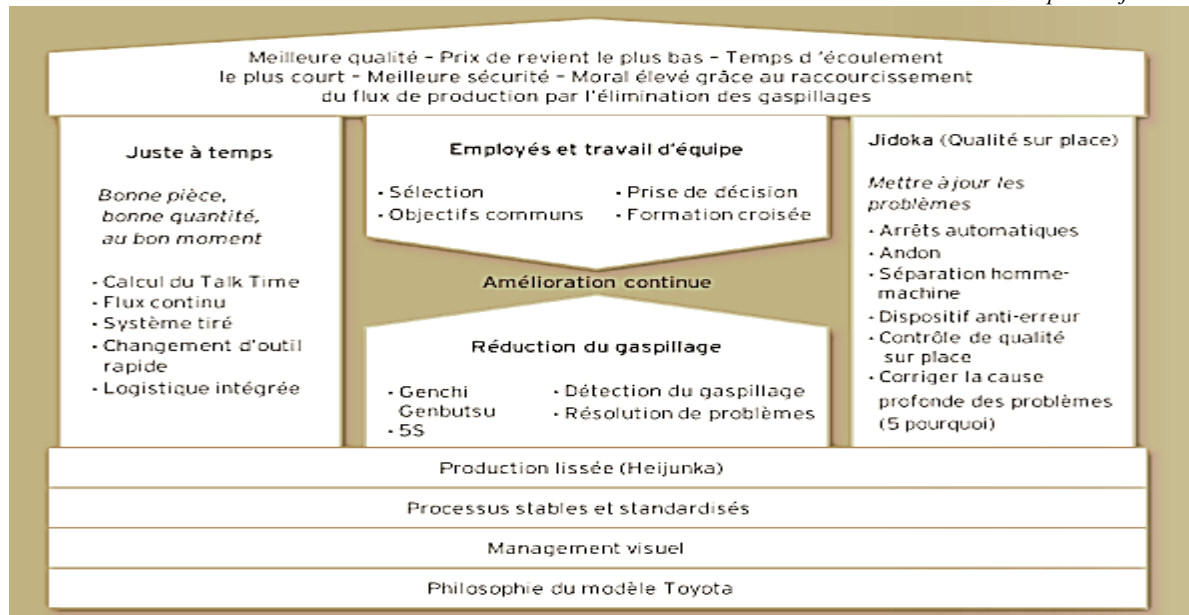


Figure 3: Maison de Lean

La structure de la maison du Lean permet de présenter graphiquement les principes d'amélioration, tels que :

- **Toit** : représente l'objectif ultime que l'entreprise cherche à atteindre, généralement lié à la performance globale de l'entreprise, y compris la recherche de la meilleure qualité, la réduction des coûts, et l'amélioration des délais.
- **Fondation** : représentent les principes fondamentaux sur lesquels repose le Lean, qui crée une culture d'amélioration continue à travers le travail standardisé, Heijunka et Kaizen.
- **Piliers** : la maison du Lean repose sur deux piliers qui soutiennent le toit et poussent l'entreprise à atteindre ses objectifs, qui sont :

➤ *Principe Juste à Temps :*

Le concept de juste à temps JAT ou juste-à-temps a été développé au Japon au sein de l'usine Toyota, dans les années 1950, par Taichi Ohno. Celui-ci avait comme motivation principale d'éliminer les gaspillages à tous les niveaux.

Aujourd'hui, dans les entreprises, le principe JAT a connu plusieurs dénominations : « flux tiré », « KANBAN », « zéro stock », « zéro délai ». Ces approches visent l'élimination de tout ce qui ne contribue pas directement à la valeur ajoutée d'un produit comme les stocks, le non-respect des spécifications d'une fabrication qui se traduit par des rebuts, etc.

Le JAT est alors défini comme un concept qui vise à acheter et produire uniquement les quantités dont l'entreprise a besoin à l'instant où elle en a besoin. L'American Production and Inventory Control Society (APICS) définit le JAT comme « *une philosophie de production basée sur l'élimination systématique des gaspillages et l'amélioration continue de la productivité* ».

Le JAT repose sur deux principes :

1. L'augmentation de la réactivité du système logistique en diminuant le délai et en diversifiant la production, dont le but est de répondre aux variations quantitative et qualitative de la demande.
2. La rationalisation de la production, en éliminant les gaspillages, dont le but est d'améliorer la performance globale.

Pour atteindre les objectifs du juste à temps, chaque unité de production devra travailler sur les aspects suivants :

- Maîtriser le pilotage des flux,
- Augmenter la flexibilité en réduisant les temps de réglage,
- Rendre la production fluide,
- Améliorer la qualité,
- Améliorer la productivité,
- Lisser la production,
- Établir de nouvelles relations avec les fournisseurs.

Dans la suite du document, nous décrivons quelques outils de Lean, utiles pour chacun de ces aspects.

➤ *Principe JIDOKA*

JIDOKA est le deuxième pilier du Lean Manufacturing, fondé par Sakiiri Toyoda. Il peut se traduire en français par « auto-nomation » ou « auto-activation ». Le JIDOKA se définit comme l'automatisation avec intelligence humaine où les machines qui arrêtent immédiatement le travail dès qu'un problème survient. Le but est d'éviter de produire des éléments défectueux. Cette méthode consiste à « construire la qualité dans le produit, en détectant très tôt les anomalies dans le processus ». Ce dispositif anti-erreur permet d'assurer des opérations de qualité et de séparer l'Homme des machines, pour un travail plus efficace.

L'objectif principal de chaque entreprise est d'optimiser la création de la valeur ajoutée tout au long de ses processus.

1.2.1 Définition de la valeur

Selon LAMBER et Al : « *La valeur est l'estimation du service ou produit fourni au client, tel qu'il le définit. Il existe deux types de valeurs : la valeur ajoutée et la non-valeur ajoutée : La valeur ajoutée correspond à toutes activités qui augmentent la valeur (marchande ou fonctionnelle) du produit aux yeux du client, c'est-à-dire les activités pour lesquelles le client est prêt à payer. La non-valeur ajoutée représente les activités qui n'ajoutent aucune valeur au produit, ce sont des sources de gaspillages. Certaines de ces activités ne peuvent pas être évitées (sauf investissements importants).* » [4].

En effet, la valeur ajoutée peut se manifester de différentes manières, telles que la qualité, la disponibilité, l'efficacité, le coût, etc.

Afin de préserver la valeur ajoutée au sein de l'entreprise, il est essentiel de traquer et éliminer les différents types de gaspillages ou de non-valeur ajoutée.

1.1.1 Les types de gaspillages

Les sept types de gaspillages (Muda) identifiés par Taichi Ohno sont :

- **Surproduction:** Produire en grande quantité à cause des mauvaises prévisions ou d'annulation de commande.
- **Attente :** L'attente à cause du retard ou l'arrêt d'une chaîne de production effectuée par la personne ou la machine.
- **Transport et manutention inutile :** due au mouvement inutile de personne ou de matière dans le processus de fabrication.
- **Rebut et rejet :** pièces défectueuses nécessitant une répétition ou correction du procédé
- **Stocks :** les produits immobilisés en stock en excès, que ce soit dans les en-cours ou dans les zones de stockage dédiés.
- **Mouvements :** Tous les gestes inutiles à la transformation, qui fatiguent les ouvriers et abîment les machines.
- **Processus :** Inclus les actions superflues.

Il existe plusieurs gaspillages supplémentaires comme la mauvaise utilisation (ou sous-utilisation) des compétences et du potentiel des salariés est souvent citée comme le 8ème muda, la sur-conception est également un gaspillage résultant de la mauvaise communication entre le bureau d'étude et le marketing.

Parmi les outils de Lean utilisés dans notre travail pour analyser la chaîne logistique de l'entreprise et l'améliorer il y a :

1.1.2 Principaux outils du Lean

1.1.2.1 Value Stream Mapping

La Value Stream Mapping (VSM) est une méthodologie systématique d'analyse et d'optimisation des flux, dont l'objectif est de visualiser les étapes créatrices ou non de valeurs afin de supprimer les « macro gaspillages ». Cette suppression se fait en éliminant la variabilité et la non flexibilité dans l'organisation des flux et des services et son but est de réduire nettement les délais et les coûts.

La VSM est le point de départ de l'amélioration globale de la performance. Elle consiste à établir une cartographie de la valeur ajoutée de chaque étape d'un processus, du point de vue du client (qualité des produits et services). Elle permet d'identifier la nature des actions à réaliser afin d'optimiser globalement la performance d'un flux.

Les sources de gaspillage recherchées par cette cartographie sont : surproductions, attentes, transports trop longs ou inutiles, surtravail, surstocks, des déplacements inutiles ou inappropriés, défauts de production ou de produits et manque d'implication des salariés.

Selon Rother et Shook, la VSM se fait en quatre étapes :

1. Sélectionner la famille de produits et le périmètre d'étude : pour s'assurer de la fiabilité de la VSM, le travail doit être figé sur un produit ou une famille de produits passant par le même processus de production.
2. Dessiner la cartographie de l'état actuel : aller sur le terrain (le Gamba) pour se rendre compte de la situation réelle en suivant les flux de matières et d'informations dès la réception des matières premières du produit jusqu'à l'expédition du produit fini. Après le

dressage du schéma VSM de l'état actuel, le groupe de travail s'engage pour une analyse de la situation afin d'identifier les sources de gaspillages et de définir des recommandations d'amélioration pour la réduction ou l'élimination de ces gaspillages.

3. Dessiner la cartographie de l'état souhaité en identifiant les axes d'amélioration : une fois l'analyse terminée, cette étape est consacrée pour l'élaboration d'une VSM à l'état futur (VSD) contenant les mêmes conventions et indications de la VSM actuelle après l'élimination des étapes non créatrices de valeur et qui contient aussi les différentes solutions et opportunités d'amélioration sur lesquelles il faudra se baser pour avoir un processus optimisé.
4. Élaborer un plan d'action pour la mise en œuvre de l'État futur : cette étape sert à tracer le chemin pour passer de l'état actuel à l'état futur à travers un plan de déploiement qui vise à :
 - Sélectionner des chantiers d'amélioration en utilisant les différents outils Lean.
 - Définir les actions d'amélioration par ordre de priorité en termes de coût, de ressources et de temps.
 - Construire un agenda de suivi pour assurer la standardisation.

Pour construire cette cartographie, il est proposé de s'appuyer sur la méthode développée par Rother et Shook en 2009 :

Source 1: (David Garnier, 2010, P.24)

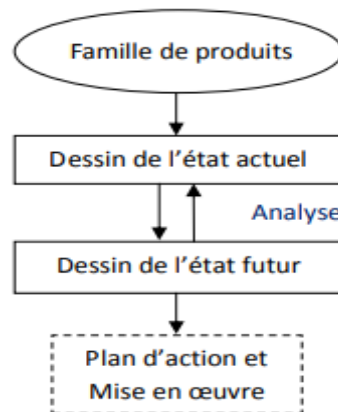


Figure 4: Déroulement d'une Value Stream mapping

1.1.2.2 5S

5S est une méthode utilisée pour améliorer les processus de production. Le nom de la méthode est dérivé de la première lettre des mots japonais : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Ce sont aussi les noms des cinq étapes de l'organisation du travail :

- **Seiri (Débarrasser)** : l'élimination du poste de travail de tous les articles qui sont inutiles pour faire le travail. Cette étape vise principalement à réduire les stocks et à mieux utiliser l'espace de travail. Selon le principe de sélection, tous les articles inutiles devraient être marqués d'une étiquette rouge et placés dans une zone désignée.
- **Seiton (Ranger)** : organiser et désigner des emplacements appropriés pour tous les outils du poste de travail lors de la phase de sélection. Un tableau d'ombre ou un code de couleurs pour chaque outil peut aider dans ce cas. Cette étape est effectuée pour réduire la circulation inutile des employés. Elle est utilisée lors de la recherche d'outils et d'élimination des erreurs de qualité des produits, en marquant correctement les éléments.
- **Seiso (Nettoyer)** : Le nettoyage et l'entretien du lieu de travail et l'établissement d'une norme de nettoyage approprié. L'objectif de cette étape est de maintenir les postes en bon état, d'identifier et d'éliminer les causes de pollution et d'entretenir les machines.
- **Seiketsu (Management Visuel, Standardisation)** : ici, on détermine les règles des trois premières étapes de 5S. Dans cette étape, les responsabilités des employés sont principalement définies et des instructions sont créées pour soutenir l'exécution des étapes précédentes. Son but est de fournir une procédure systématique et une reproductibilité des changements précédemment effectués.
- **Shitsuke (Pérenniser)** : il s'agit d'améliorer les habitudes des employés pour se conformer aux changements précédemment introduits et agir conformément aux normes. C'est l'étape la plus difficile, car elle force à changer les habitudes à la fois des travailleurs et le management de la production.

1.1.2.3 SMED

Single Minute Exchange of Die, signifie système de modification rapide des réglages des machines, né en 1970 sous l'impulsion de Shigeo Shingo au cours d'une étude d'amélioration de la productivité à l'usine Mazda, à Hiroshima.

C'est une méthode d'organisation dont le but consiste à réduire de façon systématique le temps de changement d'outils, avec un objectif quantifié selon la Norme AFNOR NFX 50-310.

Le SMED consiste à chercher « pourquoi les choses sont faites » afin de changer le « comment elles sont faites ». Il comporte deux types d'opération et quatre étapes, soit :

Les opérations internes : qui doivent être effectuées lorsque la machine est à l'arrêt.

Les opérations externes : qui peuvent être effectuées lorsque la machine fonctionne.

- **Identifier** : observer l'existant depuis l'arrêt de l'ancienne fabrication (dernière pièce bonne) jusqu'à la fin du démarrage de la nouvelle fabrication (pièces bonnes réalisées à la cadence nominale).
- **Extraire** : transformer un maximum d'opérations internes (machines à l'arrêt) en opérations externes (machine en production).
- **Convertir** : définir des modifications légères pour transformer des opérations internes en opération externes.
- **Réduire** : mettre en œuvre les projets d'amélioration SMED. Le but est alors de réduire l'importance de chaque opération (vissages, déplacements...) interne ou externe, standardiser le plus possible (moins d'outils utilisés), transformer les opérations série en opérations parallèles, synchroniser les tâches et supprimer les réglages.

1.1.2.4 KANBAN

L'outil Kanban a été créé et développé dans les années 1953 dans les ateliers de montage et d'usinage de l'usine Toyota par Shigeo Shingo.

La méthode Kanban est un moyen de planification de production qui vise à réduire les pertes et limiter les gaspillages liés à la surproduction et aux manutentions inutiles. Elle est largement utilisée dans les différentes entreprises afin d'organiser la fabrication entre les postes de travail de manière efficace.

Le Kanban est un terme japonais qui signifie « carte » ou « étiquette ». Il consiste en une fiche cartonnée fixée aux contenants des pièces dans une ligne de production ou dans une zone de stockage. Autrement dit, le Kanban est un système d'information visuel concrétise la commande d'un poste client situé en aval à un poste fournisseur situé en amont du flux de production. Ce système permet de limiter la quantité produite par le poste en amont aux besoins réels du poste en aval.

1.1.2.5 Poka Yoke (Correction des erreurs)

Le terme Poka-Yoke (poh-kah yoh-keh) signifie la prévention des erreurs ou détrompeur, développée à partir du système de production Toyota par le biais de Jidoka au Japon durant les années 60 par Shigeo Shingo, Son but est d'éliminer les défauts du produit en prévenant, corrigeant ou attirant l'attention sur les erreurs humaines, quand elles se produisent.

1.1.2.6 Heijunka

Le Heijunka signifie "production nivelée" est une méthode d'organisation et d'arrangement qui consiste à lisser la charge de travail.

Le principe vise à travailler sur une base simple et répétitive, entraînant une routine, donc une stabilité. Les variations de commandes sont donc inscrites dans l'emploi du temps de production comme des habitudes. En d'autres termes, il s'agit d'égaliser la charge de travail dans l'ensemble du processus de production.

Selon Marchwinski & Schroeder (2008), niveler le type et la quantité de production sur une période déterminée, permet à la production tout au long de la chaîne de valeur de :

- Répondre efficacement aux demandes des clients ;
- Réduire, voire éviter les mises en lots ;
- Réduire au minimum les stocks ;
- Réduire au minimum les coûts d'investissement ;
- Réduire au minimum la main-d'œuvre ;
- Réduire au minimum les délais de production

1.1.2.7 Kaizen

Kaizen est une expression japonaise formée par les kanjis "KAI" et "ZEN", qui signifient respectivement "changement" et "meilleur". Ensemble, ils peuvent être traduits par "amélioration continue". Il s'agit d'une amélioration quotidienne, qui touche tous les domaines (marketing, ventes, achats, logistique, qualité, etc.) et même les personnes.

Le Kaizen est une démarche ayant pour objectif :

- L'élimination des gaspillages ;
- L'augmentation de la qualité ;
- L'amélioration des conditions de travail.

1.1.2.8 Total Productive Maintenance ou Maintenance Productive Totale TPM

Le JIPM (Japan Institut of Plan Management) a défini la TPM comme « un système tendant à amener une installation à son rendement maximal sur toute sa durée de vie, en y associant tous les services de l'entreprise ». La TPM est basée sur deux fondements (l'auto-maintenance et le rendement global) (LAMOURI & THOMAS, 2019, p. 12) :

- **Auto-maintenance** : l'auto-maintenance est la réalisation d'une partie de la maintenance par le personnel d'exploitation pour réduire les temps d'arrêt et améliorer l'efficacité des experts de maintenance. Elle a pour objectif, d'une part, l'appropriation des installations par le personnel d'exploitation et, d'autre part, la prévention des détériorations. L'exploitation doit garantir les conditions d'utilisation de base de l'équipement (graissage, niveaux, nettoyages, etc.). On utilise la méthode 5S dans le but d'améliorer la propreté et le rangement de l'espace de travail.

- **Rendement global** : pour prendre en compte toutes les causes de pertes de rendement de l'installation, la TPM utilise un indicateur global qui est le taux de rendement synthétique (TRS).

La TPM s'attache à supprimer les sept causes principales de pertes, vues sous l'angle du rendement global :

- 1) Défaillance et pannes ;
- 2) Réglages ;
- 3) Changement de série ;
- 4) Marche à vide et micro-arrêts ;
- 5) Marche à vitesse réduite ;
- 6) Défauts processus ;
- 7) Rebuts.

L'objectif de cette méthode est de maximiser la productivité des équipements. Pour cela, la TPM développe une maintenance prédictive plutôt que curative, c'est-à-dire qu'elle implique tout le personnel de l'atelier à assurer le bon fonctionnement des machines sans impacter la cadence de production.

Sa mise en œuvre s'effectue en 3 étapes :

- 1) Identifier les 16 causes de pertes de rendements.
- 2) Calculer le TRS.
- 3) Améliorer les 8 piliers TPM permettant le pilotage de la performance.

La TPM vise à atteindre les 4 Zéros : Zéro arrêt, Zéro Perte de cadence, Zéro Accident, Zéro Défaut.

1.1.2.9 Andon

Terme japonais signifiant "lampe" est un outil de management visuel qui permet de visualiser rapidement l'état des opérations dans une zone et de signaler chaque fois qu'une anomalie se

produit. Par exemple, une machine à l'arrêt, un défaut de qualité, des retards de l'opérateur, etc.

Elle peut également servir à afficher le niveau de la production (nombre d'unités par rapport à la production réelle).

Synthèse : Dans la gestion des flux d'entreprise, il existe deux approches principales pour gérer les flux de production : la stratégie de flux poussé basé sur des prévisions, et la stratégie de flux tiré, qui se base sur les commandes réelles. En outre, il y a le flux synchrone qui est une méthode de gestion des approvisionnements.

Pour que l'entreprise puisse gérer au mieux ses flux logistiques et surveiller efficacement sa chaîne de production ainsi que sa logistique en amont et en aval, l'utilisation des méthodes Lean est recommandée. Ces méthodes permettent d'optimiser les gaspillages, ce qui augmente l'efficacité de l'entreprise et renforce sa compétitivité sur le marché.

Chapitre 02 : Présentation de l'entreprise Saterex

II.1 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE SATEREX

Dans l'intention de bien mener notre étude de recherche, nous allons présenter dans ce chapitre l'entreprise d'accueil appelée EURL SATEREX et précisément, l'unité des réfrigérateurs (URF01). Des explications sur la procédure de production, ainsi que les informations techniques de chaque processus de ligne sont également données car c'est elles qui nous ont permis d'analyser la chaîne logistique.

II.1.1 Organigramme de l'entreprise SATEREX

L'entreprise algérienne SATEREX est une entreprise privée à responsabilité limitée EURL, connue sous le nom de sa **marque commerciale IRIS**. C'est une entreprise qui été spécialisée dans l'électronique et l'électroménager tels que les téléviseurs, les réfrigérateurs et téléphones mobiles, etc. L'entreprise comporte six unités de production :

- 1) Unité « téléviseurs »
- 2) Unité « réfrigérateurs I »
- 3) Unité « réfrigérateurs II »
- 4) Complexe « pneumatiques »
- 5) Complexe « électroménagers »
- 6) Unité « machines à laver »
- 7) Unité « injection des plastiques »

Cette entreprise a commencé son activité industrielle en 2004. Depuis, elle a connu une croissance rapide puisqu'en seulement une décennie, elle est passée d'une petite équipe de sept employés à un complexe de quelques milliers de travailleurs, occupant une part de marché non négligeable de près de 20% dans l'industrie de l'électroménager en Algérie. Cette entreprise ne cesse de multiplier les projets d'innovation et de diversification.

Par ailleurs, l'entreprise est devenue **LE** précurseur dans l'industrie de l'électronique et de l'électroménager grand public mais aussi **Numéro 1** incontesté dans le segment des « Téléviseurs ».

Comme précisé ultérieurement, le pôle industriel construit par l'entreprise a connu une diversification de ses activités, passant par l'électroménager au complexe électronique, au complexe pneumatique. Ce dernier projet est majeur puisqu'il est maintenant classé **PREMIER** en Algérie et le **TROISIÈME** en Afrique. Cette diversification sur des marchés distincts est le fruit d'un succès phénoménal, résultant de bases solides de persévérance et d'ambition tissées au fil des années, ainsi que d'une politique agressive en matière de prix et de fiabilité et enfin, un personnel qualifié formé aux nouvelles technologies.

La fiche technique de l'entreprise est maintenant présentée :

Tableau 1: Fiche Technique de l'entreprise SATEREX

Raison sociale	Entreprise de production
Forme juridique	EURL
Nom commercial	IRIS

Logo	
Date de création	2004
Pays d'origine	Algérie
Secteur d'activité	Electroménager ; pneumatiques, électronique
Effectifs	Plus de 3000 employés
Point de vente	Plus de 50 points de vente, près de 50 points de services après-vente (SAV)
Chiffre d'affaires	30 milliards DA en 2018
Siège sociale	Zone d'activité, tranche n°4. Lot n°9 Sétif, 19000 Algérie
Site web	www.iris.dz

Source : Données d'entreprise

En ce qui concerne les ressources humaines de l'entreprise SATEREX, elles se répartissent comme suit :

Tableau 2: Effectif de l'entreprise EURL SATEREX

Cadre	Maîtrise	Exécution	Effectif total
296	852	2157	3305

Source : Données d'entreprise

L'organigramme de l'entreprise SATEREX est présenté ci-dessous : Source : Données d'entreprise

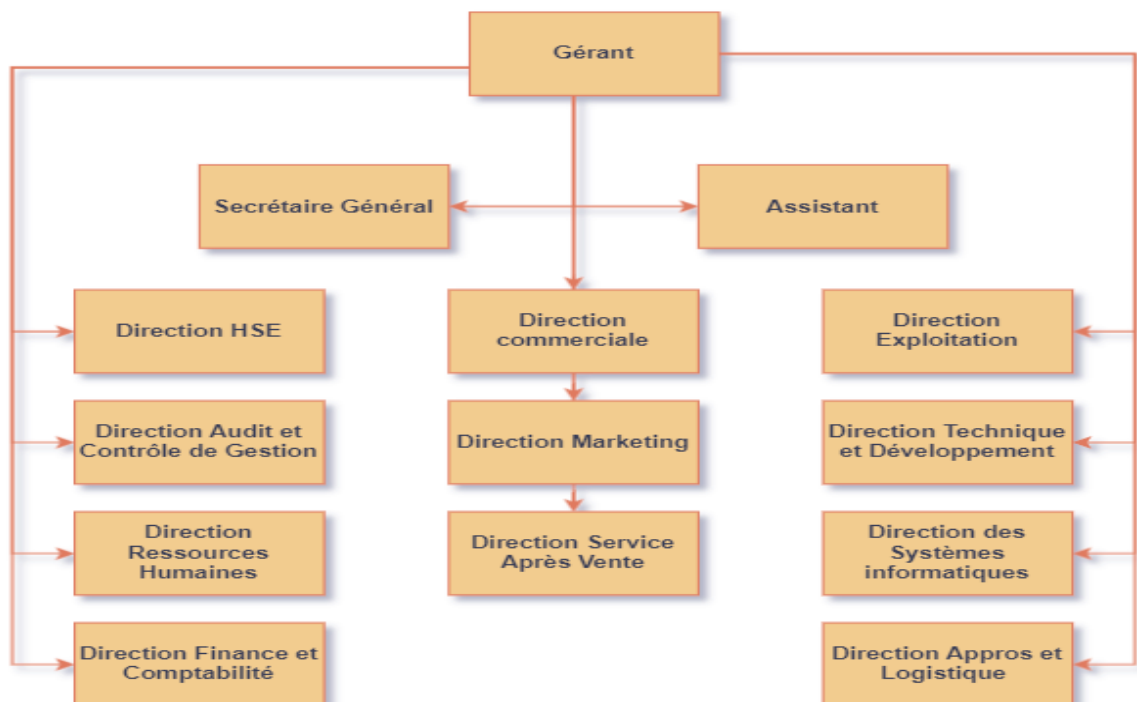


Figure 5: Organigramme de l'entreprise SATEREX

II.1.1.1 Présentation d'URF01 :

L'URF01 est une unité de production qui fait partie du complexe IRIS, sise à la zone industrielle de Sétif. Sa création date de 2009. Elle est spécialisée dans la production des réfrigérateurs de types : BCD 400 ; BCD 480 et BCD 680.

L'organigramme de l'unité URF01 est présenté ci-dessous : *Source : Données d'entreprise*

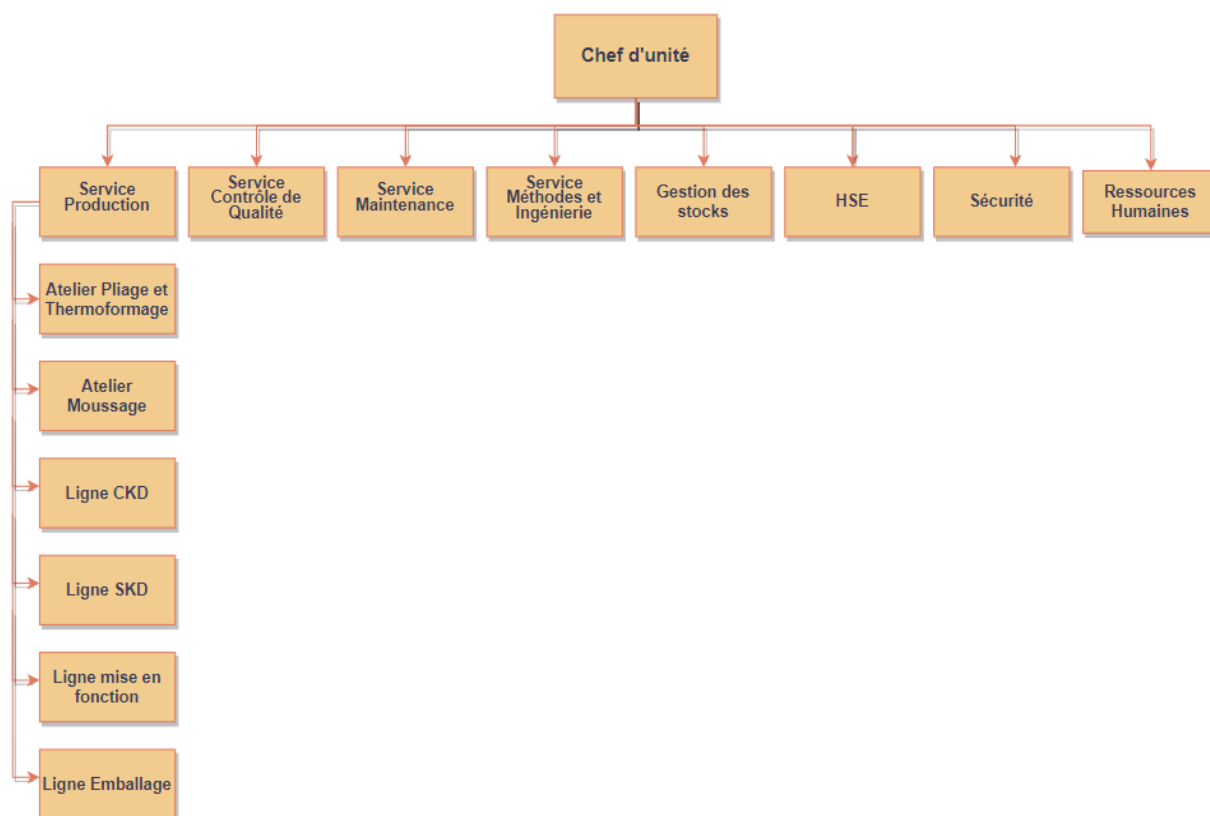


Figure 6 : Organigramme de l'unité de réfrigérateur 01

Pour les ressources humaines de l'URF01, elles sont réparties selon l'activité comme suit :

Tableau 3 : Effectif des employés de l'unité réf 01

Service et Atelier		Effectif		
		Shift1	Shift2	Shift3
Chef d'unité		1		
HSE		14		
Sécurité		6		
Cantine		6		
Ressources Humaines		2		
Gestion des Stocks		41		
Atelier Profilage Tôle et Thermoformage	cabine	Chef d'atelier		1
		Chef d'équipe		1
		Régleurs		2
		Technicien		1
		Ouvriers		2
	porte	Chef d'atelier		
		Chef d'équipe		1

Service						
Production						
				Régleurs	2	2
				Technicien	1	1
				Ouvriers	2	2
				Chef d'atelier		1
		Atelier Moussage				
				Chefs d'équipe	1	1
				Ingénieurs Chimiste	1	1
				Régleurs	1	1
				Techniciens	3	3
				Operateurs	7	7
				Ouvriers	18	18
		Atelier de préparation		Ouvriers	8	1
		Ligne CKD		Chefs de Ligne	1	1
				Chefs de groupe	2	2
				Soudeurs Production	1	1
				Ouvriers	59	53
		Ligne SKD		Chefs de Ligne	1	1
				Chefs de groupe	2	2
				Soudeurs Production	4	4
				Ouvriers	26	24
		Ligne Test		Chefs de Ligne	1	1
				Chefs de groupe	1	1
				Techniciens	1	1
				Réparateurs Froid	2	2
				Ouvriers de Production	14	14
		Ligne Emballage		Chef de Ligne	1	1
				Chef de Groupe	1	1
				Techniciens	1	1
				Aides Magasinier	1	1
				Manutentionnaires	2	2
				Ouvriers	21	20
		Service Contrôle de Qualité				19
		Service Maintenance				14
		Service Méthodes et Ingénierie				3

Source : ingénieur méthode de l'unité

II.1.2 Procédures de production

L'entreprise EURL SATEREX est une entreprise d'électroménagers et électronique qui produit plusieurs types d'électroménagers. Le choix que nous avons porté sur le produit à suivre et à cartographier durant notre travail dans l'unité de production des réfrigérateurs est précisément celui du type 4.80. Dans ce qui suit, un macro-processus de production de cette usine est présenté. Il sera expliqué plus loin :



Figure 7 : macro-processus de production

II.1.2.1 Logistique d'amont

- **Commercial et planification** : dans la phase de la logistique amont, l'équipe marketing effectue une étude de marché afin de définir les besoins des clients, évaluer la concurrence, analyser les prix, etc. Une fois que les besoins sont identifiés et confirmés, et qu'ils présentent un potentiel d'adaptation, une étude de marché sur les prix est réalisée pour déterminer la compétitivité du produit, où chaque fois le coût de revient est bas, le produit devient concurrentiel.

Après ces études, le directeur général et le directeur commercial prennent une décision pour définir la stratégie de travail (PIC).

Une fois le plan directeur des ventes (PDV) établi à partir des prévisions de ventes, le planificateur élabore un plan directeur de production (PDP) en tenant compte des prévisions, de l'historique, de la concurrence, de la cadence des machines et d'autres facteurs encore. Trois scénarios peuvent alors se présenter :

- 1) $PDV > PDP$: Dans ce cas, il est nécessaire de réduire les prévisions de ventes
- 2) $PDV = PDP$: Ce qui produit sera vendu (meilleur scénario)
- 3) $PDV < PDP$: Il y aura des produits en stock.

Ensuite, un plan d'achat et un bilan des besoins (MRP) sont effectués. Ils sont suivis d'un plan de commande qui est transmis aux fournisseurs pour la livraison des kits, des matières premières et des emballages. L'objectif est d'avoir ces éléments en même temps afin de pouvoir synchroniser la production.

- **Approvisionnement** : elle représente un rôle fondamental dans la logistique amont et dans le processus de fabrication en général. Cette fonction sert à assurer la disponibilité des matières premières et s'occupe de la gestion des flux entrant et de leurs gestions des stocks. L'URF01 dispose de plusieurs sources d'approvisionnement qui se répartissent en trois types :
 - 1) Fournisseurs internationaux : le fournisseur chinois est le principal fournisseur qui approvisionne l'entreprise en différents articles regroupés dans des kits.
 - 2) Fournisseurs locaux : il s'agit des fournisseurs algériens qui fournissent des produits tels que le scotch, les imprimés, le verre, etc.
 - 3) Prestataire interne : il représente les autres unités de la même entreprise, telle que l'unité URF02 qui produit les plaquettes de Hips et l'unité d'injection plastique qui s'occupe du polystyrène.

Lorsque l'entreprise s'approvisionne auprès de fournisseurs externes, elle le place en stock. C'est le cas du stockage des kits afin d'éviter les ruptures. Quant aux prestataires locaux, ils approvisionnent pour la fabrication, comme le cas de la tôle.

- **Gestion des stocks** : les articles nécessaires à la production de notre produit d'étude, le réfrigérateur BCD 4.80 sont stockés dans différent magasins. Les magasins centraux dont les stocks sont gérés par l'unité de production URF01, mais en raison d'espace insuffisant, des magasins intermédiaires ont été créés où la gestion des stocks n'est pas dédiée à l'URF01.

Dans le tableau suivant les magasins de stockage et les articles stocké dont l'appellation est celle suivi dans l'ERP SAGE X3 sont présentés :

Tableau 4 : Les magasins des articles de l'URF01

Magasin	Articles stockés
U1024	Article injection polystyrène
U1008	Article de mousse, gaz, ...
U1052	Matières Hips
U1004 (URF01)	Kit, emballage, tôle ...
U1085 (URF01)	Évaporateurs, compresseurs ...

Source : gestionnaire des stocks

II.1.2.2 Fabrication :

La zone de fabrication contient quatre lignes et quatre ateliers :

- **Zone 01 : Atelier thermoformage et profilage**

- **Atelier thermoformage** : deux machines de thermoformage sont implantées dans cet atelier, l'une est automatique pour le thermoformage cabine et l'autre est semi-automatique. Cette dernière est gérée par un opérateur qui met la plaque dans son emplacement dans la machine pour le thermoformage des portes.

Dans cette étape, les plaques en HIPS sont envoyées vers des machines de thermoformage où elles subissent des transformations pour avoir les formes intérieures du compartiment de cabine (réfrigérateur/congélateur), ainsi que les contre-portes du réfrigérateur. Souvent, le produit nécessite l'élimination de déchets structurels.



Figure 8: Atelier thermoformage

- **Atelier profilage (pliage)** : cet atelier contient deux machines de profilage :

Machine profilage porte : où se fabrique la partie extérieure des portes réfrigérantes, inférieure (partie fraîche) et supérieure (partie congélation) de tous les modèles BCD400, BCD480, BCD680 à partir des tôles VCM de différentes mesures selon le modèle à fabriquer.

Machine profilage cabine : où se fabrique la partie extérieure de la cabine qui comporte les latéraux et le toit, à partir des tôles PCM qui seront profilées en forme de U (coque forme U). Les couleurs du réfrigérateur diffèrent selon la tôle utilisée, autrement dit, il n'y aura pas de peinture car la tôle utilisée est déjà prélaquée.

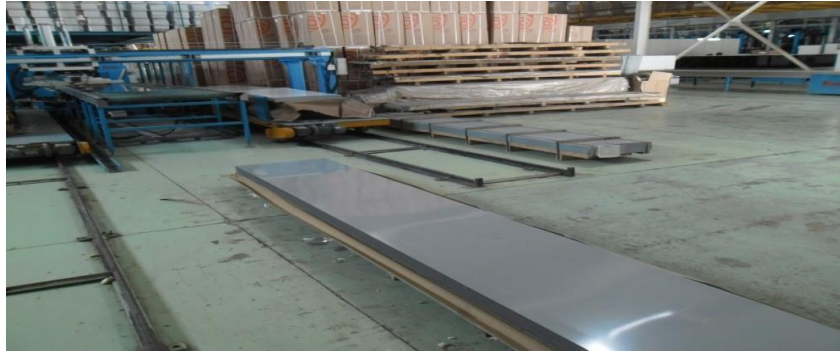


Figure 9 : Atelier de profilage

● **Zone 02 : Atelier CKD**

C'est une ligne de transport et d'assemblage des parties extérieures et parties intérieures des portes et des cabines ainsi que le câblage électrique avant moussage. Elle contient plusieurs zones qui sont :

- **Zone préparation plastique :** Après avoir récupéré la cabine de la machine de thermoformage et enlevé les déchets structurels, il est créé des emplacements d'interrupteurs, de thermostats et de lampes sur les cabines Réf et Frz par perforation et ensuite assemblage des évaporateurs par ruban adhésif.
- **Zone de préparation de la plaque S :**
 - **CKD 01 :** il est assuré le montage à base LED des interrupteurs, condenseur de porte et fixation par ruban adhésif et colle chaude du câblage électrique. Le boîtier de commutation et le ruban coquille de thermostat sont également fixés et placés à la base du ventilateur. On charge ensuite les évaporateurs avec de l'hélium après le test de colmatage sur la base du Nitrogène.
 - **CKD 02 :** dans cette zone est effectuée la numérotation des réfrigérateurs.
- **Zone 03 : Atelier de Moussage :** il contient trois machines : deux pour le moussage porte et l'autre pour le moussage cabine. Cette phase a pour but de réaliser la fixation des composants assemblés et créer l'isolation thermique afin d'éliminer les pertes de chaleur vers l'extérieur au moyen de l'injection de la mousse polyuréthane (ou Polyol+Isocyanate+Cyclopentane) selon la densité souhaitée.

Porte : après avoir préparé les portes profilées en tôles avec leurs accessoires (couvercle, supports distributeur d'eau, ...) et les contre-portes formées en HIPS (partie intérieure),

l'opération de moussage vient pour assembler la partie extérieure des portes avec la partie intérieure, où les contre-portes. Les portes seront posées à l'intérieur des moules de moussage. Ensuite, à l'aide de la tête d'injection, une quantité de mousse polyuréthane est injectée sur la partie extérieure des portes. Puis, le contre-moule descend pour fermer le moule inférieur et grâce à la réaction chimique, il se produit un gonflage qui se transforme en un produit solide. De cette manière, on aura une porte semi-finie. La porte passe ensuite par une opération d'insertion de joints d'étanchéité. Pour le moussage porte, on dispose de deux machines de 13 gigs.

Cabine : les cabines reçues de la ligne pré-assemblage CKD passent par une station de préchauffage avant d'aller vers leurs emplacement (moules) dans la station de moussage cabine dans le but d'injecter une matière isolante qui fixe la mousse polyuréthane. Pour le moussage cabine, la machine dispose de 08 gigs.



Figure 10 : Atelier moussage

- **Zone 04 : Atelier SKD**

Cette étape concerne l'assemblage de base sur les cabines, puis l'installation des compresseurs, des accessoires (thermostat, LED, ventilateur, water dispense, etc.) ainsi que le condenseur. Il s'agit aussi de l'assemblage des portes moussées ainsi que le soudage des tubes de charge, filtre et condenseur au compresseur, le raccordement des câbles électriques, y compris le câble d'alimentation.

- **Zone 05 : Atelier de mise en fonction (test)**

Dans cet atelier est assurée la phase test qui commence par le nettoyage, l'extraction de l'air à l'intérieur du circuit gaz à l'aide des pompes à vide puis le chargement du circuit frigorifique par gaz fréon (R600a). Après, un test de fuite à basse pression (appareil éteint) est effectué. Il est suivi d'un test électrique et finalement est effectué sur tous les produits la mise en marche du réfrigérateur et une inspection et contrôle opérationnel du produit qui dure environ 35 minutes.

Il est à noter qu'un test échantillonnage est assuré auprès du client (test Client ou test longue durée) sur plusieurs jours afin de garantir le bon fonctionnement du produit.

Il existe aussi un test dit chambre climatique qui s'effectue pour constater la performance des produits dans différentes conditions climatiques.



Figure 11 : Atelier Test

- **Atelier de préparation SMT**

C'est un atelier de préparation des articles utilisé tout au long de la chaîne, depuis la ligne CKD jusqu'à l'emballage comme :

- Préparation des câbles intérieurs
- Préparation des ventilateurs
- Préparation de base thermostat
- Préparation de réservoir d'eau
- Déballage et vérification des caisses de légumes, des étagères, etc.

- **Zone 06 : Atelier d'emballage**

C'est la dernière étape de production après le test. On ajoute les accessoires tels que les étagères, la caisse de légumes, le porte œuf, etc., avant que le produit ne soit emballé avec le polystyrène, le scotch et le film d'emballage. Cette dernière opération se fait à l'aide de la machine d'emballage basée sur la méthode Shrinkage (MSK). Ensuite, le produit est transféré vers le magasin des produits finis pour expédition.



Figure 12 : machine emballage

Le transfert entre les ateliers se fait à l'aide de chariots, de convoyeurs et de convoyeurs aériens.

II.1.2.3 Logistique d'aval

Après le filmage, les réfrigérateurs sont transférés vers la zone de stockage des produits finis de l'unité URF01. Ils sont ensuite chargés dans des camions d'une capacité de 24 pièces afin d'être envoyés vers le parc logistique. Celui-ci est le grand magasin abritant tous les produits finis de l'entreprise. Il dispose d'un stock de produits finis permettant une couverture d'un mois, pour éviter toute rupture de stock et garantir des ventes immédiates.

Cependant, les produits d'appel tels que le produit étudié ont une rotation élevée. D'où le fait que les quantités produites sont généralement directement vendues, sauf en cas d'anomalies sur le marché comme fut le cas lors de la période COVID-19.

La stratégie de l'entreprise consiste à conquérir le marché des électroménagers en proposant une gamme variée de produits à des prix inférieurs à ceux des concurrents. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de maintenir des coûts de production le plus bas possible tout en garantissant une qualité de production élevée.

- **Distribution :**

Le système de distribution de l'entreprise suit un plan de livraison qui est basé sur plusieurs facteurs, tels que la quantité en stock, la quantité à produire, la disponibilité des camions, la distance et le potentiel des clients (clients à fort potentiel, potentiel moyen ou faible potentiel). L'objectif est d'alimenter les points de vente de produits en gros dans différentes régions du pays, notamment dans les régions centre, est, ouest et sud, en fonction de leur part de marché respective (par exemple, la quantité envoyée au centre n'est pas la même que celle envoyée aux points de vente du sud car la part de marché dans le centre est plus importante). Ces points de vente permettent de livrer les magasins de détail d'électroménagers. En général, l'opération de transport est prise en charge par l'entreprise, mais le client a également la possibilité de gérer le transport de sa marchandise.

Le commercial propose des quotas de vente comprenant différents articles de l'entreprise et non pas un seul produit. Grâce à la demande de ces produits d'appel, l'entreprise peut également promouvoir la vente des autres produits. Les quantités de quotas de vente varient en fonction du potentiel de chaque client. Selon l'entreprise, cette stratégie permet de fournir tous les clients de manière équitable, tout en maintenant de bonnes relations avec eux.

- **Allure de vente :**

La vente des réfrigérateurs est régulière parce qu'elle représente un produit d'appel, sinon les ventes d'autres produits sont fluctuantes. La quantité annuelle vendue change d'une année à une autre selon les besoins du marché car celui-ci n'est pas stable. Généralement, il rencontre une croissance par rapport à l'année qui précède.

II.1.3 Données techniques relatives au processus de fabrication

La production au sein de l'entreprise est de deux types : elle se fait sur 3 shifts dans l'atelier de profilage porte et en 2 shifts dans les autres ateliers. La continuité des processus de fabrication est assurée grâce à quatre lignes de production.

Le transfert des articles entre les différentes phases de production se fait généralement à l'aide de tapis convoyeurs et de convoyeurs aériens.

● **Approvisionnement :**

Les articles et matières premières nécessaires à la production sont de trois catégories en fonction de leur provenance : les articles locaux, les articles internationaux et les articles provenant de prestataires internes. Ci-dessous se trouve un tableau représentant la couverture de chaque type de produit.

Tableau 5 : Les types de fournisseurs de SATEREX

Matières premières	Fournisseur	Délai moyen d'obtention	Couverture
Kits	Chine	50 jours	12 jours/Kit
Plaque en verre	Rjem Blida	1 jours	1 semaine
Imprimé	Imprimerie Founoune Blida	1 jours	2 mois
Tôle	URF02 de Saterex	Immédiatement	1 jour
Polystyrène	Unité d'injection plastique de Saterex	Immédiatement	1 jour

Source : Service d'approvisionnement URF01

● **Durée des opérations de fabrication :**

Les durées des opérations de fabrications sont obtenues par chronométrage.

- **Thermoformage et profilage :** Les machines utilisées pour les processus de thermoformage et de profilage cabine ont les capacités suivantes : 532 pièces/shift et 490 pièces/shift pour la porte. Il convient de noter que l'atelier fonctionne avec deux shifts par jour.

Pour le thermoformage et profilage porte, les machines ont respectivement les capacités suivantes : 210 pcs/shift, 330 pcs/shift, sachant que l'atelier travaille avec trois shifts par jour afin de répondre aux besoins de production. C'est pourquoi un stock de 48 heures est maintenu ici pour assurer la continuité de production.

Le tableau ci-dessous explique le processus thermoformage et profilage d'une cabine :

Tableau 6 : Les opérations de l'atelier thermoformage et profilage

Atelier	N° phase	Processus	Temps en secondes
Atelier thermoformage	A01	Transport et chargement des palettes de plaques HIPS vers la zone de thermoformage.	900
	A02	Thermoformage de la plaque HIPS	595
	A03	Vérifier et signaler toute pièce non conforme.	575
	A04	Stockage des porte et cabines conformes dans l'endroit approprié	432000
Atelier profilage	B01	Chargement des tôles vers la zone de profilage par le chariot élévateur	900
	B02	Profilage de la tôle	195
	B03	Stockage du tôle conforme profilé dans l'endroit approprié	432000

Source : élabore par ingénieur méthode et étudiants

- **Atelier CKD** : l'atelier CKD comprend plusieurs tâches nécessitant un assemblage manuel, l'atelier est d'une capacité de 450 psc/shift, les processus de cette phase sont décrits dans le tableau ci-dessous:

Tableau 7: Les opérations de la ligne CKD

Ligne	N° phase	Processus	Temps en secondes
Préparation plastique cabine	C01	Perçage de cabine Réf, et la découpe du trou de drainage.	96
	C02	Transport des évaporateurs Réf vers la zone de préparation. Placement des cabines Réf/Cong sur le convoyeur aérien.	47
	C03	Placement de l'évaporateur de réfrigérateur sur la cabine Réf et organisation du circuit. Lancement de l'opération de presse de l'évaporateur.	43
	C04	Vérification de l'emplacement de l'évaporateur sur la cabine Réf et fixation l'évaporateur Réf.	77
	C05	Stockage des cabines Cong et les évaporateurs Cong dans la zone de préparation.	125
	C06	Placement de la cabine Cong sur le gabarit, positionnement de l'évaporateur Cong sur la cabine.	115
PBP	D01	Back plate Bending machine.	120
	D02	Perçage de et fixation de la plaque.	119
CKD 01	E01	Déchargement des cabines Réf/Cong du convoyeur aérien, positionnement de la cabine Cong sur chaîne et déplacement de cabine Réf préparé vers la zone d'assemblage de la base LED.	24
	E02	Fixation de la base LED.	24
	E03	Placement de l'interrupteur sur la cabine.	29
	E04	Fixation du condenseur porte par l'aluminium et placement d'éponges sur le plastique et sur les coins inférieurs.	20
	E05	Assemblage et fixation de la plaque intermédiaire avec le condenseur porte et la cabine.	24
	E06	Fixation du condenseur porte avec du ruban adhésif et de la colle chaude.	33
	E07	Placement des fils électriques sur la switch et fixation du boîtier Switch.	37
	E08	Placement et fixation du conducteur du capteur température et du boîtier thermostat par le ruban adhésif en aluminium résistant à l'eau.	37
	E09	Fixer la boîte switch et la base LED par le ruban adhésif résistant à l'eau et la colle chaude.	27

	E10	Placement et fixation de la base ventilateur et de la boîte switch par le ruban adhésif résistant à l'eau.	32
	E11	Retirer les bouchons des tubes d'évaporateurs Réf-Frz, et raccorder le circuit de réfrigération.	28
	E12	Soudage du circuit interne du réfrigérateur.	33
	E13	Test d'obstruction avec de l'azote, chargement d'hélium.	27
	E14	Test de détection de fuites.	22
	E15	Récupération de l'hélium dans le circuit et fixation des fils électriques.	26
Préparation S plate	F01	Fixation du "cadre de renfort droite-gauche" avec la "plaque inférieure (SSGC)"	75
	F02	Assemblage de la "plaque inférieure en PP" avec la "plaque inférieure (SSGC)".	37
	F03	Fixation de "plaque S" par le ruban adhésif.	118
	F04	Fixation des extrémités et des points d'assemblage de la "plaque S" par la mousse adhésive.	68
	F05	Fixation du tampon par la mousse adhésive sur les coins de la "plaque S".	39
CKD 02	G01	Transport des chariots des tôles cabinet et chargement de la tôle sur la chaîne d'assemblage	37
	G02	Déplacement de la cabine en plastique de CKD1 vers CKD2.	39
	G03	Préparation de la base charnière Sup.	36
	G04	Préparation et placement de la plaque inférieure.	36
	G05	Insertion des bordures de cabine en plastique dans les rainures de la tôle de la cabine.	36
	G06	Fixation de la cabine assemblée par le ruban adhésif.	74
	G07	Entourer les coins et les bornes intérieur de la cabine et le circuit par l'éponge.	65
	G08	Passage des tubes du circuit et du câble électrique à travers les trous de la plaque "S" et ajustement de la plaque "S" avec la cabine.	73
	G09	Placement du lance drainage par la colle à chaud.	48
	G10	Placement des bases de fixation pour le circuit.	52
	G11	Ajustement de la plaque arrière en HIPS par un maillet.	44
	G12	Scotcher la plaque arrière numéroter le Réfrigérateur.	46
	G13	Visser la plaque de renforcement métallique « S »	48
	G14	Visser et scotcher la plaque inférieure.	35

Source : élaboré par ingénieur méthode et étudiants

- **Atelier moussage** : l'atelier comprend deux machines de moussage portes de 13 gigs d'une capacité de 420 pcs/shift, trois machines de moussage cabine, une pour chaque modèle de réfrigérateur avec 6 gigs et une capacité de 405pcs/shift. Il y a également trois machines de soudage pour les joints, avec une capacité de 450 pcs/shift. L'atelier fonctionne en deux shifts par jour. Les tâches de processus sont expliquées dans le tableau suivant :

Tableau 8: Les opérations de l'atelier moussage

Ligne	N° phase	Processus	Temps en secondes
Préparation moussage	H01	Vissage des plaques de renforcement pour fixation poignée à la tôle porte.	58
	H02	Placer et scotcher la plaque de renforcement poignée et son couvert en plastique par la bande adhésive résistante à l'eau.	28
	H03	Préparation des baguettes Sup et Inf de la porte Cong/Réf	60
	H04	Fixation de baguette supérieure sur le côté supérieur de la porte.	56
	H05	Fixation de baguette inférieure sur le côté inférieur de la porte.	55
	H06	Préparation du Manchon pour distributeur	26
	H07	Préparation du distributeur et l'assemblage du manchon avec le distributeur d'eau.	34
	H08	Placement de panneaux du distributeur d'eau sur la tôle.	59
	H09	Transport des tôles portes (Cong + Réf) stockées dans des chariots.	58
Assemblage joint	I01	Soudage des joints portes (Cong et Réf).	64
	I02	Fixation le joint porte soudés dans la rainure du contre porte en plastique.	121

Source : élaboré par ingénieur méthode et étudiants

- **Atelier SKD** : la ligne SKD est une ligne composée de plusieurs tâches qui nécessitent un assemblage manuel. La capacité de la ligne est de 450 psc/shift. Les tâches sont décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Les opération de lignes SKD

Atelier	N° phase	Processus	Temps en secondes
Ligne SKD	J01	Préparation des plaques support compresseur.	36
	J02	Enlèvement du ruban adhésif sur les bornes de la cabine côté Réf.	34
	J03	Enlèvement du ruban adhésif sur les bornes de la cabine côté Cong.	45
	J04	Fixation de charnière inférieure et des pieds sur la plaque de support du compresseur.	26
	J05	Visser la plaque support du compresseur et la charnière inférieure.	30
	J06	Préparation du châssis avec la base polystyrène du réfrigérateur.	44
	J07	Placement de la base polystyrène sur le chariot montant, installation de la rondelle sur la charnière inférieure et fixation du bouchon de drainage.	26
	J08	Préparation de condenseur arrière	42
	J09	Préparation de compresseur et raccordement de Relais & Klixon avec les fils de connexions pour compresseur.	46
	J10	Placement de condenseur arrière sur la cabine et positionnement du compresseur sur son support désigné.	31
	J11	Fixation de condenseur arrière et de compresseur.	41
	J12	Retirer les bouchons des tubes et raccorder le long tube du condenseur avec le refoulement du compresseur.	29
	J13	Raccorder les fils et fixer les bornes isolantes.	41

J14	Fixer le câble secteur électrique sur le support compresseur à l'endroit approprié.	37
J15	Assembler et mettre les bornes électriques dans la boîte de connexion.	43
J16	Placer le tube de charge, enrrouler le capillaire et placer le filtre.	41
J17	Souder la partie supérieure : filtre + condenseur	42
J18	Souder la partie inférieure : tube de charge + aspiration + refoulement.	38
J19	Montage des raccords et chargement de circuit avec de l'azote, et faire le test de fuite.	40
J20	Branchement de fiche LED, vissage de LED et insertion de sonde du thermostat.	36
J21	Branchement de la fiche ventilateur, fixer le ventilateur et placer le couvert ventilateur.	37
J22	Brancher les fiches électriques du thermostat, placer et visser le couvercle du thermostat, fixer le régulateur du thermostat.	38
J23	Charger les portes Cong/Réf sur les chariots du convoyeur aérien.	33
J24	Placer la porte réfrigérateur sur cabine, fixer charnière intermédiaire et placer la porte congélateur sur cabine.	27
J25	Fixation de charnière supérieure et son couvercle.	29
J26	Vérifier le réfrigérateur sur la chaîne de production (autocontrôle).	26
J27	Préparer la fiche de garantie avec le manuel et le sachet des documents. Mettre le code-barres sur la cabine et le sachet des documents à l'intérieur de la cabine.	36

- Source : élaboré par ingénieur méthode et étudiants

- **Atelier test** : la ligne test ou mise en fonction est une ligne d'assemblage manuel aussi, avec 2 shifts de travail par jour et une capacité de 450 pcs/shift. Les tâches sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10 : Les opérations de mise en fonction

Atelier	N° phase	Processus	Temps en secondes
Mis en fonction	K01	Monter les raccords puis brancher les flexibles de la pompe à vide et lancer l'opération du tirage de l'air.	37
	K02	Nettoyer plastique contre porte Cong/Réf.	39
	K03	Nettoyer plastique compartiment Cong.	28
	K04	Nettoyer plastique compartiment Réf.	39
	K05	Chargement du gaz "R600a" par la machine "Agramkow"	43
	K06	Écraser le tube de charge et le filtre (Kobra) et récupérer les raccords.	19
	K07	Test de fuite de basse pression, test électrique (Chambre de test).	24
	K08	Coller l'éponge antisismique et l'étiquette de feu au bac d'eau et brancher le secteur d'alimentation	23
	K09	Placer les sondes de température dans les deux compartiment Cong/Réf.	25
	K10	Contrôler le Test de performance (Opérateur).	24
	K11	Effectuer le Test de Haut Pression par la machine de test fuite "EP 3000", et enregistrer le code à barre.	27
	K12	Fixation de couvert LED.	39
	K13	Nettoyage de réfrigérateur compartiment Cong et de joint porte Cong.	39
	K14	Peindre les points de soudure et arrangement de câble secteur.	30

Source : élaboré par ingénieur méthode et étudiants

- **Atelier d'emballage** : la ligne d'emballage est une ligne manuelle. Sa capacité est de 450pcs/shift. La ligne travaille 2 shifts par jour. Le tableau ci-dessous explique le processus de ligne et la durée de chaque tâche :

Tableau 11 : Les opérations d'emballage

Atelier	N° phase	Processus	Temps en secondes
Ligne d'emballage	L01	Déchargement des boxes :(Réservoir d'eau, couvert du réservoir d'eau et le clapet) Assemblage du réservoir d'eau avec son couvert.	68
	L02	Mettre les vices des poignées et les clés allen dans le sachet des documents, et fixer le poussoir d'eau.	45
	L03	Poser et fixer les clayettes en verre Cabine/Réf par éponge, et fixer les étagères et portes par le ruban adhésif.	37
	L04	Poser et fixer les balconnets de porte Réf et les étagères porte cong.	44
	L05	Fixer le schéma de circuit électrique et nettoyer la mousse fuitée sur la plaque arrière.	50
	L06	Fixer le logo "Iris" et la fiche énergétique, poser et fixer les étagères pour œufs et le collecteur d'eau du distributeur et son couvert.	60
	L07	Fixer les balconnets pour porte Cong et fixer le réservoir d'eau, poser les clayettes en verres pour Cong. Poser et Fixer les poignées par le ruban en fibre et les étagères en verres Réf avec des bandes de fibre.	40
	L08	Autocontrôle général de réfrigérateur et test de réservoir d'eau.	48
	L09	Fixer le polystyrène sur tous les côtés de réfrigérateur avec de le ruban adhésif "Scotch jaune".	23
	L10	Compter les produits finis et enregistrer le code-barres de série.	41
	L11	Réception et stockage les produits finis (Manutentionnaire)	27

Source : élaboré par ingénieur méthode et étudiants

Chapitre 03 : Analyse et diagnostic de la chaine logistique de l'URF01 de SATEREX

III.1 ANALYSE ET DIAGNOSTIC GLOBALES DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE

Une fois que la chaîne logistique de l'URF01 de SATEREX a été introduite et après avoir défini son processus et ses différentes opérations, nous nous intéressons aux données techniques. Ce chapitre est consacré à la présentation des différentes étapes relatives à la VSM qui ont été appliquées lors de notre stage au sein de l'entreprise, en se basant sur les observations des lieux de travail. VSM facilite le diagnostic permettant d'identifier les sources de gaspillages, les retards et les problèmes de fonctionnement. Ce diagnostic sera suivi d'une analyse de déroulement du système de production pour enfin terminer par une discussion et une interprétation des résultats.

L'outil VSM peut être utilisé en suivant les quatre étapes qui suivent :

III.1.1 Le choix d'une famille de produit

La première étape dans une démarche VSM est le choix du périmètre d'étude qui fera l'objet d'une analyse et d'un suivi car il est nécessaire de choisir le niveau où sera réalisée notre cartographie.

Dans notre cas, nous avons été affectés à l'unité de production des réfrigérateurs qui représente un produit d'appel parmi les produits de l'entreprise. L'unité fabrique trois types de réfrigérateurs qui feront l'objet de notre étude : BCD 400, BCD 480 et BCD 680. Voici les quantités à produire selon le PDP du mois de mars :

Tableau 12: Classification décroissante des familles de produits par rapport à la quantité

Famille de produit	Quantité à produire
BCD400	7100
BCD480	9500
Total	14500

Source : Donnée d'entreprise

III.1.2 VSM de l'état actuel

Afin de créer une cartographie de la chaîne de valeur d'un produit et développer une nouvelle vision d'amélioration, il est essentiel de comprendre l'état actuel, en identifiant les différentes étapes du processus ainsi que les flux physiques et d'informations.

Cette partie se concentre sur l'élaboration de la cartographie VSM actuelle de l'unité URF01 de l'entreprise SATEREX.

Ci-dessous sont présentées les différentes étapes de l'élaboration de la cartographie VSM de l'état actuel dans le but d'illustrer notre processus de cartographie basé sur l'analyse des flux de matières et d'informations, ainsi que le calcul des différents temps. Cette approche nous permet de comprendre la situation réelle et de mettre en évidence les sources de gaspillage existantes sur la ligne de production.

III.1.2.1 Client

Le dessin de la carte VSM a été initié par la représentation du client et la liste de ses exigences. Le client a été symbolisé par un symbole spécifique positionné en haut à droite de la feuille VSM, représentant ainsi les points de vente d'électroménagers (qui est notre client).

Sachant que les commandes client sont traduites par un PDP (flux poussé), ce qui signifie que ce qui est produit sera vendu ou stocké. Comme le montre le tableau suivant :

Tableau 13 : Les exigences clients

Exigences client	
Besoin PDP	BCD 480: 9500 pcs; BCD400: 7100 pcs
Demande journalière moyenne	800 pièces
Fréquence de la demande	Mensuelle

Source : Données de l'entreprise

III.1.2.2 Processus de fabrication

La deuxième étape vise à décrire en détail le processus de production, en mettant en évidence ses différentes étapes ainsi que les flux physiques entrants et sortants. Pour cela, nous avons utilisé le symbole de case processus et l'icône de stockage.

Dans le processus de production, et après avoir présentés les opérations automatiques en gris et regroupés les postes de travail appartenant à un seul processus tel que l'atelier CKD et l'atelier SKD, et en mettant en parallèle les opérations qui se déroulent simultanément, nous avons exclu la logistique amont du processus car durant cette étape le produit ne subit pas des transformations. Nous avons ainsi identifié :

- La fabrication du contenant : thermoformage et profilage, pré-assemblage CKD, moussage, assemblage SKD.
- Mise en fonctionnement (test)
- Emballage
- Expédition (logistique aval)

Ensuite, pour chaque case de processus, une case de données est ajoutée en dessous afin de regrouper toutes les informations essentielles permettant de décrire chaque étape de manière précise. Voici les temps et indicateurs utilisés dans l'URF01 :

- Le temps cycle
- Le temps de changement de type de produit EPEI
- Cadence des machines
- Shift de travail
- Nombre d'opérateurs.

III.1.2.3 Les fournisseurs

La troisième étape sert à insérer la mention du fournisseur en haut à gauche de la feuille VSM, reliée par une flèche large qui indique la durée, la fréquence et le mode de livraison. Concernant l'URF01, nous avons deux types de fournisseurs : des fournisseurs internationaux (fournisseur chinois) avec une durée de livraison de 50 jours, et les fournisseurs locaux avec une fréquence hebdomadaire. Le mode de livraison se fait par voie maritime et par voie terrestre à travers des semi-remorques et des camions standards.

III.1.2.4 Flux d'information


Après avoir présenté les flux physiques, dans cette étape nous abordons les flux d'information, ainsi que les modes de communication utilisés dans l'usine.

Dans notre cas, nous avons des flux électroniques symbolisés par des icônes d'email et de téléphone, accompagnés de la fréquence de transmission et du type d'informations, comme suit :

- Les e-mails
- Les appels téléphoniques
- Les bons de commande
- Les bon de livraison
- Les ordres de fabrication générés par le système d'information SAGE X3
- Les bons de transfert.

III.1.2.5 Ligne de temps

La phase finale est dédiée au dessin d'une ligne de temps sous les cases de données des processus de production et des pictogrammes de stocks, dans le but de calculer le lead time et le temps de traitement. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous dans la partie inférieure du dessin de la carte.



Lead time	53j 13h 56min 30s
Temps de traitement	1j 11 min 30 sec

Les résultats de cette approche aboutissent à la création de la cartographie de l'état actuel du processus de production des réfrigérateurs. Après l'avoir finalisé, une analyse des temps et une analyse de déroulement sont effectués afin d'identifier les sources de gaspillage, en se basant sur la visualisation de la carte et l'observation des anomalies sur le terrain. Cela permet alors de construire un processus idéal et une cartographie future VSD.

La figure 13 (Cartographie des chaînes de valeurs VSM de l'URF01) est élaboré par l'utilisation de Lucidchart.

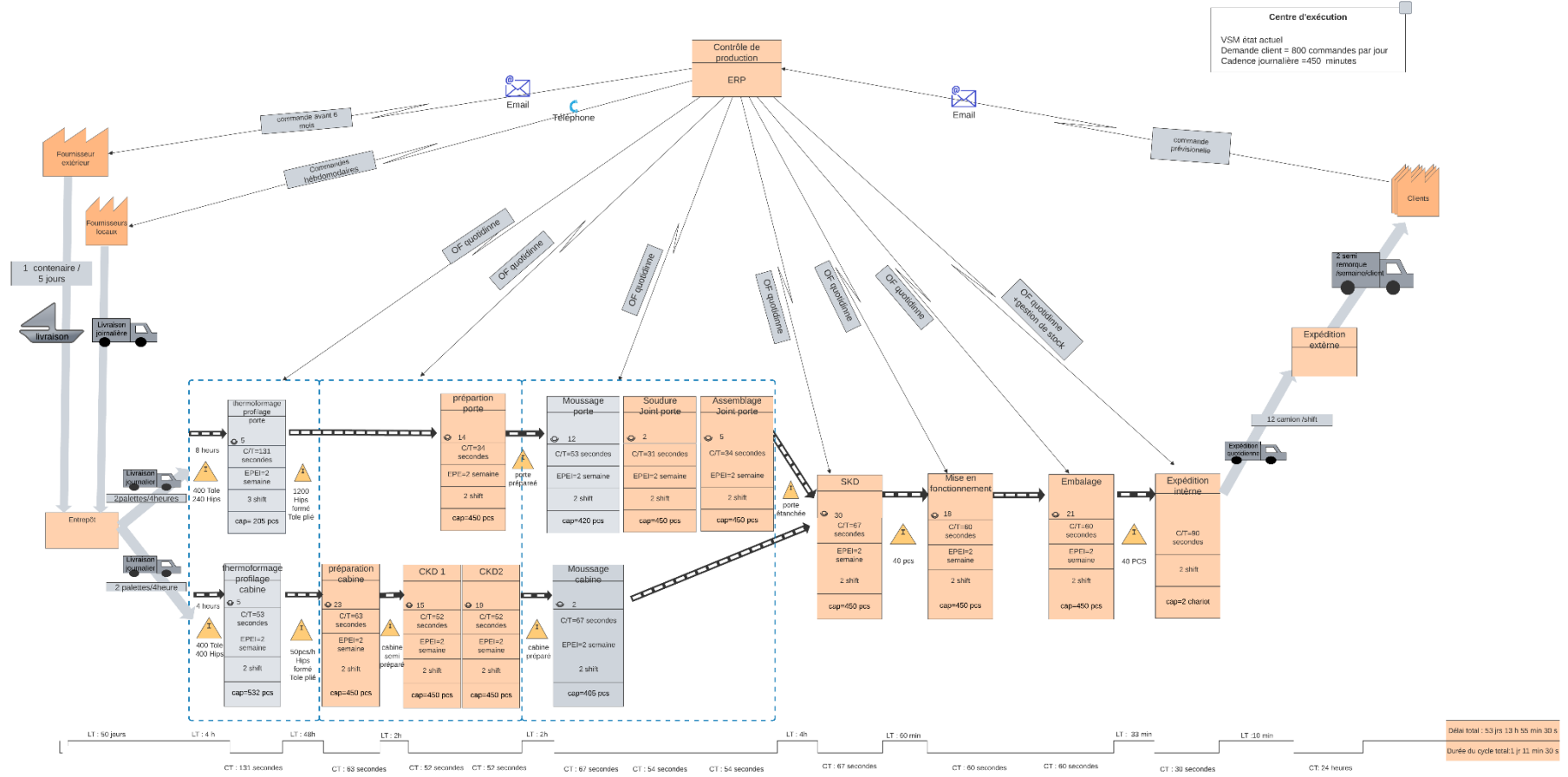


Figure 13 : Cartographie de la chaîne de valeur VSM de l'URF01

III.1.3 Identification des gaspillages

La troisième phase de la VSM consiste à identifier les sources de gaspillage, en effectuant une analyse, suite aux observations effectuées dans chaque zone de l'usine. L'objectif est de déterminer les améliorations possibles pour chaque étape du processus, tout en réfléchissant à l'état futur VSD. Dans cette situation, le diagramme Ishikawa et le diagramme Pareto peuvent être des outils efficaces.

III.1.3.1 Diagramme Ishikawa :

Le diagramme d'Ishikawa, également connu sous le nom de diagramme 5M, est un outil de résolution visuelle sous forme de graphiques en arêtes de poisson qui vise à identifier les causes d'un effet. Il permet d'avoir une vue globale sur la situation et offre une aide structurée et synthétique pour les analyses plus approfondies qui s'en suivent.

Pour réaliser le diagramme Ishikawa, nous avons fait un brainstorming, et des entretiens avec des personnes de divers services avec lesquels nous avons pu identifier toutes les causes de gaspillage que nous avons ensuite classés suivant conformément aux 5M.

Tableau 14: Tableau des causes de gaspillage conformément aux 5M

Les 5M	Les causes de gaspillages
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'article - Mauvaise qualité des produit semi-fini (des fuites au niveau évaporateur (Cong&Ref), mauvaise qualité polystyrène) - Stock PF élevé - Matière première irrécupérable (HIPS, tôle).
Machine	<ul style="list-style-type: none"> - Réglage long pour certaines machines (machine de thermoformage et machine de profilage par exemple) - Pannes des machine (machine de profilage porte) - Le temps opératoire long de la machine thermoformage porte - Les techniciens n'ont pas les mêmes compétences pour réparer ou régler toutes les machines - Résidus de matières dans la machine - La machine moussage n'est pas exploitée à plein capacité (utilisation de 6/8).
Main d'œuvre	<ul style="list-style-type: none"> - Absentéisme - Manque de moyens logistiques.
Méthodes	<ul style="list-style-type: none"> - Méthodes de stockage inappropriées (le stockage inadéquat des cabines qui conduit à la déformation de certaines d'entre elles.) - Mauvaise manipulation au cours de processus de production (mauvais chargement et déchargement des cabines après moussage par exemple). - Poste de travail non équilibré des goulots d'étranglement sont détectés (machines moussage, machine profilage porte).
Milieu	<ul style="list-style-type: none"> - Les changements de températures entraînent la défaillance de la matière première (les plaques HIPS).

Source : Elaboré par étudiants

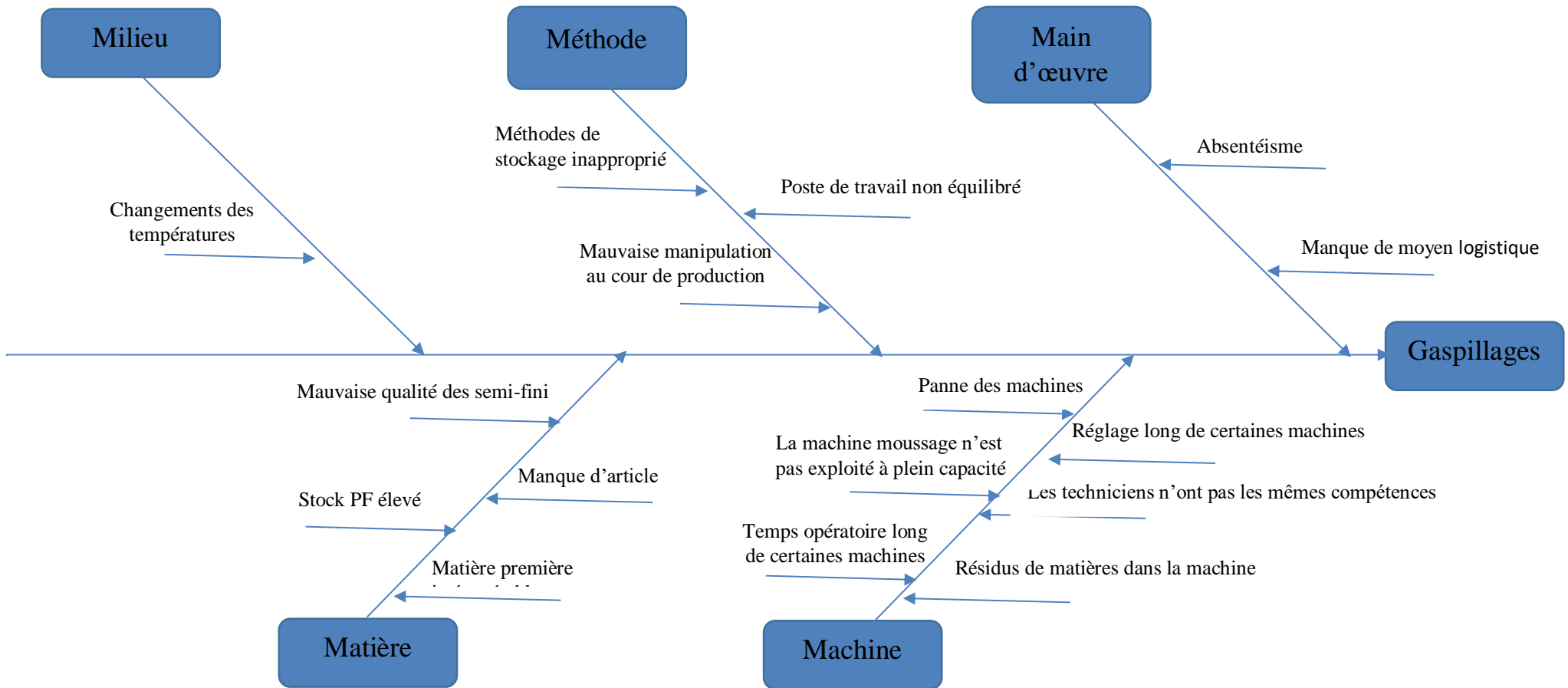


Figure16 : Diagramme Ishikawa

III.1.3.2 Diagramme Pareto

Le diagramme de Pareto est un graphique, basé sur le principe de la loi des 80/20 où 20 % des causes entraînent 80 % des effets, qui cherche à examiner les données que l'on peut répartir en catégories, dans le but d'identifier les catégories sur lesquels il faut concentrer les efforts d'amélioration. Il servira à classer les causes de gaspillages par ordre de gravité. Ceci imposera des priorités particulières afin de les résoudre.

Nous avons utilisé la méthode de vote pour déterminer l'ordre d'importance des causes de gaspillage. Pour cela, nous avons demandé à l'ingénieur de donner un poids entre 1 et 10 à chaque cause, la cause qui fait le plus de gaspillage aura le poids le plus haut.

Le résultat de votes est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15: Classification des gaspillages selon le poids

N°	Causes de gaspillage	5M	Poids
1	Manque d'article	Matière	10
2	Pannes des machine	Machine	8
3	Mauvaise qualité des produit semi-fini	Matière	6
4	Stock PF vers l'expédition interne saturé	Matière	6
5	Manque de moyen logistique	Main d'œuvre	6
6	Réglage long pour certaines machines	Machine	3
7	La machine moussage cabine n'est pas exploitée à pleine capacité.	Machine	3
8	Les techniciens n'ont pas les mêmes compétences pour réparer ou régler toutes les machines	Machine	2
9	Le temps opératoire long de la machine thermoformage porte	Machine	2
10	Méthodes de stockage inappropriées (le stockage inadéquat des cabines qui conduit à la déformation de certaines d'entre elles.)	Méthode	2
11	Les changements des températures ce qui entraîne la défaillance de la matière première	Milieu	1
12	Matière première irrécupérable	Matière	1
13	Résidus de matières dans la machine	Machine	1
14	Absentéisme	Main d'œuvre	1
15	Mauvaise manipulation au cours de processus de production (mauvais chargement et déchargement des cabines après moussage par exemple).	Méthode	1
16	Poste de travail non équilibré des goulot d'étranglement sont détecté (machines moussage, machine profilage porte)	Machine	1
17	Fausse ticktage	Matière	1
TOTAL			54

Source : Elaboré par étudiants

Après avoir attribué un poids spécifique à chaque cause, nous avons ensuite calculé le pourcentage de chaque cause en fonction de son poids. C'est ce qui est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Classification des causes de gaspillage selon le poids

N°	Causes de gaspillage	5M	Poids	% de poids	% cumulé
1	Manque d'articles	Matière	10	18%	18%
2	Panne des machine	Machine	8	15%	33%
3	Mauvaise qualité des produits semi-finis	Matière	6	11%	44%
4	Stock PF vers l'expédition interne saturé	Matière	6	11%	55%
5	Manque de moyen logistique	Main d'œuvre	6	11%	65%
6	Réglage long pour certaines machines	Machine	3	5%	71%
7	La machine moussage cabine n'est pas exploitée à pleine capacité.	Machine	3	5%	76%
8	Les techniciens n'ont pas les mêmes compétences pour réparer ou régler toutes les machines	Machine	2	4%	80%
9	Le temps opératoire long de la machine thermoformage porte	Machine	2	4%	84%
10	Méthodes de stockage inappropriées (le stockage inadéquat des cabines qui conduit à la déformation de certaines d'entre elles.)	Méthode	2	4%	87%
11	Les changements des températures ce qui entraîne la défaillance de la matière première	Milieu	1	2%	89%
12	Matière première irrécupérable	Matière	1	2%	91%
13	Résidus de matières dans la machine	Machine	1	2%	93%
14	Absentéisme	Main d'œuvre	1	2%	95%
15	Mauvaise manipulation au cours du processus de production (mauvais chargement et déchargement des cabines après moussage par exemple).	Méthode	1	2%	96%
16	Poste de travail non équilibré des goulots d'étranglement sont détecté (machines moussage, machine profilage porte)	Machine	1	2%	98%
17	Faux étiquetage	Matière	1	2%	100%
TOTAL			55	100%	

Elaboré par étudiants

En utilisant le logiciel Excel, nous obtenons les résultats présentés dans le diagramme ci-dessous :

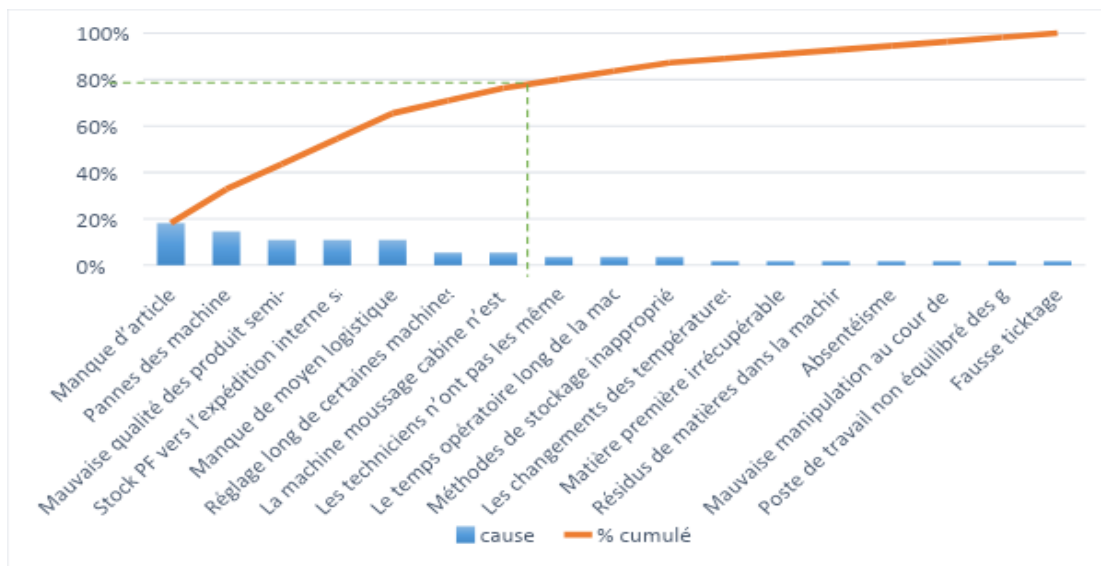


Figure 14 : Diagramme de Pareto

Selon le graphe Pareto ci-dessus, 80% des gaspillages dans l'entreprise sont dus aux causes suivantes :

- Manque d'article
- Pannes des machines
- La mauvaise qualité des produits semi-finis
- Surstocks des produits finis dans la zone d'expédition interne
- Réglage long de certaines machines
- Machine moussage cabine non exploitée à sa pleine capacité.

On peut conclure que la plupart des gaspillages sont dus aux temps d'attente causés par le manque d'articles, les pannes de machine, les réglages, les surstocks et les rebuts. Il faut alors prioriser ces contraintes lors de la proposition de solutions et concentrer les efforts sur leur élimination.

III.1.4 Analyse des temps

L'analyse des temps comprend plusieurs indicateurs permettant d'évaluer la performance de la chaîne de production, tels que :

III.1.4.1 Lead time

Le lead time désigne le laps de temps nécessaire pour exécuter le processus, de son commencement à son achèvement, en incluant le temps de traitement, les délais d'attente, les délais d'approvisionnement, etc. Le lead time est un indicateur essentiel pour évaluer l'efficacité opérationnelle.

$$\text{Lead time} = \text{temps VA} + \text{temps NVA}$$

Le lead time de la chaîne étudié est de :

$$\text{Lead time} = 1\text{j } 11\text{min } 30\text{sec} + 52\text{j } 13\text{h } 43\text{min} = \mathbf{53\text{j } 13\text{h } 55\text{min } 30\text{sec}}$$

Le lead time de la chaîne inclut le lead time d’approvisionnement et le lead time de production. D’après le VSM, sa valeur est déterminée comme suit :

$$\text{Lead time d’approvisionnement} = 50\text{j}$$

Lead time de production = lead time de stock + lead time de fabrication + lead time expédition

$$\text{Lead time de production} = 2\text{j } 13\text{h } 43\text{min} + 10\text{ min } 30\text{sec} + 1\text{j} = 3\text{j } 13\text{h } 55\text{min} \text{ et } 30\text{ sec}$$

Le lead time de production comprend à la fois le lead time de fabrication, de stockage, qui est de 2j 11min 54sec, ainsi que le lead time d’expédition est d’un jour. On peut constater que le lead time d’approvisionnement est très élevé 50 jours par rapport à celui de la production, et que le lead time des stocks et de vente sont plus significatifs que le lead time de fabrication.

On peut alors conclure que le lead time de la chaîne de production est élevé en raison du long temps d’approvisionnement. Ceci résulte du long délai de livraison à partir de la Chine. Pour réduire ce lead time, il faut agir sur les lead-times des stocks et de production, ce qui sera détaillé dans le chapitre suivant (pour améliorer la performance de la chaîne de production).

III.1.4.2 Takt time

Le takt time est le temps disponible pour fabriquer une unité de demande client, c’est-à-dire le taux de production nécessaire pour satisfaire le besoin client.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Temps disponible de travail}}{\text{Demande client}}$$

Le temps disponible correspond au temps d’ouverture à l’exception des temps d’arrêts liés aux pauses, aux repas, aux réunions ou au nettoyage de poste. En revanche, les arrêts des machines dus aux pannes, aux changements de séries ou aux opérations de maintenance ne sont pas inclus.

Nous nous intéressons au calcul du temps takt pour les modèles de réfrigérateurs BCD400 et BCD480, d’une demande client de 7100 sur 9 jours et 9500 pièces sur 14 jours selon le PDP de mois de mars 2023. Sachant que l’entreprise travaille en deux shifts de 8 heures chacun avec 30 min de pause. Le takt time sera :

Modèles	BCD480	BCD400
BCD 480 B BLANC	2000	
BCD 480 B GRIS	3000	
BCD 480 B NOIR	2500	
BCD 480 B INOX	2000	
BCD 400 B BLANC		4000
BCD 400 B GRIS		3100
Quantité commandé	9500	7100
Demande moyenne par jour	800	800
Temps disponible	54000	54000
TEMPS TAKT	79,5	68,4

Source : calculé par étudiants

● **Commentaires :**

Pour répondre à la commande client mentionnée dans le PDP, l'URF01 doit produire une pièce du modèle BCD480 toutes les 85,2 secondes sur une période de 15 jours. Pour le modèle BCD400, l'entreprise doit produire une pièce chaque 68,4 secondes sur une période de 9 jours.

Afin d'assurer la satisfaction de la demande client, il est important que le temps de cycle de chaque poste soit inférieur ou égal au temps takt. Par conséquent, il est nécessaire de maintenir un temps de cycle inférieur ou égal à 68.4 secondes pour la production du modèle BCD400, et ne pas dépasser la 85.6 seconde pour le modèle BCD480.

D'après les temps de cycle du processus étudié (présenté dans les figures ci-dessous), nous constatons que le temps de cycle de l'atelier de thermoformage porte, qui est de 131 secondes, dépasse le temps takt pour les deux modèles. Cela indique l'existence d'un poste goulet d'étranglement.

Afin de résoudre le problème lié au goulot de la machine et satisfaire les commandes, la machine doit fonctionner en 3 équipes (3 shifts) pendant les 7 jours de la semaine. Cela permet d'exploiter la machine au maximum de sa capacité et obtenir une production continue.

La capacité de la machine est de 205 pièces par shift. En travaillant de cette manière, il est possible de produire jusqu'à 615 pièces par jour (205 pièces par shift x 3 shifts). Sur une période de 7 jours, cela représente une production totale de 4 305 pièces (615 pièces par jour x 7 jours). Donc, grâce à cela, la capacité journalière de la machine devient 861 psc/jour.

En prenant ces mesures, la machine pourra répondre à la demande du poste suivant de manière efficace tout en réduisant les temps d'attente d'une part et d'autre part, en augmentant la capacité de production.

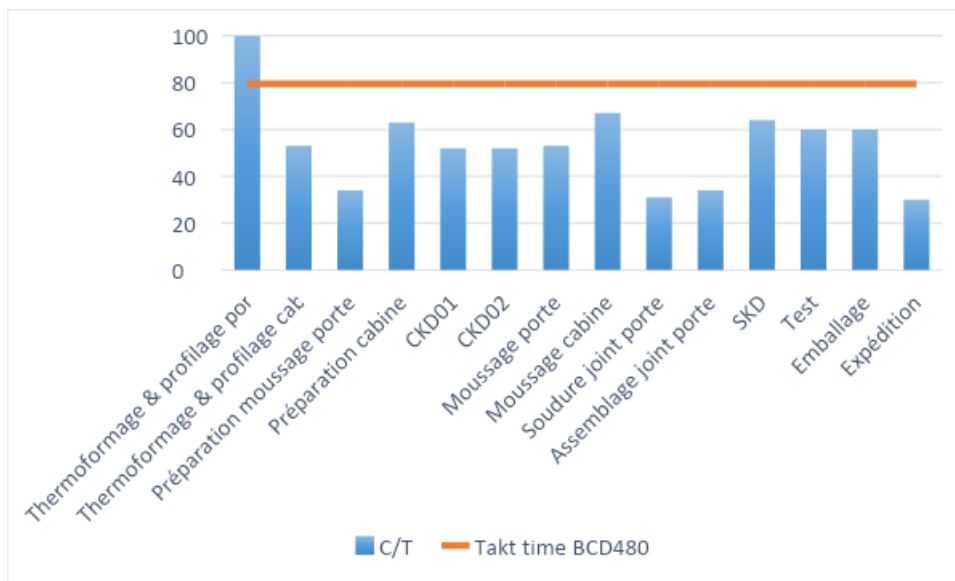


Figure 15 : Analyse de temps cycle en fonction de takt time BCD480

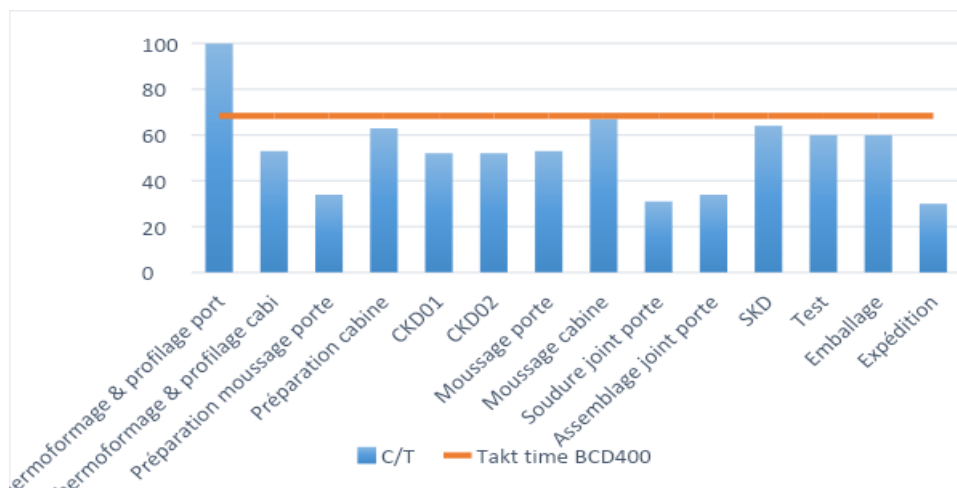


Figure15 : Analyse de temps cycle en fonction de takt time BCD400

III.1.4.3 Taux de rendement synthétique

Le TRS (Taux de Rendement Synthétique) est un indicateur de mesure de performance d'un processus de production en comparant la quantité réelle de pièces bonnes fabriquées avec la quantité théorique pouvant être produite sur une période donnée.

Il se calcule par la formule suivante :

$$\text{TRS} = \text{Taux de qualité} \times \text{Taux de performance} \times \text{taux de disponibilité}$$

Tableau 17 : Calcul du TRS

	Les formules	Résultats
Taux de qualité	$Tq = \frac{\text{Le nombre de pièces conformes produites}}{\text{Nombre totale de pièces produites}}$	99,71%
Taux de performance	$Tp = \frac{\text{Production réelle}}{\text{Production théorique}}$	76,86%
Disponibilité opérationnelle	$Do = \frac{\text{Production réelle}}{\text{Production théorique}}$	72,01%
TRS	$\text{TRS} = Tq \times Tp \times Do$	55,17%

Source : calculé par étudiants

Selon l'historique de production de mois de mars 2023, on a 22 jours ouvrables :

Tableau 18 : Calcul de taux de qualité

Modèle	Production totale	Production acceptée	Taux de qualité
BCD480 et BCD400	12 758	12 713	99,71%

Source : calculé par étudiants

Tableau 19 : Calcul de taux de performance

Modèle	Production théorique	Production réelle	Taux de performance
BCD480 et BCD400	16 600	12 758	76,86%

Source : calculé par étudiants

Avant de calculer le taux de disponibilité, il faut tout d'abord calculer le temps brut de fonctionnement durant les 22 jours :

Tableau 20 : Les temps d'arrêt

Type d'arrêt	Temps d'arrêt (min)
Manque d'article	4 431
Panne machine	750
Moyen logistique	150
Réglage machines	250
Pause	60
TOTAL	5641

Source : calculé par étudiants

Tableau 21 : Calcul de taux de disponibilité

Modèle	Temps d'ouverture	Temps des arrêts	Taux de disponibilité
BCD480 et BCD400	20 160	5641	72,01%

Source : calculé par étudiants

● Commentaires

Selon les résultats obtenus, le TRS de la ligne de production qui est de 53,86%, indique une faible performance de la chaîne.

- Le taux de qualité (99.71%) est généralement bon. Les pertes de qualité sont estimées à 0,29%. Elles sont considérées comme normales, mais peuvent être améliorées.
- Le taux de performance de (76,86%) signifie que la capacité de l'usine n'est pas exploitée à son maximum.
- Le taux de disponibilité de (72,01%) est considéré faible. Cela revient à plusieurs facteurs qui ont été déjà mentionnés dans le diagramme Pareto, comme les pannes des machines, le manque d'articles, etc.

Pour augmenter la marge de TRS il faut :

- S'intéresser au poste goulet (thermoformage porte, moussage cabine) qui limite la production
- Réduire les temps d'arrêt dus aux arrêts des machines, aux interventions de maintenance, au manque d'articles, etc.

III.1.5 Analyse de déroulement

Le tableau ci-dessous illustre la matrice des flux physiques pour toutes les opérations de fabrication, de réception des matières premières et l'expédition des produits finis. La matrice identifie les étapes à valeur ajoutée incluant toutes les opérations qui modifient le produit (transformation, traitement, etc.) et qui sont considérées comme contribuant à sa valeur. Les activités de transfert, stockage, attente et de contrôle sont considérées comme des étapes à non-valeur ajoutée. Cette classification permet de distinguer le nombre et le temps des opérations à valeur ajoutée et celles à non-valeur ajoutée, afin de calculer par la suite l'efficacité et l'efficience en fonction du temps d'exécution.

Tableau 21 : Analyse de déroulement du processus de fabrication

ANALYSE DE DEROULEMENT								
Etat de processus		Etat de l'opération						
N°	Opérations	Opération	Transfert	Attentes	Contrôle	Stockage	Temps	Temps VA
Réglages des machines								
R01	Machine de profilage porte						12000	0
R02	Machine de thermoformage porte						12000	0
R03	Machine de moussage porte						12000	0
R04	Machine de profilage cabine						12000	0
R05	Machine de thermoformage cabine						1800	0
R06	Machine de moussage cabine						12000	0
Atelier thermoformage								
A01	Transport et chargement des palettes plaques HIPS vers la zone de thermoformage.						900	0
A02	Thermoformage de plaque HIPS						595	595
A03	Vérification et signal des pièces non conforme.						575	0
A04	Stockage des cabines et porte conformes dans l'endroit approprié						172800	0
Atelier profilage								
B01	Chargement des tôles vers la zone de profilage par le chariot élévateur						900	0
B02	Profilage de la tôle						195	195
B03	Stockage la tôle conforme profilé dans l'endroit approprié						432000	0
Préparation plastique cabine								
C01	Perçage de cabine Réf, et la découpe du trou de drainage.						96	96
C02	Transport des évaporateurs Réf vers la zone de préparation. Placement des cabines Ref/Cong sur le convoyeur aérien.						47	0
C03	Placement de l'évaporateur de réfrigérateur sur la cabine Réf et organisation du circuit. Lancement de l'opération de presse de l'évaporateur.						43	43
C04	Vérification de l'emplacement de l'évaporateur sur la cabine Réf et fixation l'évaporateur Réf.						77	77
C05	Stockage des cabines Cong et les évaporateurs Cong dans la zone de préparation.						125	0
C06	Placement de la cabine Cong sur le gabarit, positionnement de l'évaporateur Cong sur la cabine.						115	115
Préparation Back Plate								
D01	Back plate Banding machine.						120	120
D02	Perçage de et fixation de la plaque.						119	119
CKD01								
E01	Déchargement des cabines Réf/Cong du convoyeur aérien, positionnement de la cabine Cong sur chaîne et déplacement de cabine Réf préparé vers la zone d'assemblage de la base LED.						24	0

E02	Fixation de la base LED.					24	24
E03	Placement de l'interrupteur sur la cabine.					29	29
E04	Fixation du condenseur porte par l'aluminium et placement d'éponges sur le plastique et sur les coins inférieurs.					20	20
E05	Assemblage et fixation de la plaque intermédiaire avec le condenseur porte et la cabine.					24	24
E06	Fixation du condenseur porte avec du ruban adhésif et de colle chaude.					33	33
E07	Placement des fils électriques sur le switch et fixation du boîte Switch.					37	37
E08	Placement et fixation du conducteur du capteur température et du boîtier thermostat par le ruban adhésif en aluminium résistant à l'eau.					37	37
E09	Fixer la boîte switch et la base LED par le ruban adhésif résistant à l'eau et la colle chaude.					27	27
E10	Placement et fixation de la base ventilateur et de la boîte switch par le ruban adhésif résistant à l'eau.					32	32
E11	Retirer les bouchons des tubes d'évaporateurs Réf-Frz, et raccorder le circuit de réfrigération.					28	28
E12	Soudage du circuit interne du réfrigérateur.					33	33
E13	Test d'obstruction avec de l'azote, chargement d'hélium.					27	0
E14	Test de détection de fuites.					22	0
E15	Récupération de l'hélium dans le circuit et fixation des fils électriques.					26	26
Préparation S Plate							
F01	Fixation du "cadre de renfort droite-gauche" avec la "plaque inférieure (SSGC)".					75	75
F02	Assemblage de la "plaque inférieure en PP" avec la "plaque inférieure (SSGC)".					37	37
F03	Fixation de "plaque S" par le ruban adhésif.					118	118
F04	Fixation des extrémités et des points d'assemblage de la "plaque S" par la mousse adhésif.					68	68
F05	Fixation du tampon par la mousse adhésif sur les coins de la "plaque S".					39	39
CKD02							
G01	Transport des chariots des tôles cabinet et chargement de la tôle sur la chaîne d'assemblage					37	0
G02	Déplacement de la cabine en plastique de CKD1 vers CKD2.					39	0
G03	Préparation la base charnière Sup.					36	36
G04	Placement de la plaque inférieure.					36	36
G05	Insertion des bordures de cabine en plastique dans les rainures de la tôle de la cabine.					36	36
G06	Fixation de la cabine assemblée par le ruban adhésif.					74	74
G07	Entourer les coins et les bornes intérieur de la cabine et le circuit par l'éponge.					65	65
G08	Passage des tubes du circuit et du câble électrique à travers les trous de la plaque "S" et ajustement de la plaque "S" avec la cabine.					73	73

G09	Placement du lance drainage par la colle à chaud.						48	48
G10	Placement des bases de fixation pour le circuit.						52	52
G11	Ajustement de la plaque arrière en HIPS par un maillet.						44	44
G12	Scotcher la plaque arrière numéroté le Réfrigérateur.						46	46
G13	Visser la plaque de renforcement métallique « S »						48	48
G14	Visser et scotcher la plaque inférieure.						35	35
Préparation moussage								
H01	Vissage des plaques de renforcement pour fixation poignée à la tôle porte.						37	37
H02	Placer et scotcher la plaque de renforcement poignée et son couvert en plastique par la bande adhésive résistante à l'eau.						18	18
H03	Préparation des baguettes Sup et Inf de la porte Cong/Réf, et fixation de block limite pour la porte Cong/Réf						38	38
H04	Fixation de la baguette supérieure sur le côté supérieur de la porte.						36	36
H05	Fixation de la baguette inférieure sur le côté inférieur de la porte.						36	36
H06	Préparation du Manchon pour distributeur						22	22
H07	Préparation du distributeur et l'assemblage du manchon avec le distributeur d'eau.						28	28
H08	Placement de panneaux du distributeur d'eau sur la tôle.						34	34
H09	Transport des tôles portes (Cong + Réf) stockées dans des chariots.						0	0
Assemblage joint								
I01	Soudage des joints portes (Cong et Réf).						64	64
I02	Fixation le joint porte soudés dans la rainure du contre porte en plastique.						121	121
SKD								
J01	Préparation des plaques support compresseur.						36	36
J02	Enlèvement du ruban adhésif sur les bornes de la cabine côté Réf.						34	34
J03	Enlèvement du ruban adhésif sur les bornes de la cabine côté Cong.						45	45
J04	Fixation du charnière inférieur et des pieds sur la plaque de support du compresseur.						26	26
J05	Visser la plaque support du compresseur et la charnière inférieure.						30	30
J06	Préparation du châssis avec la base polystyrène du réfrigérateur.						44	44
J07	Placement de la base polystyrène sur le chariot montant, installation du rondelle sur la charnière inférieure et fixation du bouchon de drainage.						26	26
J08	Préparation de condenseur arrière						42	42
J09	Préparation de compresseur et raccordement de Relais & Klixon avec les fils de connexions pour compresseur.						46	46

J10	Placement de condenseur arrière sur la cabine et positionnement du compresseur sur son support désigné.						31	31
J11	Fixation de condenseur arrière et de compresseur.						41	41
J12	Retirer les bouchon des tubes et raccorder le long tube du condenseur avec le refoulement du compresseur.						29	29
J13	Raccorder les fils et fixer les bornes isolantes.						41	41
J14	Fixer le câble secteur électrique sur le support compresseur à l'endroit approprié.						37	37
J15	Assembler et mettre les bornes électrique dans la boîte de connexion.						43	43
J16	Placer le tube de charge, enrrouler le capillaire et placer le filtre.						41	41
J17	Souder la partie supérieure : filtre + condenseur						42	42
J18	Souder la partie inférieure : tube de charge + aspiration + refoulement.						38	38
J19	Montage des raccords et chargement de circuit avec de l'azote, et faire le test de fuite.						40	40
J20	Branchement de fiche LED, vissage de LED et insertion de sonde du thermostat.						36	36
J21	Branchement du fiche ventilateur, fixer le ventilateur et placer le couvert ventilateur.						37	37
J22	Brancher les fiches électriques du thermostat, placer et visser le couvercle du thermostat, fixer le régulateur du thermostat.						38	38
J23	Charger les portes Cong/Réf sur les chariots du convoyeur aérien.						33	0
J24	Placer la porte réfrigérateur sur cabine, fixer charnière intermédiaire et placer la porte congélateur sur cabine.						27	27
J25	Fixation de charnière supérieure et son couvercle.						29	29
J26	Vérifier le réfrigérateur sur la chaîne de production (autocontrôle).						26	0
J27	Préparer la fiche de garantie avec le manuel et le sachet des documents. Mettre le code-barre sur la cabine et le sachet des documents à l'intérieur de la cabine.						36	36
Mise en fonction								
K01	Monter les raccords puis brancher les flexibles de la pompe à vide et lancer l'opération du tirage de l'air.						37	37
K02	Nettoyer plastique contre porte Cong/Réf.						39	0
K03	Nettoyer plastique compartiment Cong.						28	0
K04	Nettoyer plastique compartiment Réf.						39	0
K05	Chargement du gaz "R600a" par la machine "Agramkow"						43	43
K06	Écraser le tube de charge et le filtre (Kobra) et récupérer les raccords.						19	19
K07	Test de fuite de basse pression, test électrique (Chambre de test).						24	0
K08	Coller l'éponge antisismique et l'étiquette de feu au bac d'eau et brancher le secteur d'alimentation						23	23
K09	Placer les sondes de température dans les deux compartiment Cong/Réf.						25	25

K10	Contrôler le Test de performance.						24	0
K11	Effectuer le Test de Haut Pression par la machine de test fuite "EP 3000", et enregistrer le code à barre.						27	0
K12	Fixation de couvercle LED.						39	39
K13	Nettoyage de réfrigérateur compartiment Cong et de joint porte Cong.						39	0
K14	Peindre les points de soudure et arrangement de câble secteur.						30	30
Préparation SMT								
SMT1	Fixation de moteur dans le couvercle du ventilateur						29	29
SMT2	Préparation du câble intérieur avec l'éponge et du base switch avec son amortisseur.						35	35
SMT3	Préparation de base thermostat et de conduite de sonde température et préparation de la lance de drainage avec l'éponge.						37	37
SMT4	préparation des réservoirs						43	43
SMT5	Stocker les caisse légumes dans des cartons destinés à stocker dans l'étagère au niveau de ligne ENB						34	0
SMT6	Vérifier les étagères porte réfrigérateur et congélateur						16	0
Emballage								
L01	Mettre les vices des poignées et les clés Allen dans le sachet des documents, et fixer le poussoir d'eau.						27	27
L02	Poser et fixer les clayettes en verre Cabine Réf par éponge.						41	41
L03	Poser et fixer les balconnets de porte Réf et les étagères porte cong.						26	26
L04	Fixer le schéma de circuit électrique, et nettoyer la mousse fuité						32	32
L05	Fixer le logo "Iris" et la fiche énergétique, placer les étagères des œufs et le collecteur d'eau du distributeur et son couvercle.						44	44
L06	Préparation des étagères et du caisse légumes						26	26
L07	Fixer les balconnets pour porte Cong et Fixer le réservoir d'eau						44	44
L08	Autocontrôle générale de réfrigérateur, et test de réservoir d'eau						33	0
L09	Fixer le polystyrène sur tous les côtés de réfrigérateur avec de le ruban adhésif "Scotch jaune".						48	48
L10	Compter les produits finis						25	0
L11	Transfert de produits finis vers la zone d'expédition						27	0
L12	Téléchargement de PF dans le camion par le chariot élévateur						90	0
TOTAL		91	9	11	10	4	415237	4637
Efficacité		73%						
Efficiéce		1,11%						

Source : Elaboré par étudiants

- **Commentaires**

Selon les résultats obtenus, on constate que :

- Le taux d'opérations à VA est de 73%, ce qui est un taux élevé. Il indique que la majorité des opérations sont à valeur ajoutée.
- Le taux des temps opératoires à VA utilisés pour évaluer l'efficacité est de 1,11%. C'est un taux très faible qui indique un niveau important de gaspillage.

Le taux élevé d'efficacité s'explique par le grand nombre d'opérations à valeur ajoutée, qui représente 91 parmi 125 opérations. En revanche, le faible taux d'efficacité est principalement dû à la durée importante des opérations à non-valeur ajoutée.

Dans la chaîne de production, on constate que la plus grande partie du temps à non-valeur ajoutée est attribuée au stockage des en-cours, notamment le stockage des portes profilées qui représente 432 000 secondes. De plus, une partie significative des tâches à non-valeur ajoutée est attribuée aux attentes lors des réglages des machines, qui sont souvent de longue durée, ainsi qu'aux contrôles effectués dans chaque atelier, tels que la vérification des pièces non conformes et les autocontrôles. Ces opérations réduisent l'efficacité et nécessitent plus de temps sans apporter une valeur directe au produit final. Il est donc essentiel de se concentrer sur l'amélioration de l'efficacité afin de réduire les temps d'attente et de stockage et d'optimiser le processus global.

En analysant la chaîne logistique de l'URF01, on peut donc conclure que pour optimiser le lead time de la chaîne, on doit agir sur le lead time de production composé du lead time de fabrication et du lead time de stockage. Autrement dit, on peut agir sur l'amélioration du processus de production en diminuant les gaspillages de ce dernier qui a été identifié précédemment dans le diagramme de Pareto.

Chapitre 04 : Amélioration de la
chaîne logistique de l'URF01 de
SATEREX

IV.1 AMELIORATION CONTINUE DE LA CHAINE LOGISTIQUE DE SATEREX

L'analyse et le diagnostic effectués dans le chapitre précédent ont permis d'identifier les sources de gaspillage dans la chaîne de production et qui sont les stocks, les rebuts et défauts, les temps d'attente causés par les pannes, le manque d'articles, le temps de réglage des machines, etc. Pour éliminer ces gaspillages et assurer l'amélioration continue, des outils Lean doivent être utilisés dans la chaîne logistique de l'URF01 de SATEREX.

IV.1.1 Amélioration continue par les outils du Lean

IV.1.1.1 Amélioration au moyen de SMED

D'après les résultats obtenus dans le chapitre précédent, il est constaté que parmi les gaspillages influençant la productivité de l'entreprise, le long délai de réglage de certaines machines, ce qui rend l'entreprise incapable de répondre rapidement aux commandes des clients.

Dans le cas qui nous intéresse, l'entreprise a fait deux changements de série durant le mois de mars. Au cours de ces changements, la productivité de l'entreprise a diminué reflétant un long délai de réglage des machines.

Pour que la production réagisse à flux tiré, il faut penser à réduire les temps qui empêchent de switcher d'un modèle à un autre. Dans ce cas, il faut réduire les temps de réglage. Pour cela on a pensé à appliquer la méthode de SMED. Cette méthode sera appliquée sur deux types de machine : la machine de thermoformage et la machine profilage.

- **SMED pour machine thermoformage**

Il y a deux machines de thermoformage : l'une pour le thermoformage cabine et l'autre pour le thermoformage porte. Elles suivent les mêmes étapes de réglage qui sont les suivants :

- **Thermoformage Cabine**

phase	Etapes de réglages	Temps (minute)
1	Vérification visuelle de l'état de la machine avant mise en marche (niveau des huiles, graissage, etc.)	5
2	Mise en tension de la machine (allumer les disjoncteurs, et démarrer l'armoire)	1
3	Régler les résistances en fonction du modèle à produire (automatique) et attendre le préchauffage de la machine.	5
4	Préchauffage de machine	30
5	Lancement de la machine pour vérification à vide pour s'assurer du bon fonctionnement mécanique et électrique de cette dernière	5
6	Apporter par chariot élévateur les plaques de HIPS et les placer à côté de la machine	15
7	Vérification des plaque HIPS entrante dans la fabrication	2
8	Placer la feuille de HIPS dans la surface de thermoformage de manière correcte.	1
9	Lancement de la production (3 Pièces) pour voir la conformité de ces pièces et validation par la qualité	26
10	Si les pièces sont conformes il va s'assurer de la répétabilité en lançant à production 20 pièces.	160
TOTAL		250

1. Séparer les opérations internes des opérations externes

- Les opérations externes sont : 2,3,4,5,7,8,9,10
- Les opérations internes sont : 1,6,7

Phase	Etapes de réglages	Temps (minute)	Type
1	Vérification visuelle de l'état de la machine avant mise en marche (niveau des huiles, graissage, etc.)	5	Interne
2	Mise en tension de la machine (allumer les disjoncteurs, et démarrer l'armoire)	1	Externe
3	Régler les résistances en fonction du modèle à produire (automatique) et attendre le préchauffage de la machine.	5	Externe
4	Attendre le préchauffage de la machine.	30	Externe
5	Lancement de la machine pour vérification à vide pour s'assurer du bon fonctionnement mécanique et électrique de cette dernière	5	Externe
6	Apporter par le chariot élévateur les plaques de HIPS et les placer à côté de la machine	15	Interne
7	Vérification des plaque HIPS entrante dans la fabrication	2	Interne
8	Placer la feuille de HIPS dans la surface de thermoformage de manière correcte.	1	Externe
9	Lancement de la production (3 pièces) pour voir la conformité et la qualité de ces pièces.	26	Externe
10	Si les pièces sont conformes il va s'assurer de la répétabilité en lançant à production 20 pièces.	160	Externe
TOTAL		250	

2. Transformer, les opérations internes en opérations externes

L'étape consiste à identifier les étapes qui peuvent être réalisées en parallèle avec la production.

- Faire la vérification, au niveau d'huile, graissage, etc, à la fin de la série actuelle avant le lancement de la prochaine série (1), en utilisant les signes de management visuel sur les niveaux d'huile afin de faciliter la vérification et la rendre faisable par un simple employé. Donc cette étape ne compte pas dans le temps.
- Apporter la plaque et la placer à côté de la machine (6), la vérifier (7), lors du préchauffage de la machine (2). Les étapes (6) et (7) seront réalisées en parallèle avec l'étape (8).

Phase	Etapes de réglages	Temps	Type
1	Vérification visuelle de l'état de la machine avant mise en marche (niveau des huiles, graissage, etc.)	5	Interne
2	Mise en tension de la machine (allumer les disjoncteurs, et démarrer l'armoire)	1	Externe
3	Régler les résistances (automatique) et vérifier les réglages mécaniques en fonction du modèle à produire.	5	Externe
4	Attendre le préchauffage de la machine.	30	Externe
5	Lancement de la machine pour vérification à vide pour s'assurer du bon fonctionnement mécanique et électrique de cette dernière	5	Externe
6	Apporter par chariot élévateur les plaques de HIPS et les placer à côté de la machine	15	Interne
7	Vérification des plaque HIPS entrante dans la fabrication	2	Interne
8	Placer la feuille de HIPS dans la surface de thermoformage de manière correcte.	1	Externe

9	Lancement de la production (3 pièces) pour voir la conformité et la qualité de ces pièces.	26	Externe
10	Si les pièces sont conformes il va s'assurer de la répétabilité en lançant à production 20 pièces	160	Externe
TOTAL		250	

3. Réduire et supprimer les opérations externes

Placer les plaque hips dans la surface de thermoformage de manière correcte (8) et la mise en place de repère visuel pour faciliter l'emplacement de la plaque sur la machine, lors de préchauffage de la machine (2). L'étape (8) sera faite en parallèle avec l'étape (2).

Standardiser les réglages (établir des valeurs cibles spécifiques pour chaque paramètre de réglage, comme la pression, la température, vitesse hydraulique, etc, selon le modèle à produire), réduire le nombre de pièces à essayer à 10 pièces pour l'opération (10) par la connaissance de réglage et en s'assurant de qualité des pièces et de conformité de chacune.

4. Ecrire la nouvelle gamme

Phase	Étapes de réglages	Temps (minute)
2	Mise en tension de la machine (allumer les disjoncteurs, et démarrer l'armoire)	1
3	Régler les résistances (automatique) et vérifier les réglages mécaniques en fonction du modèle à produire.	5
4	Attendre le préchauffage de la machine.	30
5	Lancement de la machine pour vérification à vide pour s'assurer du bon fonctionnement mécanique et électrique de cette dernière.	5
9	Lancement de la production (3 pièces) pour voir la conformité de ces pièces et validation par la qualité	26
10	Si les pièces sont conforme il va s'assurer de la répétabilité en lançant à production 10 pièces, avec la vérification de chacune	80
TOTAL		147

Source : Elaboré par étudiants

Le résultat final montre l'impact des améliorations apportées sur le temps de changement de série. En effet, le temps de changement de série a été réduit de 250 à **147 minutes**, ce qui correspond à une amélioration significative de 41,2%.

Les opérations de réglage restantes sont considérées nécessaires pour chaque poste de traitement, mais elles peuvent être améliorées en formant les opérateurs à l'auto-maintenance afin qu'ils puissent réagir rapidement lors des changements de série.

- Thermoformage contre porte

La machine de thermoformage « porte » suit les mêmes étapes de réglages que la machine de thermoformage contre-porte sauf que cette dernière n'a pas de temps de préchauffage car elle travaille en régime continue (3*8).

Phase	Étapes de réglages	Temps (min)
1	Vérification visuelle de l'état de la machine avant mise en marche	5
2	Chargement des tôles par le chariot élévateur vers la zone de profilage	15
3	Mise en tension de la machine	3
4	Démarrer l'armoire (enlever les arrêts d'urgence ; démarrer le programme ; activer la station hydraulique.)	3
5	Ouvrir la palette de tôles à profiler, vérifier la couleur, les dimensions et la qualité des tôles.	2
6	Régler le chariot de la machine en fonction des tôles à profiler	5
7	Charger les tôles dans le chariot de chargement et placer les sabots magnétiques.	2
8	Enlever les arrêts d'urgence et démarrer le cycle de profilage automatique.	5
9	Lancement de la production (3 pièces) pour voir la conformité de ces pièces et validation par la qualité	10
10	Si les pièces sont conformes, s'assurer de la répétabilité donc du lancement de production de 20 pièces après validation et vérification lancement de la masse de production	65
11	Si les pièces comportent des anomalies il doit vérifier le problème (problème moule ou paramétrage), selon l'anomalie (moule, matière, paramétrages ...)	60
12	Récupérer et vérifier la porte profilée puis ranger dans la zone de stockage.	5
TOTAL		180

- **SMED pour machine profilage**

Il existe deux machines de profilage : une pour « porte » et l'autre pour « cabine » mais qui sont les mêmes étapes de réglage, représentées dans le tableau suivant :

- 1. Séparer les opérations internes et les opérations externes**

- Les opérations internes sont : 1 et 2
- Les opérations externes sont : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12

- 2. Transformer, les opérations internes en opérations externes**

- Faire la vérification visuelle à la fin de la série actuelle avant le lancement de la prochaine série (1).
- Le chargement des tôles (2) effectué en parallèle avec démarrage de la machine (4) et la mise en tension de la machine (3)

Phase	Étapes de réglages	Temps (min)	L'état
1	Vérification visuel de l'état de la machine avant mise en marche (le nettoyage de corps principal, des roues d'entraînement, fuit d'huile sur l'Équipement)	5	interne
2	Chargement des tôles par le chariot élévateur	15	interne
3	Mise en tension de la machine (Vérifier la pression d'air, la pression de la pompe hydraulique, le bruit du moteurs et vérifier l'usure de la chaîne et courroie)	3	externe
4	Démarrer l'armoire (enlever les arrêts d'urgence ; démarrer le programme ; activer la station hydraulique.)	1	externe
5	Ouvrir la palette de tôles à profiler, vérifier la couleur, les dimensions et la qualité des tôles.	2	externe
6	Charger les tôles dans le chariot de chargement et placer les sabots magnétiques.	5	externe

7	Régler le chariot de la machine en fonction des tôles à profiler	2	externe
8	Enlever les arrêts d'urgence et démarrer le cycle de profilage automatique.	5	externe
9	Lancement de la production (3 Pièces) pour voir la conformité de ces pièces et validation par la qualité	10	externe
10	Si les pièces sont conforme il va s'assuré de la répétabilité donc lancement de production 20 Pièces après validation et vérification lancement de la masse de production	65	externe
11	Si les pièces comportent des anomalies il doit vérifier le problème	60	externe
12	Récupérer et vérifier la porte profilée puis ranger dans la zone de stockage.	5	externe

3. Réduire et supprimer les opérations externes

- Standardise les réglages et réduit le nombre de pièces à essayer à 10 pièces pour l'opération (7) en s'assurant de la qualité des pièces et de leurs conformités.
- Appliquer la maintenance préventive pour réduire les problèmes (11).
- Appliquer le management visuel (12) (6), en mettant des signes sur l'emplacement exact que la pièce doit occuper.

Phase	Étapes de réglages	Temps (min)	L'état
1	Vérification visuelle de l'état de la machine avant mise en marche (le nettoyage de corps principal, des roues d'entraînement, fuit d'huile sur l'équipement)	5	interne
2	Chargement des tôles par le chariot élévateur	15	interne
3	Mise en tension de la machine (Vérifier la pression d'air, la pression de la pompe hydraulique, le bruit du moteur et vérifier l'usure de la chaîne et courroie)	3	externe
4	Démarrer l'armoire (enlever les arrêts d'urgence ; démarrer le programme ; activer la station hydraulique.)	1	externe
5	Ouvrir la palette de tôles à profiler, vérifier la couleur, les dimensions et la qualité des tôles.	2	externe
6	Charger les tôles dans le chariot de chargement et placer les sabots magnétiques.	5	externe
7	Régler le chariot de la machine en fonction des tôles à profiler	2	externe
8	Enlever les arrêts d'urgence et démarrer le cycle de profilage automatique.	5	externe
9	Lancement de la production (3 Pièces) pour voir la conformité de ces pièces et validation par la qualité	10	externe
10	Si les pièces sont conformes il va s'assurer de la répétabilité donc lancement de production 20 Pièces après validation et vérification lancement de la masse de production	65	externe
11	Si les pièces comportent des anomalies il doit vérifier le problème	60	externe
12	Récupérer et vérifier la porte profilée puis ranger dans la zone de stockage.	5	externe

4. Ecrire la nouvelle gamme

phase	Étapes de réglages	Temps (min)
-------	--------------------	-------------

2	Mise en tension de la machine +Chargement des tôles par le chariot élévateur + Démarrer l'armoire.	15
5	Ouvrir la palette de tôles à profiler, vérifier la couleur, les dimensions et la qualité des tôles.	2
6	Charger les tôles dans le chariot de chargement et placer les sabots magnétiques.	4
7	Régler le chariot de la machine en fonction des tôles à profiler	2
8	Enlever les arrêts d'urgence et démarrer le cycle de profilage automatique.	5
9	Lancement de la production (3 pièces) pour voir la conformité de ces pièces et validation par la qualité	10
11	Lancement de production 10 pièces, valider et vérifier lancement de la machine et la qualité des pièces	33
12	Si les pièces comportent des anomalies, vérifier le problème	30
13	Récupérer et vérifier la porte profilée puis ranger dans la zone de stockage.	10
TOTAL		111

Elaboré par étudiants

Le résultat apporté montre l'impact des améliorations sur le temps de changement de série. En effet, le temps de changement de série a été réduit de 180 à **111 minutes**, ce qui correspond à une amélioration significative de 38,33%. Le reste des opérations est désormais nécessaire pour chaque poste mais qu'on peut diminuer en formant les opérateurs

Il est recommandé de faire les réglages dans le temps masqué.

IV.1.1.2 Planification Heijunka

La boîte Heijunka dans la planification de production offre plusieurs avantages clés à l'entreprise.

Tout d'abord, elle permet une production en flux continu, ce qui facilite la gestion des commandes clients et évite les retards dans la livraison. De plus, elle assure une répartition équitable des tâches entre les équipes de travail, optimisant ainsi l'utilisation des ressources et maintenant une productivité équilibrée.

Le client passe une commande avec plusieurs modèles de réfrigérateurs (BCD 400 ; BCD 480), dès le début de la fabrication, peut causer des problèmes si la boîte Heijunka n'est pas utilisée. Ceci car dans ce cas, le client devrait attendre la fin de la production de tous les lots de premier modèle et le lancement de production de lot du deuxième modèle avant d'être livré (15 jrs dans notre cas), ce qui peut entraîner une insatisfaction et une perte de clientèle. De plus, si plusieurs clients se trouvent dans la même situation, il devient difficile de satisfaire efficacement tous les clients dans les délais impartis.

L'utilisation de la boîte Heijunka permet de remédier à ces problèmes en nivelant la production et en répartissant les commandes sur des périodes plus courtes. Ainsi, l'entreprise peut réduire le temps d'attente du client et améliorer sa satisfaction. En livrant les clients plus rapidement, l'entreprise augmente ses chances de fidélisation et favorise son développement commercial.

- **Planification d'entreprise :**

Pendant le mois de mars, l'URF01 effectue un seul changement de série. Elle produit initialement le premier modèle (BCD400) pendant les 9 premiers jours, puis passe à la production du deuxième modèle (BCD480) pendant les 14 jours suivants. Cependant, cette séquence de changements de série peut entraîner des délais d'attente plus longs pour les clients qui souhaitent obtenir le deuxième modèle. Ces délais peuvent causer une insatisfaction client et éventuellement conduire à une perte de clients. Voici les données présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 22 : Planification de production le mois de mars

Produit	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours	8 jours	9 jours	10 jours	11 jours
BCD 400	314	412	652	800	798	477	333	800	427		
BCD 480									277	325	554
Produit	12 jours	13 jours	14 jours	15 jours	16 jours	17 jours	18 jours	19 jours	20 jours	21 jours	22 jours
BCD 400											
BCD 480	799	718	483	522	528	692	703	700	602	500	336

Elaboré par étudiants

Voici le diagramme de la production du mois de mars :

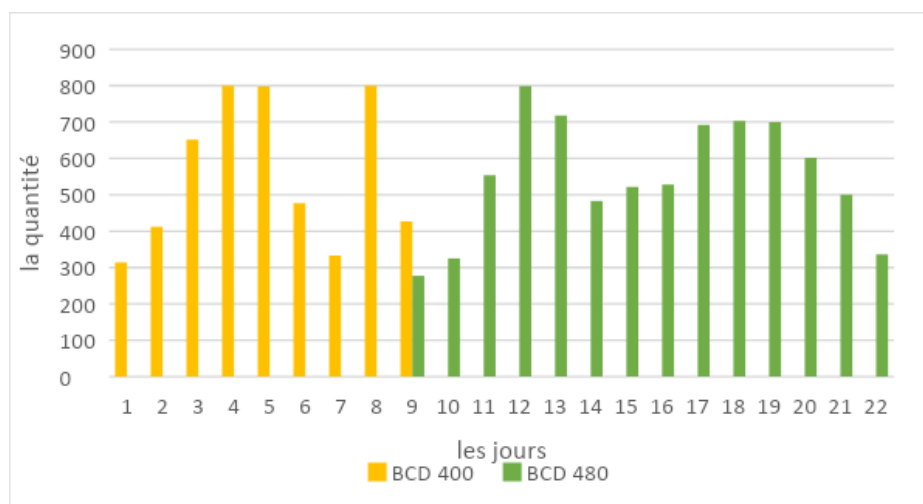


Figure 16 : Diagramme de planification réelle

	Temps de takt (s)	Prévision de production (pcs)	Temps réelle de production /mois	La production réelle (pcs)/mois de mars	Pourcentage %
BCD480	79,5	9500	806400	7708	81
BCD400	68,4	7100	518400	5023	71
Totale		16600	1324800	12731	77

Tableau 23 : Suivi de production du mois de Mars

Elaboré par étudiants

● **Planification Heijunka :**

Avec la planification Heijunka, on réalise 3 changements de série par mois. La capacité de production va donc diminuer dans les jours de changement de série mais d'un autre côté, on peut commencer à livrer les clients après 8 jours de production.

Pour calculer le Pitch de la boîte Heijunka, on utilise la formule suivante :

$$Pitch = \text{période } P * \text{Temps } CO / (\text{Temps requis sur la période} - \text{Temps total de production sur la période } P)$$

Le temps disponible par jour : $8 * 2 * 3600 = 57600 \text{ secondes}$

Le temps net de fabrication : $414 * 79,5 + 342 * 68,4 = 56390 \text{ secondes}$

Le temps de changement est donc : $57600 - 56390 = 1210 \text{ secondes}$

Pour un mois de production en mars, on a 22 jours ouvrables ce qui donne :

$$57600 * 22 = 1267200 \text{ secondes}$$

Le temps de fabrication net par mois : $56390 * 22 = 1240572,38 \text{ sec}$

Le temps de changement de série possible est :

$$1\ 267\ 200 - 1\ 240\ 572,38 = 26\ 627,6 \text{ sec} = 444 \text{ min}$$

Sachant que le temps de réglage des machines est de 147 min

$$\frac{444}{147} = 3$$

Une nouvelle planification de production est proposée comme illustrée dans le tableau ci-dessous, qui comprend trois changements de production. Chaque changement de production implique soit la fabrication de 395 unités du modèle BCD 400 par shift, soit la fabrication de 340 unités du modèle BCD 480 par shift :

Tableau 24: Planification de production avec Heijunka

Produit Jours	1 Jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours	8 jours	9 jours	10jours	11 jours
BCD 400	395	395	395	395	395	395	395	330			
	395	395	395	395	395	395	395				
BCD 480									340	340	340
								284	340	340	340
Produit Jours	12 jours	13 jours	14 jours	15 jours	16 jours	17 jours	18 jours	19 jours	20 jours	21 jours	22 jours
BCD 400						395	120				
					330	395					
BCD 480	340	340	340	340	284			340	340	340	340
	340	340	340	340			465	340	340	340	340

Elaboré par étudiants

Le temps disponible total : $7 \text{ Jours} + 8 \text{ heures} = 120 \text{ heures}$

Le temps disponible pour le jour de changement de série : $7,5 * 2 - 147 = 753 \text{ min}$

Le temps disponible hors du changement de série : $7 * 7,5 * 2 * 3600 = 7053 \text{ min}$

Tableau 25: Calcul du nombre des pièces dans la nouvelle planification

Modèle	BCD 480	BCD 400
Nombre des pièces hors changement de série (pcs)	$\frac{378000}{79,5} = 4755$	$\frac{378000}{68,4} = 5526$
Nombre des pièces dans un shift le jour de changement (pcs /shift)	$\frac{753 * 60}{79,5} = 284$	$\frac{753 * 60}{68,4} = 330$
Nombre des pièces dans un shift hors changement (pcs /shift)	$\frac{4755}{7 * 2} = 340$	$\frac{5526}{7 * 2} = 395$

Elaboré par étudiants

Le diagramme suivant montre la nouvelle planification de la production proposée :

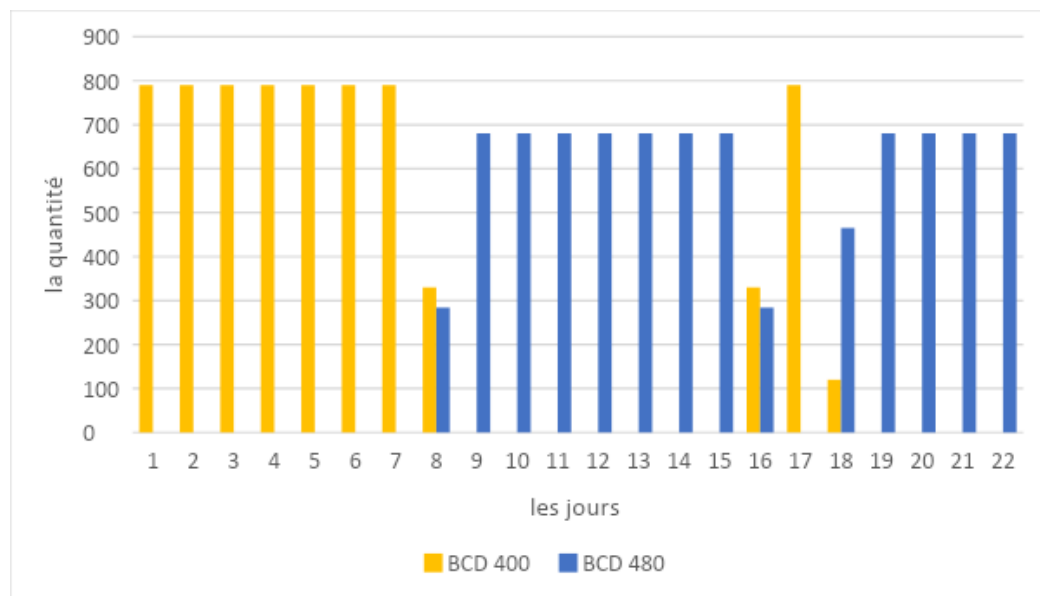


Figure 17 : Diagramme de planification avec Heijunka

Dans le tableau ci-dessous, une augmentation du taux de production est observée par rapport au plan de production initial avant l'implémentation de la méthode Heijunka.

Tableau 26 : suivi de production après Heijunka

	Temps de takt	Prévision de production (pcs)	La production après Heijunka (pcs)	Pourcentage %
ABC480	79,5	9500	8513	90
ABC400	68,4	7100	7100	100
Totaux		16600	15613	94

Elaboré par étudiants

Cette approche de production garantit une disponibilité adéquate des deux types de réfrigérateurs pour satisfaire les demandes des clients dans les délais requis (de 8 jours).

IV.1.1.3 Analyse de déroulement de l'état futur

La méthode de déroulement des états futurs permet d'identifier les améliorations au niveau des processus ainsi que de la VSD, ce qui permet de constater les progrès réalisés à l'échelle de la chaîne logistique. En examinant les états futurs, on peut mettre en évidence les améliorations spécifiques des étapes du processus, ce qui contribue à observer les progrès réalisés à l'échelle de l'ensemble de la chaîne logistique.

Suite à la mise en œuvre des actions d'amélioration par le biais de la méthode SMED et l'élimination de certaines opérations (A01, B01, K02, K03, K04 et L11).

- On fait le chargement lors de temps de travail donc en parallèle avec le démarrage de la machine de profilage.
- Le transport des palettes est effectué simultanément au démarrage de la machine.
- Le nettoyage est effectué simultanément avec le chargement du gaz.
- Le comptage est effectué lors du transfert.

Les résultats obtenus sont alors les suivants :

Tableau 27: Analyse déroulement état futur

Etat de processus		Etat de l'opération						
N°	Opérations	Opération	Transfert	Attentes	Contrôle	Stockage	Temps	Temps VA
Réglages des machines								
R01	Machine de profilage porte						12000	0
R02	Machine de thermoformage porte						12000	0
R03	Machine de moussage porte						12000	0
R04	Machine de profilage cabine						12000	0
R05	Machine de thermoformage cabine						1800	0
R06	Machine de moussage cabine						12000	0
Atelier thermoformage								
A02	Thermoformage de plaque HIPS						595	595
A03	Vérification et signal des pièces non conforme.						575	0

A04	Stockage des cabines et porte conformes dans l'endroit approprié							172800	0
Atelier profilage									
B02	Profilage de la tôle							195	195
B03	Stockage la tôle conforme profilé dans l'endroit approprié							172800	0
Préparation plastique cabine									
C01	Perçage de cabine Réf, et la découpe du trou de drainage.							96	96
C02	Transport des évaporateurs Réf vers la zone de préparation. Placement des cabines Ref/Cong sur le convoyeur aérien.							47	0
C03	Placement de l'évaporateur de réfrigérateur sur la cabine Réf et organisation du circuit. Lancement de l'opération de presse de l'évaporateur.							43	43
C04	Vérification de l'emplacement de l'évaporateur sur la cabine Réf et fixation l'évaporateur Réf.							77	77
C05	Stockage des cabines Cong et les évaporateurs Cong dans la zone de préparation.							125	0
C06	Placement de la cabine Cong sur le gabarit, positionnement de l'évaporateur Cong sur la cabine.							115	115
Préparation Back Plate									
D01	Back plate Banding machine.							120	120
D02	Perçage de et fixation de la plaque.							119	119
Préparation LED									
E01	Déchargement des cabines Réf/Cong du convoyeur aérien, positionnement de la cabine Cong sur chaîne et déplacement de cabine Réf préparé vers la zone d'assemblage de la base LED.							24	0
E02	Fixation de la base LED.							24	24
E03	Placement de l'interrupteur sur la cabine.							29	29
E04	Fixation du condenseur porte par l'aluminium et placement d'éponges sur le plastique et sur les coins inférieurs.							20	20

E05	Assemblage et fixation de la plaque intermédiaire avec le condenseur porte et la cabine.						24	24
E06	Fixation du condenseur porte avec du ruban adhésif et de colle chaude.						33	33
E07	Placement des fils électrique sur le switch et fixation du boite Switch.						37	37
E08	Placement et fixation du conducteur du capteur température et du boitier thermostat par le ruban adhésif en aluminium résistant à l'eau.						37	37
E09	Fixer la boite switch et la base LED par le ruban adhésif résistant à l'eau et la colle chaude.						27	27
E10	Placement et fixation de la base ventilateur et de la boite switch par le ruban adhésif résistant à l'eau.						32	32
E11	Retirer les bouchons des tubes d'évaporateurs Réf-Frz, et raccorder le circuit de réfrigération.						28	28
E12	Soudage du circuit interne du réfrigérateur.						33	33
E13	Test d'obstruction avec de l'azote, chargement d'hélium.						27	0
E14	Test de détection de fuites.						22	0
E15	Récupération de l'hélium dans le circuit et fixation des fils électriques.						26	26
Préparation S Plate								
F01	Fixation du "cadre de renfort droite-gauche" avec la "plaque inférieure (SSGC)".						75	75
F02	Assemblage de la "plaque inférieure en PP" avec la "plaque inférieure (SSGC)".						37	37
F03	Fixation de "plaque S" par le ruban adhésif.						118	118
F04	Fixation des extrémités et des points d'assemblage de la "plaque S" par la mousse adhésif.						68	68
F05	Fixation du tampon par la mousse adhésif sur les coins de la "plaque S".						39	39
CKD02								
G01	Transport des chariots des tôles cabinet et chargement de la tôle sur la chaîne d'assemblage						37	0
G02	Déplacement de la cabine en plastique de CKD1 vers CKD2.						39	0
G03	Préparation la base charnière Sup.						36	36

G04	Placement de la plaque inférieure.						36	36
G05	Insertion des bordures de cabine en plastique dans les rainures de la tôle de la cabine.						36	36
G06	Fixation de la cabine assemblée par le ruban adhésif.						74	74
G07	Entourer les coins et les bornes intérieur de la cabine et le circuit par l'éponge.						65	65
G08	Passage des tubes du circuit et du câble électrique à travers les trous de la plaque "S" et ajustement de la plaque "S" avec la cabine.						73	73
G09	Placement du lance drainage par la colle à chaud.						48	48
G10	Placement des bases fixation pour le circuit.						52	52
G11	Ajustement de la plaque arrière en HIPS par un maillet.						44	44
G12	Scotcher la plaque arrière numéroté le Réfrigérateur.						46	46
G13	Visser la plaque de renforcement métallique « S »						48	48
G14	Visser et scotcher la plaque inférieure.						35	35
Préparation moussage								
H01	Vissage des plaques de renforcement pour fixation poignée à la tôle porte.						37	37
H02	Placer et scotcher la plaque de renforcement poignée et son couvert en plastique par la bande adhésive résistante à l'eau.						18	18
H03	Préparation des baguettes Sup et Inf de la porte Cong/Réf, et fixation de block limite pour la porte Cong/Réf						38	38
H04	Fixation de baguette supérieure sur le côté supérieur de la porte.						36	36
H05	Fixation du baguette inférieure sur le côté inférieure de la porte.						36	36
H06	Préparation du Manchon pour distributeur						22	22
H07	Préparation du distributeur et l'assemblage du manchon avec le distributeur d'eau.						28	28
H08	Placement de panneau du distributeur d'eau sur la tôle.						34	34
H09	Transport des tôles portes (Cong + Réf) stockées dans des chariots.						0	0

Assemblage joint								
I01	Soudage des joints portes (Cong et Réf).						64	64
I02	Fixation le joint porte soudés dans la rainure du contre porte en plastique.						121	121
SKD								
J01	Préparation des plaques support compresseur.						36	36
J02	Enlèvement du ruban adhésif sur les bornes de la cabine côté Réf.						34	34
J03	Enlèvement du ruban adhésif sur les bornes de la cabine côté Cong.						45	45
J04	Fixation de charnière inférieure et des pieds sur la plaque de support du compresseur.						26	26
J05	Visser la plaque support du compresseur et la charnière inférieure.						30	30
J06	Préparation du châssis avec la base polystyrène du réfrigérateur.						44	44
J07	Placement de la base polystyrène sur le chariot montant, installation de rondelle sur la charnière inférieure et fixation du bouchon de drainage.						26	26
J08	Préparation de condenseur arrière						42	42
J09	Préparation de compresseur et raccordement de Relais & Klixon avec les fils de connexions pour compresseur.						46	46
J10	Placement de condenseur arrière sur la cabine et positionnement du compresseur sur son support désigné.						31	31
J11	Fixation de condenseur arrière et de compresseur.						41	41
J12	Retirer les bouchons des tubes et raccorder le long tube du condenseur avec le refoulement du compresseur.						29	29
J13	Raccorder les fils et fixer les bornes isolantes.						41	41
J14	Fixer le câble secteur électrique sur le support compresseur à l'endroit approprié.						37	37
J15	Assembler et mettre les bornes électriques dans la boîte de connexion.						43	43
J16	Placer le tube de charge, enrouler le capillaire et placer le filtre.						41	41
J17	Souder la partie supérieure : filtre + condenseur						42	42

J18	Souder la partie inférieure : tube de charge + aspiration + refoulement.						38	38
J19	Montage des raccords et chargement de circuit avec de l'azote, et faire le test de fuite.						40	40
J20	Branchement de fiche LED, vissage de LED et insertion de sonde du thermostat.						36	36
J21	Branchement du fiche ventilateur, fixer le ventilateur et placer le couvert ventilateur.						37	37
J22	Brancher les fiches électriques du thermostat, placer et visser le couvercle du thermostat, fixer le régulateur du thermostat.						38	38
J23	Charger les portes Cong/Réf sur les chariots du convoyeur aérien.						33	0
J24	Placer la porte réfrigérateur sur cabine, fixer charnière intermédiaire et placer la porte congélateur sur cabine.						27	27
J25	Fixation de charnière supérieure et son couvercle.						29	29
J26	Vérifier le réfrigérateur sur la chaîne de production (autocontrôle).					1	26	0
J27	Préparer la fiche de garantie avec le manuel et le sachet des documents. Mettre le code-barre sur la cabine et le sachet des documents à l'intérieur de la cabine.						36	36
Mise en fonction								
K01	Monter les raccords puis brancher les flexibles de la pompe à vide et lancer l'opération du tirage de l'air.						37	37
K05	Chargement du gaz "R600a" par la machine "Agramkow"						43	43
K06	Écraser le tube de charge et le filtre (Kobra) et récupérer les raccords.						19	19
K07	Test de fuite de basse pression, test électrique (Chambre de test).						24	0
K08	Coller l'éponge antisismique et l'étiquette de feu au bac d'eau et brancher le secteur d'alimentation						23	23
K09	Placer les sondes de température dans les deux compartiment Cong/Réf.						25	25
K10	Contrôler le Test de performance.						24	0
K11	Effectuer le Test de Haut Pression par la machine de test fuite "EP 3000", et enregistrer le code à barre.						27	0

K12	Fixation de couvert LED.						39	39
K13	Nettoyage de réfrigérateur compartiment Cong et de joint porte Cong.						39	0
K14	Peindre les points de soudure et arrangement de câble secteur.						30	30
Préparation SMT								
SMT1	Fixation de moteur dans le couvercle du ventilateur						29	29
SMT2	Préparation du câble intérieur avec l'éponge et du base switch avec son amortisseur.						35	35
SMT3	Préparation de base thermostat et de conduite de sonde température et préparation de la lance de drainage avec l'éponge.						37	37
SMT4	préparation des réservoirs						43	43
SMT5	Stocker les caisse légumes dans des cartons destinés à stocker dans l'étagère au niveau de ligne ENB						34	0
SMT6	Vérifier les étagères porte réfrigérateur et congélateur						16	0
Emballage								
L01	Mettre les vices des poignées et les clés Allen dans le sachet des documents, et fixer le poussoir d'eau.						27	27
L02	Poser et fixer les clayettes en verre Cabine Réf par éponge.						41	41
L03	Poser et fixer les balconnets de porte Réf et les étagères porte cong.						26	26
L04	Fixer le schéma de circuit électrique, et nettoyer la mousse fuité						32	32
L05	Fixer le logo "Iris" et la fiche énergétique, placer les étagères des œufs et le collecteur d'eau du distributeur et son couvert.						44	44
L06	Préparation des étagères et du caisse légumes						26	26
L07	Fixer les balconnets pour porte Cong et Fixer le réservoir d'eau						44	44
L08	Autocontrôle général du réfrigérateur et test de réservoir d'eau						33	0
L09	Fixer le polystyrène sur tous les côtés de réfrigérateur avec de le ruban adhésif "Scotch jaune".						48	48
L11	Transfert de produits finis vers la zone d'expédition						27	0

L12	Téléchargement de PF dans le camion par le chariot élévateur						90	0
TOTAL		89	7	8	9	4	413304	4637
Efficacité		76%						
Efficienc		1,12%						

Elaboré par étudiants

- **Commentaires :**

Nous constatons une amélioration de l'efficacité qui passe de 73% à 76,1 %. Ce nouveau taux témoigne de la valeur ajoutée par la majorité des opérations effectuées et l'élimination de quelques tâches sans valeur ajoutée. Par ailleurs, il y a une augmentation de seulement 0,01% de l'efficienc. Ce faible pourcentage est principalement dû à la durée passée dans les stocks ainsi qu'aux contrôles effectués dans chaque atelier, ce qui indique une présence notable de gaspillage dans ces opérations.

IV.1.1.4 Cartographie l'état futur VSD :

L'état futur (VSD) présenté dans la figure ci-dessous est dessiné par Lucidchart :

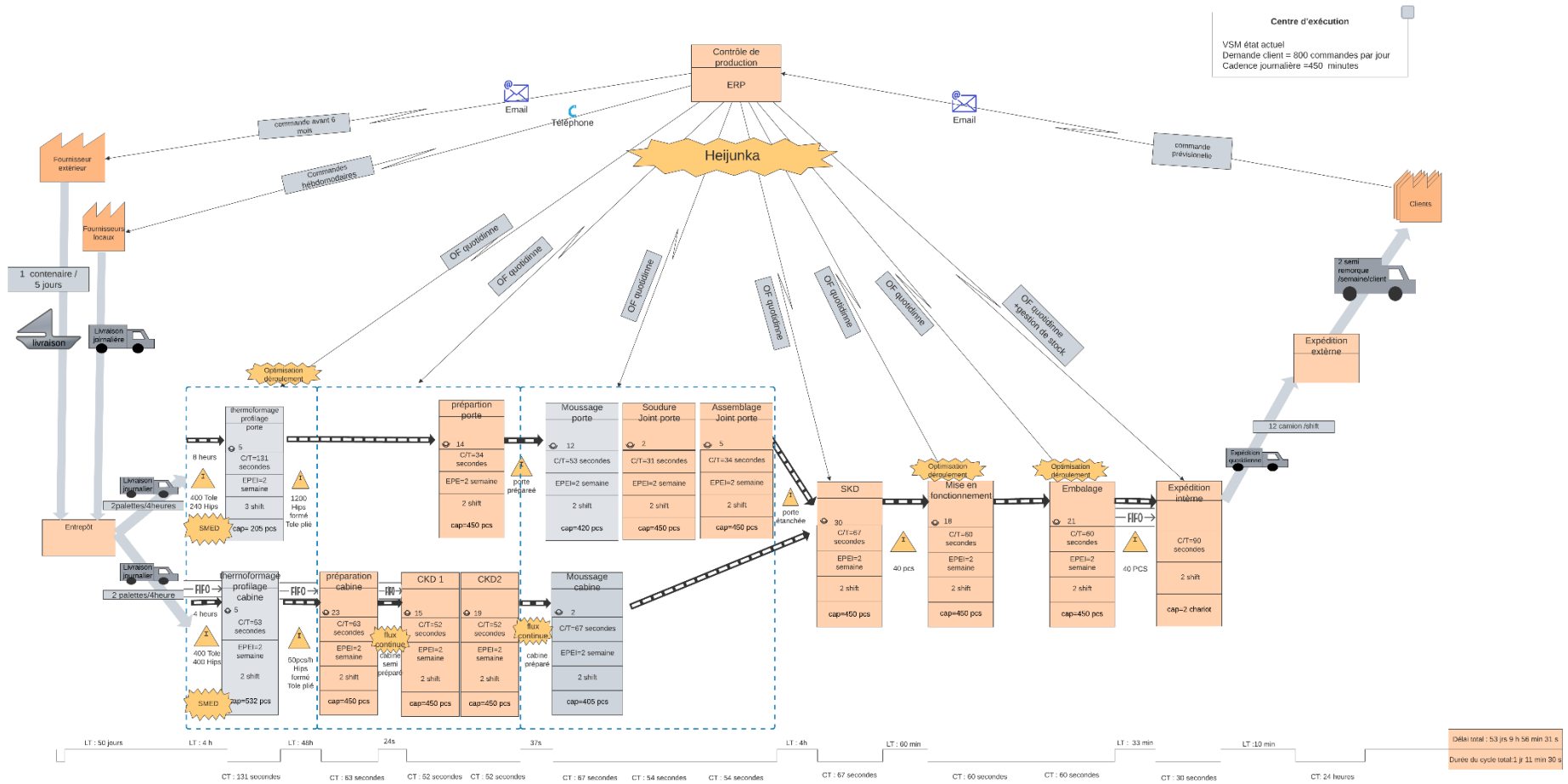


Figure 18 : Cartographie de l'état futur de URF01

● **Interprétations des résultats**

D'après la mise en place des améliorations suggérées dans l'état futur à atteindre, le lead time de production devra diminuer de quelques heures grâce à l'amélioration de l'utilisation du flux continu dans certains postes de travail. Cependant, il est important de noter que le lead time d'approvisionnement n'a pas changé, car il est déterminé par le délai de livraison du fournisseur chinois. Ainsi, dans notre cas, la réduction du lead time se concentre principalement sur le processus interne de production et de stockage.

Dans le VSD, des améliorations ont été implantées afin de transformer le système de production en flux tiré. Il s'agit de :

- Mise en place du flux continu en vue de réduire les temps d'attente, les stocks intermédiaires.
- Nivellement de la production : nous avons utilisé la méthode de planification Heijunka pour niveler la production et éviter les fluctuations excessives. Cela a permis de répartir la demande des clients de manière équilibrée sur une période donnée, réduisant ainsi les temps d'attente et les variations de charge de travail.
- Réduction des temps de changement de série : nous avons mis en œuvre la méthode SMED (Single-Minute Exchange of Die) pour réduire les temps de changement de série entre les différentes productions. Cela a permis de passer plus rapidement d'un produit à un autre, améliorant ainsi la flexibilité et réduisant les temps d'arrêt non productifs.
- Amélioration de la communication et de la coordination : nous avons mis en place des mécanismes de communication clairs et une coordination efficace entre les différentes équipes et départements. Cela a permis de partager les informations en temps réel, d'anticiper les besoins et d'optimiser la collaboration, favorisant ainsi un flux tiré plus fluide et efficace.

En mettant en œuvre ces améliorations, cela a permis de réduire les temps d'attente, d'optimiser l'utilisation des ressources et de minimiser les stocks excédentaires, contribuant ainsi à une meilleure efficacité et satisfaction des clients.

IV.1.2 Plan d'amélioration recommandé

Suite aux résultats obtenus par l'analyse et le diagnostic du processus logistique de l'URF01, nous proposons les recommandations suivantes afin d'accompagner la mise en place de projets d'amélioration continue.

IV.1.2.1 Approvisionnement

Parmi les sources de gaspillage, identifiés dans le chapitre précédent, il y a le manque de matières premières : le polystyrène. Le graphique ci-dessous représente la quantité produite au cours de quelques jours du mois de mars :

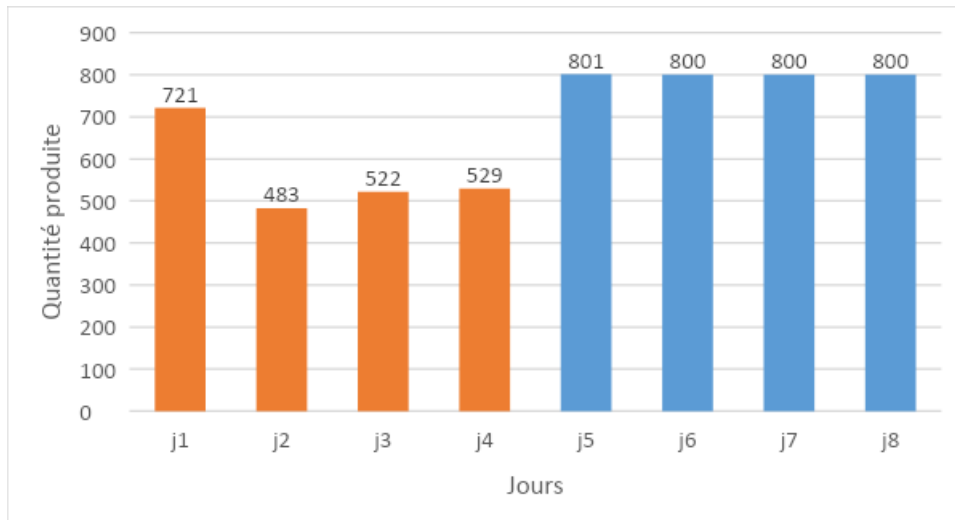


Figure 19: Diagramme des jours de perturbation de production

La partie orange indique les jours où des perturbations ont été observées en raison d'un manque de matières premières de polystyrène. On constate que la productivité de l'entreprise diminue pendant ces jours et la quantité produite varie en fonction de la durée de la perturbation.

La partie bleue représente les jours où la production est normale et où aucun problème d'approvisionnement n'a été rencontré. Nous pouvons donc constater que la capacité quotidienne de l'entreprise est de 800 unités lors des jours normaux. Cependant, la perturbation due au manque de matière première réduit sensiblement la production.

Ainsi, la productivité de l'entreprise dépend du fournisseur de matières premières, qui dans ce cas est un prestataire interne de l'entreprise. On peut donc conclure que ce fournisseur n'est pas fiable à 100% pour cette entreprise.

Il est essentiel d'établir des processus efficaces de coordination, de communication et de suivi entre l'URF01 et l'unité fournisseur afin de garantir un approvisionnement régulier et fiable entre elles. Cela peut être réalisé par ce qui suit :

- Établir une communication fluide et étroite entre les deux unités de l'entreprise. Cela permet de partager des informations en temps réel, d'anticiper les problèmes potentiels et de trouver rapidement des solutions.

IV.1.2.2 Maintenance

D'après les résultats du chapitre précédent, il a été constaté que les pannes de machines sont l'une des principales causes de gaspillage affectant la capacité de production et entraînant des retards dans le processus de fabrication. Pour résoudre cette contrainte, des interventions de maintenance sont mises en place. Il deux types de maintenance parmi lesquelles :

- **La maintenance corrective** : c'est une intervention effectuée après la détection d'une panne, dans le but de rétablir le bon fonctionnement d'un bien afin qu'il puisse remplir sa fonction requise.

- **La maintenance préventive** : c'est une approche de maintenance planifiée qui vise à éviter les pannes et les défaillances en effectuant des actions de maintenance régulières sur les équipements en vue de détecter les signes de dégradation et anticiper les pannes, par le suivi des paramètres qui caractérisent au mieux la dégradation des composants ou la cause de la perturbation des fonctionnements comme : les vibrations, la variation de température ou de pression, le niveau des fluides, etc.

Le tableau suivant présente les avantages et les inconvénients de chacune des méthodes de maintenance :

Tableau 28: Inconvénients et avantages de type de maintenance

Avantage de maintenance corrective	Avantage de maintenance préventive
<ul style="list-style-type: none"> - Limiter les interruptions du service ou de l'activité ; - Renforcer la sécurité des employés ; - Optimiser, à court terme, les coûts (les techniciens interviennent seulement quand c'est nécessaire). 	<ul style="list-style-type: none"> - La réduction de la fréquence des pannes ; - La réduction des périodes d'arrêt des machines, - Une meilleure sécurité ; - Une durée de vie des équipements accrue ; - Une amélioration de la productivité.
Inconvénient de maintenance corrective	Inconvénient de maintenance préventive
<ul style="list-style-type: none"> - À long terme, les coûts de maintenance sont plus élevés, car l'équipement a le temps de se détériorer avant que la panne n'apparaisse. - Coût de réparation important - Stockage important des pièces de rechange. - Temps de réparation élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût de maintenance élevé - Révision non nécessaire car l'entretien se fait en fonction de la durée d'utilisation et non de l'état de la machine

- **Commentaires :**

Comme présenté dans le tableau ci-dessus, chaque type de maintenance a ses avantages et ses inconvénients. Pour décider de quel type il faut utiliser, il est nécessaire de faire une analyse détaillée des coûts, de performance des équipements, des risques potentiels, et des objectifs de l'entreprise.

Afin de déterminer le type de maintenance le plus rentable et le moins coûteux, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, tels que :

- Coût de main d'œuvre
- Coût de pièces de rechanges et la gestion des stocks de pièces de rechanges
- Coût d'équipements et outillage propre à la maintenance et des équipements qui facilite l'intervention.
- Coût de perte de production quand les machines tombent en panne.
- Coût liée à l'analyse et le diagnostic préventif.
- Coût du retard de livraison.

L'entreprise peut utiliser une approche mixte, qui combine la maintenance prédictive pour réduire les risques de panne majeure et la maintenance corrective pour répondre aux défaillances imprévues.

La démarche TPM facilite la mise en place de maintenance préventive de manière systématique et efficace.

IV.1.2.3 Autres recommandations

Dans le but d'éliminer les autres gaspillages, quelques recommandations sont proposées :

- Utiliser le Kaizen checklist pour la mauvaise qualité de produits semi-finis, et impliquer les opérateurs qui travaillent directement sur cet atelier dans le processus Kaizen, en les encourageant à proposer des idées d'amélioration. Leur implication renforce également leur responsabilité et leur engagement envers la qualité des produits semi-finis.
- Utiliser le 5S et le management visuel pour organiser et maintenir un espace de travail propre et efficace en appliquant aussi le management visuel pour rendre l'information concrète, lisible, et compréhensible. Cela permettra de faciliter le rangement des différents flux existants dans le magasin de stockage et engendrera une réduction du temps d'attente.
- Promouvoir l'utilisation exclusive de l'ERP plutôt que de recourir aux appels téléphoniques, afin d'accéder aux informations en temps réel.
Afin d'exploiter la machine de moussage « cabine » à pleine capacité, deux solutions sont envisageables :

1. Faire travailler la machine pendant les pauses-déjeuner : cette approche consiste à utiliser les pauses-déjeuner des opérateurs pour faire fonctionner la machine de moussage cabine. Cela permettrait d'optimiser l'utilisation de la machine en utilisant efficacement le temps disponible.

2. Acheter deux autres moules pour remplacer les moules détruits : cette approche vise à augmenter la capacité de production en remplaçant les moules détruits.

Le choix entre ces deux solutions dépendra des contraintes spécifiques de l'entreprise, telles que les ressources disponibles, les coûts associés à l'achat de nouveaux moules et les considérations opérationnelles.

Conclusion générale

L'entreprise est un acteur économique majeur qui joue un rôle important dans l'économie des pays. De nos jours, les entreprises évoluent dans un environnement économique mondialisé plein de concurrence. Afin de pouvoir survivre et faire face à la concurrence, l'entreprise doit s'adapter aux évolutions du monde économique, en améliorant sa performance, évaluer sa réactivité et affirmer sa compétitivité.

C'est le cas des entreprises algériennes des électroménagers qui représentent l'un des secteurs les plus confrontés à la concurrence. L'EURL SATEREX est l'une de ces entreprises, dont l'objectif fixé est l'amélioration de la gestion des flux et, particulièrement dans l'unité de production des réfrigérateurs URF01 dans le but d'augmenter sa performance.

Pour cela, il a été nécessaire d'analyser son processus logistique, afin d'identifier les différentes sources de gaspillages qui diminuent la performance de la chaîne, pour ensuite les éliminer. Pour ce faire, la présente étude a commencé par l'analyse et le diagnostic du processus de production des réfrigérateurs, de l'approvisionnement jusqu'à la livraison en produits finis, et ce, à travers la cartographie du processus par VSM.

L'outil VSM a permis d'illustrer la chaîne de valeur de l'unité visuellement, notamment les différents flux de l'entreprise tels que les flux d'information et les flux de matières.

L'identification des gaspillages a été réalisée en utilisant la méthode des "5M" et en les représentant dans un diagramme d'Ishikawa. Ces gaspillages ont ensuite été classés en fonction de leur impact sur le processus de fabrication grâce à la méthode ABC. Tel qu'il a été constaté, 80% des gaspillages étaient dus au manque de matières premières (polystyrène), aux pannes des machines, aux longs délais de réglage et aux défauts des produits semi-finis.

Par la suite, une analyse des temps a été mise en place en calculant le takt time, ce qui a déterminé le rythme idéal de production nécessaire pour répondre à la demande du marché. En identifiant le poste goulot, qui est l'étape du processus ayant la plus faible capacité, il a été possible de se concentrer sur l'amélioration de cette étape critique afin d'optimiser la productivité de la chaîne logistique dans son ensemble.

D'autres indicateurs tels que le TRS ont été utilisés pour mesurer le rendement de la chaîne logistique, en prenant en compte des taux de disponibilité, de performance et de qualité. En analysant ces indicateurs, il a été possible de remarquer que la ligne était mal exploitée.

Par la suite, une analyse des temps a été mise en place par le calcul du temps takt qui permet d'identifier les postes « goulot » et d'autres indicateurs comme le TRS pour mesurer le rendement de la chaîne logistique. Il a été montré, à travers les indicateurs de disponibilité, de performance et de qualité, les pertes existantes dans la chaîne ainsi que le fait qu'elle ne soit pas bien exploitée. Par ailleurs, le résultat de l'analyse du déroulement a révélé un taux d'efficacité faible, principalement dû à un temps important dans les opérations à non-valeur ajoutée, principalement le temps de stockage.

Pour diminuer les contraintes de gaspillages ainsi identifiés, certaines méthodes fondées sur le Lean ont été utilisées et des recommandations spécifiques ont été proposées pour assurer une amélioration continue du processus de production. Voici ces éléments :

L'utilisation de la méthode SMED (Single-Minute Exchange of Die) a été mise en œuvre pour réduire le temps de changement de série et éliminer les opérations qui ne nécessitent pas l'arrêt de la machine ou en effectuant ces tâches en parallèle avec d'autres. Cette méthode a permis de réduire efficacement le temps de réglage, ce qui se traduit par une augmentation de la productivité. Pour réduire les délais d'attente des clients dans la livraison des différents modèles, une planification Heijunka a été mise en place afin d'améliorer leur satisfaction.

D'autres actions d'amélioration ont été mises en place, en utilisant la méthode de l'analyse de déroulement, ce qui a entraîné une augmentation des ratios d'efficacité et d'efficience.

Au final, en prenant en compte toutes les améliorations précédentes, une carte VSD (Value Stream Design) a été réalisée. Cette carte résume toutes les améliorations qui ont été apportées aux différents processus. Elle permet de visualiser de manière claire et concise les changements effectués et les flux de valeur optimisés.

Enfin, des recommandations sont proposées pour améliorer la performance de l'entreprise, et rendre le travail plus lisible. C'est le cas de l'utilisation de méthodes des 5S et du management visuel. D'autres recommandations sont proposées afin de renforcer l'entreprise à travers des solutions qui reposent sur ses capacités actuelles ainsi que sur les propositions d'investissements à venir.

Bibliographie

Livres

- [3] Lyonnet, B. (2015). *Lean Management : Le juste-à-temps et la gestion des stocks*. Dunod.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- [2] Hélène PERSON. (2000). *Guide pratique de la fonction achats et approvisionnements en PME/PMI. France*. Maxima.

Thèses

- Flauder, J. (2015). Déploiement du Lean Management dans un atelier de conditionnement et conduite du changement. *Dumas*, 119.
- Garnier, D. (2010, 13 décembre). *La value stream mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliquée à l'industrie pharmaceutique*. *Dumas*, 105.
- Jayswal Arpit et AL (2017). A Literature Review on Lean Manufacturing Techniques. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 2454-132X.
- Souillard, M. (2018). Résolution de problème selon la philosophie Lean Six Sigma: étude de cas appliquée à la viscosité d'une solution à usage externe. *Dumas*, 109.

Articles

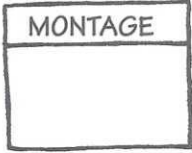


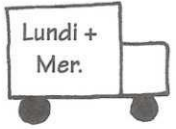

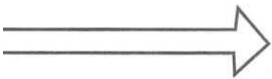
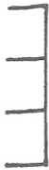
- [1] Alae El Bakkouri. (2021). De la logistique au supply chain logistique. *ResearchGate*, 2.
- [4] S. LAMBER, G. ABDUL-NOUR, M-F. LORTIE, Cartographie de la chaîne de valeur : Cerner la valeur pour obtenir un avantage concurrentiel, Université du Québec à Trois-Rivières. *DocPlayer*.

Webographie

- Casanova, G. (2011, 1 janvier). *Schéma flux tirés*. Gestion des flux. Consulté le 3 mars 2023, à l'adresse : http://www.cetice.universiteparisclaay.fr/aunege/gestion_flux/co/1_5_2.html
- Casanova, G. (2011, 1 janvier). *Schéma flux poussé*. Gestion des flux. Consulté le 3 mars 2023, à l'adresse : http://www.cetice.universiteparisclaay.fr/aunege/gestion_flux/co/1_5_2.html
- *Qu'est-ce que le Jidoka en Lean Management ? | Toyota*. (s. d.). Consulté le 5 mars 2023, à l'adresse : <https://blog.toyota-forklifts.fr/comprendre-tps-jidoka>
- Cameroun, L. C. (s. d.). *SMED, Système de modification rapide des réglages des machines*. Consulté le 9 mars 2023, à l'adresse <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Methodes-optimisation>

ANNEXE

Les symboles de la VSM

Icônes Matières	Chose représentée	Observations				
	Processus de fabrication	Une case représente une zone de flux. Tous les processus doivent être indiqués. La case peut aussi représenter un service de l'entreprise, comme le contrôle de la production.				
	Source extérieure	Représente des clients, des fournisseurs et des sous-traitants extérieurs.				
<table border="1" data-bbox="236 846 497 1037"> <tr><td>Temps de cycle = 45 s</td></tr> <tr><td>Chang. de fabr. = 30 min</td></tr> <tr><td>3 quarts de travail</td></tr> <tr><td>2% de rebuts</td></tr> </table>	Temps de cycle = 45 s	Chang. de fabr. = 30 min	3 quarts de travail	2% de rebuts	Case données	On y consigne des données relatives aux processus de fabrication, aux services, etc.
Temps de cycle = 45 s						
Chang. de fabr. = 30 min						
3 quarts de travail						
2% de rebuts						
 300 pièces 1 jour	Stocks	On indique la quantité d'articles et la réserve en temps de travail qu'elle représente.				
	Livraison par camion	Périodicité des livraisons				
	Déplacement de la production par un système à flux poussé	Matières traitées et poussées vers le prochain poste de la chaîne de production avant que celui-ci en fasse la demande. Ce mouvement est généralement commandé par un programme central.				
	Déplacement des produits finis vers le client					
	Dépôt de stockage	Dépôt de pièces servant à régulariser la production à un poste situé en amont.				

Icônes Matières

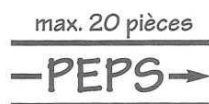
Chose représentée

Observations



Prélèvement de matières

Indique un retrait de matières, généralement à partir d'un dépôt.



Transfert entre processus de quantités contrôlées de matières, dans un système «Premier entré, premier sorti.»

Aménagement visant à limiter les quantités et à permettre un flux de matières entre processus, selon le système PEPS. Doit indiquer un maximum.

Icônes Information

Chose représentée

Observations



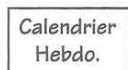
Flux d'information sur papier

Par exemple : calendrier de production, d'expédition



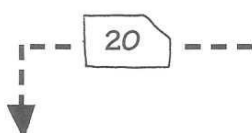
Flux d'information électronique

Par exemple, au moyen d'un système d'échange de données Programme hebdomadaire



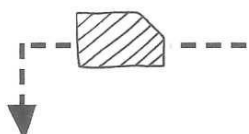
Information

Indique un flux d'information



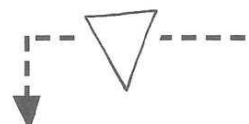
Carte kanban de production (le pointillé indique le sens du mouvement)

Carte («une par contenant») ou autre dispositif qui indique à l'opérateur d'un processus la quantité de ce qui peut être produit et lui en donne l'autorisation.




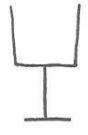
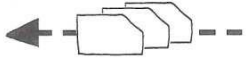



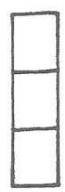

Carte kanban de prélèvement

Carte ou dispositif qui ordonne au manutentionnaire d'aller chercher et de déplacer des pièces (par ex., d'un dépôt à un poste de travail).



Carte kanban de signalisation

Carte kanban utilisée dans les traitements par lot («une par lot») indiquant que le seuil de réapprovisionnement a été atteint et donnant l'ordre de fabriquer un nouveau lot. Utilisée lorsque le processus fournisseur doit produire en lots, parce qu'il y a changement de fabrication.

Icônes Information	Chose représentée	Observations
	Cercle de système à flux tiré séquentiel	Donne l'ordre de réaliser immédiatement une quantité et un type préétablis de produit (généralement une unité). Il s'agit d'un système à flux tiré pour des processus de sous-montage n'utilisant pas de dépôt.
	Poste kanban	Endroit où les cartes kanban sont regroupées avant d'être transmises à destination.
	Lot de cartes kanban	
	Lissage de la charge	Moyen utilisé pour intercepter des lots de cartes kanban et lisser leur volume et leur combinaison sur une période de temps donnée.
	Invitation à consulter le calendrier de production	Rajustement des calendriers en fonction des niveaux de stocks.
Icônes générales	Chose représentée	Observations
	Amélioration (icône dentelée)	Amélioration (icône dentelée) Attire l'attention sur les améliorations à apporter à certains processus pour atteindre les buts visés par la nouvelle chaîne de valeur. Peut annoncer des ateliers kaizen
	Dépôt de stock tampon ou de réserve	Stock tampon ou de réserve intégré à la chaîne.
	Opérateur	Image schématique d'une personne en contre-plongée

المخلص

في سوق تنافسي معزز بتعاظم التبادلات العالمية وتنوعها، وقصر دورات حياة المنتجات، يجب على الشركة أن تظل متيقظة في تطورها. هدف هذا العمل هو تحليل تدفقات الشركة وتحديد أنواع الهدر الموجود، بهدف تنظيمه وتحسينه للحصول على إنتاجية بأفضل جودة وبكفاءة عالية مع احترام القيود المختلفة التي قد تكون موجودة.

لتحقيق ذلك، يتم إجراء تشخيص لسلسلة التوريد في شركة ساتيركس، باستخدام طريقة رسم تدفق القيمة وأساليب اللين، بهدف تحسين الهدر القائم كأوقات الإعداد والمخزون الزائد، وما إلى ذلك.

الكلمات المفتاحية: Heijunka، SMED، VSM، Lean Manufacturing

Résumé

Dans un marché concurrentiel renforcé par la mondialisation des échanges, la diversification et le raccourcissement des cycles de vie des produits, l'entreprise doit rester vigilante dans son évolution. L'objet de ce travail est d'analyser les flux de l'entreprise, et d'identifier les gaspillages existants, dans le but de les organiser et les optimiser afin d'obtenir le résultat d'exploitation le plus performant tout en respectant les différentes contraintes qui peuvent exister.

Pour ce faire, un diagnostic est fait sur la chaîne logistique de l'entreprise SATEREX, par la méthode Value Stream Mapping et des méthodes Lean dans le but d'optimiser les gaspillages existants à l'exemple des temps de réglage, de surstock, etc.

Mots clés: Lean Manufacturing, VSM, SMED, Heijunka.

Abstract

In a competitive market reinforced by globalization of trade, product diversification, and shorter product life cycles, a company must remain vigilant in its evolution. The purpose of this work is to analyze the company's flows and identify existing wastes, in order to organize and optimize them, to achieve the most efficient operating result while respecting various constraints that may exist.

To do this, a diagnostic is conducted on the logistics chain of the SATEREX company, using the Value Stream Mapping method and Lean techniques, in order to optimize existing waste, such as setup times, excess inventory, etc.

Keywords: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping (VSM), SMED, Heijunka.