

Année Universitaire : 2021-2022



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Optimisation du processus VCC OBC par la
« Value Stream Mapping »

Lieu : Lear Corporation

Référence : 5/22-MGI

Présenté par:

RADDAF Nouhaila

Soutenu le 18 Juillet 2022 devant le jury composé de:

- Mr. TAHRI Driss (encadrant)
- Mr. EN-NADI Abdelali (examineur)
- Mr. KABBAJ Hassane (examineur)
- Mr. MZIRDA Mohammed (encadrant société)

Stage effectué à : Lear Corporation – Rabat



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom : RADDAF Nouhaila

Année Universitaire : 2021/2022

Titre: Optimisation du processus VCC OBC par la « Value Stream Mapping ».

Résumé

Il est impératif dans le domaine industriel, notamment dans le secteur automobile, d'intégrer le concept « Lean Manufacturing » dans les systèmes de gestion, en vue d'optimiser voire éliminer toute sorte de gaspillage. Dans cette perspective, ce projet de fin d'études, réalisé au sein de la société « Lear Rabat », a comme principal objectif l'optimisation du processus de production « VCC OBC » en utilisant la méthodologie de la cartographie de la chaîne de valeur, communément appelée « VSM _Value Stream Mapping ». A travers ce rapport, nous présentons, dans un premier lieu le contexte général de ce projet. Par la suite, nous expliquons la méthode VSM, s'inscrivant dans le cadre de Lean Manufacturing. Après, nous schématisons la chaîne de valeur du processus de production de l'OBC, dans son état actuel en vue de l'analyser pour identifier toute sorte de gaspillage. Enfin, nous proposons des actions d'amélioration afin d'optimiser la productivité du processus concerné.

Mots clés: Optimisation, Lean Manufacturing, VSM, Heijunka, WIP, Kanban.

Abstract

It is essential in the industrial field, especially in the automotive sector, to integrate the concept of "Lean Manufacturing" in the management systems, in order to optimize or even eliminate any kind of waste. In this perspective, this end of studies project, carried out within the company "Lear Rabat", has as main objective the optimization of the production process "VCC OBC" using the methodology of the value chain mapping, commonly called "VSM _Value Stream Mapping". Through this report, we present, first of all, the general context of this project. Then, we explain the VSM method, which is part of the Lean Manufacturing framework. Then, we schematize the value chain of the production process of the OBC, in its current state in order to analyze it to identify any kind of waste. Finally, we propose improvement actions in order to optimize the productivity of the concerned process.

Key words: Optimization, Lean Manufacturing , VSM, Heijunka, WIP, Kanban.

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0) 35 60 29 53 Fax : 212 (0) 35 60 82 14

Remerciements

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, je profite de l'occasion pour exprimer ma gratitude et mes vifs remerciements à toute personne ayant contribué au succès de mon stage, de près ou de loin.

Je tiens à remercier dans un premier temps mes professeurs, ainsi que tout le corps professoral et administratif de mon université, auxquels je tiens à rendre hommage pour leurs efforts prodigieux.

Je présente également mes sincères remerciements à mon encadrant **Monsieur TAHRI Driss** à la faculté des sciences et techniques de Fès, pour son orientation pédagogique professionnelle, et son suivi précis de toutes les étapes de ce projet.

Au niveau de la société du stage, je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute mon reconnaissance aux personnes ci-après, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt, qu'elles m'ont fait vivre durant les quatre mois au sein de Lear Corporation :

Monsieur MZIRDA Mohamed : Manager de test, pour son encadrement au sein de la société, ses orientations, ses conseils et ses précieuses recommandations tout au long de la période du stage.

Monsieur HANICH Reda : responsable d'Amélioration continue, pour son intérêt, ses profondes explications, ses conseils et son encouragement.

Je remercie tous les messieurs et les dames pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle durant ce stage.

Dédicaces

A mes chers parents

Pour avoir sacrifié vos vies afin de donner un meilleur goût à la mienne. Pour votre amour, votre affection, vos prières et vos conseils. Que ce travail soit le fruit de tous vos efforts et vos sacrifices.

Acceptez-le comme témoignage de l'estime et le grand respect que j'éprouve pour vous.

Dieu seul capable de vous récompenser pour tout ce que vous avez fait pour nous.

A ma sœur et mes frères

Symbole de fraternité, de soutien et d'encouragement en témoignage de mon profond respect et affection.

A ma famille

Pour l'amour, la confiance et le respect que vous m'avez toujours octroyé.

A mes amis et connaissances

Pour le soutien moral, les encouragements dont vous avez fait preuve.



Liste des abréviations

- **AOI** = Automated Optical Inspection
- **CT**= Cycle Time
- **DMAIC**= Définir-Mesurer-Analyser-Innover-Contrôler.
- **EDI**= Échange de Données Informatisé
- **EOL**= End Of Line.
- **FKT** = Function Test.
- **ICT**= In Circuit Test.
- **OBC**= On Board Charger.
- **OEE**= Overall Equipement Efficiency.
- **PCB**= Printed Circuit Board.
- **SMT**= Surface-Mount Technology.
- **THT**= Through-Hole Technologie.
- **TT**= Takt Time
- **VCC**= Versatility Concept Car.
- **VSM**= Value Stream Mapping.
- **WIP**=Work In Progress.

Liste des figures

Figure 1 : Sièges d'automobile.....	2	
Figure 2 : Composants de l'alimentation électronique.....	3	
Figure 3 : Organigramme de Lear Rabat.....	4	
Figure 4 : Architecture de LEAR Rabat.....	5	
Figure 5 : Emplacement de la matière première	Figure 6 : Emplacement des produits finis.....	6
Figure 7 : Maison de lean Manufacturing.....	8	
Figure 8 : Diagramme bête à corne.....	10	
Figure 9 : Emplacement de l'OBC dans la voiture électrique.....	11	
Figure 10 : Nomenclature du produit OBC.....	12	
Figure 11 : Zone SMT du projet OBC.....	12	
Figure 12 : Zone POWER du projet OBC.....	13	
Figure 14 : Chaîne de création de valeur d'un produit.....	15	
Figure 15 : Types de flux.....	16	
Figure 16 : Symboles VSM.....	16	
Figure 17 : Etapes de la VSM.....	17	
Figure 18 : Cycle time.....	18	
Figure 19 : Lead time.....	18	
Figure 20 : TVA et TNVA.....	18	
Figure 21 : Change over.....	18	
Figure 22 : Calculateur de TT.....	21	
Figure 23 : Processus de production de l'OBC.....	22	
Figure 24 : Comparaison CT et TT.....	31	
Figure 25 : Différents types de Lead time.....	32	
Figure 26 : Lead Time production.....	32	
Figure 27 : Production lissée et non lissée.....	35	
Figure 28 : Différence de temps de livraison OBC entre un lot de 3000 et 600 PCBs.....	36	
Figure 29 : Flux tiré et poussé.....	40	
Figure 30 : Système Kanban.....	41	
Figure 31 : Circulation de l'étiquette Kanban.....	42	
Figure 32 : Exemple de l'étiquette Kanban de la carte « control ».....	45	
Figure 33 : Heijunka box sous catia.....	45	
Figure 34 : Circulation de l'étiquette Kanban avec le Heijunka box.....	46	

Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche technique de Lear Rabat	4
Tableau 2 : Fournisseurs de LEAR Rabat.....	4
Tableau 3 : Quelques produits fabriqués par Lear et leurs fonctionnalités	7
Tableau 4 : Charte du projet	9
Tableau 5 : Méthode QQQQCP	10
Tableau 6 : Diagramme de GANTT.....	11
Tableau 7 : Diagramme SIPOC.....	14
Tableau 8 : Demande client.....	20
Tableau 9 : Cycle time des opérations face bottom.....	22
Tableau 10 : Cycle time des opérations face top	22
Tableau 11 : Synthèse des cycles time par face et par pièce	23
Tableau 12 : Synthèse des cycles time par face pour 600 pièces	23
Tableau 13 : Cycle time des opérations de pré-assemblage	23
Tableau 14 : Cycle time des opérations d'assemblage	24
Tableau 15 : Cycle time des opérations d'EOL.....	24
Tableau 16 : CT des postes goulots.....	25
Tableau 17 : Temps de début et de fin de production par poste pour lot 1	26
Tableau 18 : Différences de lot	26
Tableau 19 : Résultat de la WIP théorique.....	27
Tableau 20 : Valeur théorique du stock de sécurité	27
Tableau 21 : Valeur réelle du stock de sécurité.....	28
Tableau 22 : Valeurs de la WIP réelle pour le lot 1	28
Tableau 23 : Valeur maximale de la WIP de chaque PCB	29
Tableau 24 : Valeur maximale de la WIP de la combinaison des PCBs	29
Tableau 25 : Tableau de la WIP actuelle.....	30
Tableau 26 : Planification par lots de 600 pièces	36
Tableau 27 : Décalage de l'heure de départ de la production	37
Tableau 28 : Valeur maximale de la WIP future de chaque PCB	37
Tableau 29 : Valeur maximale de la WIP future de la combinaison des PCBs.....	37
Tableau 30 : Gains et pertes en termes de WIP.....	38
Tableau 31 : Planification de la production par shift	39
Tableau 32 : Nombre de Kanban.....	43
Tableau 33 : Tableau de gestion Kanban	44
Tableau 34 : Gains et pertes en termes de racks.....	47
Tableau 35 : Valeur de racks et de surface nécessaires.....	48

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I :.....	1
PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL ET CONTEXTEGENERAL DU PROJET	1
I. Introduction :.....	2
II. Présentation de l'organisme d'accueil :.....	2
1. Présentation de l'entreprise :	2
1.1. Lear Corporation à l'échelle mondiale :	2
1.1.1. Présentation :	2
1.1.2. Activités principales de LEAR :.....	2
1.2. Lear Corporation – Technopolis Rabat :	3
1.2.1. Présentation :	3
1.2.2. Fiche technique :	3
1.2.3. Organigramme :.....	4
1.2.4. Fournisseurs de Lear Rabat :	4
1.2.5. Clients de Lear Rabat	4
2. Présentation des zones de l'usine :.....	5
2.1. Zone de production :	5
2.2. Zone de magasin :	5
2.3. Zone de « Rework » :.....	6
3. Présentation des produits finis :	6
III. Démarche suivie pour le traitement du sujet du stage :	7
1. Démarche DMAIC :.....	7
2. Concept du Lean Manufacturing :.....	8
IV. Contexte général du projet :.....	8
1. Charte du projet :.....	8
2. Problématique du projet :.....	9
3. Méthode QQQQCP :.....	9
4. Objectif du projet :.....	10
5. Planification du projet :.....	10
V. Conclusion :	11
CHAPITRE II :.....	10
PRESENTATION DU PROCESSUS VCC OBC ET DE LA METHODE VSM	10
I. Introduction :.....	11
II. Présentation du processus VCC OBC :	11
1. Description et fonctionnalités du produit OBC :	11
2. Nomenclature du produit OBC :	12
3. Emplacement des lignes OBC dans l'usine :.....	12

4.	Présentation des machines du projet OBC :	12
5.	Diagramme SIPOC :	13
III.	Présentation de la VSM :	15
1.	Notion de valeur ajoutée et de non-valeur ajoutée :	15
2.	Définition et objectif de la VSM :	15
3.	Etapes du VSM :	17
4.	Types de temps :	17
IV.	Conclusion :	19
CHAPITRE III :		20
<i>ETABLISSEMENT DE LA VSM ACTUELLE ET SON ANALYSE</i>		20
I.	Introduction :	20
II.	Établissement de la VSM actuelle :	20
1.	Demande client :	20
2.	Collecte des données :	20
2.1.	Calcul de « Takt Time » :	20
2.2.	Calcul de « cycle time » :	21
2.3.	Analyse des Flowcharts :	24
2.4.	Calcul de la WIP :	24
2.4.1.	Spécification du nombre de PCB par lot et par type:.....	24
2.4.2.	Calcul de la WIP de l'état actuel :	25
3.	Cartographie de l'état actuel (VSM actuelle) :	30
III.	Analyse de la VSM actuelle :	31
1.	Comparaison des CT et du TT :	31
2.	Analyse du Lead Time :	32
3.	Autres anomalies soulevées :	33
IV.	Conclusion :	33
CHAPITRE IV :		34
<i>ETABLISSEMENT DE LA VSM FUTURE ET MISE EN ŒUVRE DU PLAN D' ACTIONS ...</i>		34
I.	Introduction :	34
II.	Établissement de la VSM future :	34
III.	Elaboration du plan d'actions :	34
1.	Plan d'actions :	34
2.	Mise en œuvre du plan d'actions :	34
2.1.	Lissage de la production :	34
2.2.	Calcul optimal de la WIP :	36
2.3.	Planification de la production par shift :	38
2.4.	Utilisation du flux tiré :	39
2.4.1.	Flux tiré et flux poussé :	39
2.4.2.	Système Kanban :	40
2.4.2.1.	Généralités sur le système Kanban :	40
2.4.2.2.	Fonctionnement du système Kanban :	41
2.4.2.3.	Mise en place d'un système Kanban :	42
2.4.2.4.	Application du kanban	43



2.4.3.	Lien entre le Heijunka et le Kanban :	45
IV.	Estimation des gains :	46
V.	Conclusion :	48
CONCLUSION GENERALE		49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		
ANNEXES		

Introduction générale

Pour résister dans un univers hautement concurrentiel, les entreprises ne cessent de consacrer des efforts importants pour l'amélioration et l'optimisation de leurs systèmes de production, afin d'offrir un meilleur service au moindre coût et garantir leur pérennité face à la concurrence mondiale qui ne cesse de s'intensifier. Les entreprises du secteur automobile à leur tour, confrontées à une clientèle toujours plus exigeante, notamment, en termes de qualité et délais de livraison, se sont trouvées dans l'obligation d'optimiser leurs systèmes de production et de mieux gérer leurs ressources humaines et matérielles.

Dans ce contexte, et pour réduire les coûts de production, ces entreprises sont tenues d'investir dans des études visant l'optimisation, voire l'élimination de toute forme de gaspillage. Cette optimisation a pour objectif d'acquérir une meilleure compétitivité sur les marchés et une meilleure flexibilité garante de leur adaptation aux changements futurs.

A ce titre, et étant très consciente de la nécessité d'améliorer sans cesse ses divers processus de production, la société « Lear Rabat », fournisseur international des cartes électroniques automobiles, s'est engagée dans une politique ayant pour objectif l'élimination des gaspillages.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études, qui concerne l'optimisation du processus de production du chargeur embarqué « OBC » de la voiture électrique de la marque « Volvo », en se basant sur la méthode « VSM » (cartographie de la chaîne de valeur).

Le présent rapport est constitué de quatre chapitres qui présenteront l'intégralité des aspects théoriques et pratiques en relation avec ce stage, à l'aide de la démarche DMAIC.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'organisme d'accueil, sa structure et son domaine d'activité, ainsi que la présentation du contexte général du projet.

Le deuxième chapitre est dédié à la présentation du processus traité « VCC OBC » et de la méthode VSM.

Au troisième chapitre nous présenterons la VSM de l'état actuel et son analyse.

Le quatrième chapitre est consacré à l'établissement de la VSM de l'état futur et du plan d'actions pour l'amélioration de la production du projet OBC.

Nous terminons le manuscrit par une conclusion générale et perspective.



Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil et contexte général du projet

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'entreprise Lear Corporation, ses activités, sa structure organisationnelle, son domaine d'activité. Aussi, nous allons présenter le contexte général du projet.

II. Présentation de l'organisme d'accueil :

1. Présentation de l'entreprise :

1.1. Lear Corporation à l'échelle mondiale :

1.1.1. Présentation :

Lear Corporation est une société américaine spécialisée dans la fabrication et la distribution d'équipements intérieurs automobiles, elle a été fondée en 1917. La société compte 257 unités de production dans 38 pays, employant environ 160 000 personnes et ayant un chiffre d'affaires de 20 milliards USD. Son siège est situé à Southfield au Michigan, États-Unis d'Amérique.

Lear est un leader mondial de la technologie automobile dans la fabrication des sièges et des systèmes de gestion de l'alimentation électronique.[1]

1.1.2. Activités principales de LEAR :

Comme sus indiqué, la société Lear est spécialisée dans les activités ci-après :

- Les systèmes des sièges **SEATING** : la fonction de cette dernière est de fabriquer des systèmes complets de sièges destinés aux automobiles (figure 1). Les sièges sont donc adaptés aux différents types de véhicules, à la sécurité, au confort et aux exigences et facteurs économiques du client. Lear est parmi les deux seuls fournisseurs des sièges indépendants au monde, dû à sa capacité de concevoir, innover, produire, et livrer les systèmes des sièges complets adaptés à chaque région de production d'automobile à l'échelle mondiale.



Figure 1 : Sièges d'automobile

- Les systèmes de gestion d'alimentation électronique (EPMS) **E-SYSTEMS** : cette activité consiste à fabriquer les systèmes de distribution électrique et ses composants connexes, comme les connecteurs, les boîtes de jonctions à puces et les chargeurs de batterie. La figure ci-dessous donne une vue d'ensemble de ces composants y compris des capacités sans fil qui gèrent à la fois l'alimentation électrique et des signaux sans fil dans tout le véhicule, ainsi que des connexions et des communications externes.



Figure 2 : Composants de l'alimentation électronique

1.2.Lear Corporation – Technopolis Rabat :

1.2.1. Présentation :

Lear exploite cinq sites au Maroc, les deux premiers sont situés à Tanger, dont la spécialité est la production des systèmes de câblage électrique et des sièges automobiles, le troisième et le quatrième site se trouvent respectivement à Kenitra et à Meknès, où sont fabriqués les systèmes de câblage. Le cinquième site « Lear Rabat- Technopolis » spécialisé dans la production des EPMS, fournit des gammes de systèmes de distribution d'énergie intelligentes (Smart Junction Boxes) appelés boîtes de jonction, qui gèrent la distribution d'énergie et contrôlent les différentes fonctionnalités électroniques et électriques.

1.2.2. Fiche technique :

Le tableau n°1 présente la fiche technique de la société Lear Rabat :

Nom	Lear Corporation Automotive Electronics
Forme juridique	S.A.S : Société par Action Simplifiée
Pays d'origine	Etats-Unis
Date de création	18 Mai 2011
Chiffre d'affaires	250.000.000 €
Siège sociale	Parc Technopolis, Rocade Rabat Sala El-Jadida-Salé
Activités	Fabrication et assemblage des cartes électroniques d'automobiles & fabrication de chargeur de la voiture électrique Mercedes
Effectifs	1000 personnes (700 ouvriers et 280 entre les cadres et les techniciens)
Superficie du site	14340 m ²
Principaux clients	BMW, Renault, Daimler, Jaguar, Volvo
Tél/site Web	0537839700 / www.lear.com
Certification	ISO TS 16949 et ISO 14001

Tableau 1: Fiche technique de Lear Rabat

1.2.3. Organigramme :

Un des points forts de la société Lear Corporation est sa souplesse d'organisation. A ce titre, et pour répondre au mieux à toute demande, Lear met en place, pour chaque client, une ou plusieurs lignes de production, auxquelles correspond une organisation en termes de gestion, industrialisation, ingénierie, maintenance, logistique et qualité.

Lear Rabat est organisée en plusieurs départements comme l'indique la figure n° 3:

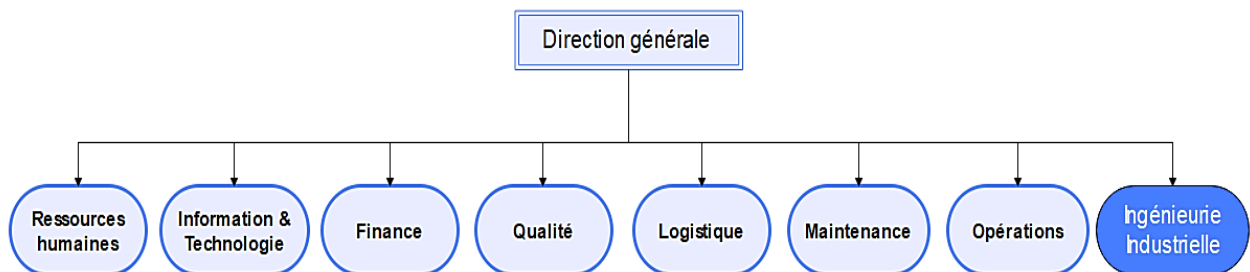


Figure 3 : Organigramme de Lear Rabat

1.2.4. Fournisseurs de Lear Rabat :

Le tableau ci-après, liste certains fournisseurs de Lear Rabat avec leur localisation :

Nom du fournisseur	Localisation
CHIN POON INDUSTRIAL CO.LTD	Europe, Asie, Amérique
MURATA ELECTRONICS	Europe, Asie, Amérique
KOA EUROPE GMBH	Europe
INFINEON TECHNOLOGIES AG	Europe
TEKNIA	Europe
TE CONNECTIVITY	Europe, Asie, Amérique, Afrique

Tableau 2 : Fournisseurs de LEAR Rabat

1.2.5. Clients de Lear Rabat

Parmi les clients de Lear Rabat, on compte les constructeurs automobiles de grand calibre tels que : Jaguar, BMW, Mercedes, FORD, Renault, Volvo, Mini Cooper, Land Rover, Nissan, etc.

2. Présentation des zones de l'usine :

L'atelier de Lear se compose de deux zones de production (SMT et Power), d'une zone magasin et d'une zone de retouches appelée « Rework », la figure n°4, présente l'architecture de l'usine :

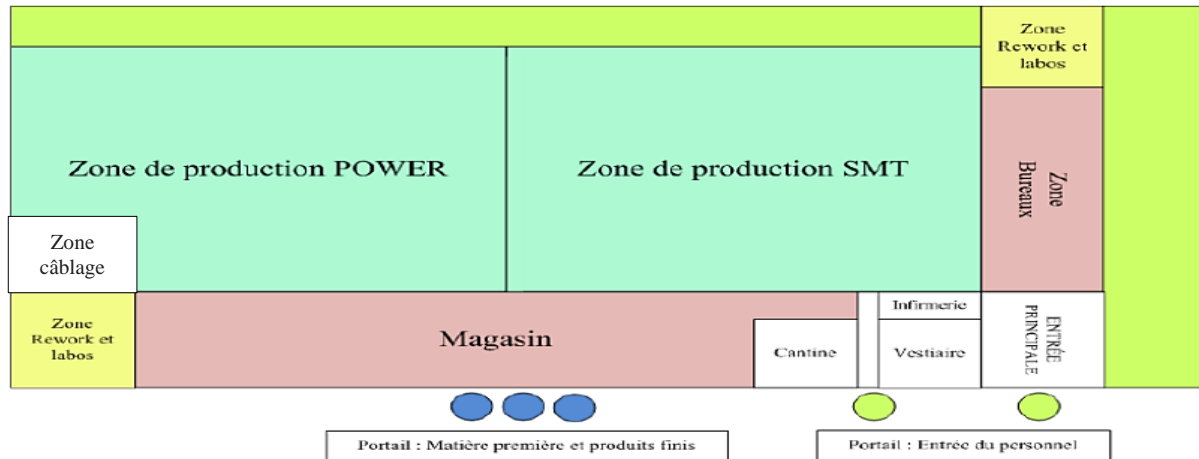


Figure 4 : Architecture de LEAR Rabat

2.1. Zone de production :

➔ Zone de fabrication des cartes électroniques :

L'usine Lear contient deux zones de production, où sont installées 18 lignes de production :

- La première zone est appelée **SMT** ; Les opérations SMT consistent à insérer les composants électroniques de petite, moyenne et grande taille.
- La deuxième zone est la zone **POWER** ; Les opérations Power consistent à insérer les composants THT qui sont des composants métalliques (les terminaux) qui nécessitent une force mécanique pour les insérer, et consiste aussi à assembler les PCBs fabriqués dans la zone SMT. Cette zone est consacrée aussi au test des cartes (test AOI, ICT, FKT, X-Ray, ...).

➔ Zone de câblage :

Une nouvelle zone de câblage « Wiring area », pour la fabrication des chargeurs des voitures électriques de la marque Mercedes, a été récemment aménagée au niveau de l'usine.

2.2. Zone de magasin :

Le Magasin est principalement constitué d'une zone de réception des matières premières, zone d'exportation des produits finis, zone de stockage, et magasin des consommables. La figure n°5 et n°6 présente respectivement l'emplacement de la matière première et l'emplacement des produits finis.



Figure 5 : Emplacement de la matière première *Figure 6 : Emplacement des produits finis*

2.3. Zone de « Rework » :

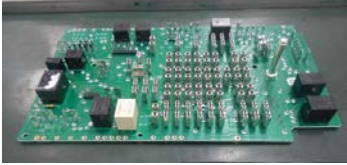

La Zone de retouches ou REWORK permet l'analyse des pièces défectueuses (analyse fonctionnelle de la partie matérielle, l'analyse et le formatage de la partie logicielle et la réparation des circuits et des composants électroniques), afin de détecter la source de l'anomalie.

Deux cas de figure sont possibles :

- ♣ Les pièces subissent un mode de traitement avec succès et sont prêtes pour l'utilisation.
- ♣ Pièces réparées mais présentent toujours une non-conformité majeure = SCRAP.

3. Présentation des produits finis :

Lear Rabat fabrique plusieurs produits, chacun contient une fonctionnalité bien définie. Le tableau n°3 présente quelques produits avec leurs fonctionnalités :

Produits	Description	Clients
PL3	Il s'agit d'une « Smart Junction Box » qui intègre plusieurs fonctionnalité (Verrouillage centralisé des portes, Détecteur de bruit et de lumière, Capteur de carburant, ...) 	BMW, Mini Cooper
MQB/JLR	Le produit est une passerelle avec trois différentes variantes, ses principales fonctionnalités : Fonction de passerelle / nœuds de connexion. 	Volkswagen, Jaguar, Land Rover
STAR2	Cette carte assure la distribution de l'alimentation et la protection des cartes électroniques, elle est utilisée aussi pour la protection des services situés dans le moteur du véhicule.	Mercedes



		
X10	<p>La principale fonctionnalité de cette carte est le chargement des batteries pour la voiture électrique.</p> 	Renault

Tableau 3 : Quelques produits fabriqués par Lear et leurs fonctionnalités

III. Démarche suivie pour le traitement du sujet du stage :

1. Démarche DMAIC :

Pour bien comprendre le besoin de l'organisme d'accueil et pouvoir décortiquer et traiter le sujet de stage proposé, une démarche DMAIC [7] a été suivie.

Le DMAIC est une méthode de résolution de problèmes qui se base sur une analyse de la situation en 5 étapes, à l'aide d'un ensemble d'outils :

- **Définir** (*Define en anglais*)

Cette étape consiste à déterminer les informations et données qui caractérisent, qualifient et quantifient le processus, à quels clients et pour quels besoins. (Voir les données de la partie « contexte général du projet » du présent chapitre et le chapitre II).

- **Mesurer** (*Measure*)

Il s'agit de mesurer les entrées et sorties clés du processus, définir les performances de base et les objectifs de performance et déterminer où sont les opportunités d'actions. (Voir les données de la partie « établissement de la VSM actuelle » du chapitre III).

- **Analyser** (*Analyse*)

Cette étape consiste à déterminer les composantes de la variation et leur importance relative. (Voir les données de la partie « analyse de la VSM actuelle » du chapitre III).

- **Innover** ou améliorer (*Improve*)

Il s'agit de déterminer à partir des conclusions les solutions à déployer pour résoudre les causes racine. (Voir les données de la partie « établissement de la VSM future » du chapitre IV).

On établira la VSM future et mise en œuvre du plan d'actions.

- **Contrôler** ou maîtriser (*control*)

Cette étape consiste à mesurer les progrès et pérenniser les améliorations apportées. (Voir les données de la partie « estimation des gains » du chapitre IV).

Compte tenu de ce qui précède, la démarche DMAIC nous a permis d'identifier la problématique

du sujet de stage et de cibler ses causes afin de mettre en œuvre un plan d'actions d'amélioration.

2. Concept du Lean Manufacturing :

Pour pouvoir élaborer et mettre en œuvre le plan d'actions proposé à l'issue des calculs faits et analyses réalisées du processus de production OBC, le concept du Lean a été appliqué.

Le terme Lean sert à qualifier une méthode de gestion de la production qui se concentre sur la « gestion sans gaspillage », ou « gestion allégée » ou encore gestion « au plus juste ».

Lean Manufacturing repose sur deux piliers qui constituent la Maison Lean Manufacturing :

→ Approche réduction des Mudras (Objectif 1 : éliminer les stocks)

- **Just in Time** : une optimisation des flux de travaux en just-à-temps (JIT) afin de faire ce qui est nécessaire au moment où c'est réellement nécessaire.
- **TAKT Time** : définir le rythme de production qui est nécessaire pour produire exactement le nécessaire pour les clients.
- **Heijunka** : définir le bon rythme pour bien lisser les productions. Cela évite de surcharger le travail humain.

→ Approche Kaizen (Objectif 2 : éliminer la récurrence)

- **Jidoka**: remédier aux dysfonctionnements le plus tôt possible pour éviter que les problèmes ne perdurent et se propagent.
- **Séparation homme/machine** : avec l'automatisation des tâches répétitives, il est fortement conseillé de séparer ces tâches à l'intervention humaine.
- **Ateliers standard** : objectif de standardiser au maximum pour limiter les actions distinctes et trop nombreuses.

Ces deux approches sont représentées sur la figure suivante :



Figure 7 : Maison de lean Manufacturing

Dans notre projet, on s'intéresse au premier pilier « réduction des Mudras » en utilisant le JAT (kanban), Heijunka, et la production au TT.

IV. Contexte général du projet :

1. Charte du projet :

Dans ce projet, plusieurs acteurs interviennent, le tableau n°4 présente la charte du projet OBC :

Nom du projet	Maitre d'ouvrage	Durée	
Optimisation du processus VCC OBC par la VSM	Société Lear Corporation-Rabat	Début	08 Février 2022
		Fin	20 Juin 2022
Membre du projet		Mlle. RADDAF Nouhaila	
Encadrant du projet		Mr. MZIRDA Mohammed	
Encadrant pédagogique		Mr. TAHRI Driss	
Contexte pédagogique			
S'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'étude qui permet de compléter et mettre en œuvre le savoir acquis durant les deux années de formation en Master des sciences et techniques option Génie Industriel à la FST Fès			
Champs du projet			
Zone SMT et POWER			

Tableau 4 : Charte du projet

2. Problématique du projet :

Le département « ingénierie industrielle » au sein de Lear Rabat déploie tous ses efforts pour que la production des cartes électroniques soit au moindre coût dans le respect des plannings, des cahiers des charges et des règles de sécurité et aussi pour offrir une flexibilité suffisante pour répondre aux fluctuations de la demande.

Les temps à non valeurs ajoutées représentent une grande partie du processus de production et sont considérés comme des gaspillages évidents appelés dans le concept Lean : MUDA.

Ce projet consiste à identifier ces gaspillages, et de les éliminer par la création d'un flux tiré, par la planification de la production mixte, et par la diminution de la WIP et par conséquent l'optimisation des temps à non valeurs ajoutées.

3. Méthode QOOQCP :

Pour décrire d'une manière claire et structurée notre problématique, nous avons utilisé l'outil QOOQCP, c'est un outil qualité très efficace pour cerner de la manière la plus complète possible un problème, une cause, une situation donnée. Son nom vient des questions auxquelles on doit répondre :

Quoi ?	De Quoi s'agit-il ?
Nom du projet	VCC OBC
Nom du véhicule	Voiture électrique de la marque Volvo
Qui ?	Qui est concerné par le problème ?
Département	Industrial engineering
Où ?	Où cela se produit-il ?
Lignes	Ligne 17 et 18
Zones	SMT et Power
Quand ?	Quand le problème est apparu ?
Temps	Avant le lancement du projet
Comment ?	Comment a-t-on détecté le problème ?
Méthodes utilisées	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse détaillée des données actuelles - Application des outils de Lean Manufacturing (VSM) - Etablissement d'une VSM et faire une étude approfondie sur son état actuel - Analyse des résultats - Apport des solutions adéquates
Pourquoi ?	Pourquoi résoudre le problème ?
Objectif du projet	Optimisation du processus VCC OBC

Tableau 5 : Méthode OOOOCP

4. Objectif du projet :

Le diagramme « bête à corne » (voir figure ci-après), détaille l'objectif du présent, qui consiste à analyser la situation actuelle de la production des cartes électroniques de l'OBC au sein de la société afin de proposer des solutions susceptibles de l'améliorer.

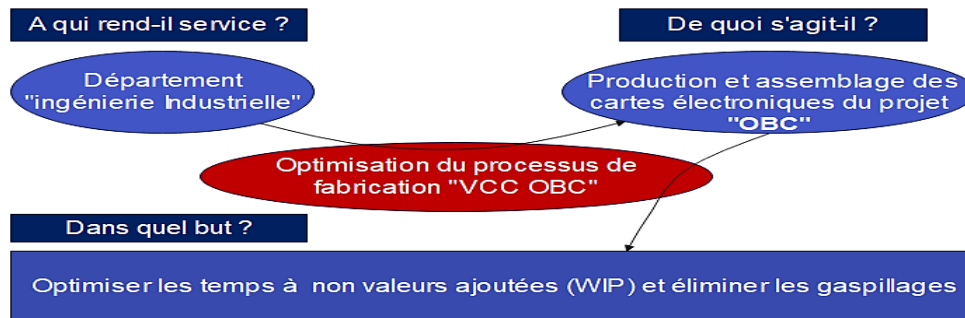


Figure 8 : Diagramme bête à corne

5. Planification du projet :

Avant de se pencher sur l'étude détaillée du sujet d'amélioration, une phase de planification est primordiale afin d'assurer la bonne conduite du projet (Tableau 6).

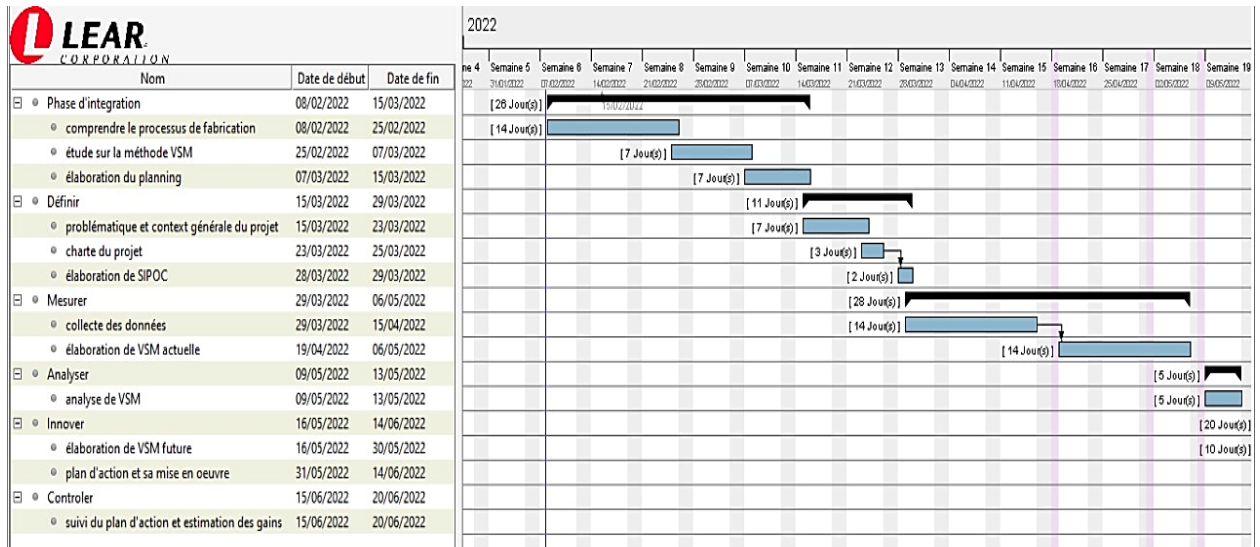


Tableau 6 : Diagramme de GANTT

V. Conclusion :

Au cours du chapitre premier, nous avons présenté l'organisme d'accueil et ses différentes activités, afin de donner une vue globale sur l'entreprise et introduire le sujet du stage ainsi que le service concerné.

Après, nous avons défini la problématique du projet et l'objectif à atteindre, ainsi que la démarche suivie pour le traitement de sujet.



Chapitre II :

Présentation du processus VCC OBC et de la méthode VSM

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord présenter le produit fini OBC et son processus de production, puis nous allons présenter la méthode VSM utilisée.

II. Présentation du processus VCC OBC :

1. Description et fonctionnalités du produit OBC :

Au cœur de tout véhicule électrique (EV) ou hybride rechargeable (HEV) se trouve la batterie à haute tension (200 à 450 VDC) et son système de charge associé. Le chargeur embarqué (OBC) permet de recharger la batterie à partir du secteur, soit à la maison, soit sur les prises des stations de recharge privées ou publiques. Qu'il s'agisse d'un convertisseur de haute puissance de sortie monophasé de 3,6 kW ou d'un convertisseur triphasé de 22 kW, les chargeurs embarqués (OBC) d'aujourd'hui doivent présenter une efficacité et une fiabilité maximales pour garantir des temps de charge rapides.

La recharge de la voiture électrique dépend de trois composants qui sont : une station de charge, un câble de charge et un chargeur embarqué.

Le courant électrique (courant alternatif (AC)), provenant de la prise de courant ou de la station de charge, passe par le câble de charge jusqu'au chargeur embarqué, qui convertit l'AC en courant continu (DC) amplifié (phase assurée par la carte PFC (Power factor controller ou correction)) et l'envoie à la batterie via le système de gestion de la batterie (BMS).

Le chargeur embarqué permet de contrôler le courant et la tension auxquels la batterie doit être chargée (mode de contrôle de la tension ou du courant), optimisant ainsi la durée de vie de la batterie.

La tension que ce chargeur embarqué peut accepter est de 110 à 260 V dans le cas d'une connexion à une seule phase et de 360 à 440 V dans le cas de l'utilisation de trois phases. La tension de sortie qui va à la batterie est de l'ordre de 450 à 850V. La figure ci-après indique l'emplacement de l'OBC dans la voiture électrique.

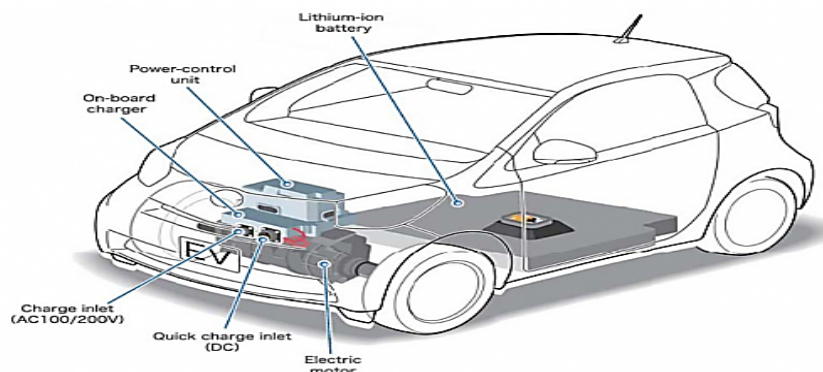


Figure 9 : Emplacement de l'OBC dans la voiture électrique

2. Nomenclature du produit OBC :

Lear Rabat est chargé de fabriquer le produit OBC de la marque Volvo sous le nom du projet VCC OBC, ce produit se compose de 6 sous-produits (6 cartes électroniques, chaque carte sera appelée par la suite « PCB»), dont la nomenclature est présentée comme suit :

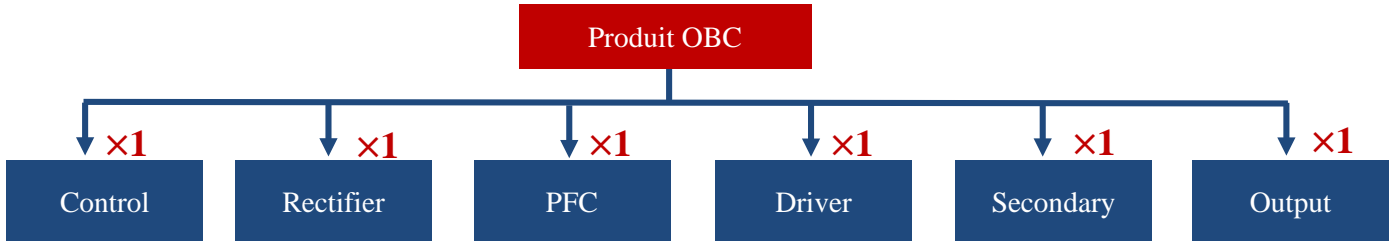


Figure 10 : Nomenclature du produit OBC

3. Emplacement des lignes OBC dans l'usine :

Les 6 PCBs se fabriquent dans 2 lignes de production au niveau de la zone SMT, dédiées à l'insertion des composants électroniques dans les PCBs vierges. Après, elles passent à la deuxième zone d'usine POWER pour des opérations de pré-assemblage, assemblage et test.

Pour une vision plus claire du flux de production de la ligne VCC OBC, l'annexe n°1 montre l'emplacement des différents postes de travail et leur organisation dans la ligne.

4. Présentation des machines du projet OBC :

Le projet OBC a nécessité l'installation de deux nouvelles lignes de production au niveau des deux zones de l'usine (ligne n° 17 et 18) :

- Dans la première zone « SMT » et comme sus indiqué, les 2 lignes sont dédiées à l'insertion des composants électroniques dans les PCBs vierges les deux faces ; « bottom » et « top » qui sont présentés comme suit :

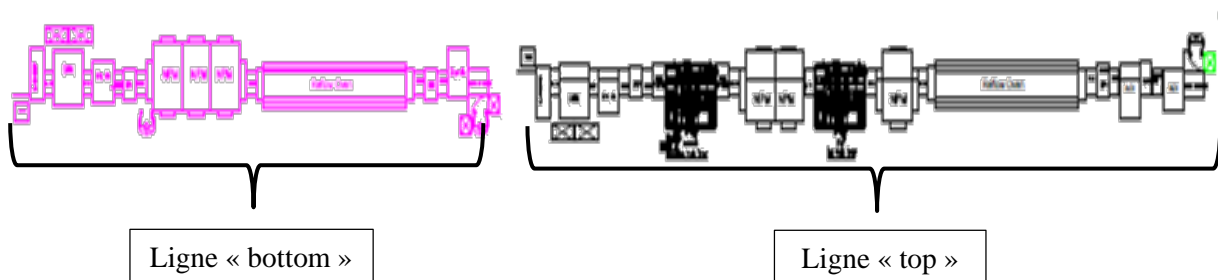


Figure 11 : Zone SMT du projet OBC

- Dans la deuxième zone « Power » se trouve des machines indépendantes pour le pré-assemblage, une ligne dupliquée d'assemblage et une ligne d'EOL pour le test, elles sont présentées comme suit :

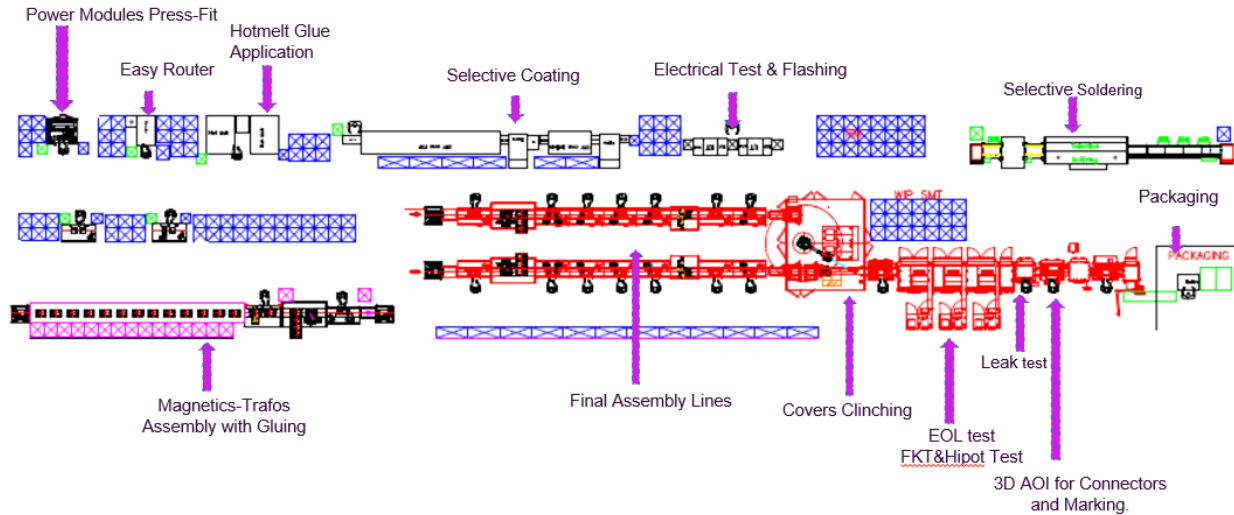


Figure 12 : Zone POWER du projet OBC

La présentation détaillée de chaque machine du processus VCC OBC pour les deux zones se trouve en annexe n°2.

5. Diagramme SIPOC :

Pour comprendre le flux de production du projet OBC au sein de Lear, nous avons proposé le diagramme de SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers) qui est une cartographie du processus qui décrit le flux depuis les fournisseurs jusqu'aux clients. La figure suivante présente le flux du processus de fabrication des OBC du nouveau projet VCC OBC :

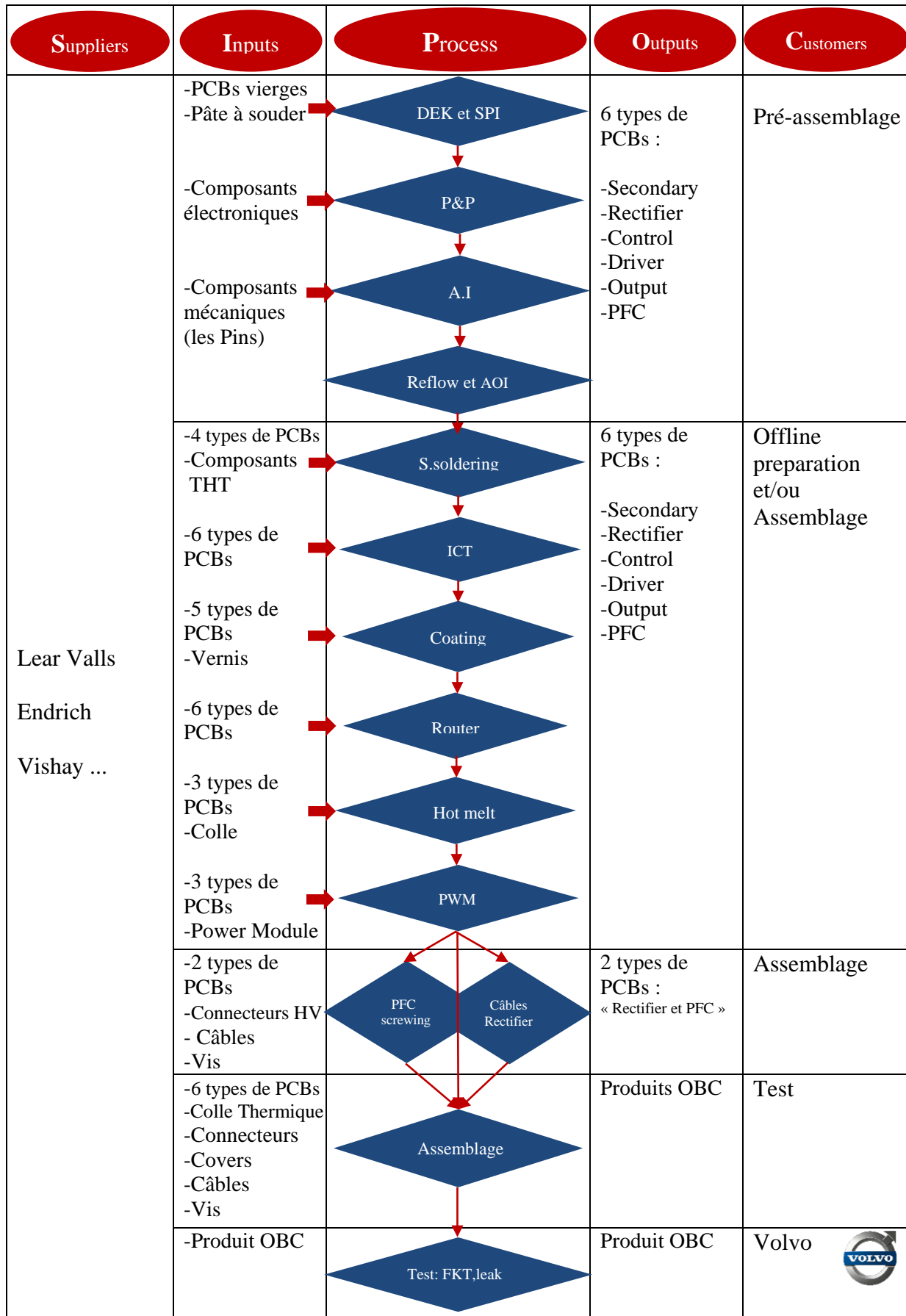


Tableau 7 : Diagramme SIPOC

III. Présentation de la VSM :

1. Notion de valeur ajoutée et de non-valeur ajoutée :

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 correspond à toute activité qui augmente la valeur 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.

La VSM : Value Stream Mapping [1] est donc l'outil qui va permettre de recenser visuellement et en groupe, l'ensemble des activités à valeur ajoutée (VA) et à non-valeur ajoutée (NVA), nécessaires à la production.

La figure suivante schématise la chaîne de création de valeur d'un produit :

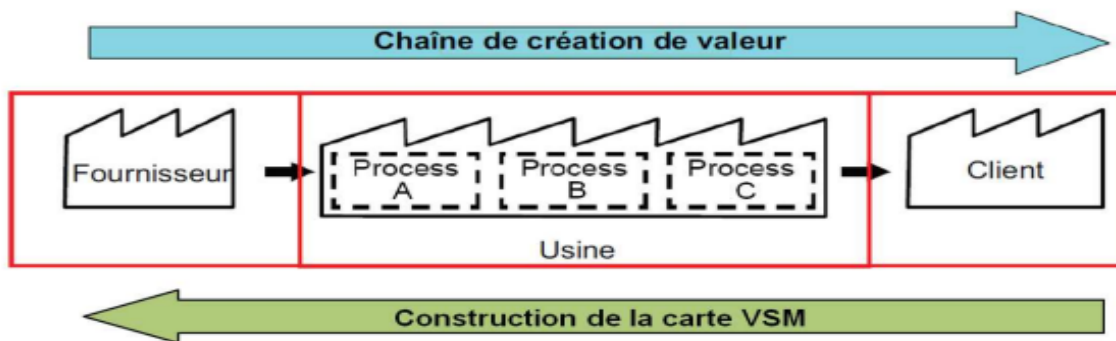


Figure 13 : Chaîne de création de valeur d'un produit

2. Définition et objectif de la VSM :

La **VSM** ou Value Stream Mapping (cartographie des flux de valeur) est un outil clé dans une démarche Lean. La VSM permet de représenter graphiquement la chaîne de valeur d'une entreprise. C'est le meilleur moyen de pouvoir analyser et visualiser les différents flux des processus de l'entreprise que ce soit des flux physiques ou des flux d'informations. Il est facile de mettre en avant les tâches à valeur ajoutée et d'identifier les différents types de gaspillages. Cet outil va structurer et indiquer la direction à suivre par les entreprises pour atteindre un optimum global de la production.

L'objectif est de définir une cartographie de **l'état initial**, de la **critiquer** et de créer une **cartographie de l'état futur**.

La cartographie des flux de valeur se focalise sur deux types de flux pouvant être observés dans toutes les entreprises, comme indiqué sur la figure n°15 :

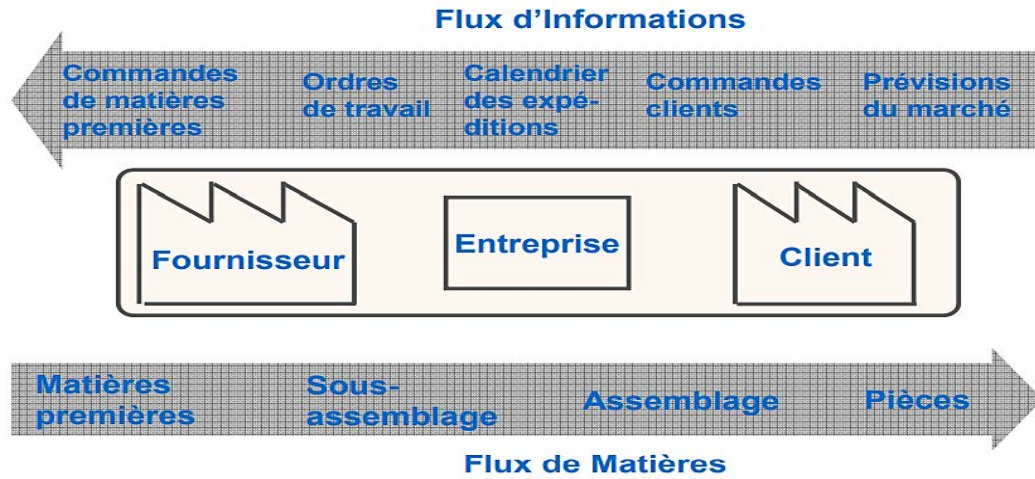


Figure 14 : Types de flux

La représentation visuelle exploite un référentiel de symboles pour représenter les différents éléments qui permettent de mettre en lumière ceux qui créent de la valeur et ceux au contraire, qui n'en apportent pas, afin d'étudier s'il est possible de les éliminer (figure 16).

Processus	
Flux physiques	
Flux d'information	
Général	

Figure 15 : Symboles VSM

L'analyse minutieuse de cette cartographie met, en effet, en lumière tous les dysfonctionnements du processus ou du produit. Elle permet de savoir précisément où concentrer les efforts afin de résoudre les problèmes et les retards, ceci afin d'optimiser la production. De plus, elle va

favoriser une action efficace sur la réduction des stocks, des en-cours et donc, réduire le Lead Time.

3. Etapes du VSM :

La démarche d'un projet VSM repose sur 4 étapes (figure 17) :

1. **Identification de la famille de produits à cartographier :** Il faut cibler le produit/processus le plus représentatif en termes de volume, et donc souvent en termes de chiffre d'affaires. On peut encore retenir une famille de produits/processus sur laquelle on rencontre le plus de dysfonctionnements.
2. **Cartographie de l'état actuel :** Etudier et comprendre la situation actuelle et l'organisation de l'usine en marchant le long des flux de matière et d'information.
3. **Cartographie de l'état futur :** Aussi appelée *Value Stream Design*. C'est la vision de la situation optimale, à partir des idées et des observations cumulées pendant les étapes précédentes, il devient possible d'imaginer une meilleure organisation et de la représenter.
4. **Mise en œuvre du plan d'actions :** Élaboration des plans d'actions nécessaires permettant de passer de l'état actuel à l'état futur.

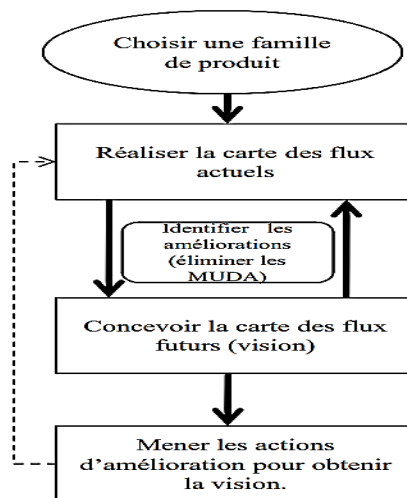


Figure 16 : Etapes de la VSM

4. Types de temps :

La mesure du temps est un élément clés de la production, on distingue :

Temps de cycle (Cycle Time CT) : est le temps nécessaire pour achever la production d'une unité du début à la fin (figure 18).

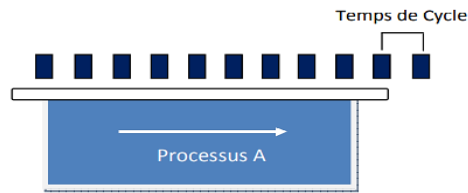


Figure 17 : Cycle time

Délai d'Exécution (Lead Time LT) : C'est le temps qu'il faut pour qu'une pièce parcourt un processus dans sa totalité depuis l'entrée des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis, comme l'illustre la figure suivante :

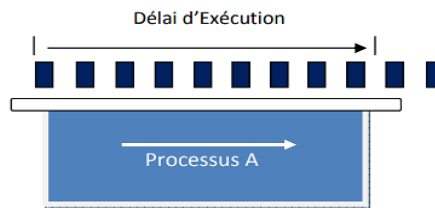


Figure 18 : Lead time

Temps de Valeur Ajoutée (TVA) et Temps de Non-Valeur Ajoutée (TNVA) : (voir le paragraphe de Notion de valeur ajoutée et de non-valeur ajoutée).

Ils se calculent en faisant la somme des temps dits « verts » (TVA), et des temps « rouges » (TNVA). Ces deux types de temps sont présentés dans la figure suivante :

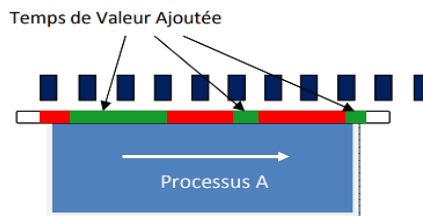


Figure 19 : TVA et TNVA

Temps de changement de série (Change Over Time CO) : Temps nécessaire entre la sortie du dernier produit type a et l'entrée du premier produit type b.

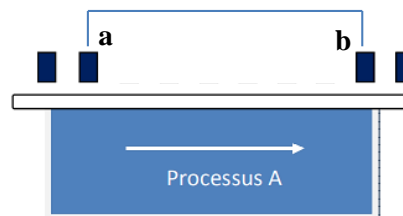


Figure 20 : Change over

IV. Conclusion :

L'objectif de ce chapitre était de présenter le processus de production concerné et le concept VSM. Cette méthodologie sera adoptée dans analyse de l'existant pour dégager les actions d'amélioration. Le chapitre suivant sera consacré à l'établissement de la VSM de l'état actuel et de son analyse.



Chapitre III :

Etablissement de la VSM actuelle et son analyse

I. Introduction :

L’analyse de la situation actuelle du processus VCC OBC à l’aide de la méthodologie de diagnostic VSM, consiste à l’étude des flux actuels de production. Ceci se fait grâce à une schématisation de la cartographie de valeur en se référant aux icônes standards présentées dans le chapitre précédent.

II. Établissement de la VSM actuelle :

1. Demande client :

Le client Volvo a formulé sa demande sous un « EDI forecast » via le système d’information QAD. Le tableau n°8 présente le nombre hebdomadaire d’OBC demandé entre Octobre 2022 et Février 2023.

2022												2023								
Oct				Nov				Dec				Jan				Feb				
WK40	WK41	WK42	WK43	WK44	WK45	WK46	WK47	WK48	WK49	WK50	WK51	WK52	WK1	WK2	WK3	WK4	WK5	WK6	WK7	WK8
53	83	105	122	136	147	213	255	286	311	388	439	479	700	800	1000	2000	3000	3000	3000	3000

Tableau 8 : Demande client

La demande client après la phase prototype (Oct 2022- Jan 2023) est 3000 pièces par semaine, avec un temps de travail de 5 jours par semaine (samedi et dimanche sont exclus), donc :

$$3000 \text{ p/sem} = 600 \text{ p/j}$$

Et le temps de travail par jour = 22h30min (24h-1h30min (pause de 3 shifts))

Donc la demande journalière est de 600 OBC (600 de chaque PCBs : 600 control, 600 rectifier, 600 PFC, 600 driver, 600 secondary, 600 output).

2. Collecte des données :

2.1. Calcul de « Takt Time » :

Le Takt Time est la cadence à laquelle doit être terminé un produit afin de répondre à la demande des clients.

$$\begin{aligned}
 TT &= \frac{\text{Temps de travail effectif par jour}}{\text{Demande des clients par jour}} \\
 &= 135 \text{ S/p (voir figure 22)}
 \end{aligned}$$

Takt Time Calculator		
Working Shifts per Day	3	Shifts
Hours per Shift	8	Hours
Break Time per Shift	30	Minutes
Lunch Time per Shift		Minutes
Planned Downtime per Shift		Minutes
Customer Demand per Day	600	Units
Available Time per Shift	480	Minutes
Net Working Time per Shift	450	Minutes
Net Working Time per Shift	27 000	Seconds
Net Available Time per Day	81 000	Seconds
Takt Time =	135	Seconds per Piece
Takt Time =	2,3	Minutes per Piece

Figure 21 : Calculateur de TT

➤ **Takt time opérationnel :**

L'efficacité globale de l'équipement (OEE) est une mesure de la façon dont une opération de fabrication est utilisée (installations, temps et matériel) par rapport à son plein potentiel, pendant les périodes où elle est prévue. Elle identifie le pourcentage du temps de fabrication qui est réellement productif. L'OEE se compose donc de 3 parties :

- **Disponibilité:** Temps de production / Temps de chargement
- **Performance:** Sortie réelle / Temps de production
- **Qualité:** Bonne sortie / Sortie réelle

$$OEE = \text{Disponibilité} \times \text{Performance} \times \text{Qualité}$$

L'objectif à l'échelle mondiale « world class » et par conséquent celui de la société Lear est :

OEE = 85%, ce qui signifie : disponibilité =90%, performance =95%, qualité =99%.

D'où le TT opérationnel sera calculé comme suit :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{TT\ opérationnel} &= TT * 0,85 \\
 &= \mathbf{114,75\ s/p}
 \end{aligned}$$

2.2. Calcul de « cycle time » :

Les inputs et les outputs entre chaque poste sont différents (voir figure ci-après), et donc il faut calculer le CT de chaque opération indépendamment.

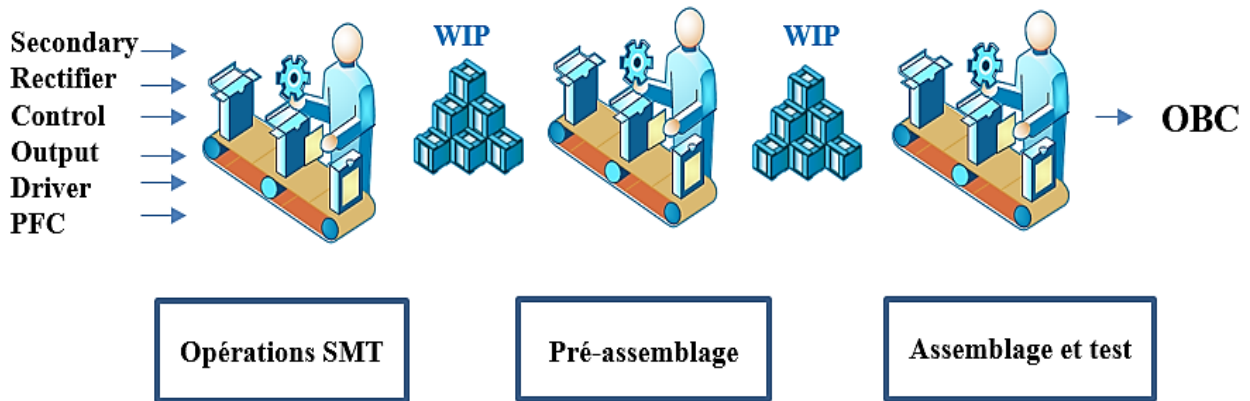


Figure 22 : Processus de production de l'OBC

- **Cycle time des opérations SMT :**

Après des essais de fabrication des 6 cartes (durant la phase prototype), on a chronométré les cycles time de toutes les opérations de fabrication des PCBs (par seconde) :

Ces opérations sont bien détaillées à l'annexe n°2.

- **Face « bottom » (Tableau 9) :**

Panel	PCBs	DEK	SPI 20um	PnP Machine Bottom			Reflow	AOI Zalpha UHS 15um
				PnP1	PnP2	PnP3		
8 4	Control	20.3	21.8	37.4	37.6	35.8	17.3	22.3
	Rectifier	14.1	10.6	3.7	3.7	5.7	15.7	15.8
	PFC	13.9	12.6	7.4	5.9	6.2	14.2	12.5
	Driver	13.8	10.1	10.7	10.4	11.4	15.3	11.2
	Secondary	1.9	2.8	0.3	0.2	0.9	3.1	3.0
	Output	3.7	4.9	7.5	7.5	7.6	6.3	5.2

Tableau 9 : Cycle time des opérations face bottom

Ces opérations SMT de face « Bottom » seront appelées par la suite par : **SMT B**

- **Face « top » (Tableau 10):**

Panel	PCBs	DEK	SPI 20um	PnP Machine TOP + Insertion					Reflow	Z2 AOI Top 20um	AOI Bot Zalpha UHS 15um
				Insertion 1	PnP1	PnP2	Insertion 2	PnP3			
1	Control	20.3	20.9	5.0	33.1	35.5	30.0	35.7	17.30	24.2	22.3
1	Rectifier	14.1	13.7	14.5	9.5	10.6	9.0	11.7	15.70	11.1	15.8
1	PFC	13.9	9.6	14.5	7.0	4.4	14.5	4.2	14.20	14.3	12.5
1	Driver	13.8	11.5	5.0	4.3	8.3	14.5	5.6	15.30	15.2	11.2
8	Secondary	1.9	2.8	14.8	0.3	0.3	0.6	0.3	3.10	2.9	3.0
4	Output	3.7	4.2	2.0	0.5	0.5	5.8	2.6	6.30	5.2	5.2

Tableau 10 : Cycle time des opérations face top

Ces opérations SMT de face « Top » seront appelées par la suite par : **SMT T**

Le cycle time alors de ces cartes est le CT du poste goulot (tableau 11) :

Cartes électroniques	CT bottom	CT top
Control	37.6 s	35.7 s
Rectifier	15.8 s	15.8 s
PFC	14.5 s	14.5 s
Driver	15.3 s	15.3 s
Secondary	3.1 s	14.8 s
Output	7.6 s	6.3 s

Tableau 11 : Synthèse des cycles time par face et par pièce

Et donc le temps nécessaire pour fabriquer 600 pièces de chaque carte peut être calculé comme suit :

CT bottom conrol= $(600/(3600/37.6))*60= 376 \text{ min}$ (voir tableau suivant)

Cartes électroniques	CT bottom	CT top
Control	376 min	357 min
Rectifier	158 min	158 min
PFC	145 min	145 min
Driver	153 min	153 min
Secondary	31 min	148 min
Output	76 min	63 min
Somme=	939 min =16h	1024 min =17h

Tableau 12 : Synthèse des cycles time par face pour 600 pièces

Donc il faudra **16 heures** pour la fabrication de 600 pièces de chaque carte en bottom et **17 heures** pour la fabrication de 600 pièces de chaque carte en top.

- **Cycle time de pré-assemblage :** (voir tableau 13)

PCBs	Terminal 48 mm	THT assembly	S.Soldering	AOI	ICT	Flash	Coating	Dry Coating	UV	Router	Hot melt +AOI	PWM	Screwing PFC	Câbles Rectifier
Control		50s	20s	15s	40s	37s	30.78s	20.21s	10s	19.6s	31.67s			
Rectifier	16s	26s	10s	5.2s	2.5s		22.26s	21.17s	10s	13s		30s		100s
PFC		36s	10s	9.5s	5s		17.94s	17.25s	10s	13.3s	31.67s	60s	100s	
Driver			5s		3s		18.29s	18.29s	10s	16s				
Secondary					8s					4.5s		21s		
Output		42s		3.8s	8s		6.85s	6.83s	10s		31.67s			

Tableau 13 : Cycle time des opérations de pré-assemblage

Ces opérations de pré-assemblage seront appelées par la suite par :

- Terminal 48mm: **P48**
- THT assembly, S.soldering, AOI: **Soldering**
- ICT, Flash: **ICT**
- Coating, Dry coating, UV: **Coating**
- Router: **Router**
- Hot melt + AOI: **HM**
- PWR: **Pressfit**

- Screwing PFC: **OL1**
- Cables Rectifier: **OL2**
- **Cycle time d'assemblage** : (voir tableau 14)

PCBs	Assemblage PFC & Rectifier	Assemblage Secondary	Assemblage Output	Assemblage Driver	Automatic Soldering	Assemblage Control	Srewing PCB Control	Automatic clinching
Control						100s	100s	
Rectifier	100s							
PFC								
Driver				100s	100s			100s
Secondary		100s						
Output			100s					

Tableau 14 : Cycle time des opérations d'assemblage

Ces opérations d'assemblage vont appeler par la suite par : **Assy**

- **Cycle time du test et d'emballage « EOL »**: (voir tableau 15)

Produit fini	FKT test	Leak test	AOI	Laser Marking +AOI	Emballage
OBC	114s	87s	37s	30s	60s

Tableau 15 : Cycle time des opérations d'EOL

Ces opérations de test et d'emballage seront appelées par la suite par : **EOL**

2.3. Analyse des Flowcharts :

Puisque le projet n'a pas encore démarré on a compris le processus de fabrication à travers les flowcharts du projet pour les 6 PCBs et leur assemblage et test (voir exemple en annexe 3) [4].

2.4. Calcul de la WIP :

Work In Progress (WIP) ou stock intermédiaire d'un processus de production, qui n'est plus inclus dans les stocks de matières premières ni ceux de produits finis.

2.4.1. Spécification du nombre de PCB par lot et par type:

Pour pouvoir calculer les WIP du projet, il nécessaire d'abord de déterminer la quantité de PCBs par lot.

1^{er} cas : On teste avec Lot Size = 300 pièces (10 lots par semaine)

En prenant l'exemple des postes SMTB et Pressfit, le calcul du temps de travail par semaine donne ce qui suit:

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \mathbf{T\ SMTB} &= (60 \times 0,33) + \frac{299 \times 10 \times (37,6 + 14,2 + 7,6 + 18,4 + 15,3 + 3,1)}{3600 \times 0,85} \\
 &= 114 \text{ h} > \mathbf{112,5h}
 \end{aligned}$$

Pour Pressfit, le temps de travail par semaine est :

$$\bullet \quad T_{\text{Pressfit}} = (30 \times 0,25) + \frac{299 \times 10 \times (60 + 30 + 21)}{3600 \times 0,85}$$

$$= 116 \text{ h} > \mathbf{112,5h}$$

Il ressort que ce choix de lot n'est pas convenable à notre étude de cas, vu que le temps de travail dépasse le nombre d'heure de travail prévu par semaine (112.5h).

D'où le choix d'un lot Size = 600 pièces (5 lots par semaine) (voir tableau figurant à l'annexe n°4).

2.4.2. Calcul de la WIP de l'état actuel :

Etant donné que le projet n'a pas encore démarré, il est indispensable de calculer la quantité des WIP par poste afin de compléter la VSM actuelle.

Pour pouvoir procéder au calcul des WIP, il est nécessaire de synthétiser le CT de chaque poste de travail (tableau 16), qui servira d'Input à la planification de la production.

Poste	CO(h)	Lot	Lot time(h)	CT (s)					
				Blnk Ctrl	Blnk PFC	Blnk OP	Blnk Rec	Blnk Drv	Blnk Sec
SMT B	0,333	600	20,831	37,6	14,2	7,6	18,4	15,3	3,1
SMT T	0,333	600	22,143	37,7	14,5	6,3	18,4	15,3	10,7
P48	0,333	600	22,500				16		
Soldering	0,333	600	10,142	20	10	5	10		
ICT	0,333	600	15,017	40	5	8	2,5	3	8
Coating	0,200	600	19,811	30,767	17,94	6,852	22,245	18,291	0
Router	0,333	600	17,496	19,6	13,3	7,36	13	16	4,5
HM		600	18,623	95					
Pressfit	0,25	600	22,478	60		30		21	
OL1		600	16,667	100					
OL2		600	16,667				100		
Assy		600	16,667	100					
EOL		600	19	114					

Tableau 16 : CT des postes goulots

▪ Planification de la production :

On a choisi un lot de 600 pièces pour avoir 5 lots par semaine et ainsi minimiser le nombre de CO pour ne pas perdre beaucoup de temps

Dans le tableau suivant on a utilisé les CT et les CO pour calculer l'heure de début et l'heure de fin de chaque type de PCB par poste et par lot. L'heure de début correspond au moment où la première pièce du lot sort du poste, et l'heure de fin correspond au moment où la dernière pièce (pièce n° 600) sort du poste.

	Lot 1 : 600											
	Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
SMT B	0,333	7,694	8,027	10,807	11,140	12,628	12,961	16,563	16,896	19,891	20,224	20,831
SMT T	0,333	7,713	8,047	10,885	11,218	12,451	12,785	16,387	16,720	19,715	20,048	22,143
P48							0,333	3,465				
Soldering	0,333	4,248	4,582	6,539	6,873	7,851	8,185	10,142				
ICT	0,333	8,163	8,497	9,475	9,809	11,375	11,708	12,198	12,531	13,118	13,451	15,017
Coating	0,200	6,223	6,423	9,934	10,134	11,476	11,676	16,030	16,230	19,811		
Router	0,333	4,170	4,503	7,107	7,440	8,881	9,214	12,816	13,149	16,281	16,615	17,496
HM	0,026	18,623	0,026	18,623	0,026	18,623						
Pressfit			0,25	11,995			12,245	18,118			18,368	22,478
OL1			0,033	19,608								
OL2							0,033	19,608				
Assy			0,327						19,902			
EOL			0,107						22,423			

Tableau 17 : Temps de début et de fin de production par poste pour lot 1

Les tableaux des 4 lots restants figurent à l'annexe n° 4.

Le but de cette planification est de savoir le temps total de production nécessaire dans la semaine, temps restant par heure dans la semaine et enfin le calcul de la différence de lot qui vient ensuite.

▪ **Différence de lots « DL » :**

On calcule dans cette partie un coefficient qu'on nomme « différence de lot » qui montre de combien de lots différent chaque deux postes consécutifs pour le même PCB.

- Si $DL > 0$, le début de travail du poste $i+1$ (P2) commence après le début de travail du poste i (P1), on raisonne alors sur le remplissage de la WIP par le poste i .
- Si $DL < 0$, le début de travail du poste $i+1$ (P2) commence avant le début de travail du poste i (P1), on raisonne sur la consommation du WIP par poste $i+1$.
- Si $DL = 0$, les 2 postes commencent en même temps. Donc en attendant que P1 produise son premier stock, P2 travaille sur un stock de WIP existant.

Le tableau des différences de lot pour le lot 1 se présente comme suit :

	Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
SMT B	0	0,001	0,001	0,004	0,004	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	0,063
SMT T	0	-0,342	-0,342	-0,428	-0,428	-0,454	-0,553	-0,574	-0,279	-0,439	-0,439	-0,474
P48							0,349	0,297				
Soldering	0	0,386	0,386	0,290	0,290	0,347	0,347	0,203				
ICT	-0,007	-0,098	-0,105	0,031	0,022	0,007	-0,002	0,255	0,246	0,446	0,211	0,165
Coating	0,007	-0,117	-0,110	-0,162	-0,154	-0,148	-0,141	-0,184	-0,176	-0,202		
Router	-0,016	0,826	-0,240	0,658	-0,398	0,557	0,173	0,303	-0,769	0,207	0,100	0,285
HM	0,016	0,069	0,013	-0,295	0,016	0,069						
Pressfit			-0,012	0,339			-0,733	0,066			-1,082	-0,155
OL1			0,018	0,018								
OL2							0,018	0,018				
Assy			-0,012						0,151			
EOL												

Tableau 18 : Différences de lot

Les tableaux des quatre lots restants figurent à l'annexe n° 5.

▪ **Valeur de la WIP théorique (sans prendre en considération la valeur du Stock de Sécurité) :**

On utilise la valeur de DL pour calculer la valeur de la WIP stockée si la DL est positive, et la valeur de la WIP manquante si la DL est négative.

Le tableau ci-après indique le nombre de PCBs stockés (pour les valeurs positives) et le nombre de PCBs manquants (pour les valeurs négatives).

WIP THEORIQUE (variation de stock avec SS=0)												
	Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
SMT B	0	1,874	4,963	19,851	37,0898	-100,672	-34,469	-34,469	-41,453	-41,453	-59,274	300
SMT T	0	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600
P48							600	600				
Soldering	0	600	600	600	600	600	600	600				
ICT	-15,601	-227,079	-416,196	330,469	146,543	45,418	-5,244	600	600	600	600	600
Coating	15,601	-377,013	-519,508	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600		
Router	-11,632	600	-169,655	600	-280,946	600	600	600	-461,616	600	600	600
HM	11,384	48,474	8,474	-397,662	11,384	48,474						
Pressfit			-7,824	456,765			-439,647	178,824			-1200	-92,753
OL1			10,588	10,588								
OL2							10,588	10,588				
Assy			-7,906						79,608			
EOL												

Tableau 19 : Résultat de la WIP théorique

▪ **Valeur du Stock de Sécurité « SS »:**

Etant donné que durant la phase prototype la demande du client ne va pas saturer les shifts de travail, nous avons proposé à la société de prévoir la production de PCBs supplémentaires, qu'on appellera stock de sécurité, et qui servira pour éviter les ruptures de stock dues aux aléas de la demande et du délai. Ce SS sera utilisé pour combler les quantités de WIP manquantes susmentionnées.

Valeur théorique du SS :

Le tableau ci-après indique le calcul de la valeur théorique de SS, fait sur la base du tableau de la WIP théorique, en prenant la valeur minimale de la WIP pour chaque type de PCB pour les 5 lots, afin de voir le plus grand manque de WIP à combler avec un stock de sécurité.

WIP W-1 THEORIQUE (stock de sécurité)						
	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary
SMT B	0	4,963	-100,672	-34,469	-41,453	-59,274
SMT T	-1800	-1800	-1800	-600	-1200	-1200
P48				-1200		
Soldering	0	600	600	600		
ICT	-227,079	-416,196	45,418	-5,244	600	600
Coating	-600	-600	-600	-600	-600	
Router	-11,632	-169,655	-280,946	600	-461,616	600
HM	11,384	-397,662	11,384			
Pressfit		-421,188		-643,788		-1200
OL1		10,588				
OL2				10,588		
Assy			-7,906			
EOL						

Tableau 20 : Valeur théorique du stock de sécurité

Valeur réelle du SS :

Pour le calcul de la valeur réelle du SS, deux cas de figure sont possibles (voir tableau ci-après):

- Valeurs positives ou nulles du SS (tableau n°20) : aucun manque n'est prévu pour ce type de PCB et donc la valeur du SS réelle est réduite à 0.
- Valeurs négatives du SS (tableau n°20) : la valeur du SS réelle est égale à la valeur absolue correspondante.

WIP W-1 REEL (stock de sécurité)						
	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary
SMT B	0	0	100,672	34,469	41,453	59,274
SMT T	1800	1800	1800	600	1200	1200
P48				1200		
Soldering	0	0	0	0		
ICT	227,079	416,196	0	5,244	0	0
Coating	600	600	600	600	600	
Router	11,632	169,655	280,946	0	461,616	0
HM	0	397,662	0			
Pressfit		421,188		643,788		1200
OL1		0				
OL2				0		
Assy	7,906					
EOL						

Tableau 21 : Valeur réelle du stock de sécurité

Valeur de la WIP réelle (en prenant en considération la valeur réelle du SS):

Pour calculer la valeur de la WIP réelle on fait la somme de la valeur de la WIP théorique et celle du stock de sécurité réel pour les 5 lots (tableau n°22).

	Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
SMT B	0	1,874	4,963	19,851	137,762	0	0	0	0	0	0	359,274
SMT T	1800	1200	1200	1200	1200	1200	0	0	600	600	600	600
P48							1800	1800				
Soldering	0	600	600	600	600	600	600	600				
ICT	211,478	0	0	746,665	146,543	45,418	0	605,244	600	600	600	600
Coating	615,601	222,987	80,492	0	0	0	0	0	0	0		
Router	0	611,632	0	769,655	0	880,946	600	600	0	1061,616	600	600
HM	11,384	48,474	406,135	0	11,384	48,474						
Pressfit			413,365	877,953			204,141	822,612			0	1107,247
OL1			10,588	10,588								
OL2							10,588	10,588				
Assy	0						87,51372549					
EOL												

Tableau 22 : Valeurs de la WIP réelle pour le lot 1

Les tableaux des quatre lots restants figurent à l'annexe n° 6.

Valeur maximale de la WIP de chaque PCB (individuellement) :

Le tableau suivant présente la valeur maximale de la WIP de chaque PCB durant la semaine (pris individuellement sans prendre en considération les valeurs des WIP des autres PCBs).

C'est la valeur maximale entre la valeur maximale de la WIP réelle, et le stock de sécurité réel.

Exemple de calcul :

- ✓ Si le SS = 200 et la WIP réelle = (300, 100,0 ; durant la semaine)

Alors la valeur maximale de la WIP = 300

- ✓ Si le SS = 300 et la WIP réelle = (200, 0,100; durant la semaine)

Alors la valeur maximale de la WIP = 300

	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary	
APRES CHAQUE POSTE	SMT B	504,165	600	700,672	634,469	641,453	659,274
	SMT T	1800	1800	1800	600	1200	1200
	P48				1800		
	Soldering	1200	1200	1200	1200		
	ICT	1127,079	1616,196	1200	1205,244	1200	600
	Coating	615,601	600	600	600	600	
	Router	1211,632	769,655	880,946	1200	1061,616	1661,616
	HM	197,786	990,569	197,786			
	Pressfit		877,953		822,612		1200
	OL1		10,588				
	OL2				10,588		
	Assy			442,169			
	EOL						

Tableau 23 : Valeur maximale de la WIP de chaque PCB

▪ Valeur maximale de la WIP de la combinaison des PCBs:

Le tableau suivant présente la valeur maximale de la WIP de la combinaison des PCBs durant la semaine.

Donc la valeur de la WIP nécessaire est calculée en fonction de la valeur maximale du tableau précédent par ligne et des valeurs du SS réel.

	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary	
AVANT CHAQUE POSTE	SMT B						
	SMT T	0	0	700,672	34,469	41,453	59,274
	P48				600		
	Soldering	1800	1800	1800	1800		
	ICT	1200	0	0	0	1200	1200
	Coating	227,079	1616,196	0	5,244	0	
	Router	615,601	600	600	600	600	0
	HM	1211,632	169,655	280,946			
	Pressfit		397,662		0		1661,616
	OL1		877,953				
	OL2				822,612		
	Assy	600	10,588	48,474	10,588	600	1200
	EOL			442,169			

Tableau 24 : Valeur maximale de la WIP de la combinaison des PCBs

Et en faisant la somme des quantités de WIP sur chaque ligne par poste, on obtient les valeurs de la WIP de l'état actuel figurant sur le tableau suivant :

Postes	Quantité de la WIP (état actuel)
SMT T	836
P48	600
Solder	7200
ICT	3600
Coating	1849
Router	3016
HM	1662
Pressfit	2059
OL1	878
OL2	823
Assy	2470
EOL	442

Tableau 25 : Tableau de la WIP actuelle

Par ces valeurs de la WIP on complète la VSM (les temps de non-valeurs ajoutés) pour calculer le Lead time et faire une analyse par la suite.

3. Cartographie de l'état actuel (VSM actuelle) :

3.1 Etapes de schématisation de la VSM actuelle :

La cartographie de la chaîne de valeur de l'état actuel ou la VSM actuelle est une synthèse de toutes les informations collectées au titre du présent chapitre. Elle est réalisée en se référant aux symboles standards définis précédemment. Cette cartographie présentera une schématisation simple et structurée qui tiendra compte de tout le processus de production de notre produit cible depuis la préparation de la matière première jusqu'au client. La VSM a été réalisée avec le logiciel « Microsoft Visio » en se basant sur les étapes suivantes :

- **Construire le cadre (sur la base du SIPOC)**

Cette étape consiste à positionner les fournisseurs, le client, le bloc logistique et le processus retenu.

- **Décrire le processus**

Cette étape consiste à décrire le processus concerné avec les différentes étapes le constituant, ainsi que les flux physiques entrants et sortants.

- **Décrire les flux d'information**

Cette étape consiste à faire apparaître les flux d'information entre le bloc logistique et le bloc « Fournisseurs-Processus-Clients ».

- **Collecter les données du processus**

Cette étape consiste à collecter et décrire précisément chaque étape du processus de fabrication avec : les fournisseurs, les stocks, les flux physiques, les données du processus, les clients.

- **Ajouter les valeurs des temps et délai d'exécution (Lead Time)**

Cette étape consiste à dessiner une ligne de temps en dessous de chaque étape du processus et des encours afin d'y inscrire les temps afférents au processus (temps de valeur ajoutée et temps de non-valeur ajoutée).

- **Faire apparaître les gaspillages**

Cette étape consiste à mettre en avant les Mudras dudit processus.

Concernant les 2 dernières étapes de l'élaboration de la VSM à savoir : **définir un processus idéal et mettre en place un plan d'action**, elles seront traitées au chapitre suivant.

3.2 VSM générale du processus:

Sur la base des étapes précédentes, nous avons élaboré la VSM générale du processus figurant à l'annexe n°9, en vue de comprendre le fonctionnement général du processus de fabrication de l'OBC.

3.2 VSM détaillée du processus :

De la même manière nous avons élaboré la VSM détaillée figurant à l'annexe n°10 pour indiquer le chemin de chaque PCB (depuis la matière première jusqu'au le produit fini).

Pour assurer une analyse précise de la situation actuelle, nous allons poursuivre le travail en se basant sur la VSM détaillée, qu'on appellera par la suite « VSM actuelle ».

III. Analyse de la VSM actuelle :

1. Comparaison des CT et du TT :

En analysant la cartographie de l'état actuel sur la base de la comparaison du temps de cycle de chaque opération avec le Takt Time, il ressort que tous les CT sont inférieurs au TT opérationnel qui est 114.75 s/p, cela signifie que le rythme de travail est conforme au TT.

La figure ci-dessous présente la comparaison des CT et du TT des différentes opérations :

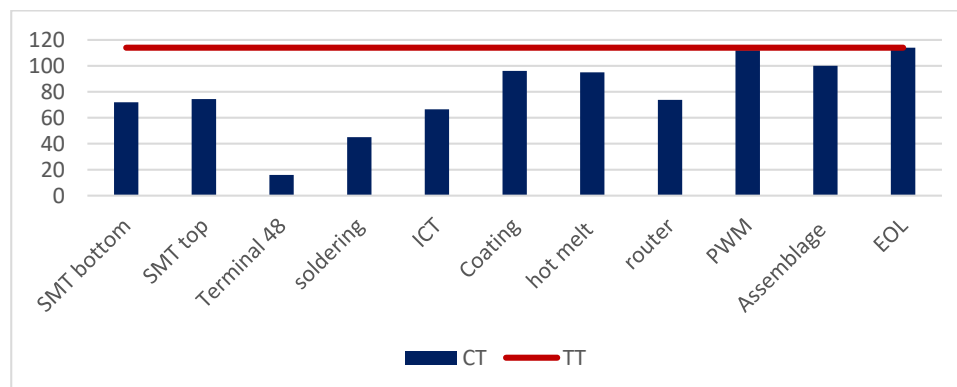


Figure 23 : Comparaison CT et TT

2. Analyse du Lead Time :

Le Lead Time est catégorisé comme suit :

Order lead time (OLT) : le temps entre la réception et la livraison d'une commande client.

Order handling lead time (OHLT) : le délai entre la réception d'une commande client et la création d'une commande client.

Manufacturing lead time (MLT) : le temps qui s'écoule entre la création d'une commande de vente et le moment où elle est prête à être livrée.

Production lead time (PLT) : le temps entre le début de la production physique et le moment où le produit fini est prêt à être livré.

Delivery lead time (DLT) : le temps entre le moment où le produit fini est prêt et celui où il est livré au client.

Le schéma suivant montre comment ces catégories se chevauchent :

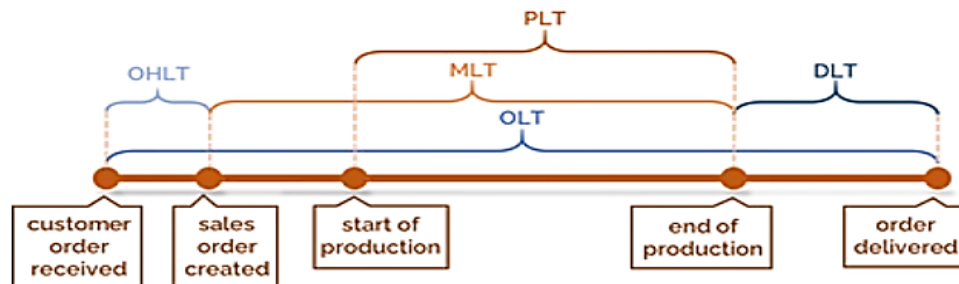


Figure 24 : Différents types de Lead time

L'analyse de la VSM actuelle est concernée par le calcul du « production Lead Time ».

Après calcul fait, on trouve que le temps de valeur ajoutée représente 0.56% du total Lead Time.

Le temps de stock des encours, qui représente 99.44% du total Lead Time, est considéré comme temps de non-valeur ajoutée (voir figure suivante). Une intervention d'optimisation est donc nécessaire, et ce, conformément au plan d'actions qui sera proposé au chapitre suivant.

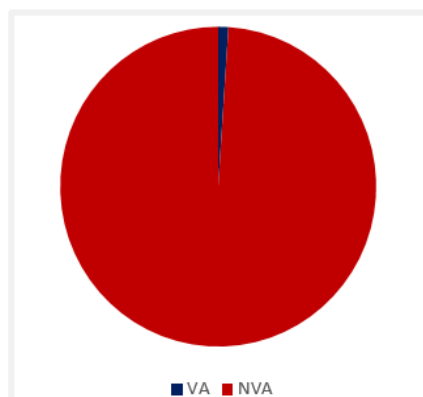


Figure 25 : Lead Time production

3. Autres anomalies soulevées :

De la VSM actuelle nous avons pu dégager autres anomalies, figurant à l'annexe n°11, et qui nécessite des actions d'amélioration en matière d'optimisation, dont nous citons : un mix de production, des valeurs de WIP élevées et l'existence du flux poussé.

IV. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons élaboré et analysé la VSM actuelle, cette analyse nous amènera à dégager des actions d'amélioration qui feront l'objet du chapitre suivant.



Chapitre IV :

Etablissement de la VSM future et mise en œuvre du plan d'actions

I. Introduction :

Le présent chapitre est dédié à l'élaboration de la VSM future et la proposition d'un plan d'actions correctives des anomalies soulevées.

II. Établissement de la VSM future :

Pour élaborer la cartographie de chaîne de valeur de l'état futur nous avons fixé les trois objectifs suivants :



- 1. Lisser la production en vue d'optimiser les en-cours;**
- 2. Augmenter le pourcentage du temps de valeur ajoutée du processus de production OBC;**
- 3. Utiliser le flux tiré avant la ligne d'assemblage;**

La cartographie de l'état futur figure en annexe n°12.

III. Elaboration du plan d'actions :

Suite à l'analyse des différentes anomalies soulevées au niveau de certaines étapes du processus de production de l'OBC, nous avons pu élaborer le plan d'actions ci-après, ayant pour but de tendre vers une situation idéale, telle que schématisée dans la VSM future.

1. Plan d'actions :

 Plan d'actions Projet : VCC OBC 	
Objectif : Optimisation de la production et de la WIP du projet OBC	
Objectifs	Actions
Lisser la production	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place le Heijunka
Minimiser la WIP	<ul style="list-style-type: none"> • Déployer le stock de sécurité, qui résultera de la phase prototype, pour remédier aux éventuels manques des WIP • Retarder l'heure de début de production de certains postes de travail afin de réduire la différence de lots
Tirer la production	<ul style="list-style-type: none"> • Former le personnel concerné sur le système Kanban • Mettre en place le système Kanban entre le poste assemblage et les 6 postes pré-assemblage

2. Mise en œuvre du plan d'actions :

2.1. Lissage de la production :

Le lissage de la production, aussi appelé "Heijunka", se réfère à une technique d'ordonnancement et constitue l'un des piliers du Lean Management dans l'industrie manufacturière. Elle vise à amortir les variations des commandes clients et à améliorer la cohérence du système par une

planification séquentielle et fractionnée du travail, déterminée sur la base de l'analyse de la demande moyenne de tous les produits.

Le lissage de la production permet ainsi d'équilibrer les charges de travail et de minimiser les gaspillages (stocks et encours, rebuts, heures supplémentaires, etc.) tout en satisfaisant la demande dans les délais attendus par une production proportionnelle et stable.

Le principe du lissage repose sur la planification dans le temps de la production suivant une quantité moyenne à produire. Cette quantité est calculée au préalable afin d'établir une certaine routine, un processus simple et répétitif en produisant la même quantité de produit chaque jour. Ainsi une sorte de rythme moyen, de stabilité de la production est lancée (voir figure ci-après).

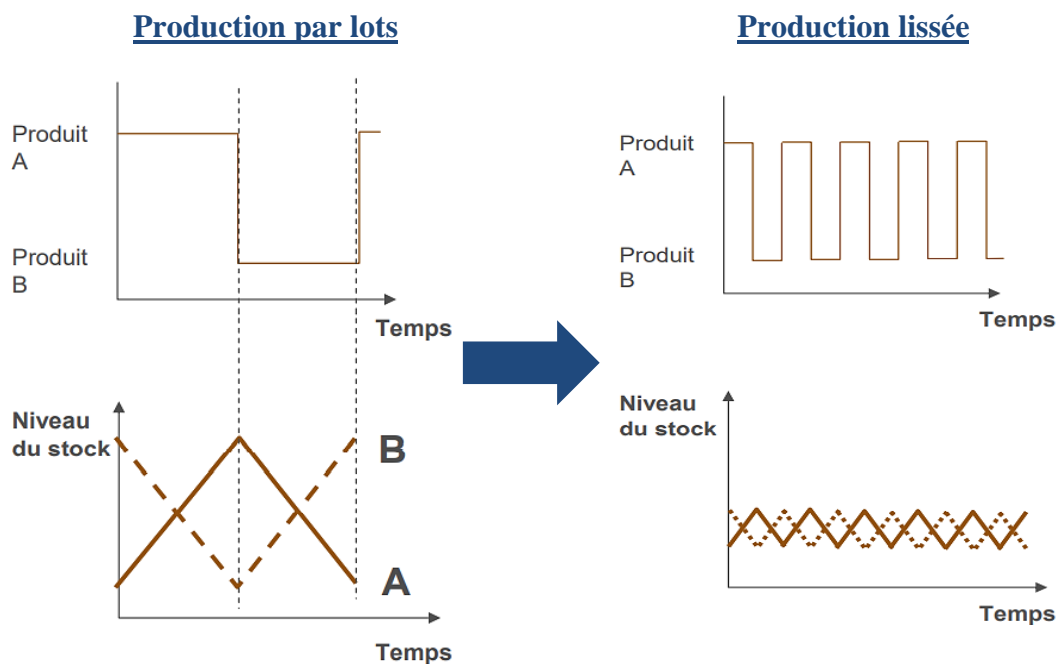


Figure 26 : Production lissée et non lissée

Dans notre cas on ne peut pas assurer la production de 3000 pièces OBC au bout d'une semaine avec des lots de 3000 de chaque PCB (selon les cycles time), aussi on aura de grandes quantités de la WIP, d'où la meilleure solution est de niveler ou mixer la production. En effet, il est préférable de travailler avec un lot de 600 pièces de chaque type de PCB pour pouvoir assurer 600 OBC chaque jour, en vue d'atteindre 3000 OBC par semaine. La figure n° 28, indique la différence de temps nécessaire pour livrer la première pièce OBC, en utilisant un lot de 3000 et de 600 pièces.

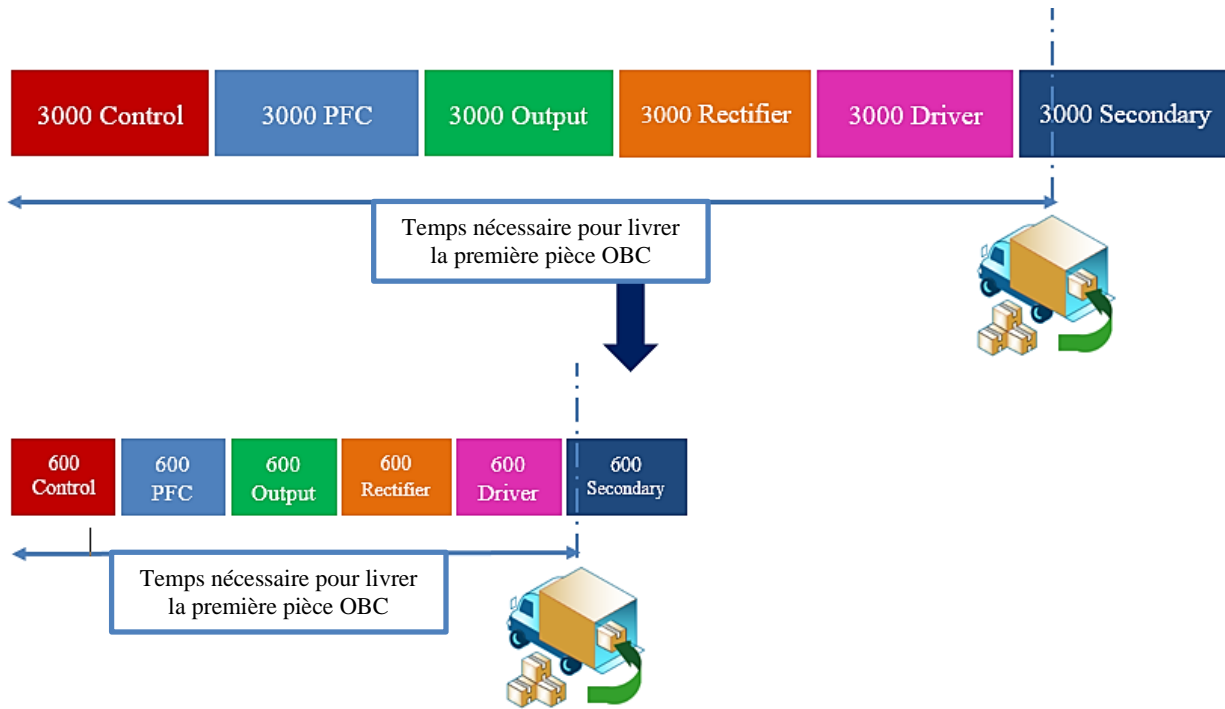


Figure 27 : Différence de temps de livraison OBC entre un lot de 3000 et 600 PCBs

Le tableau n°26 présente la répartition de lot de production de 600 pièces sur tous les postes de travail :

	Monday						Tuesday						Wednesday						Thursday						Friday					
	Ctrl	PFC	OP	Rec	Drv	Sec	Ctrl	PFC	OP	Rec	Drv	Sec	Ctrl	PFC	OP	Rec	Drv	Sec	Ctrl	PFC	OP	Rec	Drv	Sec	Ctrl	PFC	OP	Rec	Drv	Sec
SMT B	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
SMT T	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
P48				600						600						600						600						600		
Sold	600	600	600	600			600	600	600	600			600	600	600	600			600	600	600	600			600	600	600	600		
ICT	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Flash	600						600						600						600						600					
Coat	600	600	600	600	600		600	600	600	600	600		600	600	600	600	600		600	600	600	600	600		600	600	600	600	600	
Router	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
HM	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
PF		600		600		600		600		600		600		600		600		600		600		600		600		600		600		600
OL1		600						600						600						600						600				
OL2			600						600						600						600						600			

Tableau 26 : Planification par lots de 600 pièces

2.2. Calcul optimal de la WIP :

Pour optimiser les quantités des encours, et sur la base de l'analyse du processus de fabrication des PCBs, nous avons proposé pour la réduction du SS, de la taille des WIP (WIP size), et du nombre de racks nécessaires, ce qui suit :

- Décaler les heures de début de travail de certains postes de production (valeur coloriées en vert du tableau n°27).
- Pour le poste P48, qui est un poste commun entre deux projets, dont l'OBC, décaler l'heure de début de travail et le rapprocher à l'heure de fin du poste antécédent (SMT T).

		Lot 1 : 600													
Postes	Début poste	Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary			
		Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin		
SMT B	0	0,333	7,694	8,027	10,807	11,140	12,628	12,961	16,563	16,896	19,891	20,224	20,831		
SMT T	0	0,333	7,713	8,047	10,885	11,218	12,451	12,785	16,387	16,720	19,715	20,048	22,143		
P48	0							13,255	16,387						
Soldering	7,5	7,833	11,748	12,082	14,039	14,373	15,351	15,685	17,642						
ICT	7,5	7,833	15,663	15,997	16,975	17,309	18,875	19,208	19,698	20,031	20,618	20,951	22,517		
Coating	7,5	7,700	13,723	13,923	17,434	17,634	18,976	19,176	23,530	23,730	27,311				
Router	7,5	7,833	11,670	12,003	14,607	14,940	16,381	16,714	20,316	20,649	23,781	24,115	24,996		
HM	0	0,026	18,623	0,026	18,623	0,026	18,623								
Pressfit	0			0,25	11,995			12,245	18,118			18,368	22,478		
OL1	0			0,033	19,608										
OL2	0							0,033	19,608						
Assy	7,5			7,827						27,402					
EOL	0			0,107						22,423					

Tableau 27 : Décalage de l'heure de départ de la production

Le décalage de la production des postes a pour but de réduire la différence de lots (la rapprocher à 0 le plus possible)

Les tableaux des quatre lots restants figurent à l'annexe n°7.

Compte tenu des modifications apportées sur le tableau n°27, les valeurs relatives aux DL, WIP et SS seront automatiquement modifiées.

Les deux tableaux ci-dessous indiqueront respectivement, la valeur maximale de la WIP de chaque PCB (individuellement) et la valeur maximale de la WIP de la combinaison des PCBs :

		Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary
APRES CHAQUE POSTE	SMT B	504,165	600	700,672	634,469	641,453	659,274
	SMT T	1159,376	1200	1200	105,706	1200	903,870
	P48				1146,757		
	Soldering	600	600	600	600		
	ICT	712,904	1130,123	845,260	697,124	600	613,674
	Coating	930,266	754,506	649,620	636,862	600	
	Router	1042,768	1200	1200	1138,892	1200	1200
	HM	580,325	849,637	580,325			
	Pressfit		877,953		822,612		1200
	OL1		280,588				
	OL2				280,588		
	Assy			745,327			
	EOL						

Tableau 28 : Valeur maximale de la WIP future de chaque PCB

		Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary
AVANT CHAQUE POSTE	SMT B						
	SMT T	0	0	700,672	34,469	41,453	59,274
	P48				105,706		
	Soldering	559,376	1200	600	600		
	ICT	0	0	0	0	1200	600
	Coating	293,510	1130,123	245,260	97,124	0	
	Router	930,266	600	600	600	600	13,674
	HM	442,768	1200	600			
	Pressfit		402,838		538,892		1200
	OL1		877,953				
	OL2				822,612		
	Assy	468,340	280,588	468,340	280,588	822,612	1200
	EOL			745,327			

Tableau 29 : Valeur maximale de la WIP future de la combinaison des PCBs

Sur la base du calcul optimal de la WIP, nous avons pu déduire les gains et les pertes en termes de quantité stockée de PCBs.

Postes	Quantité de la WIP (état actuel)	Quantité de la WIP (état futur)	Gains/Pertes
SMT T	836	836	0
P48	600	106	-494
Solder	7200	2959	-4241
ICT	3600	1800	-1800
Coating	1849	1766	-83
Router	3016	3344	328
HM	1662	2243	581
Pressfit	2059	2131	73
OL1	878	878	0
OL2	823	823	0
Assy	2470	3521	1051
EOL	442	745	303
			-4282

	Pertes
	Gains

Tableau 30 : Gains et pertes en termes de WIP

En conséquence, on trouve que la valeur optimisée de la WIP future est égale à **4282** PCBs.

D'où la réduction du lead time de 96348s (**27h**), et l'augmentation de la valeur ajoutée, comme suit :

Valeur ajoutée dans l'état actuel	Valeur ajoutée dans l'état futur
VA=0.56%	VA=0.67%

2.3. Planification de la production par shift :

Sur la base du calcul figurant au tableau n°27 et à l'annexe n°8, nous avons proposé la planification, ci-après, des Shifts de travail pour la production du projet OBC (voir le tableau n°31) :

Jour	1			2			3			4			5		
Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Poste	[Black bar]														
SMTB															
SMTT															
SOLD															
ICT															
COAT															
ROUT															
HM															
PF															
OL1															
OL2															
ASSY															
EOL															

	Shift rempli
	Shift semi-rempli
	Shift où le poste n'est pas utilisé

Tableau 31 : Planification de la production par shift

Conformément aux instructions internes de Lear Rabat, une machine ne peut être arrêtée que si son fonctionnement sera suspendu pour une durée supérieure ou égale à 24h. Dans le cas contraire, si une machine sera inactive pour une durée inférieure à 24h, il est proposé de consacrer cette durée de non activité aux opérations de la maintenance, des 5S, ou le cas échéant, basculer la production vers un autre produit qui utilise le même poste.

2.4. Utilisation du flux tiré :

2.4.1. Flux tiré et flux poussé :

Le système de flux poussé est basé sur les prévisions des besoins du processus aval. Dans ce type d'organisation apparaissent des stocks intermédiaires. Ils permettent au processus amont de continuer de fonctionner même si ses produits n'ont pas encore tous été utilisés par le processus aval. Chaque poste produit à son rythme et pousse les pièces vers le poste suivant.

Néanmoins, dans le cas d'une organisation en flux tiré, c'est le processus aval qui demande au processus amont de produire. La quantité d'en-cours est ainsi réduite. Le fonctionnement en Juste à Temps (JIT), l'un des piliers de la maison Lean Manufacturing, repose sur l'organisation en flux tiré (voir figure suivante).

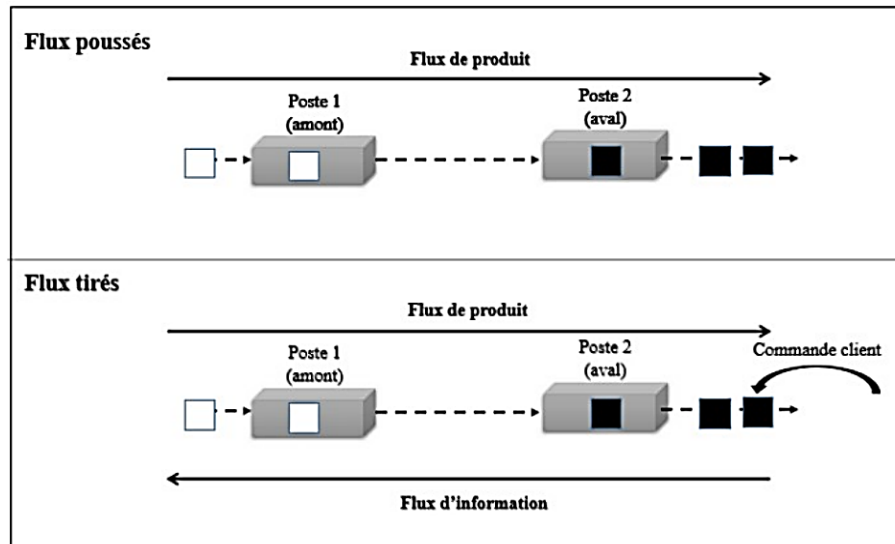


Figure 28 : Flux tiré et poussé

2.4.2. Système Kanban :

2.4.2.1. Généralités sur le système Kanban :

La pensée Lean considère tous les stocks comme du gaspillage, des non-valeurs ajoutées (Muda) que nous devons réduire voire l'éliminer. C'est pourquoi on pense à produire uniquement en réponse à un besoin exprimé par le client en flux tiré. Dans cette optique, on a pensé à appliquer le Kanban entre le poste assemblage et les 6 postes précédents (pré-assemblage).

La méthode Kanban a fondé tout son fonctionnement sur la circulation des étiquettes. Dans un atelier de production, cela se traduit par le fait qu'un poste amont ne doit produire que ce qui lui est demandé par son poste aval.

Le système Kanban permet de piloter une fabrication à l'aide d'un système visuel générant des ordres de fabrication qui répondent à une consommation réelle. Une relation client-fournisseur simple et permanente se met en place. Le stock est maîtrisé car il est maintenu dans une plage permettant à la fois d'assurer les livraisons et d'éviter les ruptures ou dépassements (voir la figure suivante).

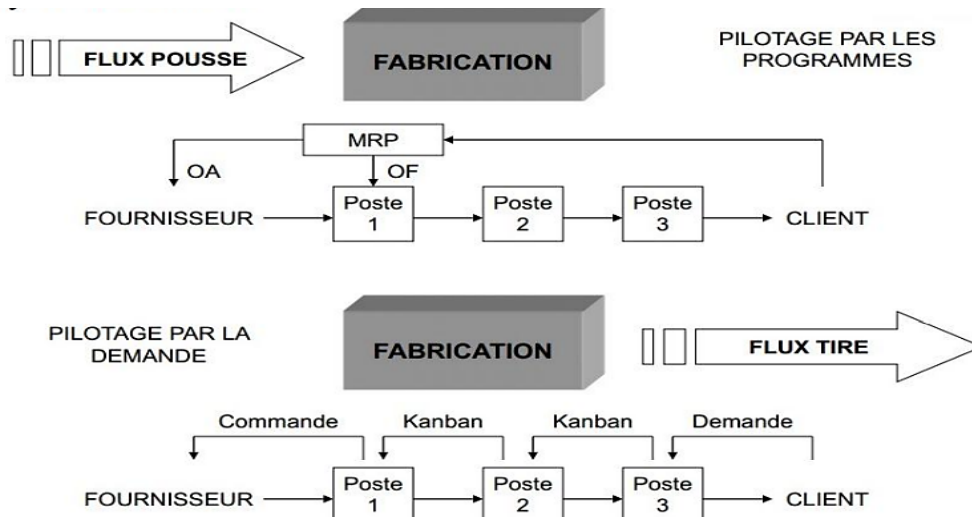


Figure 29 : Système Kanban

D'une manière générale le système Kanban peut être appliqué dans n'importe quelle partie du flux, c'est-à-dire :

- Entre deux ateliers ou deux machines (c'est notre cas étudié)
- Entre un magasin et un atelier de fabrication
- Entre un site de production et ses fournisseurs

2.4.2.2. Fonctionnement du système Kanban :

Le fonctionnement du Kanban ne peut être fiable que si quelques règles simples sont respectées scrupuleusement par toutes les personnes intervenant dans la circulation des étiquettes. Tout d'abord, à chaque conteneur plein est attachée une carte et le client libère la carte Kanban dès qu'il consomme le conteneur auquel il est attaché. Les conteneurs contiennent rigoureusement la quantité de pièces indiquée sur l'étiquette. Ensuite, Le client retourne les fiches au fournisseur dès qu'ils sont libérés. Les fiches Kanban libres doivent figurer sur le tableau de suivi.

Pour une consommation de produits constante chez le client, il est courant de colorer les zones du Kanban pour les rendre visuelles. Le lancement des fabrications se fait par l'observation du tableau de gestion. L'atteinte successive des seuils détermine la priorité à fabriquer. Le tableau de gestion Kanban, visible de tous, permet de connaître exactement la consommation du client et d'engager à temps les ressources justes nécessaires pour l'alimenter.

Le résultat de l'application du système Kanban entre la ligne d'assemblage et les 6 machines de pré-assemblage de l'OBC, figure sur le schéma suivant :

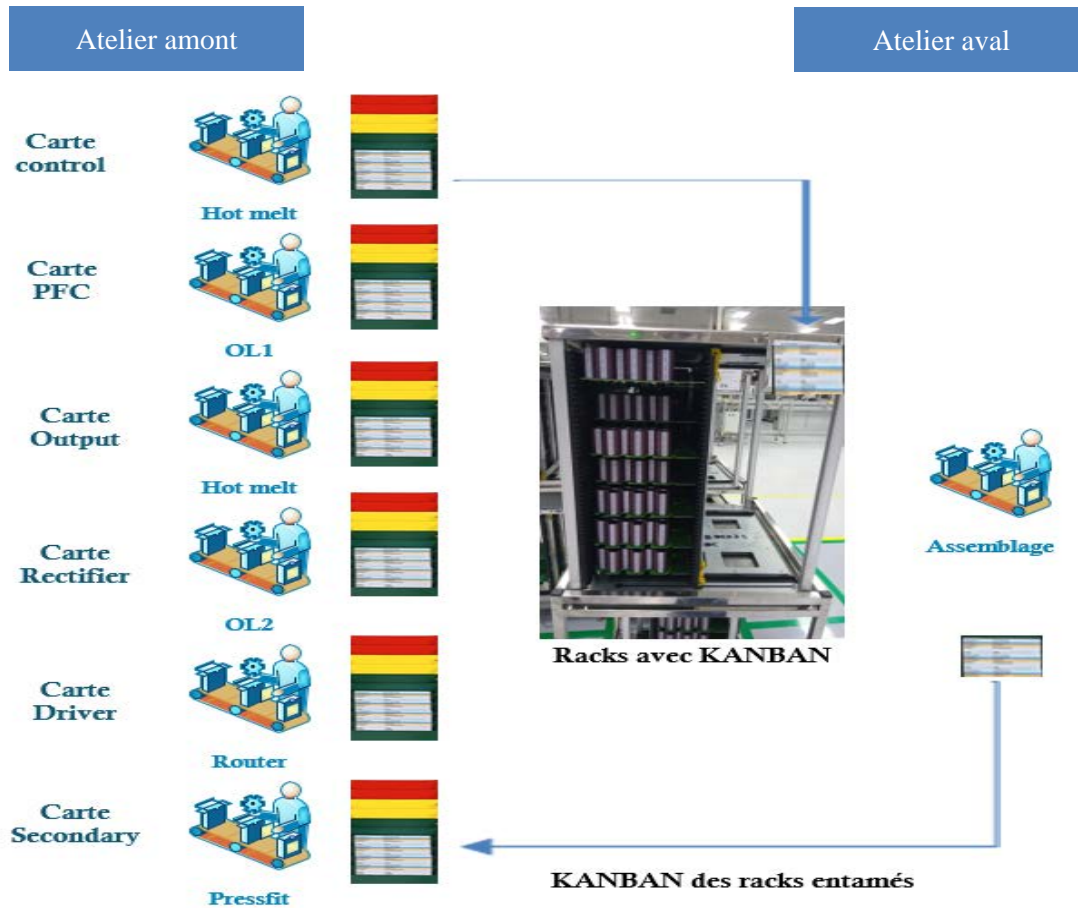


Figure 30 : Circulation de l'étiquette Kanban

2.4.2.3. Mise en place d'un système Kanban :

Les étapes de mise en place d'un système Kanban sont les suivantes :

1. Collecter les données relatives au flux à organiser :

- caractéristiques du flux
- caractéristiques du poste amont (fournisseur)
- caractéristiques du poste aval (client)
- caractéristiques de la liaison poste amont - poste aval

2. Définir les paramètres de fonctionnement :

- capacité et nombre de machines par poste
- capacité des conteneurs (lot mini de transfert)
- taille du lot mini de fabrication autorisant un lancement (position de l'index vert)
- taille de l'en-cours mini (position de l'index rouge)
- taille du tampon de régulation (position de l'index jaune)

3. Mettre en œuvre :

- confectionner le planning d'ordonnancement

- définir le contenu des kanbans
- définir les règles de circulation des kanbans et de fonctionnement du planning

4. Affiner le planning :

- régler les index en fonction de l'évolution du système
- améliorer l'écoulement du flux

2.4.2.4. Application du kanban

➤ Nombre de Kanban :

Pour appliquer le flux tiré entre le poste assemblage (poste aval) et les 6 autres postes pré-assemblage (poste amont) il faut d'abord calculer le nombre de kanban pour chaque poste amont selon la relation suivante :

$$\text{Nombre Kanban} = \frac{D (TA + TP) \times (1 + SS\%)}{C}$$

Avec :

D= Demande moyenne par jour

TP= Temps de Production pour une pièce de chaque type de PCBs (Lead Time)

TA= Temps d'Attente pour une pièce de chaque type de PCBs (WIP Time)

C= Capacité de conteneur

SS= Pourcentage de Stock de Sécurité

- **D**= 600 p/j (La demande du poste d'assemblage par jour)= 600/22.5= 27 p/h
- **TP**= LT control, LT PFC, LT output, LT rectifier, LT driver, LT secondary (ces Lead Time sont calculé à l'aide de VSM future)
- **TA**= WIPT control, WIPT PFC, WIPT output, WIPT rectifier, WIPT driver, WIPT secondary (calculé à l'aide du tableau précédent du WIP)
- **C**= 50 pièces
- **%Ss**= SS control, SS PFC, SS output, SS rectifier, SS driver, SS secondary (calculé à l'aide du tableau précédent du stock de sécurité)

	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary
LT (h)	0,19	0,11	0,05	0,09	0,07	0,02
WIPT (h)	56,83	66,76	28,54	48,67	14,82	10,84
%SS	0,20	0	0,20	0	0,98	1
Nombre Kanban	36	36	18	26	16	12

Tableau 32 : Nombre de Kanban

➤ Tableau de gestion Kanban :

C'est un tableau d'ordonnement de la production qui regroupe les étiquettes Kanban, il pilote

les lancements de production. Ce tableau est composé de trois zones :

Zone verte (seuil bon) : Elle correspond à la taille du lot de lancement minimal. Quand les cartes Kanban sont dans cette zone, le lancement de la fabrication n'est pas autorisé.

Zone jaune (seuil limite) : Elle est située entre les zones verte et rouge. C'est une zone "tampon" qui permet d'amortir les fluctuations de la charge aval et d'absorber les aléas du fournisseur.

Zone rouge (seuil d'alerte) : Lorsque la file d'attente atteint cette zone, il faut lancer la fabrication en urgence car une rupture d'approvisionnement chez le client est possible.

Ces trois zones sont calculées comme suit :

$$\text{Rouge} = \frac{D \times TP}{C}$$

$$\text{Jaune} = \frac{D \times TA}{C}$$

$$\text{Vert} = \frac{D (TA + TP) \times Ss\%}{C}$$

PCBs	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary
Rouge	0	0	0	0	0	0
Jaune	30	36	15	26	8	6
Vert	6	0	3	0	8	6

Tableau 33 : Tableau de gestion Kanban

➤ Caractéristiques de l'étiquette Kanban :

L'étiquette Kanban se présente généralement sous forme d'un carton rectangulaire plastifié ou non de petite taille. Un certain nombre d'informations sont précisées sur la carte. Ces informations varient beaucoup selon les entreprises, mais l'on retrouve des informations indispensables minimales sur tous les Kanbans, comme :

- La référence de la pièce fabriquée
- La capacité du container, et donc la quantité à produire
- L'adresse ou la référence du poste amont (le fournisseur)
- L'adresse ou la référence du poste aval (le client)

La figure suivante donne l'exemple de la carte kanban pour la carte « control » :




 Projet : VCC OBC Type de carte : « Control » 	
Origine : poste Hot Melt	Part Number : 5CEF12R1127
Destination : poste Assemblage	Quantité : 30
	

Figure 31 : Exemple de l'étiquette Kanban de la carte « control »

2.4.3. Lien entre le Heijunka et le Kanban :

Les cartes Kanban sont rassemblées dans une boîte de nivellement appelée heijunka box (dans l'assemblage atelier aval, voir figure n°31), chaque ligne de la boîte représente une famille de produits (control, rectifier, output, driver, secondary, PFC).

C'est un outil d'ordonnancement qui assure à la production une fabrication stable en quantité globale, mais aussi dans un mix produit qui est régulièrement réparti dans le temps. Elle est liée directement à la consommation du client (atelier amont) par l'intermédiaire d'une boîte logistique.

Parmi les avantages d'utilisation de la boîte Heijunka, on cite :

- Limiter les stocks de produits finis.
- Assurer un maximum de stabilité sur la ligne et générer un besoin plus régulier sur les postes en amont.
- Les consommations de matières et de produits semi-finis sont plus régulières et facilitent le flux tiré en amont.

Pour créer cette boîte de nivellement, nous avons fait sa conception sous le logiciel Catia V5R20 (voir figures suivantes).

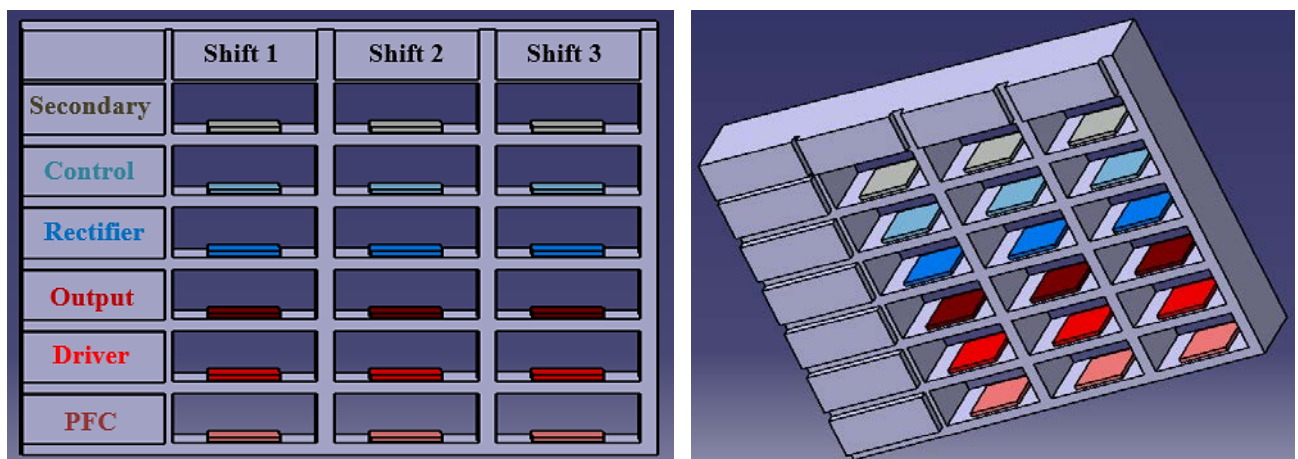


Figure 32 : Heijunka box sous catia

Les lignes présentent les 6 types de PCBs et les trois colonnes concernent les 3 shifts. Dans chaque case on met les cartes kanban pour chaque type de PCB.

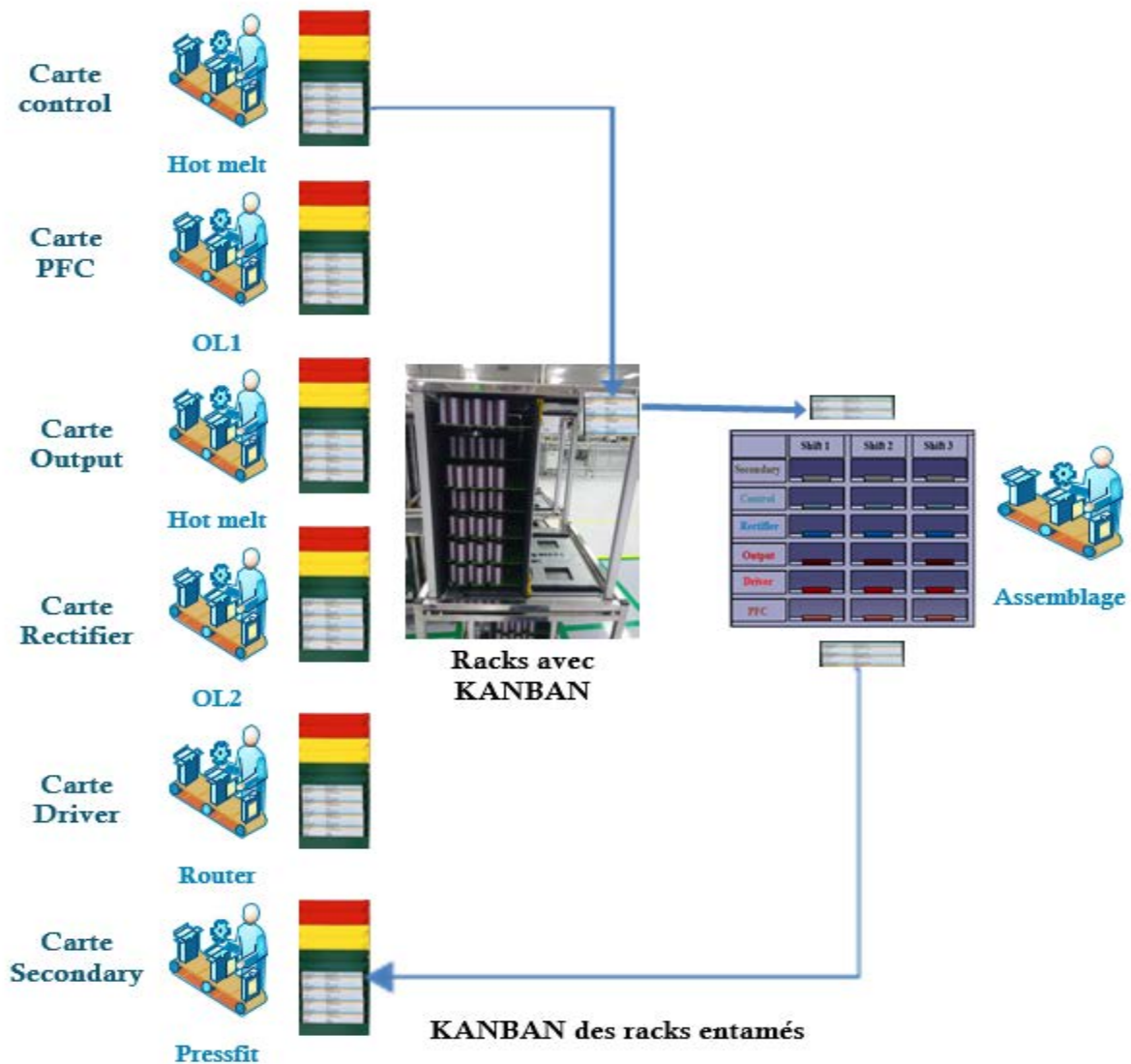


Figure 33 : Circulation de l'étiquette Kanban avec le Heijunka box

IV. Estimation des gains :

A la fin de notre projet, nous avons pu optimiser les quantités de stock des encours des cartes électroniques, ce qui nous a permis d'obtenir des gains en matière de rack et de surface de stockage.

- Les « racks de stockage » se présentent comme des chariots mobiles pour faciliter le déplacement des cartes électroniques soit d'un poste à un autre, soit d'une zone à une autre. La quantité de PCBs que peut porter un rack se diffère d'un projet à un autre. Pour notre projet les racks ont des capacités égales à 50 PCBs.
- La surface de stockage est la surface dédiée au stockage des racks

Les tableaux ci-après, indiquent la valeur des gains susmentionnés :

➤ **Gain de racks dans l'atelier pour le projet OBC :**

Des tableaux n°23 et n°28 on obtient le tableau suivant :

GAINS	Control	PFC	Output	Rectifier	Driver	Secondary	TOTAL
SMT B	0	0	0	0	0	0	0
SMT T	640,624	600	600	494,294	0	296,130	2631,047
P48	0	0	0	653,243	0	0	653,243
Solder	600	600	600	600	0	0	2400
ICT	414,175	486,072	354,740	508,120	600	-13,674	2349,434
Coating	-314,665	-154,506	-49,620	-36,862	0	0	-555,652
Router	168,864	-430,345	-319,054	61,108	-138,384	461,616	-196,196
HM	-382,538	140,932	-382,538	0	0	0	-624,145
Pressfit	0	0	0	0	0	0	0
OL1	0	-270	0	0	0	0	-270
OL2	0	0	0	-270	0	0	-270
Assy	-303,158						-303,158
TOTAL	1126,46	972,153	803,528	2009,903	461,616	744,072	5814,57

	Pertes
	Gains

Tableau 34 : Gains et pertes en termes de racks

$$5815/50 = \mathbf{116 \text{ racks}}$$

On constate qu'on a pu éliminer un certain nombre de pièces (5815 PCBs), et par conséquent on aura des gains en WIP (diminution de nombre de racks).

Le prix d'un rack est en moyenne de 100€, et donc $116 \times 100 = \mathbf{11600 \text{ €}}$ est le gain financier.

➤ **Gain de surface :**

Du tableau n°30 on obtient un gain de 4282 PCBs et donc :

$$4282/50 = \mathbf{86 \text{ racks}}$$

Les dimensions des racks est de $40 \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2 = 0.16 \text{ m}^2$

$86 \times 1600 = \mathbf{137600 \text{ cm}^2} = \mathbf{13.76 \text{ m}^2}$ est le gain de surface.

Les nouvelles valeurs des racks et de la surface sont :

Postes	Quantité du WIP (état futur)	Nombre de racks nécessaires	Surface équivalente (m ²)
SMT T	836	17	2,72
P48	106	2	0.32
Solder	2959	59	9.44
ICT	1800	36	5.76
Coating	1766	35	5.6
Router	3344	67	10.72
HM	2243	45	7.2
Pressfit	2131	43	6.88
OL1	878	18	2.82
OL2	823	17	2.72
Assy	3521	71	11.36
EOL	745	15	2.4

Tableau 35 : Valeur de racks et de surface nécessaires

V. Conclusion :

Le présent chapitre a porté sur l'élaboration de la VSM future sur la base des calculs des valeurs de la WIP optimale et en prenant en considération les pistes d'amélioration que nous avons proposé pour pouvoir augmenter la valeur ajoutée du processus OBC.

Conclusion générale

Dans le cadre du lancement du projet relatif à la fabrication du chargeur embarqué de la voiture électrique de la marque Volvo (VCC OBC), au niveau de la société Lear Rabat, il nous a été demandé de travailler sur l'optimisation du processus de production VCC OBC, en utilisant la méthode VSM ou cartographie de la chaîne de valeur.

A ce titre, et sur la base des cinq étapes de la démarche DMAIC, nous avons pu identifier la problématique du sujet et décider des outils relatifs au concept Lean Manufacturing qui seront déployés pour l'analyse de l'existant afin de proposer les solutions d'amélioration.

S'agissant de la méthode VSM, et après examen et analyse des Flowcharts du processus concerné et la collecte des données relatives notamment au CT, TT, WIP, nous avons élaboré la cartographie de l'état actuel pour avoir une vision globale du processus de production concerné.

Sur la base de l'analyse de la VSM actuelle nous avons pu identifier les pistes d'amélioration que nous avons rapportée sur la VSM future et le plan d'actions y afférent, et qui concernent principalement, le lissage de la production, l'optimisation de la quantité de la WIP, et l'introduction du flux tiré en utilisant la méthode Kanban.

La mise en œuvre des solutions proposées permettra d'améliorer le temps de valeur ajoutée du processus de production concerné, en passant de **0.56% à 0.67%** et par conséquent d'obtenir des gains financiers d'une valeur d'environ **11600 €** et des gains de surface de stockage d'une valeur d'environ **13,76 m²**.

En termes de perspectives, et dans l'attente du démarrage effectif du présent projet, prévu à partir du mois de Janvier 2023, la mise en œuvre de la dernière étape de la démarche DMAIC « contrôler » est d'une grande importance pour pouvoir suivre la mise en place du plan d'actions proposé.



Références bibliographiques

Bibliographie :

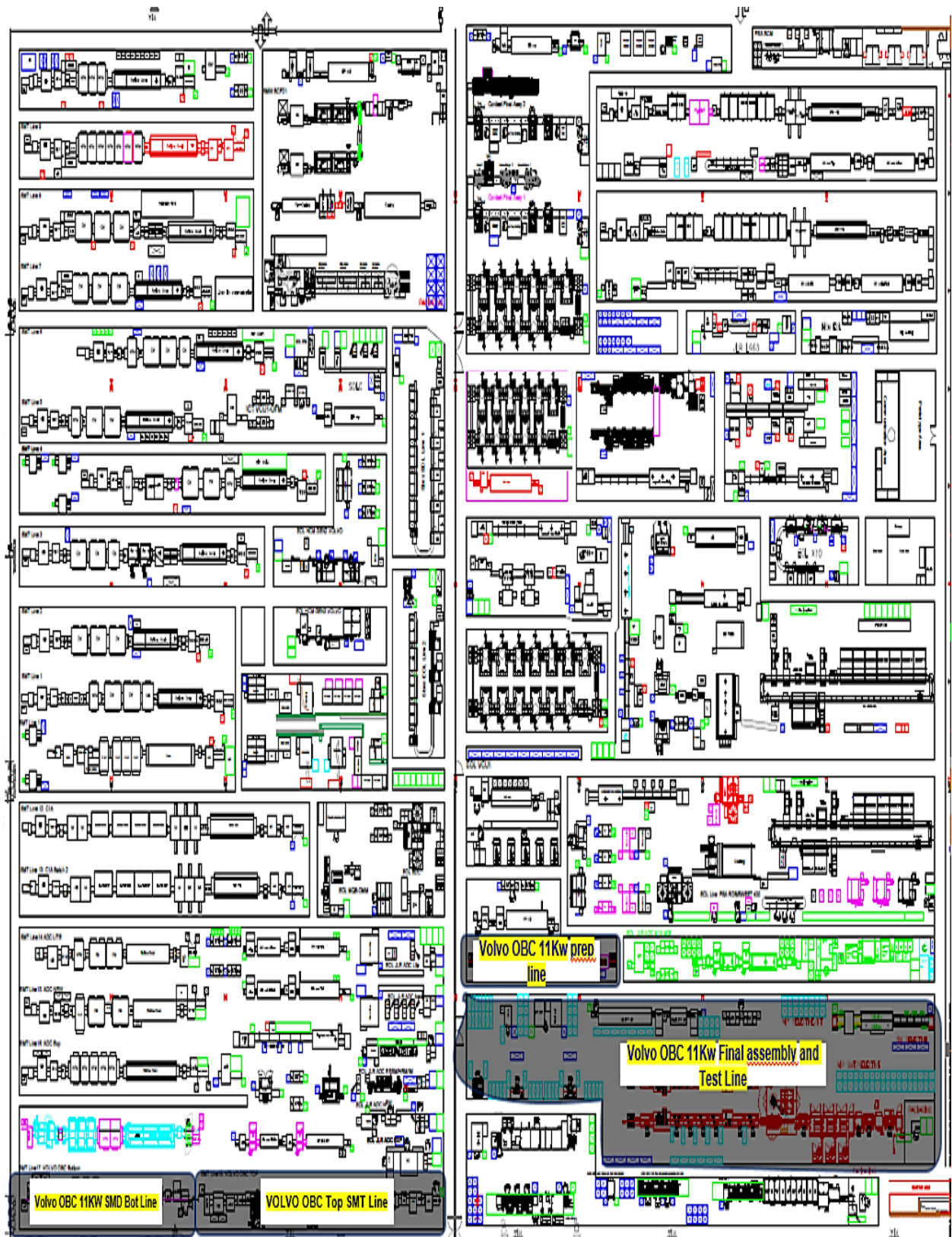
- [1]. Cours universitaire FST FES: Titre : gestion de la production, auteur : Monsieur CHAFI Anas, année : 2021.
- [2]. Mémoire de travaux universitaires « Thèse » : Titre : Amélioration et optimisation du processus de production (Chantier VSM) auteur : Hassayoune Hafedh, établissement : Ecole nationale d'ingénieurs, pays : Tunisie, année : 2013.
- [3]. Livre sur la VSM: Titre : cartographie du flux de valeur, pays : France, version : 1, édition : 2010.
- [4]. Document interne de la société Lear Rabat.

Webographie :

- [5]. www.lear.com, date de consultation : En Février 2021.
- [6]. www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma, date de consultation : Le 15 Février 2021.
- [7]. www.nutcache.com/fr/blog/methode-dmaic/, date de consultation : Le 02 Mars 2021.

Annexes

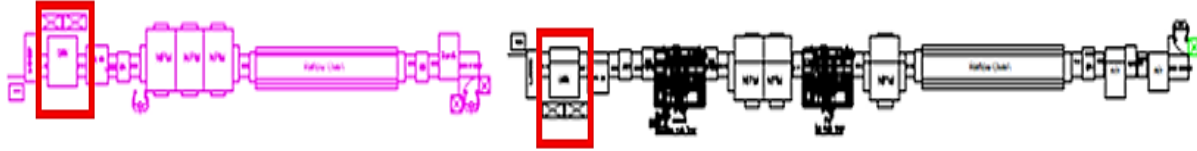
Annexe 1 : Emplacement du projet OBC dans l'usine.




Annexe 2 : Machines du processus OBC.

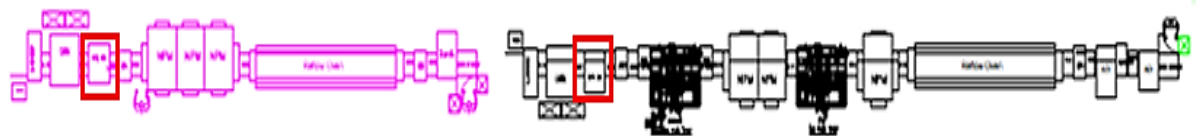
Il existe six machines au niveau de la zone SMT, qui sont présentées comme suit (bottom/top) :


Machine Sérigraphie « DEK » :



Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (appuyer sur le bouton) 2. Chargement automatique du PCB 3. Sérigraphie du PCB 4. Ejection du PCB 5. Fin du cycle


Machine Inspection de la pâte à braser « SPI » :



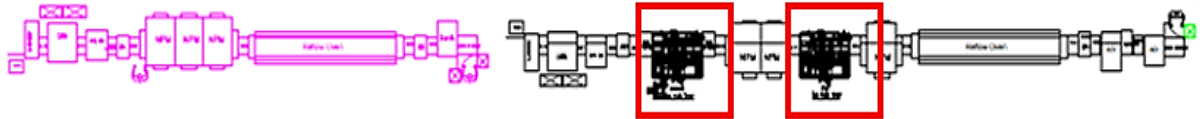
Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (appuyer sur le bouton) 2. Chargement automatique du PCB 3. Inspection de la soudure 4. Fin du cycle


Machine Panasonic « P&P » :



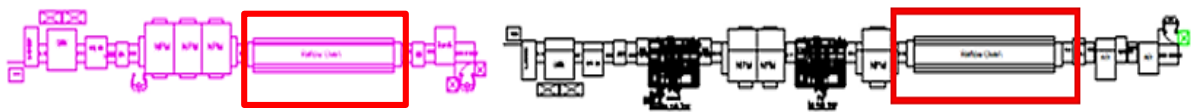
Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (appuyer sur le bouton) 2. Chargement automatique des PCB 3. Prise et placement des composants 4. Fin du cycle

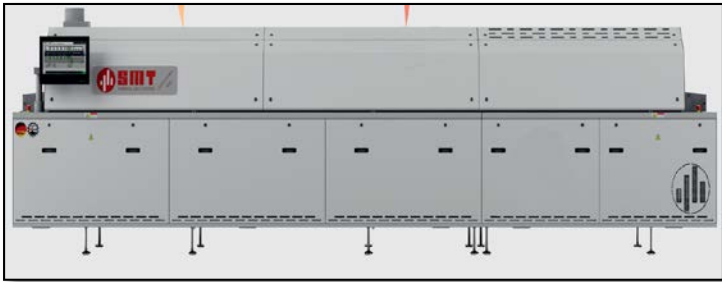
Machine d'insertion des terminaux « AI » :



Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrage du cycle (bouton poussoir bi-manuel) 2. Chargement manuel des PCB (outillage dédié) 3. Mesure de l'épaisseur du panneau 4. Lecture Datamatrix pour le chargement automatique du programme 5. Insertion de 4 composants mâles 6. Insertion de 2 composants femelles 7. Enregistrement du PCB dans le système de traçabilité ITAC 8. Ejection du PCB 9. Fin de cycle et récupération manuelle des PCB


Machine de refusion « reflow » :



Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (démarrage du programme) 2. Chargement automatique du PCB 3. Soudure du PCB 4. Fin du cycle

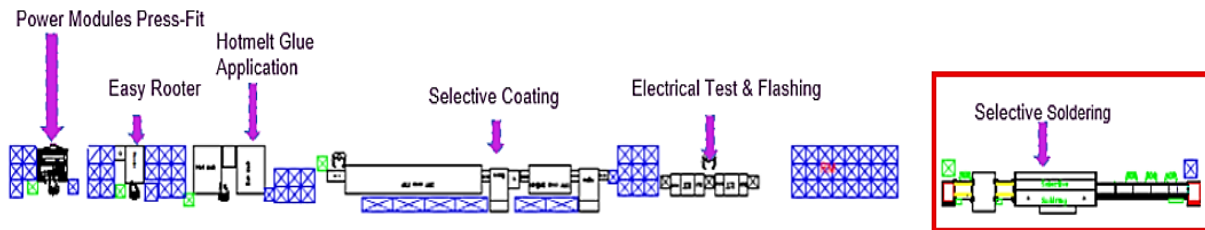
Machine d'inspection « AOI » :




Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (appuyer sur le bouton) 2. Chargement automatique des PCB 3. Prise et placement des composants 4. Fin du cycle

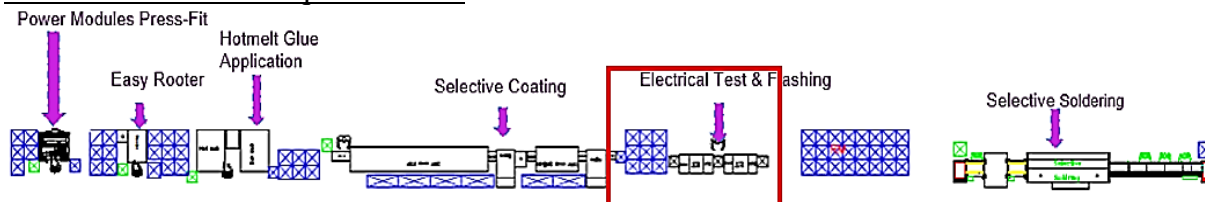
Il existe dix machines au niveau de la zone POWER, qui sont présentées comme suit :


Machine de soudure sélective « Selective Soldering » :



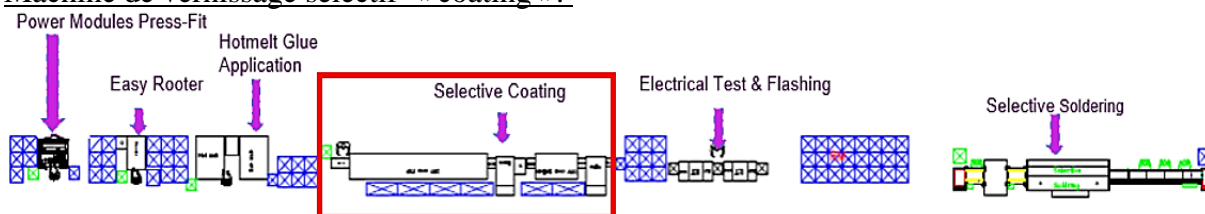
Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (démarrage du programme) 2. Chargement automatique du PCB 3. Soudure du PCB 4. Fin du cycle

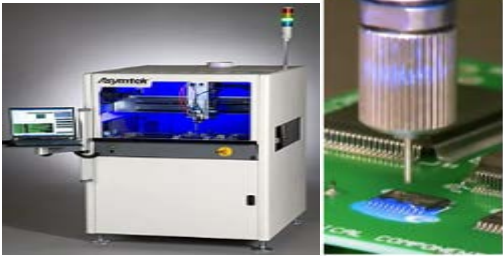
Machine de test électrique « ICT » :



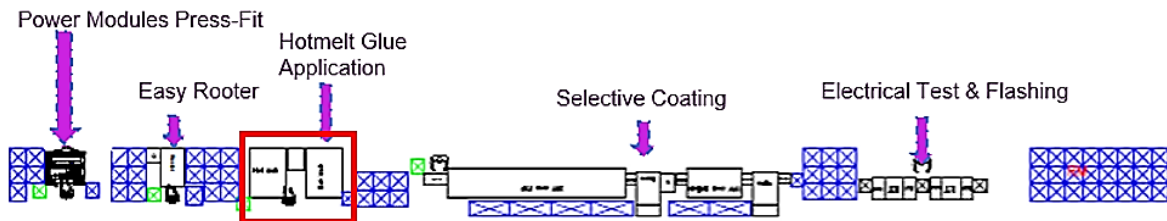
Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (appuyer sur le bouton) 2. Chargement automatique du programme 3. Chargement automatique du PCB 4. Tester 5. Fin du cycle


Machine de vernissage sélectif « coating » :



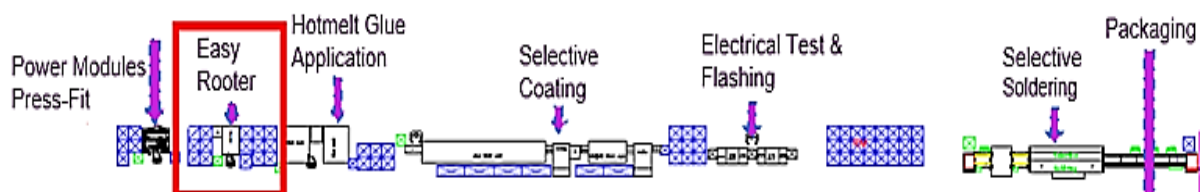
Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer le cycle (appuyer sur le bouton) 2. Chargement automatique du PCB 3. Lecture des repères 4. Purge SC280 (5 pièces chacune) 5. Application du vernis 6. Fin du cycle


Machine de collage du PCB « hot melt » :



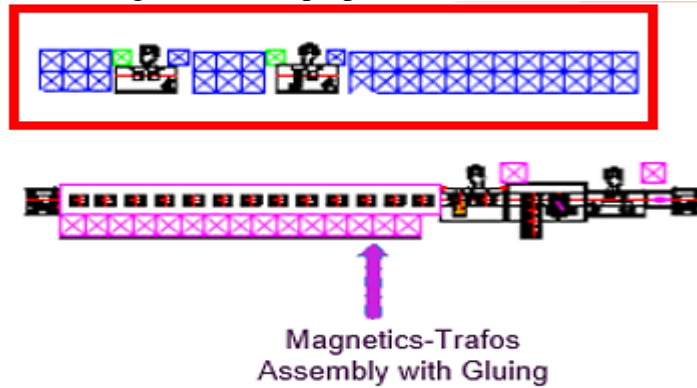
Machine	Etapas de fonctionnement
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Placer le PCB sur le support 2. Détecter le placement correct du PCB 3. Scanner le PCB 4. Appuyer sur le bouton poussoir 5. Déplacement de l'appareil en position de dépose 6. Calibrage de l'aiguille du robot 7. Inspection AOI pour le placement correct du PCB 8. Démarrer le cycle de dépose 9. Inspection AOI pour le dépôt correct de la colle 10. Déplacement de l'appareil à l'extérieur en position de chargement/déchargement


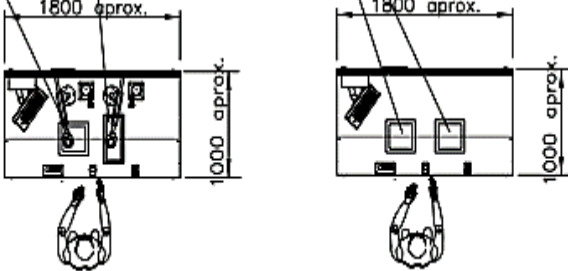
Machine de découpe « router » :

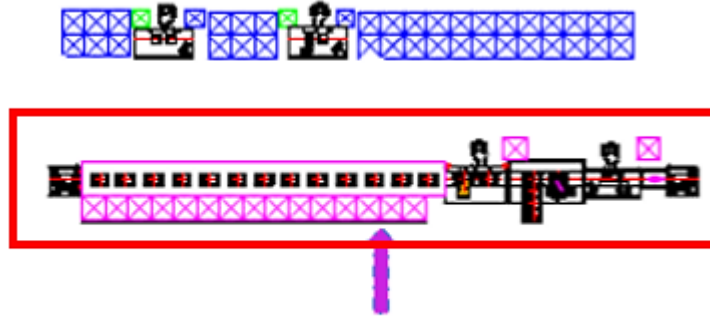


Machine	Etapas de funcionamiento
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chargement manuel PCB 2. Démarrage du cycle (bouton poussoir bi-manuel) 3. Tournage de table 4. Lecture des codes à barres des « fixture » 5. Chargement automatique du programme 6. Programme de découpe 7. Tournage de table 8. Fin du cycle 9. Déchargement manuel de PCB

Machines de préparation hors ligne « offline preparation » :



Machine	Opérations
	<p style="text-align: center;">OFFLINE PREPARATION</p> <ul style="list-style-type: none"> - PFC PCB assy with the spacer (14 screws 0,6Nm) - HV connectors (1 HV 2W+ 1 HV 5W) assembly and screwing in the housing (4+4screws 7,6 Nm) - Full assy with cover - PCB rectifier with cables 



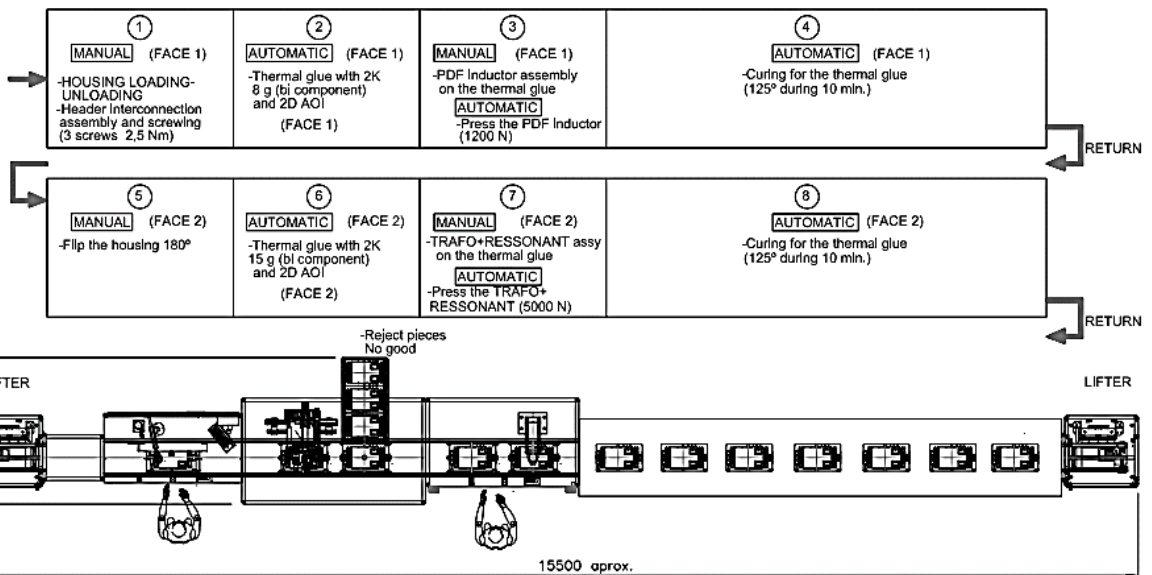
Magnetics-Trafos
Assembly with Gluing

Machine

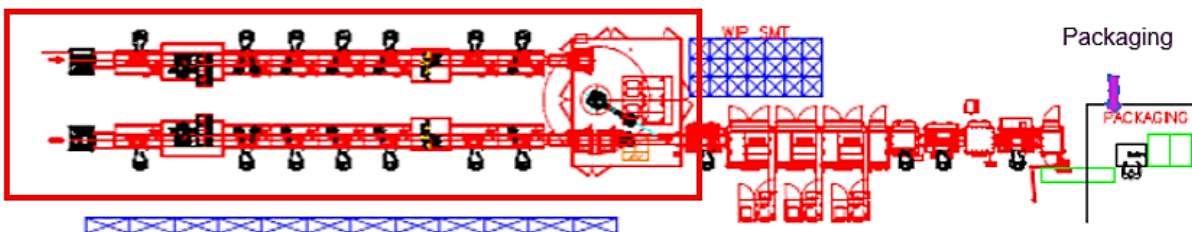


Opérations

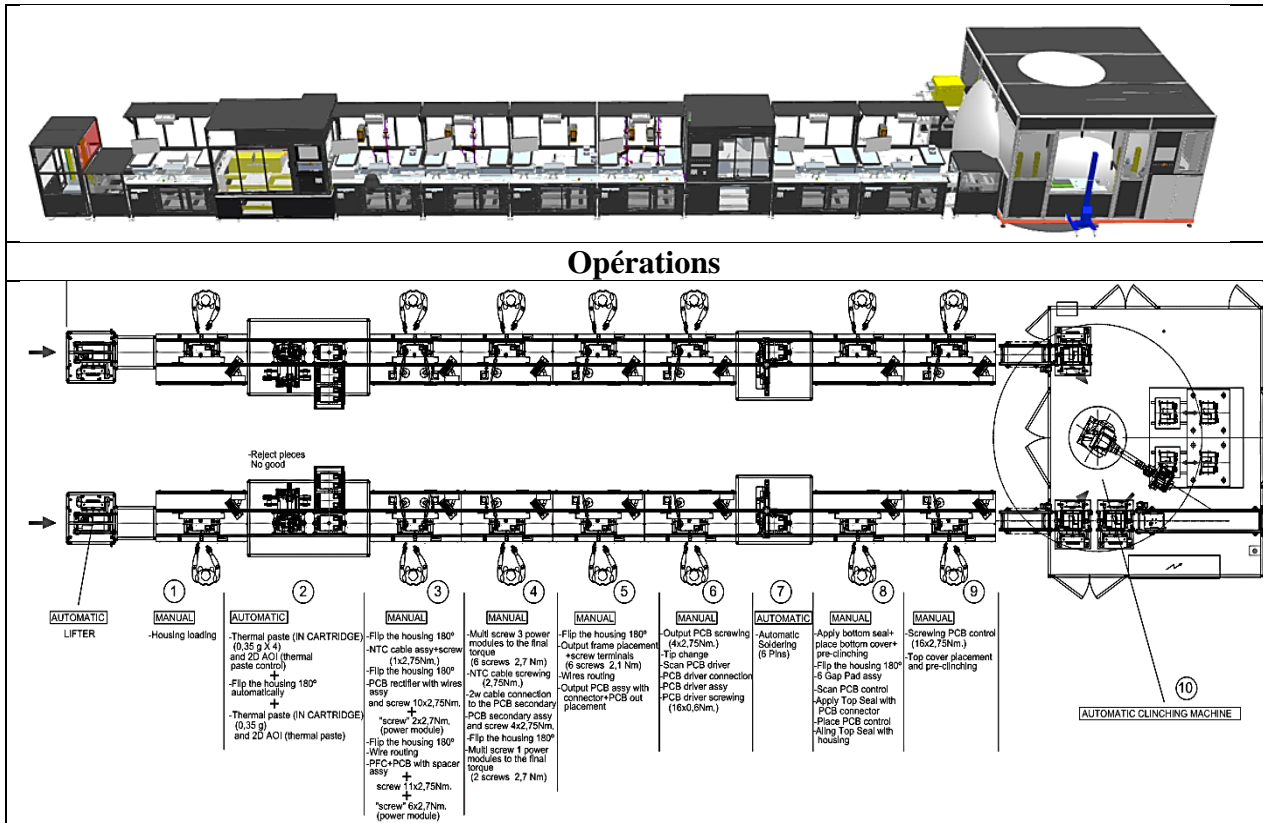
PREPARATION LINE



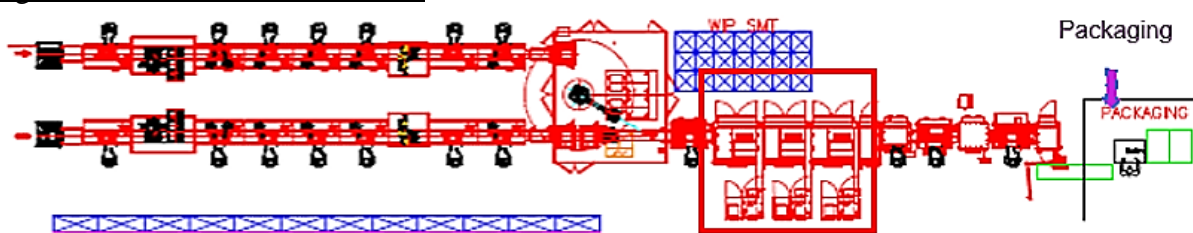
Ligne d'Assemblage :



Machine

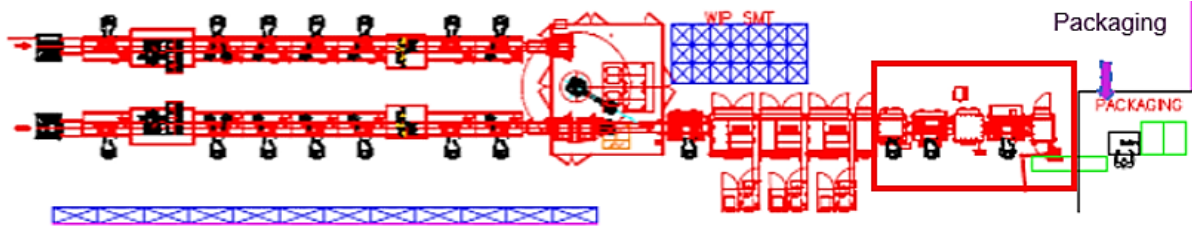


Ligne de test « FKT & leak test » :



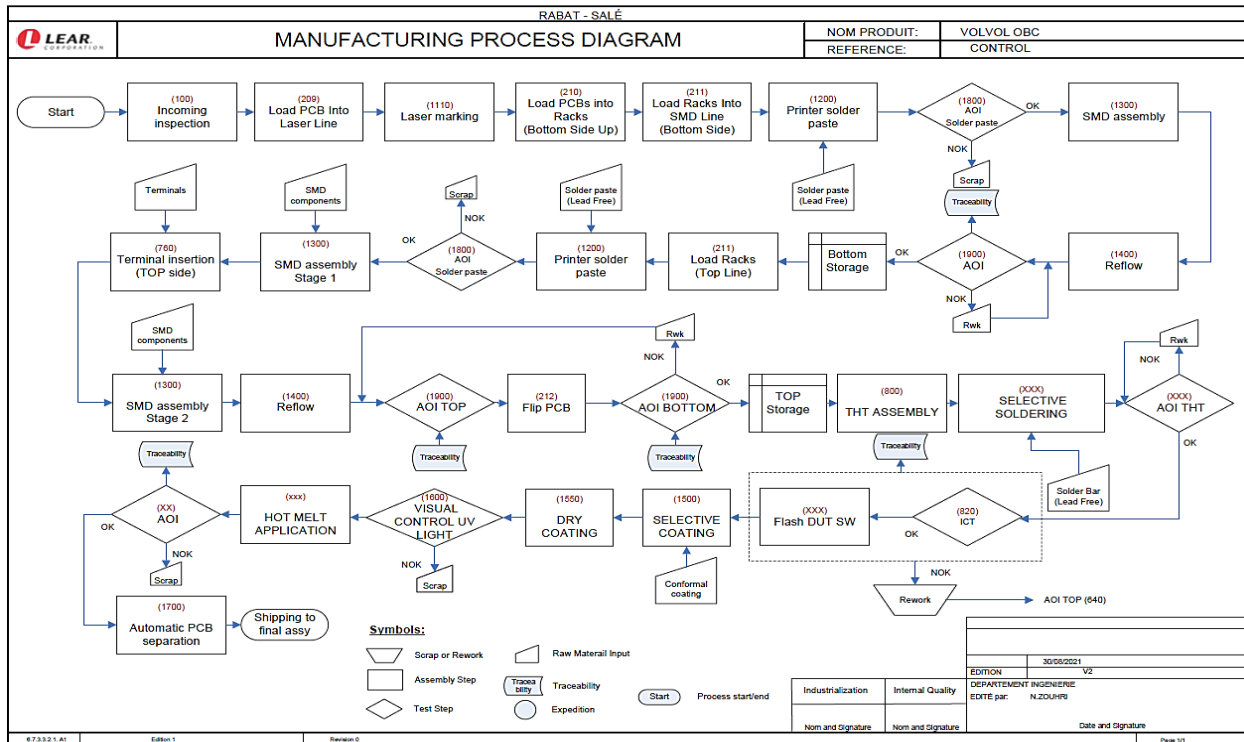
Machines	Opérations
	<p>FKT :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Résistance d'isolement (IR) • Tenue en tension (HIPOT) • Test PassThrough : vérification croisée de l'impédance • Test fonctionnel <ul style="list-style-type: none"> ○ Test LV ○ Test HV
	<p>Leak test :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circuit de refroidissement (cavité de la boîte entière)

Machines d'AOI et Lasering :



Machines	Opérations
	<p>AOI :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspection des accessoires
	<p>Lasering :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marquage laser • Inspection du marquage

Annexe 3 : Flowchart de la carte « Control » à titre d'exemple.





Annexe 4 : Planification de la production pour les lots n° 2,3,4 et 5.

Lot 2 : 600											
Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
21,165	28,525	28,858	31,638	31,971	33,459	33,792	37,394	37,727	40,722	41,056	41,663
22,476	29,856	30,189	33,028	33,361	34,594	34,928	38,529	38,863	41,858	42,191	44,286
						24,333	27,465				
10,475	14,391	14,724	16,681	17,015	17,993	18,327	20,284				
15,351	23,181	23,514	24,493	24,826	26,392	26,726	27,215	27,548	28,136	28,469	30,035
20,011	26,033	26,233	29,745	29,945	31,287	31,487	35,841	36,041	39,622		
17,829	21,666	21,999	24,603	24,936	26,377	26,710	30,312	30,645	33,777	34,111	34,991
18,649	37,246	18,649	37,246	18,649	37,246						
		22,728	34,474			34,724	40,596			40,846	44,957
		19,641	39,216								
						19,641	39,216				
		19,935							39,510		
		22,460							44,776		

Lot 3 : 600											
Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
41,996	49,356	49,690	52,469	52,803	54,290	54,624	58,225	58,559	61,554	61,887	62,494
44,619	51,999	52,332	55,171	55,504	56,737	57,070	60,672	61,006	64,001	64,334	66,429
						48,333	51,465				
20,618	24,533	24,866	26,824	27,157	28,136	28,469	30,426				
30,368	38,198	38,532	39,510	39,844	41,410	41,743	42,233	42,566	43,153	43,486	45,052
39,822	45,844	46,044	49,556	49,756	51,097	51,297	55,652	55,852	59,432		
35,325	39,161	39,495	42,098	42,432	43,872	44,206	47,808	48,141	51,273	51,606	52,487
37,272	55,868	37,272	55,868	37,272	55,868						
		45,207	56,952			57,202	63,075			63,325	67,435
		39,248	58,824								
						39,248	58,824				
		39,542							59,118		
		44,813							67,129		

Lot 4 : 600											
Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
62,827	70,188	70,521	73,301	73,634	75,122	75,455	79,057	79,390	82,385	82,718	83,325
66,762	74,142	74,475	77,313	77,647	78,880	79,213	82,815	83,148	86,143	86,477	88,571
						72,333	75,465				
30,760	34,675	35,008	36,966	37,299	38,278	38,611	40,569				
45,386	53,216	53,549	54,528	54,861	56,427	56,761	57,250	57,583	58,171	58,504	60,070
59,632	65,655	65,855	69,367	69,567	70,908	71,108	75,463	75,663	79,243		
52,820	56,657	56,990	59,594	59,927	61,368	61,701	65,303	65,637	68,769	69,102	69,983
55,895	74,491	55,895	74,491	55,895	74,491						
		67,685	79,430			79,680	85,553			85,803	89,914
		58,856	78,431								
						58,856	78,431				
		59,150							78,725		
		67,166							89,482		

Lot 5 : 600											
Control		PFC		Output		Rectifier		Driver		Secondary	
Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
83,659	91,019	91,352	94,132	94,465	95,953	96,286	99,888	100,221	103,216	103,550	104,157
88,905	96,285	96,618	99,456	99,790	101,023	101,356	104,958	105,291	108,286	108,620	110,714
						96,333	99,465				
40,902	44,817	45,150	47,108	47,441	48,420	48,753	50,711				
60,403	68,233	68,567	69,545	69,879	71,445	71,778	72,267	72,601	73,188	73,521	75,087
79,443	85,466	85,666	89,177	89,377	90,719	90,919	95,273	95,473	99,054		
70,316	74,153	74,486	77,090	77,423	78,864	79,197	82,799	83,132	86,264	86,598	87,478
74,518	93,114	74,518	93,114	74,518	93,114						
		90,164	101,909			102,159	108,031			108,281	112,392
		78,464	98,039								
						78,464	98,039				
		78,758							98,333		
		89,519							111,835		



Annexe 9 : VSM générale du processus OBC



Annexe 10 : VSM détaillée du processus OBC (état actuel)



Annexe 11 : VSM détaillée du processus OBC (apparition des Mudas)



Annexe 12 : VSM détaillée du processus OBC (état futur)

Stage effectué à : Lear Corporation – Rabat



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom : RADDAF Nouhaila

Année Universitaire : 2021/2022

Titre: Optimisation du processus VCC OBC par la « Value Stream Mapping ».

Résumé

Il est impératif dans le domaine industriel, notamment dans le secteur automobile, d'intégrer le concept « Lean Manufacturing » dans les systèmes de gestion, en vue d'optimiser voire éliminer toute sorte de gaspillage. Dans cette perspective, ce projet de fin d'études, réalisé au sein de la société « Lear Rabat », a comme principal objectif l'optimisation du processus de production « VCC OBC » en utilisant la méthodologie de la cartographie de la chaîne de valeur, communément appelée « VSM _Value Stream Mapping ». A travers ce rapport, nous présentons, dans un premier lieu le contexte général de ce projet. Par la suite, nous expliquons la méthode VSM, s'inscrivant dans le cadre de Lean Manufacturing. Après, nous schématisons la chaîne de valeur du processus de production de l'OBC, dans son état actuel en vue de l'analyser pour identifier toute sorte de gaspillage. Enfin, nous proposons des actions d'amélioration afin d'optimiser la productivité du processus concerné.

Mots clés: Optimisation, Lean Manufacturing, VSM, Heijunka, WIP, Kanban.

Abstract

It is essential in the industrial field, especially in the automotive sector, to integrate the concept of "Lean Manufacturing" in the management systems, in order to optimize or even eliminate any kind of waste. In this perspective, this end of studies project, carried out within the company "Lear Rabat", has as main objective the optimization of the production process "VCC OBC" using the methodology of the value chain mapping, commonly called "VSM _Value Stream Mapping". Through this report, we present, first of all, the general context of this project. Then, we explain the VSM method, which is part of the Lean Manufacturing framework. Then, we schematize the value chain of the production process of the OBC, in its current state in order to analyze it to identify any kind of waste. Finally, we propose improvement actions in order to optimize the productivity of the concerned process.

Key words: Optimization, Lean Manufacturing , VSM, Heijunka, WIP, Kanban.

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0) 35 60 29 53 Fax : 212 (0) 35 60 82 14