

Année Universitaire : 2021-2022

**Master Sciences et Techniques GMP  
Génie des Matériaux et des Procédés**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Application de la Lean Manufacturing pour  
l'optimisation du temps de production de BR223

**Présenté par:**

AZAMI HASSANI Oumayma

**Encadré par:**

SMIDI Jad (Encadrant de la société)

MISBAHI Khalid (encadrant pédagogique)

**Soutenu Le Juin devant le jury composé de:**

-  
-  
-

**Stage effectué à : POLYDESIGN SYSTEMS (Tanger)**



## Dédicace

À Mes chers parents,

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance, j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux, le fruit de vos innombrables sacrifices ;

À Ma très chère sœur Siham, ma supportrice dans la vie ;

À Mes chers et adorables frères :

Yassine le persévérant, et Youssef mon petit frère que j'adore ;

À La mémoire de ma grande mère,

J'aurais tant aimé que vous soyez là pour vivre ces moments avec nous. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde ;

À Ma chère amie,

Jihane EL AYADI qui m'a beaucoup supporté depuis l'enfance ;

Pour tout le soutien que vous m'avez offert, je vous dis MERCI.

A tous ceux qui m'aiment, Je dédie ce travail...

*Oumayma AZAMI HASSANI*

## Remerciements

Cet ouvrage est le fruit de 4 mois de travail et de conseil en sûreté de fonctionnement. Il résulte d'un échange permanent avec l'équipe qui travaille au sein du société Polydesign systems plus précisément à la zone de gainage.

Il nous est agréable tout d'abord d'exprimer notre reconnaissance auprès de ces personnes dont l'intervention au cours de ce projet a favorisé son bon déroulement.

A l'issue de ce fructueux stage, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mon dévouement à mon responsable de stage Mr SMIDI Jad, responsable de production dans la zone de gainage, pour leur confiance et leur conseil qu'ils n'ont cessé de me prodiguer durant ce stage.

Aussi, je tiens à remercier tout le corps pédagogique de la faculté des sciences et techniques de Fès pour leur qualité de formation irréprochable en particulier mon encadrant Mr MISBAHI Khalid, et les membres du jury, qui ont accepté d'évaluer mon travail, et pour le soin qu'ils vont apporter à l'enrichissement de ce document.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et au bon déroulement de mon stage.

## Liste des Acronymes, Abréviations, et Terminologie

### Abréviations :

**O.I:** Observations instantanées

### Acronymes :

**ISO :** Organisation Internationale de Normalisation

**ISO TS :** ISO Technical specifications

**OHSAS 18001:** Occupational Health and Safety Assessment Series

**DMAIC:** Define, measure, analyze, improve, and control

**QOOQCP :** Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Pourquoi

**VSM:** Value Stream Mapping

**TC :** Temps de cycle

**SIPOC :** Supplier, Input, Process, Output, Customers

### Terminologie :

**Mudas :** Gaspillage

**Insert :** la pièce plastique

**Tact Time :** le seuil de temps qui définit la satisfaction du client

**Tep :** faux cuir

**Le lead time :** désigne le temps de traversée d'un processus ou d'une chaîne de valeur

**GANTT :** est un outil utilisé en ordonnancement et en gestion de projet et permettant de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet

**Équilibrage des postes :** Processus d'assignation des tâches à des postes de travail de manière que le temps d'exécution soit approximativement égal pour chaque poste

**Process :** Technique ou d'une méthode utilisée pour réaliser une tâche ou une succession de tâches afin de parvenir à un résultat donné.

**Poste goulot :** un stade de travail qui reçoit plus de travail que ce qu'il peut traiter à sa capacité de production maximale.

## Listes des figures

Figure 1:Place de polydesign dans le groupe EXCO Technologies.....	2
Figure 2:l'organigramme de l'entreprise.....	4
Figure 3: les différentes sources du gaspillages (8 mudas) .....	10
Figure 4: chaine de valeur d'un produit.....	12
Figure 5 : Schéma de temps de cycle.....	12
Figure 6 : Schéma de lead time LD.....	12
Figure 7 : Schéma du temps de valeur ajoutée.....	12
Figure 8: VSM de l'état actuel pour la référence 462.....	19
Figure 9: VSM de l'état actuel pour la référence 359.....	19
Figure 10: VSM de l'état actuel pour la référence 287.....	20
Figure 11: VSM de l'état actuel pour la référence KKS.....	20
Figure 12: VSM de l'état actuel pour la référence 856.....	20
Figure 13 :Temps de cycle en fonction du tact time pour référence 462.....	29
Figure14 :Temps de cycle en fonction du tact time pour référence 359.....	30
Figure 15Temps de cycle en fonction du tact time pour référence 287.....	30
Figure 16 :Temps de cycle en fonction du tact time pour référence 856.....	30
Figure 17 :Temps de cycle en fonction du tact time pour référence KKS.....	31
Figure 18 :Avant et après l'amélioration pour référence 462.....	32
Figure 19 : Avant et après l'amélioration pour référence 359.....	33
Figure 20 : Avant et après l'amélioration pour référence 287.....	33
Figure 21 : Avant et après l'amélioration pour référence 856.....	34
Figure 22 : Avant et après l'amélioration pour référence KKS.....	34
Figure 23 : le nombre d'opérateurs nécessaire.....	35
Figure 24 :Efficience avant et après l'amélioration.....	36
Figure 25 : Cadence avant et après l'amélioration.....	37
Figure 26 :VSM dans l'état amélioré pour référence 462.....	37
Figure 27 :VSM dans l'état amélioré pour référence 359.....	38
Figure 28 :VSM dans l'état amélioré pour référence 287.....	38
Figure 29 :VSM dans l'état amélioré pour référence 856.....	39
Figure 30 :VSM dans l'état amélioré pour référence KKS.....	39

## Listes des tableaux

<b>Tableau 1 : Fiche signalétique de Polydesign Systems .....</b>	<b>3</b>
<b>Tableau 2:les produits de Polydesign Systems .....</b>	<b>5</b>
<b>Tableau 3: demande client de chaque référence .....</b>	<b>8</b>
<b>Tableau 4 : description du problématique étudié via l’outil QQQQCP .....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau 5 : diagramme SIPOC projet : Appui tête .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 6 : Calcul des temps moyens de projet 359 .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 7 : Calcul des temps moyens de projet 462 .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 8 : calcul des temps moyens de projet 287 .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 9: Calcul des temps moyens de projet 856 .....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 10: Calcul des temps moyens de projet KKS.....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 11 : les heures d'observation .....</b>	<b>25</b>
<b>Tableau 12 : demande client des références de produits .....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 13 : Calcul du Tact time en second .....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 14: Nombre de poste accordé à chaque poste pour toutes les références.....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 15:les nouveaux temps de cycle.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 16: Efficience avant et après équilibrage .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 17: Cadence avant et après équilibrage .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 18: le lead time avant et après l'amélioration.....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 19: le gain en DH .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 20: Le gain mensuelle et annuelle .....</b>	<b>40</b>

# Table des matières

Dédicace .....	3
Remerciements .....	4
Liste des Acronymes, Abréviations, et Terminologie.....	5
Listes des figures .....	6
Listes des tableaux.....	7
Table des matières .....	8
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise.....	2
I. Introduction : .....	2
II. Présentation de l'entreprise : .....	2
1. Le groupe Exco Automotive Solutions : .....	2
2. Présentation de Polydesign Systems :.....	2
3. Fiche signalétique : .....	3
4. Clients de Polydesign Systems : .....	3
5. Organigramme de Polydesign Systems : .....	4
6. Activités de l'usine : .....	4
7. Produits de Polydesign Systems : .....	5
Conclusion .....	6
Chapitre II : Présentation du projet.....	7
Introduction : .....	7
I. Contexte général du projet :.....	7
1. Problématique :.....	7
2. Cahier de charge : .....	7
2.1 Contexte pédagogique :.....	7
2.2 Acteurs du projet :.....	7
2.3 Objet du projet : .....	8
2.4 Le besoin : .....	8
2.5 Les résultats attendus : .....	8
2.6 Contraintes du projet :.....	8
II. Planning de GANTT :.....	9
III. Méthodologie et outils de projet :.....	9
1. Présentation de la démarche Lean Manufacturing :.....	9
1.1 Définition du Lean : .....	9
1.2 Lean et la chasse aux gaspillages : .....	9
1.3 Les outils du Lean Manufacturing : .....	11
2. Présentation de l'approche DMAIC : .....	13
Chapitre 3 : Etude du projet par la démarche DMAIC .....	16
I. Définition du Problématique :.....	16
1. La méthode QQOCP :.....	16
2. Organigramme du projet :.....	17

II.	Mesure et Analyse de l'état Actuel : .....	18
1.	Mesure de l'état Actuel de processus : .....	18
1.1	Etude du value Stream Mapping: .....	19
1.2	Analyse-chronométrage : .....	21
1.3	Etude par les observations instantanées : .....	23
2.	Analyse de processus : .....	26
	Conclusion : .....	27
	Chapitre III : Equilibrage des postes.....	28
I.	Introduction : .....	28
II.	Notions sur la méthode Tact Time : .....	28
1.	Définition de la méthode Tact Time : .....	28
2.	Utilisation de la méthode Tact Time : .....	28
III.	Application de la méthode Tact Time : .....	28
1.	Equilibrage par rapport au temps tact : .....	29
1.1	Analyse des temps : .....	29
1.2	Proposition d'amélioration : .....	31
2.	Chiffrage des gains : .....	35
IV.	Elaboration du VSM après l'amélioration : .....	37
1.	VSM après l'amélioration : .....	37
2.	Chiffrage des gains : .....	40
	Conclusion : .....	40
	Conclusion .....	41
	Bibliographie .....	42
	Annexe I .....	43

## Introduction générale

Consciente des enjeux industriels dans le domaine d'automobile, et afin d'assurer sa compétitivité, son accélération dans le marché marocain, Polydesign systems s'est penchée sur l'amélioration de sa productivité dans la zone de gainage en exploitant les méthodes d'amélioration continue des processus de fabrication.

En effet, l'objectif principal de ce projet est l'amélioration du temps de production, et satisfaire le besoin client au niveau de la zone de gainage qui constitue une partie importante au sein de la société, et ce en s'appuyant sur les outils et les méthodes du Lean Manufacturing tout en suivant la démarche DMAIC.

Dans ce rapport sera présenté, dans un premier lieu, l'organisme d'accueil où j'ai effectué mon stage de fin d'étude, son historique, son organisation, ses produits et ses clients.

Le deuxième chapitre explique le contexte général du projet est développé : la description du projet : l'objectif, le besoin, les périmètres, et les résultats attendus, la philosophie Lean, les outils utilisés, ainsi les étapes du démarche DMAIC.

Le troisième chapitre sera dédié à une analyse approfondie du problématique, à l'aide de la démarche DMAIC on suit différentes phases à savoir : définir le problème traité, mesurer l'état actuel du projet par la collecte des données, analyser ses causes racines et mettre en place les actions d'amélioration nécessaire, Innover et proposer des solutions pertinentes.

Le dernier chapitre sera consacré à un équilibrage des postes, En proposant des actions correctives, des solutions pertinentes, et des plans d'amélioration.

Une conclusion générale achèvera notre rapport.

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise

### I. Introduction :

Les constructeurs automobiles ne sont pas les seuls acteurs dans l'industrie automobile. Une part importante des éléments composants une voiture est produite par les équipementiers. Ces derniers jouent un rôle indispensable dans l'industrie automobile. Polydesign fait partie de ces équipementiers.

On présentera dans ce premier chapitre la société Polydesign Systems ainsi que ses activités

### II. Présentation de l'entreprise :

#### 1. Le groupe Exco Automotive Solutions :

Le groupe EXCO Automotive Solutions est un fournisseur mondial de technologies innovantes dans le domaine du moulage, d'extrusion et des accessoires internes pour l'industrie automobile.

La société Polydesign Systems fait partie de la division "automotive solutions" (figure 1), cette filiale, où je me suis engagé, se trouve à Tanger, Maroc.[1]

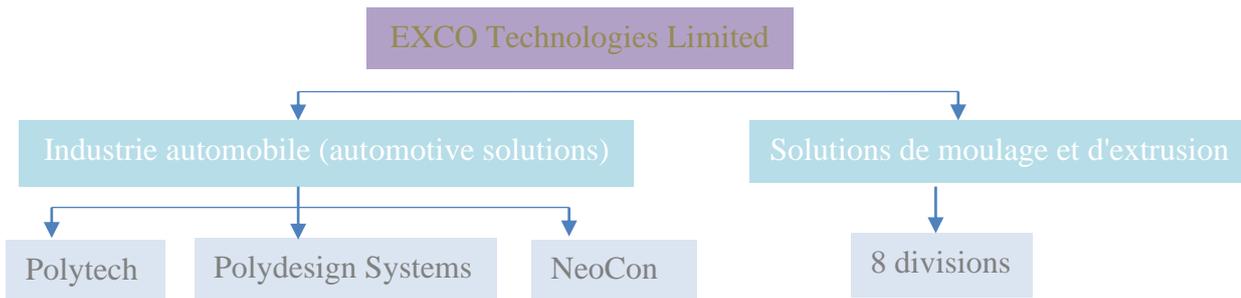


Figure 1 : Place de polydesign dans le groupe EXCO

#### 2. Présentation de Polydesign Systems :

La société Polydesign Systems a démarré son activité en septembre 2001 au Maroc. Elle s'est alignée également sur les normes internationales parmi lesquels : ISO TS 16949 depuis novembre 2002, ISO 14001 version 2004 en janvier 2004, et OHSAS 18001 en 2011, TS 16949 version 2009 et ISO 9001 version 2015.[1]

### 3. Fiche signalétique :

Tableau 1 : Fiche signalétique de Polydesign Systems

<b>Raison sociale</b>	<b>POLYDESIGN SYSTEMS</b>
<b>Statut juridique</b>	Société A Responsabilité Limitée (S.A.R.L.)
<b>Activité</b>	Fabrication des accessoires et équipements automobiles à base de textile, cuir et plastique
<b>Certifications</b>	ISO TS 16949, ISO 14001, ISO 17025, ISO 45001, OHSAS 18001,..
<b>Récompenses récentes</b>	Prix Nationale de la Qualité 2012 Prix d'Excellence de la Qualité de General Motors 2012 Prix de Performance JCI 2013 de Johnsons Controls ...etc Score « Gold » obtenu au niveau du concours EcoVadis
<b>Superficie</b>	18 000 m <sup>2</sup> couverte sur un terrain de 27 000 m <sup>2</sup>
<b>Adresse</b>	Zone Franche Boukhalef – Lot 18 B Tanger - Maroc
<b>Téléphone</b>	05 39 39 94 00
<b>Fax</b>	05 39 39 35 24
<b>Sites web</b>	<a href="https://polydesignsystems.com">https://polydesignsystems.com</a>

### 4. Clients de Polydesign Systems :

Les principaux clients de Polydesign Systems sont :[1]

- |          |             |
|----------|-------------|
| - BMW    | -NISSAN     |
| -TOYOTA  | -MITSUBISHI |
| -OPEL    | -MERCEDES   |
| -FIAT    | -RENAULT    |
| -AUDI    | -PEUGEOT    |
| -MAZDA   | -CITROËN    |
| -KIA     | -MOTORS     |
| -SUZUKI  | -PORCHE     |
| -FORD    | -HYUNDAI    |
| -VOLVO   | -VOKSWAGEN  |
| -SUBARLI | -HYUNDAI    |

## 5. Organigramme de Polydesign Systems :

La dimension organisationnelle au sein de Polydesign systems se caractérise par un dosage équilibré entre la structure fonctionnelle et celle opérationnelle, ce qui justifie l'existence de plusieurs départements (figure2).[1]

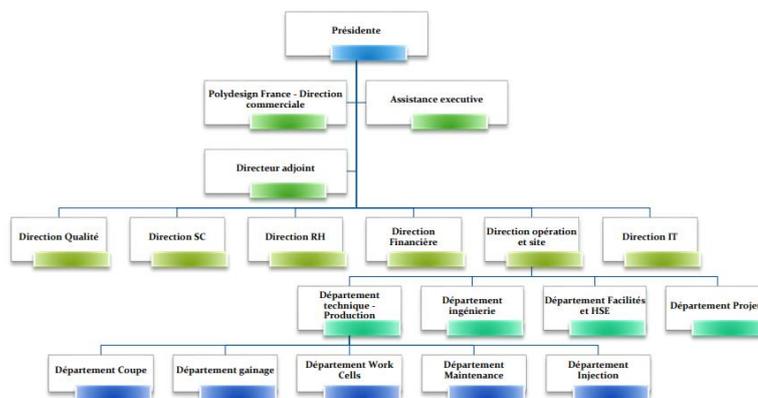


Figure 2: l'organigramme de l'entreprise

## 6. Activités de l'usine :

L'entreprise a démarré son activité par la production de filets pour les voitures. Ensuite, elle s'est spécialisée dans la fabrication des garnitures automobile à base de textile et de plastique. Actuellement le site de production est réparti suivant 4 fonctions :[1]

### ❖ Coupe :

Cette zone repose sur des machines automatiques qui coupent des pièces dans un matelas suivant un tracé. Ce tracé définit l'ensemble des pièces entreposées de façon à recouvrir entièrement le tissu à couper. Après la coupe, ses pièces sont ramassées par des opérateurs en vue d'alimenter la zone du "Work- Cells" pour la suite du processus de production.

### ❖ Work- cells :

Également appelées « **cellules de fabrication** », Work-Cells sont un ensemble de cellules dans lesquelles est fait l'assemblage des produits semi-finis. Chacune de ces unités disposent d'outil (Exemple : machine à coudre, presse, machine de coupe, etc....) pour l'exécution d'une tâche bien précise.

### ❖ Machinery :

Dans la zone Machinery les articles suivants sont produits : **la maille** (étoffe constituée par l'entrelacement des boucles de fils appelées maille), **la bande tissée** (étoffe constituée par l'entrecroisement perpendiculaire des ensembles de fils), **le bungee** (fil élastique), **le fil guipé** (fil constitué de 2 fils et un élastique, les deux fils sont enroulés autour de l'élastique, pour constituer une sorte de fil élastique). La production étant automatique, le conducteur de la machine la supervise en s'occupant des réglages de l'enfilage machine et du contrôle de la conformité des produits.

### ❖ Injection Plastique :

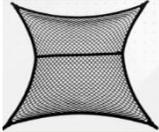
Equipé de cinq presses d'injection fabriquant une multitude de pièces en plastique. L'atelier fabrique deux grandes familles de produits :

- Les produits **semi finis** destinés aux autres zones de production de l'entreprise telles que le "work-cell".
- Les produits **finis** destinés à la satisfaction des besoins des clients dans le secteur automobile. Ainsi, une fois fabriqués à l'atelier ces produits sont acheminés vers les clients.

### 7. Produits de Polydesign Systems :

Polydesign Systems fabrique une multitude de produits destinés au secteur automobile. Ci-dessous, nous exposerons quelques produits présentes dans le tableau suivant :[2]

Tableau 2:les produits de Polydesign Systems

Articles	Description	Aperçu
Les mailles d'accessoires	Des filets d'accessoires pour le retenus des bagages.	
Les couvrants du levier de vitesse	Des tissus à base de cuir pour la couverture du levier de vitesse.	
Appui-tête	Élément de garnissage intérieur des véhicules à base de tissu ou semi-cuir.	
Volants	L'entreprise intervient seulement au niveau du gainage des volants.	
Accessoires moulés par injection plastique	Des éléments intérieurs à base de résine thermoplastique et thermodurcissable.	
Les pare-soleils	Accessoire orientable protégeant les yeux du conducteur d'un véhicule des rayons du soleil à base de cuir.	
Les panneaux de porte	A base des matériaux synthétique, notamment les composants thermoplastiques.	

Habillage inférieur centrale	Accessoire pour les portes de voiture à base de cuir et plastique.	
------------------------------	--	---

### Conclusion

Ce chapitre a permis d'identifier d'une manière générale la société d'accueil Polydesign Systems autant au niveau de sa structure interne qu'au niveau de ses clients, ses gammes de produits et ses activités.

Dans ce qui suit nous présentons le projet sur lequel on a travaillé sous forme d'un cahier des charges ainsi qu'une idée sur les outils et méthodes utilisés durant ce projet.

## Chapitre II : Présentation du projet

Introduction :

Dans cette partie nous allons présenter le cahier des charges détaillant clairement les spécifications exprimées par la société d'accueil. Aussi une définition des outils et méthodes utilisés durant ce stage y sera détaillée.

### I. Contexte général du projet :

#### 1. Problématique :

Polydesign systems est l'une des sociétés constituant le tissu du secteur de l'industrie automobile au Maroc. Ce secteur qui se caractérise par une forte concurrence, et une grande exigence des clients en termes de coût, qualité et délai.

Ces facteurs ont poussé la société à se lancer dans les défis d'amélioration continue, pour être plus compétitive face aux autres concurrents. De ce fait, la société essaye de mettre en place des méthodes pour améliorer sa performance et être à la demande de ses clients, d'où vient la pensée de mettre en place un système de production Lean qui vise la chasse au gaspillage et la montée en performance.

La zone de gainage présente une zone critique de l'usine, donc toute anomalie influençant la production globale de la société, qui cause directement des retards et on n'arrive pas à atteindre l'objectif fixer et satisfaire le besoin client. C'est la raison pour laquelle ce projet nous a été confié.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans cette perspective, le but est de :

- Déterminer la nature de ces gaspillages ;
- Déterminer les causes réelles de ces derniers dans la zone de gainage ;
- Diminuer toutes formes de gaspillages ;
- Essayer d'équilibrer et à aménager les postes entre eux ;
- Proposer des actions correctives ;

Dans le cadre de l'amélioration continue, nous allons analyser la situation actuelle afin de proposer des solutions permettant d'apporter une valeur ajoutée à l'entreprise.

Pour cette raison Nous avons employé la démarche DMAIC, afin d'optimiser, et améliorer la performance de production.

### 2. Cahier de charge :

#### 2.1 Contexte pédagogique :

Ce projet s'inscrit dans le cadre de stage du projet de fin d'étude, dont les étudiants de la FST sont censés faire un projet industriel réel. Au cours de ce stage, nous devons mettre en place nos acquis pour l'analyse et la résolution des problèmes.

#### 2.2 Acteurs du projet :

##### ✓ **Maitre d'ouvrage :**

Le maître d'ouvrage est la société Polydesign Systems installée à la zone franche de Tanger représentée par : Mr SMIDI Jad : responsable de production dans la zone de gainage.

✓ **Maitre d'œuvre :**

Le maître d'œuvre est la Faculté des Sciences et Techniques de Fès FSTF, représentée par :

- Tuteur pédagogique : M. MISBAHI Khalid
- Etudiante M2, génie des matériaux et procédés : Mlle.AZAMI HASSANI Oumayma

2.3 Objet du projet :

Notre projet se déroule sur l'application de la Lean manufacturing pour optimiser les ressources de processus dans la zone de gainage plus précisément dans le projet « BR223 » : Fabrication des Appuis têtes, en essayons d'éliminant tout type de gaspillage.

2.4 Le besoin :

Notre mission est l'optimisation des ressources dans la zone de gainage dans la cellule BR223. Il fabrique dans cette cellule cinq références, la demande client ou la quantité journaliers demandé par le marché de chacune de ces références est regroupé dans le tableau suivant :

Tableau 3: demande client de chaque référence

Références	462	287	856	KKS	359
Besoin client	160	882	882	400	160

Le responsable de production m'a chargé de préciser les types de gaspillages, d'optimiser les ressources dans cette zone, et d'essayer d'équilibrer et aménager les postes entre eux.

Pour arriver à ces objectives on va adopter une démarche basée sur la méthode DMAIC pour éliminer tout type de gaspillage et les activités qui n'ont aucune valeur ajoutée, afin de proposer des solutions, dont le but d'améliorer les performances et la productivité dans toute la zone.

2.5 Les résultats attendus :

- ✓ Déterminer La nature du gaspillage dans la zone de gainage ;
- ✓ Augmenter la productivité et la cadence du projet ;
- ✓ Equilibrage du temps de cycle de chaque poste avec le Tact time,
- ✓ Aménager les postes entre eux ;
- ✓ Déterminer les nombres d'opérateurs nécessaire à chaque opération ;

2.6 Contraintes du projet :

La gestion de ce projet doit tenir en compte des contraintes suivantes :

✓ **Contraintes pédagogiques :**

- Appliquer les techniques et méthodes de gestion de projet.
- Apprendre à être autonome dans la réalisation d'un projet.
- Acquérir de nouvelles connaissances techniques.

✓ **Contraintes temporelles :**

- le travail final doit être rendu avant la date de la présentation finale.

✓ **Les contraintes de réalisation :**

-Manque des ressources, et des données nécessaires pour faire ce travail.

II. Planning de GANTT :

Afin de garantir un bon déroulement du projet et permettre un suivi permanent de l'avancement des travaux, un diagramme GANTT a été élaboré, présenté dans l'annexe I.

III. Méthodologie et outils de projet :

1. Présentation de la démarche Lean Manufacturing :

1.1 Définition du Lean :

- **Définition 1** : Le Lean est un "système" visant à générer, au plus vite, la valeur ajoutée maximale au moindre coût, en employant les ressources justes nécessaires pour fournir aux clients ce dont ils ont besoin.
- **Définition 2** : Le Lean est une approche systémique pour concevoir et améliorer les processus en visant un état idéal centré sur la satisfaction du client, par l'implication de l'ensemble du personnel.

Ces deux définitions se réfèrent à un système, qui est un ensemble d'éléments en interaction dynamique. Sa finalité, c'est satisfaire les clients, afin d'assurer la prospérité durable de l'entreprise.[3]

1.2 Lean et la chasse aux gaspillages :

a) La chasse aux gaspillages :

L'élimination des gaspillages conduit systématiquement à améliorer les performances et satisfaire les clients en termes de qualité, délais et coût.

La chasse aux gaspillages n'est donc pas une activité marginale que l'on réserve aux périodes de sous-charge mais bien un moyen offensif pour améliorer la position concurrentielle de l'entreprise.[3]

b) Typologies des gaspillages :

Les gaspillages sont les activités sans valeur ajoutée, qui consomment des ressources sans ajouter aucune valeur au produit.

Une analyse scrupuleuse a révélé trois familles de gaspillages :

➤ **Muda : Le gâchis**

C'est donc une activité improductive qui n'apportent pas de valeur aux yeux du client mais tout le monde accepte, au quotidien, sans la remettre en question.

La pensée Lean suggère que pour générer efficacement de la valeur ajoutée, il est indispensable d'identifier tous les gaspillages et de les éliminer ou de les réduire afin d'optimiser les processus de l'entreprise. [3]

Parmi les gaspillages on trouve 7 gaspillages, en fait il y'en a 8 :

- Surproduction
- Mouvements inutiles
- Transports et déplacement inutiles
- Temps d'attentes
- Surstockage ou stock inutiles
- Sous-utilisation des compétences
- Traitements inutiles ou surprocessing
- Erreurs, Défaut et rebuts



Figure 3 : les différentes sources du gaspillages (8 mudas)

#### + Surproduction :

- Produire plus que le besoin du client.
- Produire avant la commande.
- Réaliser une tâche qui ne répond à aucune demande ni exigence client.

#### + Mouvements inutiles :

- Déplacement de personnes physiques, inutile et qui n'apporte pas de valeur au client.
- Causé par une mauvaise ergonomie du poste de travail.
- Mauvais rangement, désordre, désorganisation.
- Matériel ou informations mal répertoriés.

#### + Transports et déplacement inutiles :

- Déplacement de matériaux, de pièces, de produits, de documents ou d'informations qui n'apporte pas de valeur pour le client.
- Consommateur de ressources et de temps.
- Risque de dégradation.

#### + Temps d'attente :

- Produits ou personnes qui doivent attendre entre 2 tâches ou étapes.
- Opérateur inactif pendant que la machine fonctionne ou pendant une interruption.
- Cadence machine ralentie.
- Temps de changement de série trop long.
- Étapes mal synchronisées.

#### + Sur- stockage ou stock inutiles :

- Tout ce qui n'est pas indispensable à la réalisation de la tâche, au bon moment.
- Causé par la surproduction, mais aussi une mauvaise planification.
- Causé par des temps d'attente non maîtrisés.
- Capital immobilisé.

#### + Sous-utilisation des compétences :

On ajoute aux 7 gaspillages, un 8ème gaspillage « La sous-utilisation des compétences » : Un manque de formation, un management rigide et autoritaire, peu de motivation, de Reconnaissance et d'implication entraînent une sous-utilisation des compétences des employés.

#### + Traitements inutiles ou sur-processing :

- Tâches, étapes réalisées pour rien.
- Processus trop complexe par rapport au prix de vente.
- Trop de qualité, trop de matières, trop d'informations...
- Manque d'instructions ou de spécifications claires et standardisées.

#### + Erreurs, Défauts et Rebuts :

- Défauts qui nécessitent une retouche, un contrôle supplémentaire, une mise au rebut, une insatisfaction du client...

- Retour client.
- Perte de temps, d'argent et risque de ne pas pouvoir fournir le client.
- Perte de crédibilité.

➤ Muri & Mura : L'excès et l'irrégularité

Ces deux concepts sont moins souvent mis en avant dans les descriptions du système Toyota. Pourtant, lorsqu'on travaille concrètement sur la réduction des gaspillages, et qu'on en cherche les causes profondes, on tombe souvent sur des travers de l'entreprise qui peuvent être classifiées comme excès ou surcharge (muri) ou comme manque de régularité (mura).[3]

### 1.3 Les outils du Lean Manufacturing :

La réalisation du projet a nécessité le recours à certains outils, d'identification, d'analyse et de résolution des problèmes. Dans cette revue de littérature on va expliquer le principe des différents outils et méthodes utilisés.

#### a) Le QQQQCP :

Le QQQQCP est un outil qui permet de se poser les bonnes questions avant d'aborder un problème. Il n'est en effet pas rare de se jeter tête baissée sur une solution sans avoir fait le tour de la question. C'est une fois la solution mise en œuvre que l'on s'aperçoit que l'on avait oublié un élément important qui remet en cause la solution choisie. [4]

Pour être sûr d'appréhender le plus complètement possible un problème, il faut se poser les questions QQQQCP (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?).

La réponse à ces questions permet d'identifier les aspects essentiels d'un problème.

- ❖ QUI : Qui est concerné, par le problème, quelles sont les personnes impliquées ?
- ❖ QUOI : Quel est le problème ?
- ❖ OÙ : En quel lieu le problème se pose-t-il ?
- ❖ QUAND : À quel moment le problème apparaît-il ?
- ❖ COMMENT : Sous quelle forme le problème apparaît-il ?
- ❖ POURQUOI : Quelles sont les raisons qui poussent à résoudre ce problème ?

Enfin, ces questions peuvent chacune être utilement complétées par un COMBIEN ? qui permet de donner une réponse chiffrée.

#### b) La VSM : Value Stream Mapping ou cartographie de la chaîne de valeur :

La Value Stream Mapping, ou VSM, a été francisée en Cartographie de la Chaîne de Valeur. La chaîne de valeur est la décomposition de l'activité de l'entreprise en une séquence d'opérations élémentaires. Elle permet d'identifier les opérations à valeur ajoutée (et celles de non-valeur ajoutée) entrant dans la composition/fabrication du service/produit, tel qu'il est attendu par le client.

La détection de la non-valeur ajoutée se fait en suivant le produit tout au long de sa fabrication, et en identifiant les gaspillages. Les opérations à valeur ajoutée sont à l'inverse les activités qui transforment la matière et contribue à la rendre conforme aux attentes du client.

Ainsi, comme l'illustre la Figure 4, la construction de la carte VSM va dans le sens inverse de la chaîne de création de valeur.[4]

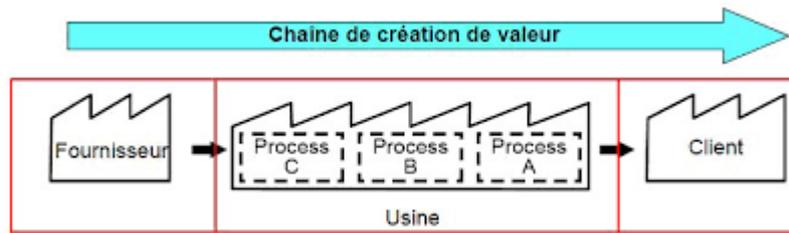


Figure 4: chaîne de valeur d'un produit

✓ Les types de temps à Calculer :

Il est nécessaire d'introduire plusieurs types de temps nécessaires pour la construction de la carte VSM.[4]

- Le Temps de Cycle (TC) : le temps écoulé entre la sortie du processus du premier puis du second produit.

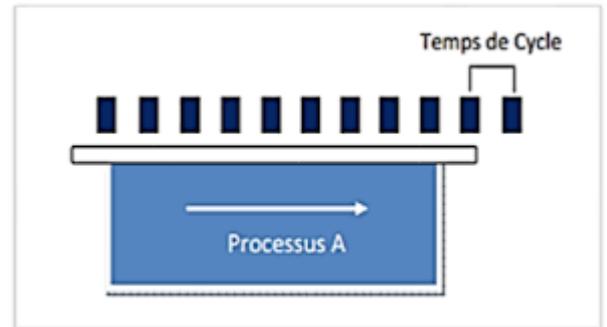


Figure 5 : Schéma de temps de cycle

- Le lead time (LD) : le temps nécessaire pour qu'une pièce passe par le processus complet, pour mesurer le délai d'exécution il suffit d'effectuer un suivi d'une seule pièce du début jusqu'à la fin, comme suivant :

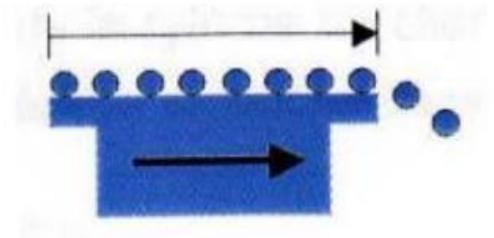


Figure 6 : Schéma de lead time LD

- Temps valeur ajoutée : le temps de travail consacré aux tâches exécutées sur un produit pour le transformer de telle façon que le client est enclin à le payer.

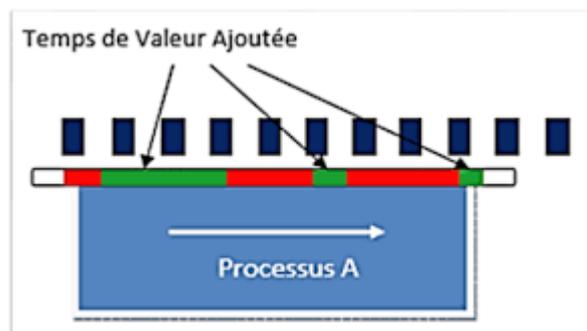


Figure 7 : Schéma du temps de valeur ajoutée

✓ Cartographier :

- Visualiser le flux de création de la valeur le long d'un processus ;
- Identifier et collecter les informations relatives aux diverses étapes.

✓ Flux :

Un flux parcourt des tâches successives d'un point de départ jusqu'au point d'arrivée. Il y a 3 types de flux :

- Flux physique de matières ;
- Flux d'informations ;
- Flux des personnes / processus.

✓ Valeur :

- Valeur Ajoutée : activité de transformation de la matière, d'une prestation ou information répondant aux attentes du client,
- Non-Valeur Ajoutée : activité demandant du temps, des ressources, de l'espace n'apportant rien au produit ou service.

✓ Les informations nécessaires à la VSM :

La VSM demande à ce que l'on collecte des informations fiables et au plus proche de l'état actuel du processus. Différentes notions sont décrites dans cet outil, comme : [4]

- Les différentes tâches qui composent le processus ;
- Les différents stocks et en-cours ;
- Les flux d'informations et de matières ;
- Les temps de cycle ;
- Temps de valeur ajoutée...etc.

✓ Les icônes utilisées dans un VSM :

Flux poussé	Clients/Fournisseur	Process
Information manuelle	Stock	Livraison

## 2. Présentation de l'approche DMAIC :

DMAIC est une méthode de résolution des problèmes structurée et largement utilisée dans les problèmes d'amélioration. Elle fournit une base de réflexion qui structure le travail d'une équipe de projet d'amélioration continue.

Cette méthode est composée de cinq étapes ordonnancées et vise à fournir un diagnostic approfondi des problèmes rencontrés dans les organisations avant de les résoudre : **Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler.**

✓ **Définir :**

Il s'agit de définir la problématique du sujet que l'on souhaite traiter et de cibler l'objectif à atteindre, en cohérence avec la demande client. Une première identification des causes possibles de non satisfaction client et/ou d'occurrence de la variabilité pourra être recherchée grâce aux méthodes de résolution de problème tels que : Le **QQOQCP** (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?). [3]

En deuxième lieu établir le diagramme de SIPOC :

**S : SUPPLIERS** : identification des fournisseurs internes et externes, délivrant des éléments en entrée ;

**I : INPUTS** : liste des entrées (informations, matières...) alimentant le processus et transformées par les activités à venir ;

**P : PROCESSUS** : description des activités, étapes, tâches et opérations principales qui transforment les entrées en sorties ;

**O : OUTPUTS** : liste des sorties (résultats, productions, documentation...) à destination des clients (ou bien pour d'autres processus en aval) ;

**C : CUSTOMERS** : repérage des clients internes et externes, intermédiaires et finaux ;[8]

✓ **Mesurer :**

L'objectif est de collecter des données sur le terrain, représentatives de la situation actuelle, afin de mieux appréhender les causes racines du problème. À la fin de cette phase on essaye de regrouper les problèmes détectés. Parmi les outils utilisés pendant cette phase :

Le chronométrage consiste à mesurer les temps opératoires, afin de permettre le calcul des temps alloués sur chaque opération.[5]

Et on deuxième étape de collecter les informations disponibles à propos de la situation actuelle. Ces données collectées seront rassemblées et catégorisées, à la fin de cette phase on essaye de regrouper les problèmes détectés. Parmi les outils utilisés pendant cette phase : Value Stream Mapp VSM, il permet de dévoiler les failles de processus.[4]

Les observations instantanées : permet de connaître le pourcentage d'une activité observée, soit une machine ou d'opérateur est productive ou improductive.[6]

✓ **Analyser :**

Suite à l'étape de mesure, il s'agit d'étudier les racines des problèmes mesurés, émettre des hypothèses et faire des analyses quantitatives des données grâce à des outils mathématiques et statistiques.

On va travailler avec l'outil du 5M :

Diagramme ISHIKAWA, diagramme des 5M, ou diagramme en arête de poisson et qui permet de classer les causes selon leurs catégories.

Le diagramme cause effets, diagramme d'Ishikawa, diagramme en arêtes de poisson ou encore 5M, c'est un outil de visualisation synthétique et de communication des causes identifiées, qui représente les causes aboutissant à un effet, Il peut être utilisé dans le cadre de recherche de cause d'un problème ou d'identification et gestion des risques lors de la mise en place d'un projet.[7]

Ce diagramme se structure habituellement autour du concept des 5 M : [7]

- **Matière** : Les matériaux utilisés, généralement les entrées d'un processus.
- **Milieu** : L'environnement, le contexte...
- **Main d'œuvre** : Les interventions humaines
- **Méthodes** : Le processus, le mode opératoire
- **Matériels** : Les machines, les logiciels...

✓ **Améliorer :**

La phase de l'amélioration consiste à rechercher, proposer et faire appliquer des solutions adaptées pour chaque situation. Il s'agit de trouver une ou plusieurs solutions appropriées pour chacune des causes des défauts. La solution proposée dans cette étape est **l'équilibrage** d'une manière à répartir équitablement de la valeur de travail entre les ouvriers choisis et en tenant compte du nature des postes.

✓ **Contrôler :**

Une fois que l'entreprise a mis en place les solutions dégagées, il ne reste qu'à suivre l'évolution de la nouvelle situation, analyser les résultats et mesurer l'efficacité des solutions appliquées.

### Chapitre 3 : Etude du projet par la démarche DMAIC

#### I. Définition du Problématique :

**Objectif :** Cette partie permet de définir et déterminer le problème, les objectifs du projet, identifier les clients et leurs attentes, et les ressources nécessaires pour commencer notre étude.

##### 1. La méthode QOQCP :

Pour une compréhension claire et synthétique de la situation de cette chaîne de production, on utilise le questionnement QOQCCP.

Il permet d'analyser une situation en posant les questions : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?

Cette méthode de questionnement permet de décrire la situation de problème en répondant aux questions suivantes dans le tableau 3.

Tableau 4 : description du problème étudié via l'outil QOQCP

<b>Qui ?</b> Qui est concerné par le problème ?	Le département de POYDESIGN : La Production
<b>Quoi ?</b> C'est quoi le problème ?	Optimisation des ressources de la cellule du projet de BR223 via le Lean Manufacturing
<b>Où ?</b> Où apparaît-il ?	Dans la zone de gainage : Projet BR223
<b>Quand ?</b> Quand apparaît le problème ?	Lors du calcul du temps de production planifié Quantité demandée n'est pas atteinte.
<b>Comment ?</b> Comment mesurer le problème ?	-Etablir des chronométrages sur le flux de production ; -Etudier les gaspillages ; -Basé sur la démarche du Lean manufacturing suivant les étapes de DMAIC ;
<b>Pourquoi ?</b> Pourquoi devons-nous résoudre ce problème ?	-Optimiser les ressources ; -Améliorer la Production et équilibrer les postes entre eux ; -Eliminer les gaspillages existants ;

Des réponses plus détaillées aux questions QOQCP sont formulés dans ce qui suit :

#### **Qui ? Qui est concerné par le problème ?**

La zone de gainage connaît une augmentation dans le temps de production et n'atteint pas l'objectif fixé par les responsables.

### **✚ Quoi ? C'est quoi le problème ?**

Dans la zone de gainage plus spécifiquement dans le projet BR223, le poste de Rembordement reste la dernière étape pour le cycle se complète et les produits finaux s'emballent et passent à l'expédition. Cependant, nous avons une production inférieure par rapport à la production planifiée donc on n'atteint pas le besoin client.

### **✚ Où ? Où apparaît le problème ?**

Au niveau des postes de travail dans la zone de gainage et surtout dans les derniers postes de production : posage et Rembordement.

### **✚ Quand ? Quand est-ce qu'apparaît le problème ?**

Lors du chronométrage des postes.

### **✚ Comment ? Comment mesurer le problème et ses solutions ?**

Etudier les gaspillages dans le flux de production et établir des chronométrages sur chaque poste de production enfin on trouvera l'écart entre le temps planifié et le temps réel mesuré, tout en basant sur la démarche D.M.A.I.C.

### **✚ Pourquoi ? Pourquoi il faut résoudre ce problème ?**

Optimiser les ressources, satisfaire le besoin du client afin de retrouver une solution sur le poste de travail efficace en évitant le retard de livraison et en améliorant la productivité.

## **2. Organigramme du projet :**

Le diagramme SIPOC (Supplier : Fournisseur, Input : Entrée, Process : Processus, Output : Sorties, Customer : Clients) est un outil de visualisation détaillé qui permet de décrire la démarche du processus depuis l'intégration d'une entrée jusqu'à la génération d'une sortie vers le client.

Le tableau 4 présente le travail réalisé, pour le projet Appui tête :

Tableau 5 : diagramme SIPOC projet : Appui tête

<b>Diagramme SIPOC Appui tête</b>				
<b>S Supplier</b>	<b>I Inputs</b>	<b>P Process</b>	<b>O Output</b>	<b>C Customer</b>
Poly design : Injection	Insert	<pre> graph TD     A[Demande produit semi-finis (insert, TEP)] --&gt; B[Couture simple aiguille pour référence 462]     A --&gt; C[Préparation d'inserts dans les chariots]     B --&gt; D[TEP prête à l'encollage]     C --&gt; E[Nettoyage avec l'alcool]     E --&gt; F[Insert prêt à l'encollage]     D --&gt; G[Encollage des produits (insert, TEP)]     F --&gt; G     G --&gt; H[Poser les produits semi finis dans le chariot]     H --&gt; I[Posage du TEP avec l'insert]     I --&gt; J[Rembordement et finition]     J --&gt; K[Control]     K --&gt; L{Conformité de pièce}     L -- NON --&gt; J     L -- OUI --&gt; M[Emballage]     M --&gt; N[Expédition]                     </pre>	Appui tête gainée	Client : Mercedes-Benz
Bader	TEP			
Poly Design	Fil			
Alcool isopropyle	Alcool isopropyle			
Sika	Sikatherm 4800 (La colle)			
Sika	Sikacure 4950 (durcisseur)			
-	Acétone (DLC 20)			
	Emballage			

## II. Mesure et Analyse de l'état Actuel :

### 1. Mesure de l'état Actuel de processus :

La phase de mesure consiste tout d'abord à cartographier le flux de production, puis à regrouper les différents problèmes liés au processus actuel et les gaspillages affectant la production, pour effectuer l'amélioration et l'élimination de ces gaspillages. On utilise dans ce cas la méthode de VSM.

### 1.1 Etude du value Stream Mapping:

La VSM est une méthode qui permet la bonne vue d'ensemble par une cartographie visuelle de flux de matière et de l'information allant de la matière première jusqu'au produit fini. L'objectif est de : Diminuer le Lead Time, et Améliorer le Ratio valeur ajoutée /Lead time.

Dans le cas de la société Polydesign est le cas de l'entreprise de taille plus important donc notre étude se portera sur une famille de produits dans la cellule BR223, les produits fabriqués sont nommés par les références suivants : 462, 359, 287, 856, KKS.

Nous avons calculé, et rassembler les principaux paramètres :

- ✚ Le temps de cycle de chaque opération ;
- ✚ Le nombre de shifts ;
- ✚ Le stock disponible ;
- ✚ Le tact time (*Tact time = le temps de travail disponible en min / demande client en unité*), le lead time (*temps de valeur ajoutée+ temps de valeur non ajoutée*), et le ratio (Le temps de valeur ajoutée/le lead time) ;

Nous allons commencer par le flux physique avec le nombre de stock disponible entre les opérations, les étapes de fabrication et les informations nécessaires de chaque poste. On réalise la cartographie des cinq références dans la cellule

#### ❖ Schématisation de flux par le VSM du référence 462 :

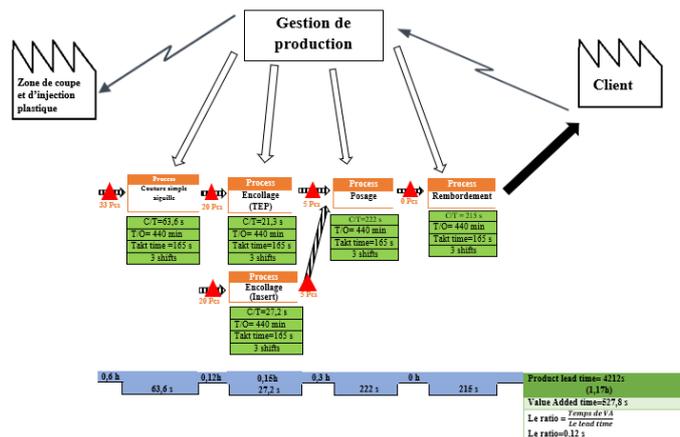


Figure 8: VSM de l'état actuel pour la référence 462

#### ❖ Schématisation de flux par le VSM du référence 359 :

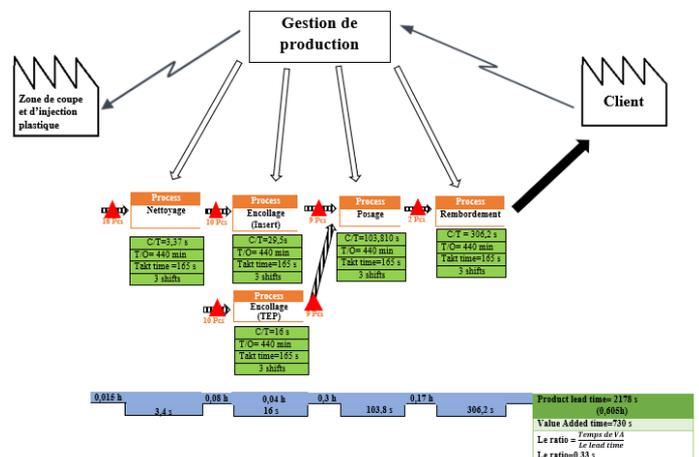


Figure 9: VSM de l'état actuel pour la référence 359

❖ Schématisation de flux par le VSM du référence 287 :

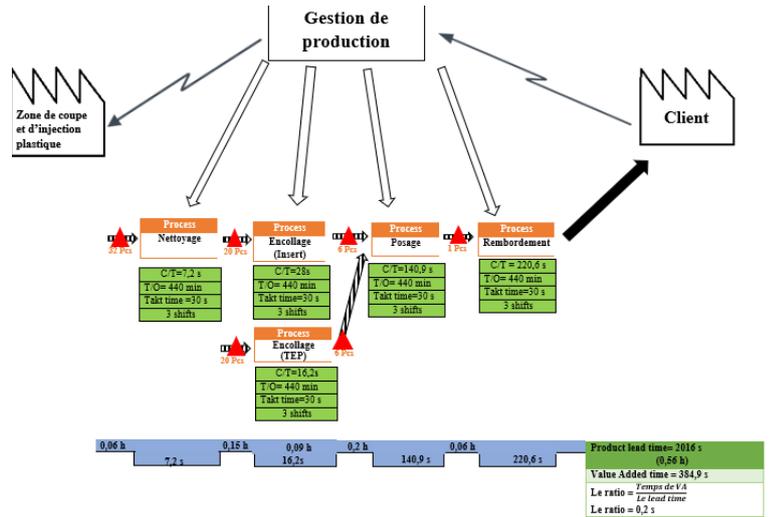


Figure 10: VSM de l'état actuel pour la référence 287

❖ Schématisation de flux par le VSM du référence KKS :

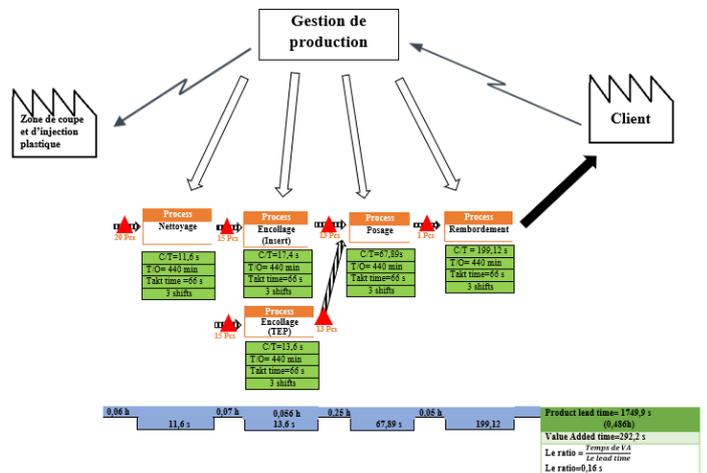


Figure 11: VSM de l'état actuel pour la référence KKS

❖ Schématisation de flux par le VSM du référence 856 :

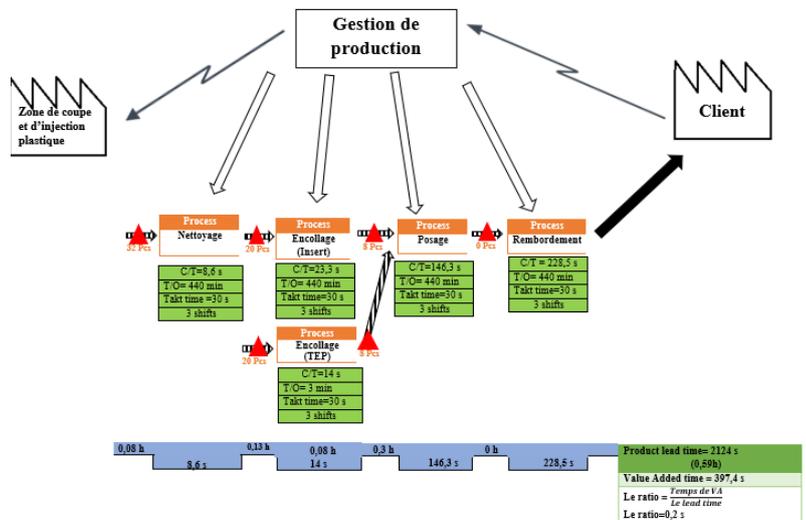


Figure 12 : VSM de l'état actuel pour la référence 856

➤ Interprétation et les points d'amélioration :

- Après l'élaboration de la cartographie des flux de valeur VSM, j'ai constaté un déséquilibre Entre les postes et d'autres problèmes qui ne sont pas clairs dans la carte VSM mais qui sont Remarqués au cours de chronométrage ce qui nécessitent une optimisation.

- D'après une analyse de la cartographie du processus, nous avons observé les anomalies suivantes :

- ✓ **Pour la référence 462** : il faut 4140 s pour sortir un produit alors que seulement 527,8 s est nécessaire pour générer la valeur ajoutée.
- ✓ **Pour la référence 359** : il faut 2286 s pour sortir un produit alors que seulement 429,4 s est nécessaire pour générer la valeur ajoutée.
- ✓ **Pour la référence 287** : il faut 2412 s pour sortir un produit alors que seulement 384,8 s est nécessaire pour générer la valeur ajoutée.
- ✓ **Pour la référence KKS** : il faut 1800 s pour sortir un produit alors que seulement 292,2 s est nécessaire pour générer la valeur ajoutée.
- ✓ **Pour la référence 856** : il faut 2160 s pour sortir un produit alors que seulement 397,4 s est nécessaire pour générer la valeur ajoutée.

- Les stocks sont très mal calibrés mais on remarque qu'on n'a pas de surstock ou stock inutiles.
- Les postes ne sont pas équilibrés.
- Le poste goulot est le rebordement, pour la référence 462 le poste goulot c'est le posage.
- Certains opérateurs ne doivent pas être très chargés.
- Enormément de temps d'attentes entre les étapes de fabrication.
- le rapport inférieure à 20% = la pièce passe plus de 80% de ce temps à attendre dans ce processus.
- Un cumul de stock entre l'étape d'encollage et le posage Pour remédier à ces problèmes, nous allons dans un premier temps procéder à un équilibrage des postes de travail.

## 1.2 Analyse-chronométrage :

Cette étape consiste à mesurer le problème par un chronométrage des opérations puis à regrouper les différents problèmes liés au processus actuel et les gaspillages affectant la production, pour effectuer l'amélioration et l'élimination de ces gaspillages.

- Avant de prendre les mesures, on informe les opérateurs, que le but n'est pas d'évaluer leur performance, mais plutôt de trouver des moyens pour améliorer le mode de travail, et rendre les tâches moins fastidieuses.
- On mesure la durée de chaque opération 10 fois, pour en déduire le temps moyen, et on multiplier par 1,1 pour majorer le temps.
- Pour mener bien l'analyse des mesures, nous nous focalisons sur chaque opération. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 6 : Calcul des temps moyens de projet 359

Phase	Opérations	Temps moyen (s)	Temps majoré (s)	Temps majoré (min)
<b>Nettoyage de la pièce</b>	Nettoyage avec l'alcool	3,07	3,37	0,056
<b>Encollage</b>	Encollage de pièce plastique	26,90	29,591	0,49
	Encollage du TEP	14,54	16	0,26
<b>Posage</b>	Posage	103,81	94,37	1,73
<b>Rembordement et finition</b>	Rembordement	306,20	278,36	4,63
	<b>Total</b>	<b>454,53</b>	<b>421,71</b>	<b>7,18</b>

Tableau 7 : Calcul des temps moyens de projet 462

Phase	Opérations	Temps moyen (s)	Temps majoré (s)	Temps majoré (min)
<b>Couture</b>	Couture simple aiguille	57,89	63,68	1,06
<b>Encollage</b>	Encollage de pièce plastique	24,70	27,17	0,45
	Encollage du TEP	19,37	21,3	0,35
<b>Posage</b>	Posage	201,72	221,89	3,36
<b>Rembordement et finition</b>	Rembordement	195,38	214,92	3,25
	<b>Total</b>	<b>499,074</b>	<b>548,98</b>	<b>8,48</b>

Tableau 8 : calcul des temps moyens de projet 287

Phase	Opérations	Temps moyen (s)	Temps majoré (s)	Temps majoré (min)
<b>Nettoyage de la pièce</b>	Nettoyage avec l'alcool	6,56	3,37	0,12
<b>Encollage</b>	Encollage de pièce plastique	25,53	29,59	0,46
	Encollage du TEP	14,71	16	0,27
<b>Posage</b>	Posage	128,05	140,86	2,13
<b>Rembordement et finition</b>	Rembordement	200,55	220,61	3,34
	<b>Total</b>	<b>375,43</b>	<b>410,45</b>	<b>6,33</b>

Tableau 9: Calcul des temps moyens de projet 856

Phase	Opérations	Temps moyen (s)	Temps majoré (s)	Temps majoré (min)
<b>Nettoyage de la pièce</b>	Nettoyage avec l'alcool	7,87	8,66	0,14
<b>Encollage</b>	Encollage de pièce plastique	21,18	23,3	0,38
	Encollage du TEP	12,72	13,99	0,23
<b>Posage</b>	Posage	133	146,31	2,2
<b>Rembordement et finition</b>	Rembordement	207,73	228,50	3,46
	<b>Total</b>	<b>382,52</b>	<b>420,77</b>	<b>6,44</b>

Tableau 10: Calcul des temps moyens de projet KKS

Phase	Opérations	Temps moyen (s)	Temps majoré (s)	Temps majoré (min)
<b>Nettoyage de la pièce</b>	Nettoyage avec l'alcool	10,54	11,59	0,19
<b>Encollage</b>	Encollage de pièce plastique	15,89	17,48	0,29
	Encollage du TEP	12,39	13,62	0,22
<b>Posage</b>	Posage	61,72	67,89	1,028
<b>Rembordement et finition</b>	Rembordement	181,02	199,12	3,017
	<b>Total</b>	<b>281,58</b>	<b>309,73</b>	<b>4,75</b>

➤ Interprétation :

On constate que le poste goulot pour les références « 359,KKS,287,856 » est : le poste « rembordement et finition », c'est-à-dire que c'est le poste le plus lent du processus.

Pour la référence 462 le poste goulot c'est le poste de posage car le temps de cycle est supérieur à les autres, donc il faut qu'on étudier ces postes pour savoir le problème et le bien équilibrer avec les autres postes de travail.

Le but des parties suivantes est d'étudier et analyser ces postes pour bien comprendre et analyser le problème et savoir résoudre les pertes et bien mener à équilibrer la chaîne de production.

1.3 Etude par les observations instantanées :

La mesure de travail peut se faire par divers moyens, y compris par la méthode des Observations instantanées.

L'application de la méthode des O.I permet de déterminer la proportion du temps passé à une activité dans le but de calculer le temps normal, ou de faire l'inventaire et la mesure des irrégularités. Sans chronomètre ni table du temps. On peut déterminer la durée de temps de cette activité soit productive soit improductive.

**L'objectif :** est la détermination et le chiffrage du % d'irrégularités sur un poste

Pour effectuer les O.I. on trace :

-Un tableau : comporte les jours des observations, les symboles des éléments observés, les heures d'observations, le nombre d'observation.

On travaille pour les deux derniers postes car on observe un déséquilibre entre les deux et donc ils nécessitent absolument une étude.

Les symboles utilisés peuvent être représentés par des couleurs, des lettres ou des chiffres.

**A : Attente**

**D : Déplacement**

**T : Travail**

a) Déterminer le nombre d'observation :

Tout d'abord on calcule le nombre d'observation à étudier par la relation suivante :

$$N = \frac{a^2 (1-P)}{S^2 P}$$

Avec :

**N** = le nombre d'observations instantanées à faire pour avoir la valeur en pourcentage P avec la précision relative S.

**A** = coefficient correspondant au degré de confiance recherché.

En général on adopte 95%, pour 95% de chances,  $a = 1.96$ , selon la table de FICHER et l'on peut admettre que  $a^2 = 4$ .

**P** = est un pourcentage représentant l'activité observée, exprimée en décimales.

**S** = est la précision relative exprimée en décimales, on travaille pour 5%.

On applique la formule précédente, avec un effectif total de 28 personnes, et un nombre de personne de 23 entre le posage et le rembordement.

Donc on calcule le pourcentage d'activité observée  $23/29=0,8214$ . Donc 82,14 % représente le pourcentage de l'activité qu'on va observer.

On calcule le nombre d'observation totale de :  $N = \frac{1,96^2 (1 - 0,8214)}{0,05^2 \cdot 0,8214}$

$$N_j = N/J$$

Avec :  $N_j$  : nombre d'observations journalière

$N$  : nombre d'observations total

$J$  : nombre de jours d'étude

Donc :

$$N=337,3/3\text{jours}$$

$$N=112,44 \text{ observation/jour}$$

Pour calculer le nombre d'observation par journée on divise par le nombre d'activité étudié :

$$N=112,44/23$$

$$N=5 \text{ observations/jour}$$

Donc on va faire 5 observations par jour sur 23 personnes pendant 3 jours.

b) La fréquence des observations :

Concernant les heures d'observations, on inscrit sur des bouts de papier des nombres de 1 à 60, qui correspondent aux 60mn d'une heure. Sachant que dans un jour on va effectuer un nombre 5 observations, donc on extrait 5 bouts de papier. Le nombre inscrit sur le papier on l'ajoute à chaque heure du programme de travail.

Tableau 11 : les heures d'observation

Observation	1	2	3	4	5
Heure	8 h :20 min	10 h :45 min	11h :50 min	14 h :30 min	16 h :26 min

c) Résultat de cette étude :

❖ Pour les postes de posage :

Le tableau suivant présente le taux de travail des opérateurs pour le poste de posage pendant 3 jours.

Poste : Posage Exécutant : 9 opérateurs		DESIGNATION DE L'ETUDE : recherche des taux D'utilisation « Travail » des opérateurs					
Dates ou jours	Nombre O.I	T		D		A	
		OBS	%	OBS	%	OBS	%
1° Jour (6 Juin 2022)	45	20	44,44	5	11,11	20	44,44
2° Jour (7 Juin 2022)	45	21	46,66	6	13,33	18	40
3° Jour (8 Juin 2022)	45	20	44,44	7	15,55	18	40

NOMBRE DO.I. EN JOURS : 408

MOYENNE POURCENTAGE DE 3 JOURS :

TRAVAIL T ..... 45,18%

ATTENTE A .....41,48%

DEPLACEMENT D.....10,72%

IRREGULARITES A+D..... 52,2%

❖ Pour le poste de rembordement :

Le tableau suivant présente le taux de travail des opérateurs pour le poste de rembordement pendant 3 jours.

Poste : Rembordement Exécutant : 14 opérateurs		DESIGNATION DE L'ETUDE : recherche des taux D'utilisation « Travail » des opérateurs					
Dates ou jours	Nombre O.I	T		D		A	
		OBS	%	OBS	%	OBS	%
1° Jour (6 Juin 2022)	70	33	47,14	7	10	30	43
2° Jour (7 Juin 2022)	70	37	52,86	6	8,6	27	38,6
3° Jour (8 Juin 2022)	70	37	52,86	4	5,7	33	47,14

NOMBRE DO.I. EN JOURS : 408

MOYENNE POURCENTAGE DE 3 JOURS :

TRAVAIL T ..... 50,95%

ATTENTE A .....42,91%

DEPLACEMENT D.....8,1%

IRREGULARITES A+D.....51%

➤ Interprétation :

Cette étude démontre que plus de 50% sont des irrégularités entre les temps d'attentes et les déplacements.

Pour le premier jour par exemple :

- Le poste du posage : on observe que 44,44% du travail et temps d'attente, et 11,11% sont des déplacements
- Pour le poste du rebordement : on observe que 47,14% : le taux du travail, 43% : sont des temps d'attente, et 10% sont des déplacements.

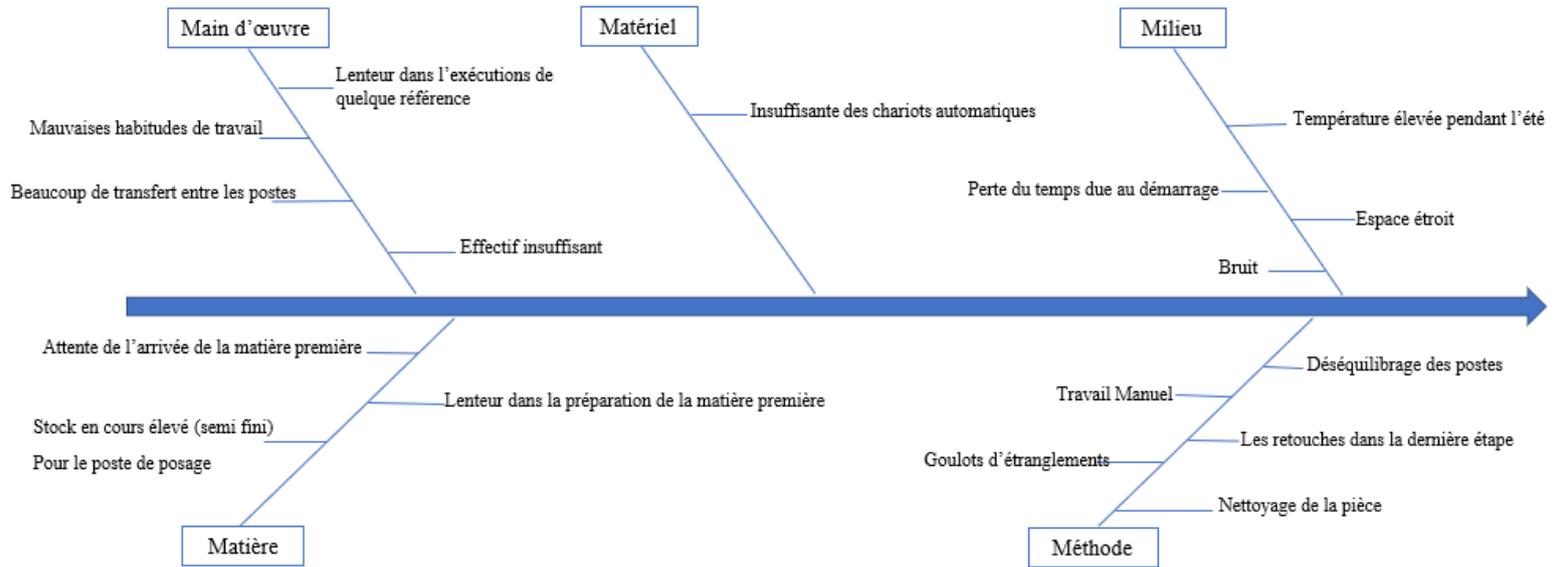
Donc le but de cette étude est montré où sont les irrégularités et quels sont ses natures du gaspillage pour analyser et chercher les causes de ses problèmes pour qu'on puisse mettre des actions correctives et proposer des solutions.

2. Analyse de processus :

La réalisation de VSM dans l'atelier de production des disques ventilés a dévoilé un gaspillage énorme, dans le but d'identifier les causes principales de ce gaspillage, j'ai utilisé la méthode des 5M afin de regrouper ces causes en catégories :

- Matière
  - Attente de l'arrivée de la matière première ;
  - Lenteur dans la préparation de la matière première ;
  - Malaxage de colle avec durcisseur prend 10 minutes en totale ;
  - Attente de la pièce pour le dernier poste ;
  - Stock en cours élevé (semi fini) pour le poste de posage ;
  - Différence dans la forme de quelque référence ;
- Main d'œuvre
  - Lenteurs remarquables dans l'exécution des tâches à cause de différentes formes des pièces ;
  - Mauvaises habitudes de travail : les déplacements inutiles (besoin physique par exemple) ;
  - Gestes inutiles : beaucoup de transfert entre les postes : tâches inutiles et les discussions ;
  - Effectif insuffisant ;
- Méthode
  - Déséquilibre entre les postes ;
  - Les retouches du produit finis dans le dernier poste ;
  - Nettoyage de la pièce plastique ;
  - Travail manuel ;
  - Postes de travail non équilibrés, des goulots d'étranglements sont détectés ;
- Milieu
  - Les deux derniers postes sont loin de poste encollage ;
  - L'espace étroit et mal organisé ;
  - Perte de temps due au démarrage ;
  - Température élevée pendant l'été ;
  - Bruit ;
- Matériel

- Insuffisante des chariots automatiques entre les deux derniers postes ;



**Conclusion :**

Au début de ce chapitre, on a commencé par une définition de la problématique en utilisant la méthode QQQCP. Par la suite une cartographie d'une chaîne de valeur ou une VSM ont été effectués, pour donner une visualisation sur le flux et dévoiler les pertes, après un chronométrage des opérateurs pour savoir le poste goulot, enfin une observation instantanée pour identifier où sont ces gaspillages dans la chaîne de production. Après l'identification des différentes causes des pertes via l'outil ISHIKAWA.

Dans les chapitres qui suivent on va effectuer un équilibrage entre les postes de travail, pour travailler avec un rythme que le client souhaite dans le but d'améliorer la productivité de notre chaîne.

## Chapitre III : Equilibrage des postes

### I. Introduction :

Après avoir cité les anomalies de la ligne production, il est indispensable de la mise en place des mécanismes d'amélioration, afin d'éliminer ces problèmes et améliorer la productivité. Cette partie de projet consiste à effectuer l'équilibrage des postes de travail, de manière que le temps d'exécution des opérations soit approximativement égal pour chaque poste.

L'objectif de cette partie de notre projet est d'augmenter la cadence de production de la zone de gainage du projet BR223 « Appui tête » afin de répondre à la demande du marché en équipementiers automobiles.

### II. Notions sur la méthode Tact Time :

Le tact time est la maille de temps unitaire disponible pour accomplir une tâche selon la demande client.

#### 1. Définition de la méthode Tact Time :

La méthode Tact Time est un système de management qui permet à l'entreprise de concentrer tous ses efforts et toutes ses ressources dans la réalisation rapide d'un objectif.

C'est une méthode qui permet d'orienter l'ensemble des activités du personnel de toute l'entreprise de façon qu'elle atteigne ses objectifs principaux et qu'elle réagisse rapidement aux évolutions de son environnement.[7]

#### 2. Utilisation de la méthode Tact Time :

La méthode Tact Time se fait selon les étapes suivantes : [7]

- Dimensionnement des ressources
- Identifier les goulots et cibler les améliorations
- Equilibrer les lignes et ajuster le nombre des postes

### III. Application de la méthode Tact Time :

L'amélioration de la productivité en visant la minimisation des temps improductifs et l'amélioration de la capacité de production, fait l'objet de cette partie du travail pour faire face à la concurrence accentuée par le délai.

Quel est le besoin du client en termes de consommation de produits ? Besoin que l'on formalise en temps tact. C'est à ce rythme que la ligne de production doit produire, pas plus vite, sinon, il y aura surproduction, pas plus lentement, sinon les clients ne seront pas livrés à temps.

Tableau 12 : demande client des références de produits

Références	Besoin Client (nombre de pièce/jour)
KKS	400
856	882
287	882
359	160
462	160

## 1. Equilibrage par rapport au temps tact :

L'objectif est de faire passer les barres représentant les postes sous la limite (barre horizontale) du temps tact.

On va travailler sur le poste de posage et rebordement puisque ces deux postes font l'objectif de l'étude et on considère les postes de : nettoyage, encollage TEP, et encollage insert comme un ilot de préparation pour les cinq références.

### 1.1 Analyse des temps :

#### a) Calcule du tact time :

✚ Le tact time : se calcule par la relation suivante : 
$$\text{Tact time} = \frac{\text{Temps de production}}{\text{Quantité demandée}}$$

Avec le temps de production ou l'on appelle le temps d'ouverture : 440 min sachant que chaque équipe travaille 7h33min par jour sans compter bien sur les pauses.

Le tableau suivant représente le tact time de toutes les références.

Tableau 13 : Calcul du Tact time en second

Références	Tact time (en second)
KKS	66
856	30
287	30
359	165
462	165

#### ✚ Le temps de cycle :

Le temps cycle de chaque poste est défini par le chronométrage dans la partie précédente, c'est l'action de chronométrer les durées des opérations effectuées par les ouvriers afin de comparer le temps cycle obtenu avec le tact time. Si le temps cycle varie d'un poste à l'autre on dit que la chaîne est mal équilibrée.

#### b) Les temps de cycles en fonction du tact time :

En établit sur les figures suivantes les temps cycles par rapport au tact time pour chaque référence :

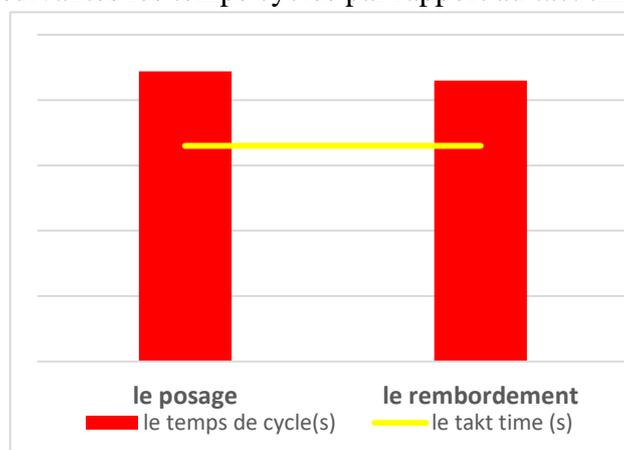


Figure 13 : Temps de cycle en fonction du tact time pour référence 462

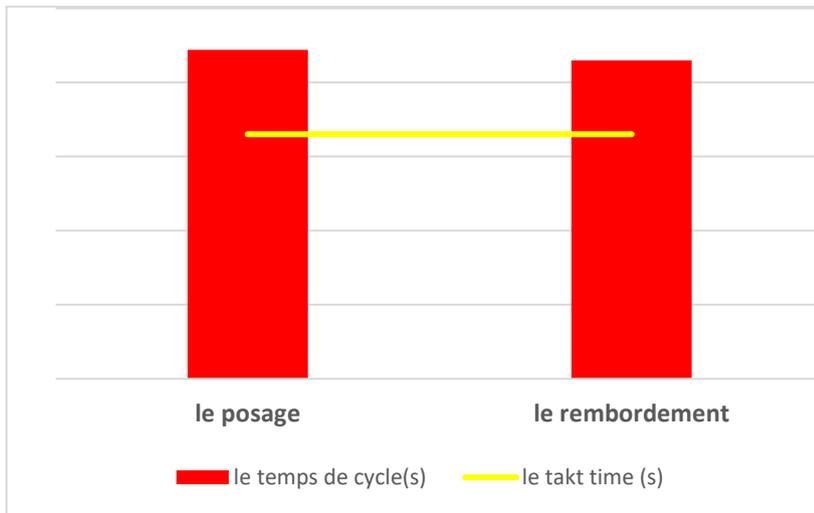


Figure 14 : Temps de cycle en fonction du takt time pour référence 359

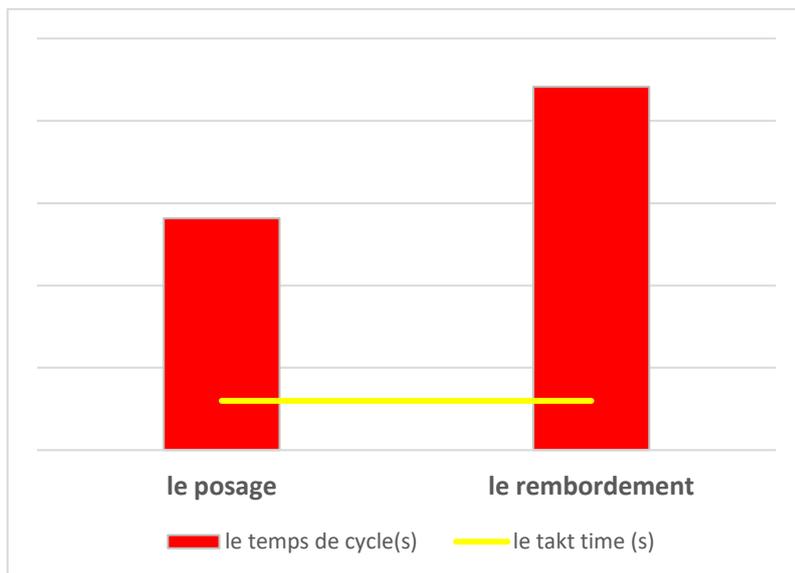


Figure 15 : Temps de cycle en fonction du takt time pour référence 287

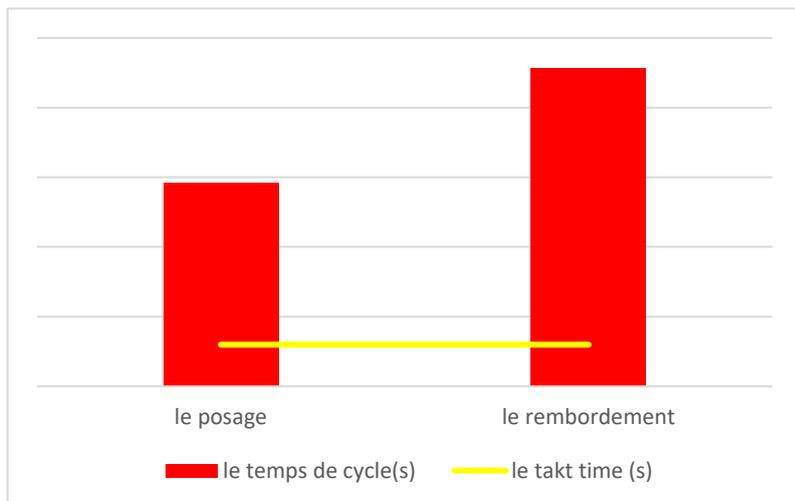


Figure 16 : Temps de cycle en fonction du takt time pour référence 856

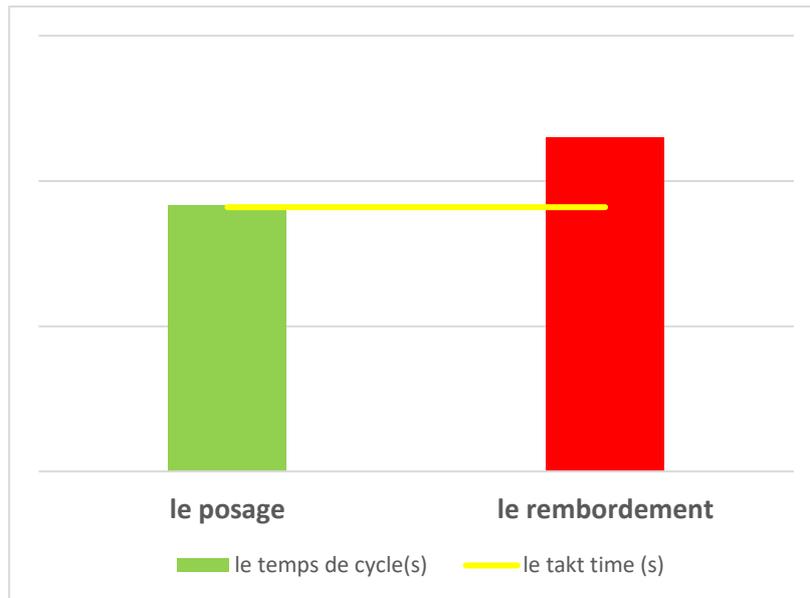


Figure 17 : Temps de cycle en fonction du tact time pour référence KKS

D’après les figures précédentes, on remarque que la charge de travail n’est pas équilibrée entre les deux puisque les temps cycles des postes étudiés dépassent le tact time, donc l’étude est de réduire.

### 1.2 Proposition d’amélioration :

L’objectif est d’avoir des temps cycle inférieurs au temps tact, ainsi que des temps des cycles qui marchent avec un rythme de ce que le client demande.

✚ Calcul du nombre de poste nécessaire :

Pour calculer le nombre de poste nécessaire qui doivent travailler en parallèle dans un poste de travail on applique la relation suivante :  $Np = \frac{TC}{Tc\ max}$

Avec :  $Np$  : c’est le nombre de poste nécessaire

TC : le temps de cycle d’un poste

$TC_{max}$  : le temps de cycle maximal accordé à poste

Dans le tableau suivant nous présentons le nombre de personne accordé à chaque poste :

Tableau 14: Nombre de poste accordé à chaque poste pour toutes les références

Référence	Nombre de poste	
	Posage	Rebordement
<b>KKS</b>	1,03≅1	3,02≅3
<b>856</b>	4,88≅5	7,6≅8
<b>287</b>	4,7≅5	7,5≅8
<b>359</b>	0,63≅1	1,85≅2
<b>462</b>	1,45≅2	1,44≅2

✚ Equilibrage avec le Tact time :

On va équilibrer les nouveaux temps de cycle par rapport à le takt time, on divise les anciens temps de cycle sur les nombres de poste qu'on a trouvé pour mener les postes avec un rythme du demande client.

Donc on doit calculer les nouveaux temps de cycles :

Tableau 15:les nouveaux temps de cycle

Les postes Référence	Les temps de cycles en seconde			
	Posage		Rembordement	
	Ancien	Nouveau	Ancien	Nouveau
KKS	67,9	67,9	199,2	66,4
856	146,3	29,3	228,5	30
287	140,9	28,2	220,6	30
359	103,8	103,8	306,2	165,5
462	221,9	110,9	214,9	165,3

Les figures suivantes présentent l'amélioration qu'on effectuer après l'équilibrage des postes :

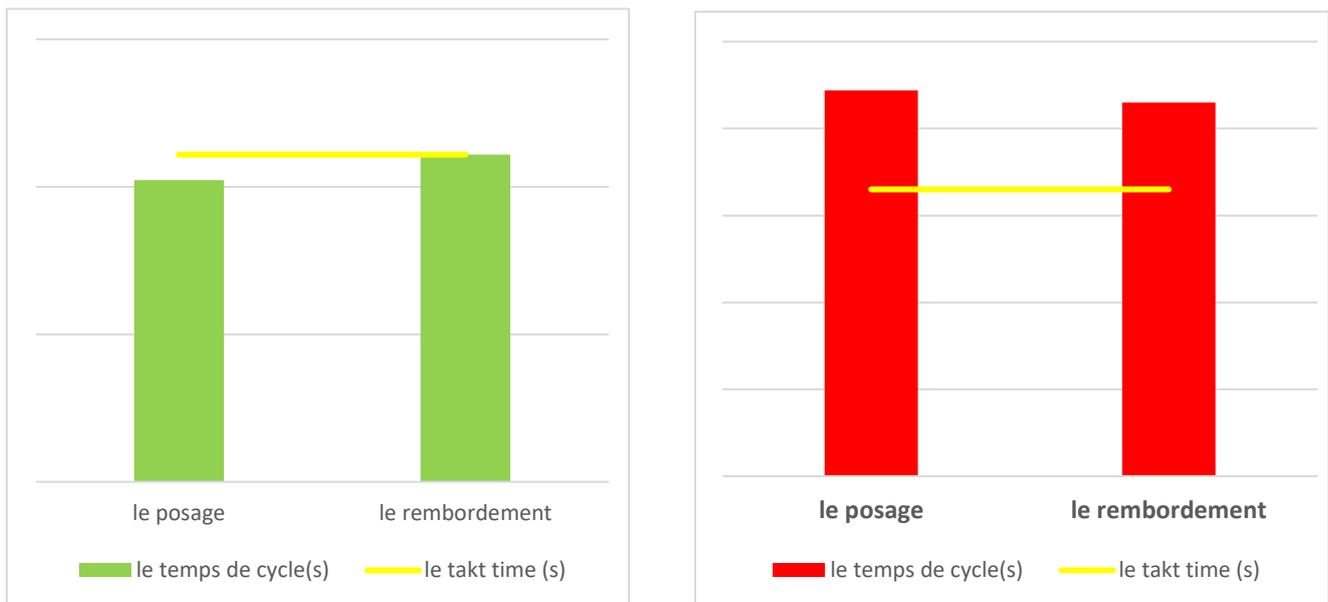


Figure 18 : Avant et après amélioration pour référence 462

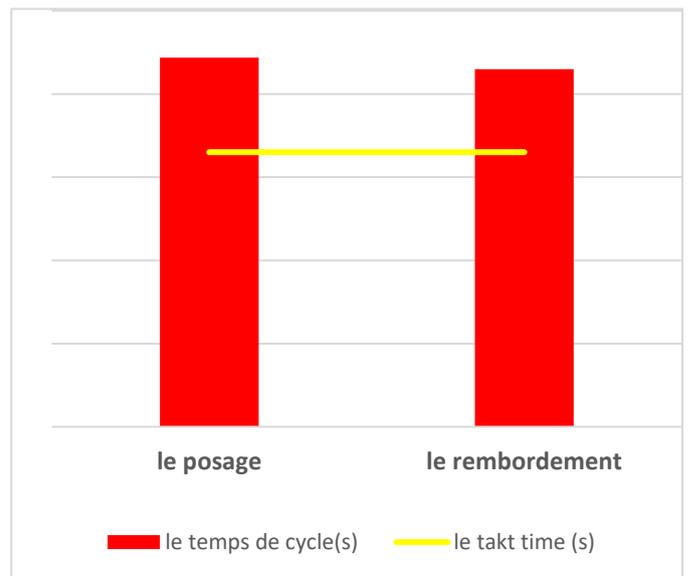
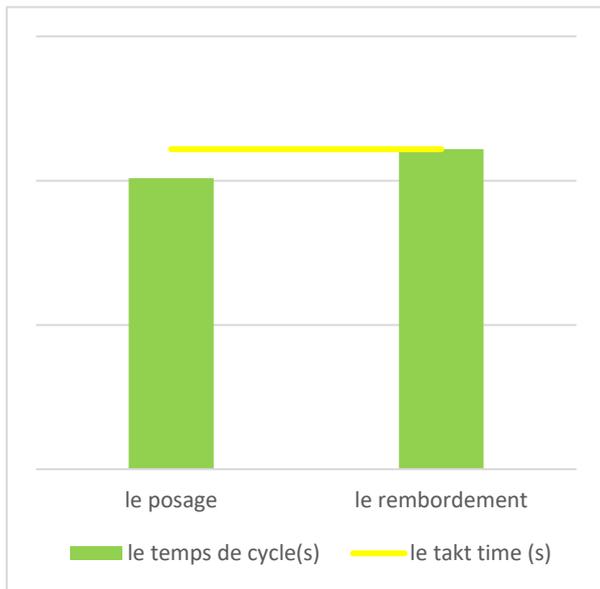


Figure 19 : Avant et après amélioration pour référence 359

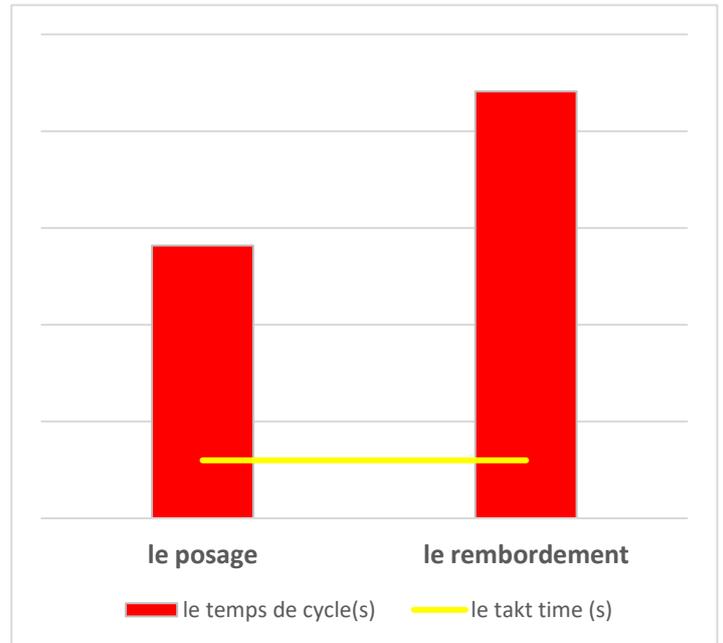
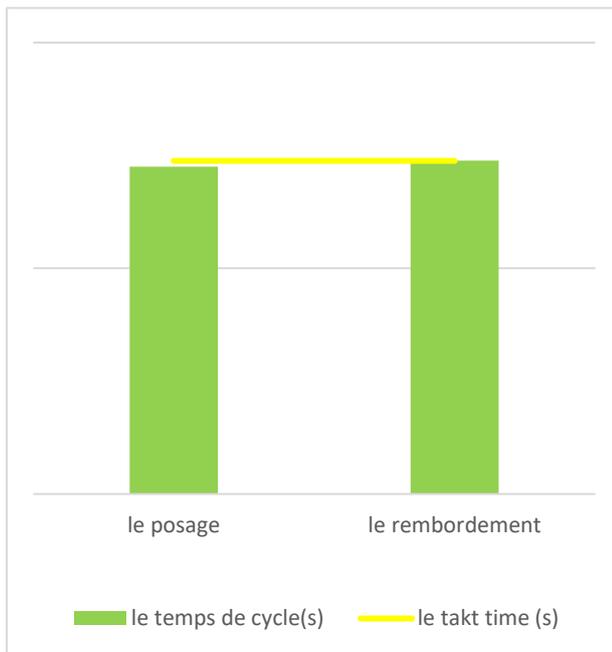


Figure 20 : Avant et après l'amélioration pour référence 287

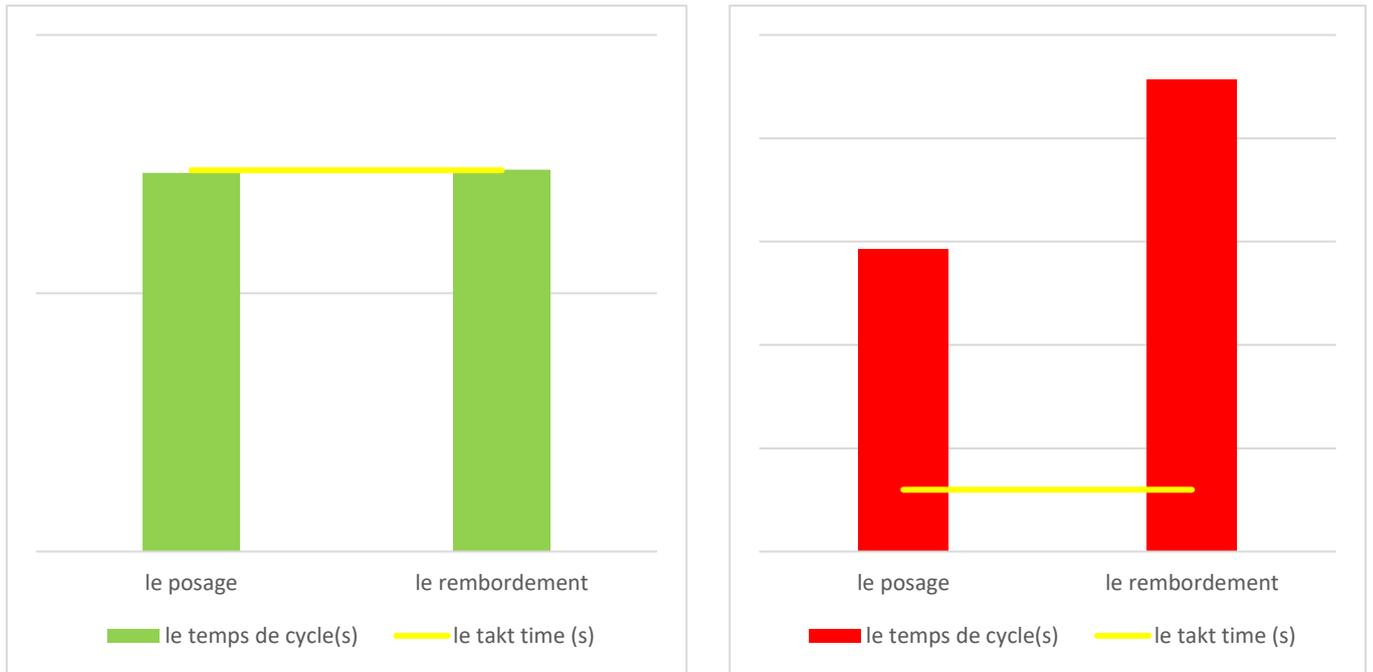


Figure 21 : Avant et après l’amélioration pour référence 856

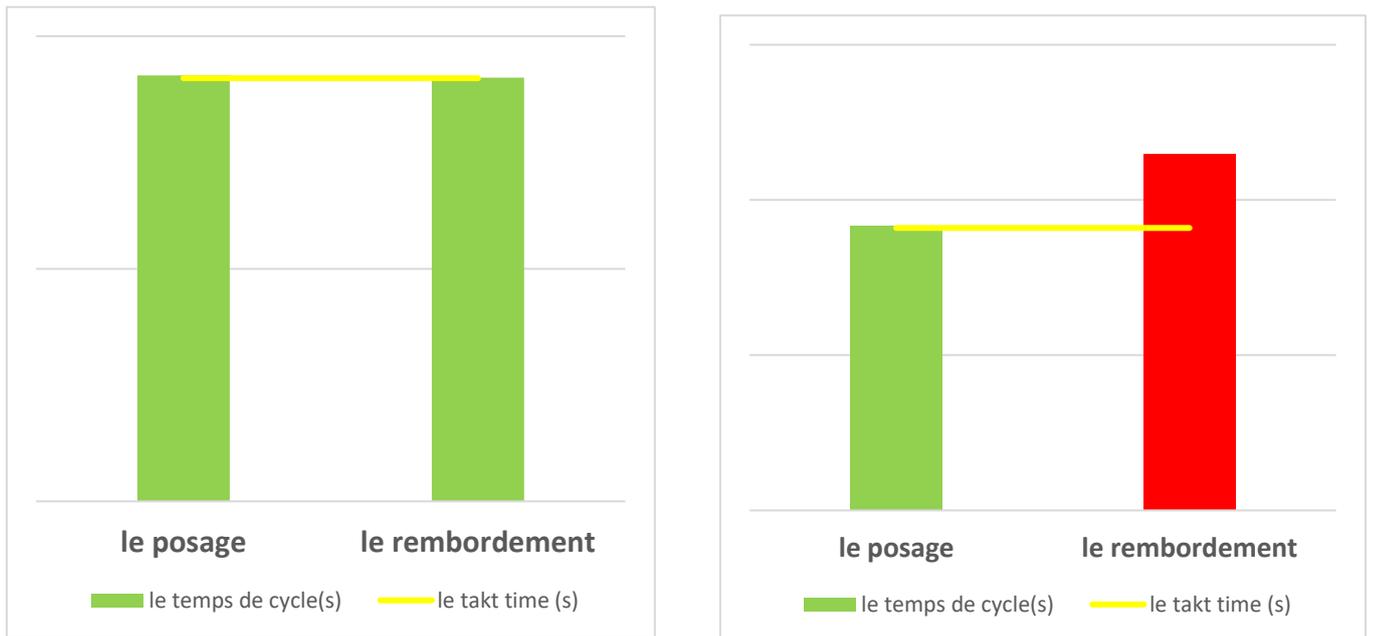


Figure 22 : Avant et après l’amélioration pour référence KKS

Ce plan d’amélioration a permis d’augmenter le nombre des opérateurs pour quelques références.

- Pour les références 287, et 856 le nombre d’opérateurs doit augmenter de 3 personnes pour le poste « posage » à 5 personnes, et d’augmenter les nombres d’opérateurs pour le poste « rebordement » de 4 à 8 personnes.

Pour les autres références les nombres d’opérateurs doivent rester les mêmes :

- Pour la référence KKS : il faut un seul opérateur pour le poste de posage et 3 opérateurs pour le poste de rebordement
- Pour la référence 359 : il faut un seul opérateur pour le poste de posage et 2 opérateurs pour le poste de rebordement
- Pour la référence 462 : il faut deux opérateurs pour le poste de posage, et rebordement

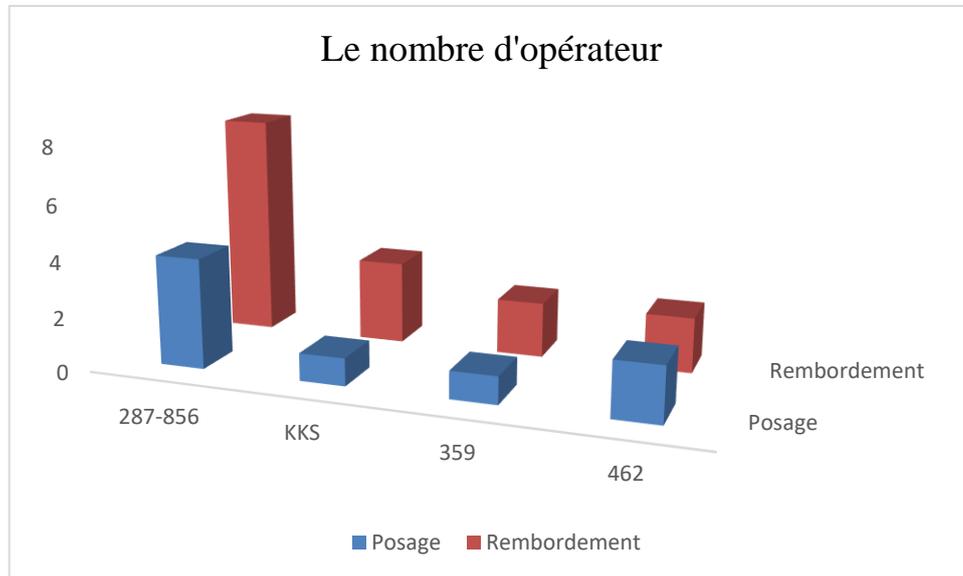


Figure 23 : Le nombre d'opérateur nécessaire

### Les avantages de cette méthode :

- Cette méthode ne nécessite pas une formation des opérateurs, puisque les opérateurs maîtrisent bien le flux de production.
- L'application de cette méthode ne coûtera rien
- On va travailler par un seul shift donc c'est un gain d'opérateurs et aussi pour la société, mais le plus important c'est de satisfaire le besoin client et répondre aux attentes du client et du marché.

### 2. Chiffrage des gains :

Les différentes actions d'amélioration proposées et réalisées au sein du projet BR223 ont permis de réaliser un gain financier considérable en termes permettant de justifier les actions d'amélioration pour l'entreprise, d'augmenter la quantité produite et donc répondre aux besoins client, et améliorer l'efficacité ou la productivité.

Pour calculer la cadence, et l'efficacité il faut appliquer les relations suivantes :

$$\text{Cadence} = \frac{T \text{ d'ouverture}}{T \text{ goulot}} \quad \text{et l'efficacité} = \frac{\text{Prod} * Tc}{T \text{ d'ouverture} * NO}$$

Avec : TO : est le temps d'ouverture ou le temps de travail (440 min)

NO : nombre d'opérateur

Prod : c'est la production ou la quantité produite

Le tableau suivant présente le gain en termes de la productivité :

Tableau 16: Efficience avant et après équilibrage

Référence	Efficience (%)	
	Avant équilibrage	Après équilibrage
<b>462</b>	33,6	53,8
<b>359</b>	29,98	57,9
<b>287</b>	8,03	20,5
<b>KKS</b>	19,6	57,5
<b>856</b>	7,9	20,5

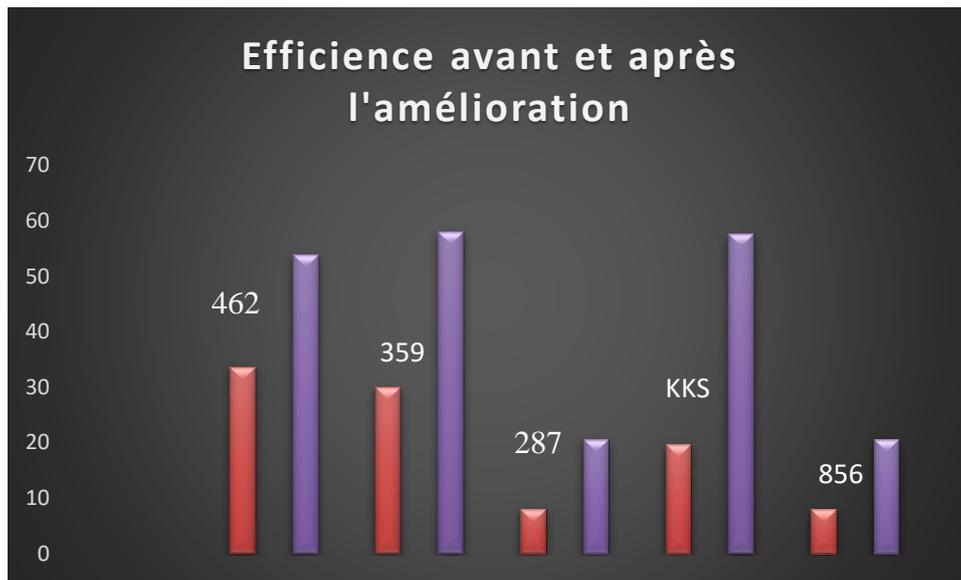


Figure 24 : Efficience avant et après l'équilibrage

Pour la cadence, les résultats sont les suivants :

Tableau 17: Cadence avant et après équilibrage

Référence	Cadence(/Shift)	
	Avant équilibrage	Après équilibrage
<b>462</b>	118,97	159,68
<b>359</b>	86,216	159,5
<b>287</b>	119,6	879,53
<b>KKS</b>	132,579	388,82
<b>856</b>	115,53	878,06

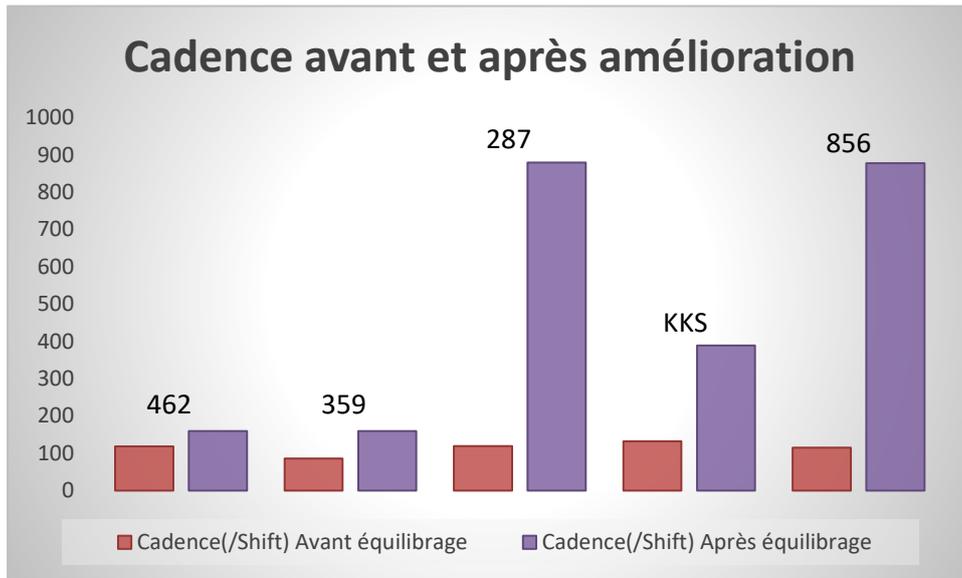


Figure 25 : Cadence avant et après l'amélioration

#### IV. Elaboration du VSM après l'amélioration :

##### 1. VSM après l'amélioration :

Après l'amélioration, l'équilibrage des postes, et l'éliminations des postes goulots la cartographie de chaîne de valeur pour les cinq références est comme suite :

##### ❖ Pour la référence 462 :

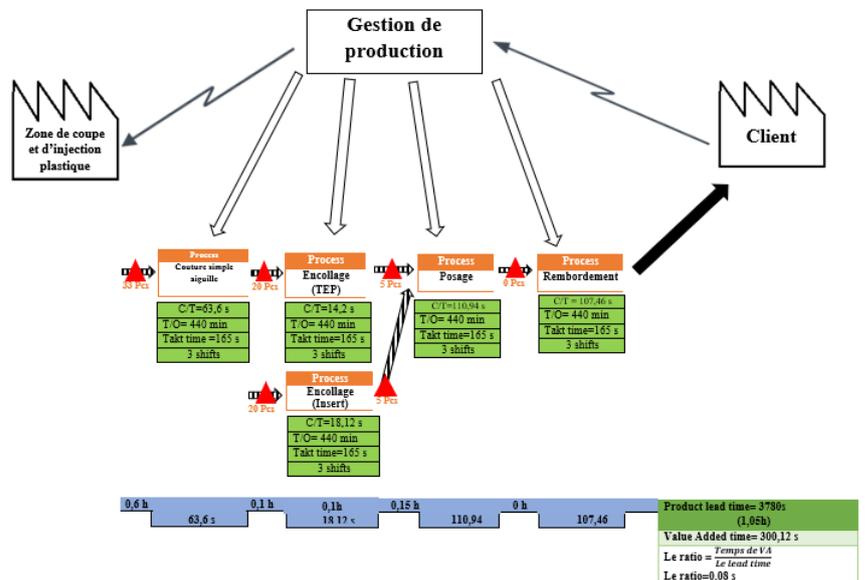


Figure 26 : VSM dans l'état amélioré pour référence 462

❖ Pour la référence 359 :

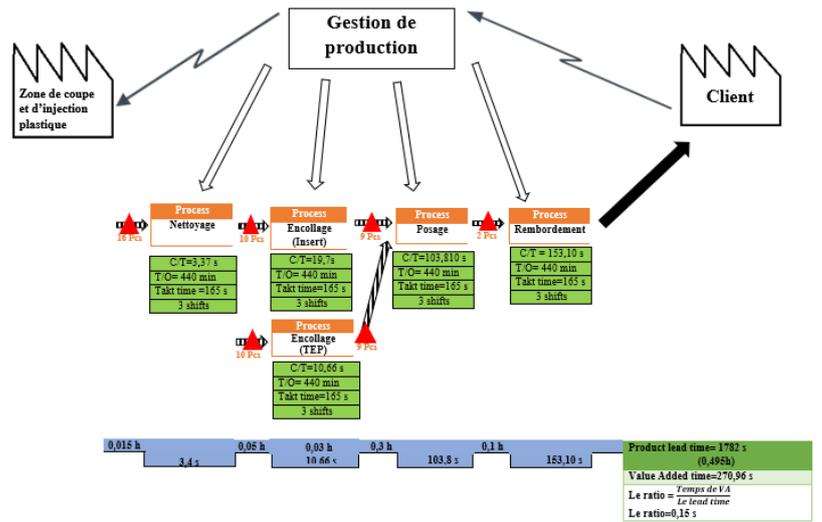


Figure 27 : VSM dans l'état amélioré pour référence 359

❖ Pour la référence 287 :

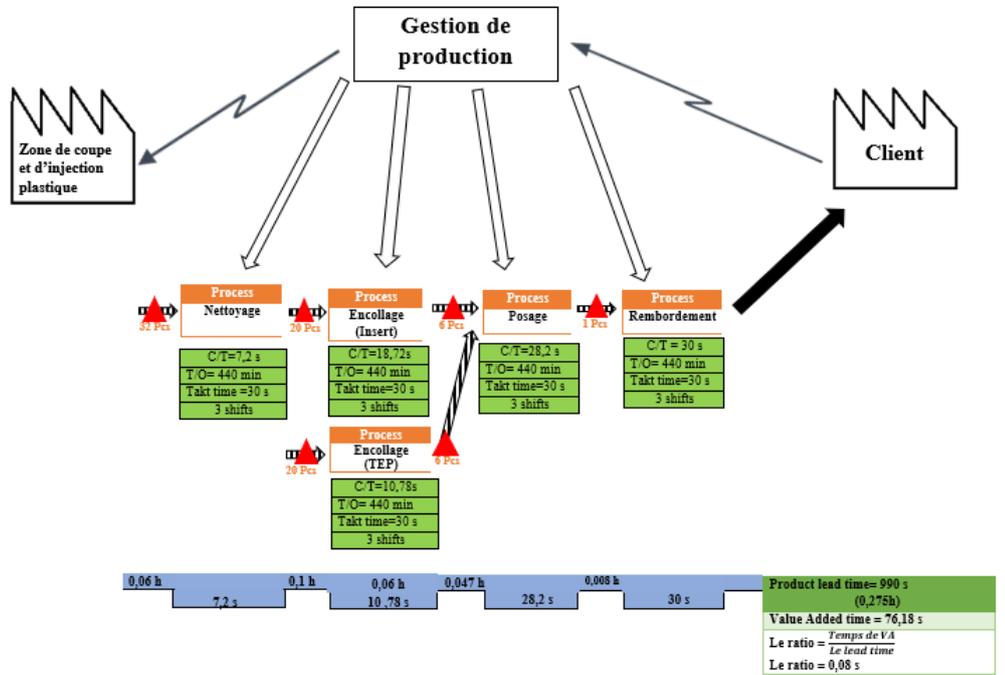


Figure 28 : VSM dans l'état amélioré pour référence 287

❖ Pour la référence 856 :

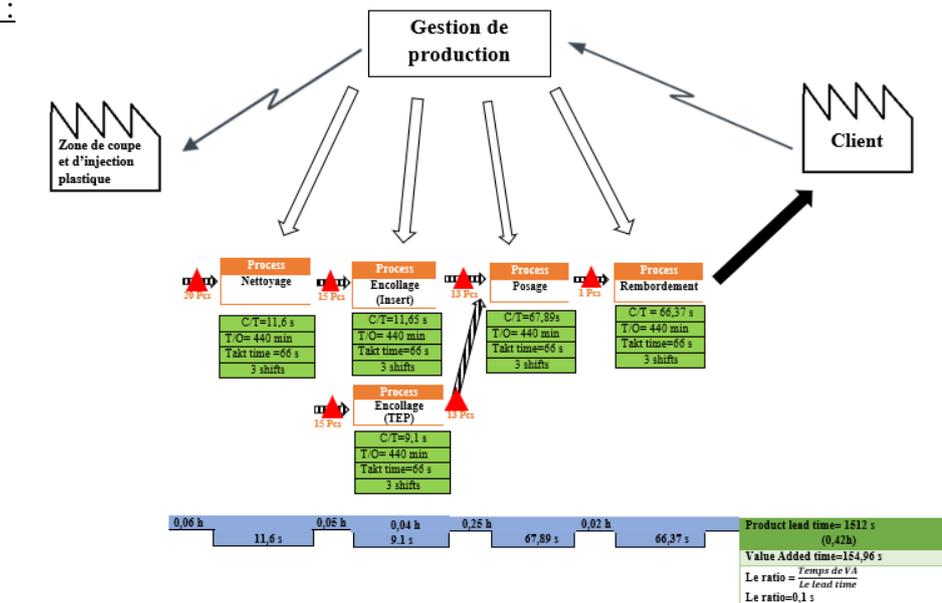


Figure 29 : VSM dans l'état amélioré pour référence 856

❖ Pour la référence KKS :

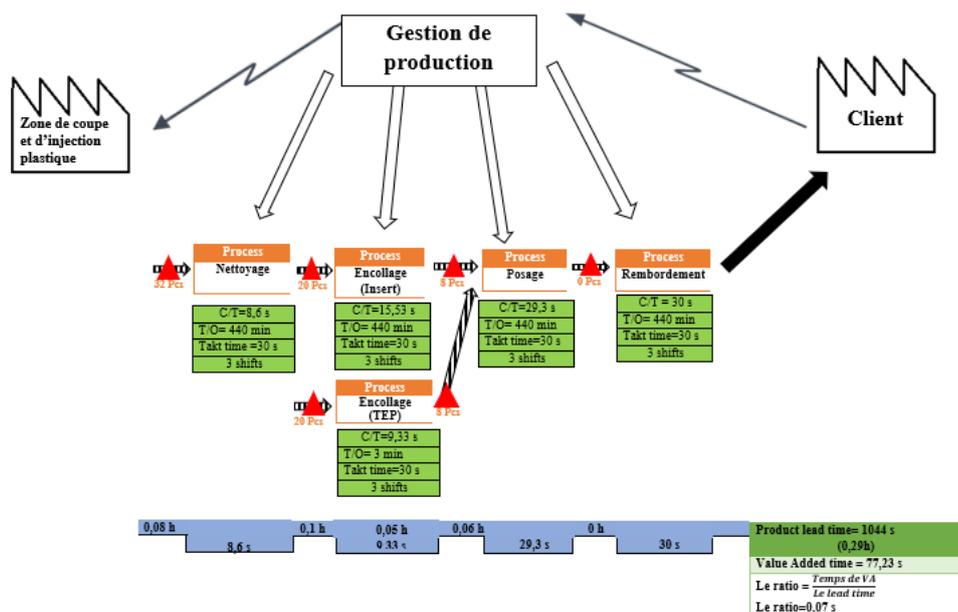


Figure 30 : VSM dans l'état amélioré pour référence KKS

Après l'amélioration du ligne de production et équilibrage des postes, le temps du lead time à diminuer et donc ce qui fait les temps de valeur non ajoutée est diminuer. Le tableau suivant montre la différence avant et après l'équilibrage des postes :

Tableau 18: le lead time avant et après l'amélioration

Référence	Le lead time en seconde Avant l'équilibrage	Le lead time en seconde Après l'équilibrage	Le temps gagné
<b>462</b>	4212	3780	432 =7,2 min
<b>359</b>	2178	1782	396 =6,6 min
<b>287</b>	2016	990	1026 =17,1 min
<b>KKS</b>	1749,9	1512	237,9 =4 min
<b>856</b>	2124	1044	1080 =18 min

## 2. Chiffrage des gains :

Donc après qu'on a diminuer le temps de valeur non ajouté, on calcule le gain financier que l'entreprise va générer par cette amélioration.

On considère que : 1,20 DH  $\implies$  1 min

Tableau 19: le gain en DH

Références	Le temps gagné × cadence	Le gain en DH
<b>462</b>	160×7,2=1152 min	13 824
<b>359</b>	160×6,6=1056 min	1 267,2
<b>287</b>	880×17,1=15048 min	18 057,6
<b>KKS</b>	389×4=1556 min	1 867,2
<b>856</b>	878×18=15804 min	18 964,8

Donc notre gain mensuelle et annuelle sera :

Tableau 20: Le gain mensuelle et annuelle

Références	Gain mensuelle (DH)	Gain annuelle (DH)
<b>462</b>	331 776	3 981 312
<b>359</b>	30 412,8	364 953,6
<b>287</b>	433 382,4	5 200 588,8
<b>KKS</b>	44 812,8	537 753,6
<b>856</b>	455 155,2	5 461 862,4

## Conclusion :

Après l'équilibrage des postes, nous avons pu augmenter la cadence de la production de la ligne des Appuis têtes gainées, ce qui a engendré une amélioration de productivité, de la cadence, et une amélioration d'efficacité. On a pu diminuer le lead time ou (le temps de valeur ajoutée+ le temps de valeur non ajoutée) avec cette amélioration la société polydesign systems peut satisfaire la demande des clients.

## Conclusion

L'amélioration de la production, satisfaire le besoin du client sont devenus plus en plus des enjeux pour maintenir la concurrence et la compétitivité qui demande le marché automobile des équipementiers et d'accessoires.

Le présent rapport avait pour objectif l'aménagement des postes de travail, l'équilibrage entre eux l'élimination des gaspillages, ce qui implique l'amélioration de la productivité et l'augmentation du cadence de chaîne de production étudié.

Pour atteindre l'objectif, nous avons commencé par une description du problème étudié et connaître ses périmètres et les résultats attendus, puis une mesure de l'état actuel de la ligne de production des appuis têtes, ceci est fait par la réalisation de la carte VSM, des observations instantanées pour analyser les types et la nature du gaspillage, et la méthode de chronométrage ce qui a permis de dévoiler le problème du déséquilibre entre les postes de travail. et une analyse du problème pour savoir où est le problème, dont le but de proposer des actions correctives.

A l'issue de cette analyse, nous avons entamé un plan d'amélioration afin d'équilibrer les postes de travail, ainsi que d'éliminer toutes les sortes de gaspillages détectées, plusieurs propositions d'amélioration ont été élaborées et ils ont généré un gain en termes de coût, de délai dont l'amélioration de la productivité et de la cadence de chaîne étudié.

## Bibliographie

<https://www.rapport-gratuit.com/projet-de-fin-detudes-application-de-la-lean-manufacturing-pour-optimisation-du-temps-de-processus/> [1]

<https://polydesignsystems.com/automotive-interior-and-seating-components/> [2]

<https://pdfcoffee.com/rapport-pfe-mim-youssefpdf-pdf-free.html> [3]

<https://www.mcours.net/fra3/hasnfra3rapp135.pdf> [4]

<http://fahmibouhjar.cd.st/chapitre-10-le-chronometrage-a44331769> [5]

<https://docplayer.fr/83347355-Ofppt-royaume-du-maroc-resume-theorique-guide-de-travaux-pratiques-module-etablissement-des-observations-instantanees-habillement-secteur.html> [6]

<https://www.mcours.net/fra3/hasnfra3rapp107.pdf> [7]

<https://theos.fr/sipoc-cadrer-son-projet-damelioration/> [8]

## Annexe I

Diagramme de Gantt :

