



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Faculté des Sciences et Techniques de Fès  
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

**Erbib Merieme  
Berrada Kenza**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

**Amélioration et optimisation de la chaîne  
de production des disques de freins  
ventilés à l'aide du « Lean management »**

Lieu : Société Floquet monopole Industrie-FES  
Réf : 3 /IMT18



Soutenu le 20 Juin 2018 devant le jury :

- Pr. Sqalli Houssaini Driss (Encadrant FST)
- Mr. Daanouni Mohammed (Encadrant Société)
- Pr. Tajri Ikram (Examinatrice)
- Pr. Kammouri Alami Salah Eddine (Examineur)

Année universitaire : 2017-2018



”However **difficult** life may seem,  
There is **always something** you can  
**do** and **succeed** at. It matters  
That **you don’t just give up**”

-STEPHEN HAWKINGS



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*  
*A ceux qui m'ont toujours encouragé et soutenu*  
*avec amour et patience pendant mes études,*  
*A ceux qui ont vécu avec moi tout ce temps, instant*  
*par instant,*  
*A ceux auxquels je tiens à présenter mon tout*  
*respect et ma grande reconnaissance :*  
*A mes parents que j'aime tellement.*  
*Aucune dédicace ne me serait suffisante pour*  
*exprimer la profondeur de mon amour.*  
*A mon petit frère Mehdi*  
*A toute ma famille (Erbib, El Mekhtoum Elyoubi)*  
*A tous mes amis(e) et collègues,*  
*A tous ceux qui me sont chers,*  
*A ma promotion du cycle d'ingénierie mécatronique*  
*en témoignage des bons souvenirs passés ensemble*

*MERIEME*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :  
A mes chers parents qui ont tant donné.  
Pour leur immense soutien, leur grand amour, leurs  
sacrifices et leurs prières  
Qu'ils acceptent ici l'hommage de ma gratitude, qui,  
si grande qu'elle puisse être, ne sera  
jamais à la hauteur de leur tendresse et leur  
dévouement.*

*A mes chères sœurs,  
Vous aviez toujours cru en moi et c'est dans votre  
présence que j'ai puisé la volonté de continuer.  
A toute ma famille,  
A toutes mes chères amies et à tous mes chers amis.  
A toutes mes enseignantes et à tous mes enseignants.  
A tous ceux que j'aime,  
A tous ceux qui m'aiment,  
A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin  
Je vous remercie du fond du cœur.*

**KENZA**

# *Remerciements*

Louange à Dieu.

Ce travail ne peut être le résultat d'un effort personnel.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et reconnaissance à Monsieur **Mustapha Ijjaali**, Doyen de la faculté de sciences et techniques de FES, et à l'ensemble du corps administratif et professoral et spécialement au chef de notre filière Mr. **Hamedi l'Habib**, pour les efforts remarquables déployés afin de réussir la formation de l'ingénieur mécatronique

Nous exprimons notre profond respect et nos sincères remerciements à Mr. **Driss Sqalli Houssaini** pour son encadrement pédagogique très consistant ainsi que pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, pour ses conseils efficaces, ses judicieuses directives et pour les moyens qu'il a mis à notre disposition pour la réussite de ce travail tout au long de notre période de stage.

Nous remercions également Mr. **Mohamed Daanouni** directeur qualité, Mme. **Bouchra Driouech** responsable qualité et Mr. **Hassan Rached**, responsable production ainsi que tout le personnel de Floquet Monopole Industrie de nous avoir aidé à s'intégrer au sein de l'entreprise et pour leur soutien technique et moral.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury, Mme. **Ikram Tajri** et Mr. **Kammouri Alami SalahEddine**, d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

A tous ceux dont nous n'avons pas cité le nom, pour leur gentillesse, leur bonne humeur et leur amitié. Nous leur témoignons toute notre gratitude.

Merci du fond du cœur.

## Liste des figures

Figure I.1: Organigramme de Floquet monopole Industrie.....	2
Figure I.2: Logos des certifications de FMI.....	3
Figure I.3: Disque plein.....	3
Figure I.4: Disque ventilé 258.....	4
Figure I.5: Disque de frein 280.....	4
Figure I.6: Enchaînement du processus d'usinage.....	4
Figure I.7: Les 3 opérations de tournage.....	5
Figure I.8: L'OP 70 machine de Lavage.....	6
Figure II.9: Méthodologie pour la réalisation de la VSM.....	9
Figure II.10: Chemin suivi du client vers le fournisseur.....	10
Figure II.11 : Représentation du diagramme spaghetti.....	12
Figure II.12 : La VSM initiale.....	12
Figure II.13: Temps de cycle par opération.....	15
Figure II.14: Diagramme ISHIKAWA.....	17
Figure II.15: Diagramme de PARETO.....	20
Figure III.16: Démarche suivie par le SMED.....	22
Figure III.17: Les trois outils de la machine de tournage.....	22
Figure III.18: Armoire de rangement des outils et son emplacement.....	25
Figure III.19: Tâches de colle présentes sur le disque.....	26
Figure III.20: Représentation de la bête à cornes.....	27
Figure III.21: Diagramme des interactions extérieures.....	27
Figure III.22: Diagramme FAST.....	28
Figure III.23: Vue de face de la machine antitache.....	29
Figure III.24: Vue de la machine en interne.....	29
Figure III.25: Les 3 compartiments de l'OP70.....	31
Figure III.26: Nouveau aspirateur.....	32
Figure III.27: La séparation par la tôle coudée.....	32
Figure III.28: Le pourcentage des disques tachés par semaine.....	34
Figure III.29: Le convoyeur actuel entre OP100 et 110.....	34
Figure III.30: L'ancien convoyeur en chaîne.....	35
Figure III.31: Le nouveau convoyeur à crochets.....	35
Figure III.32: le grafcet simulé du robot de peinture.....	35
Figure III.33: Le ruban élastique industrie.....	37
Figure III.34: Le matelotage des caisses.....	37
Figure III.35: La fiche suiveuse des 5S.....	37
Figure III.36: Milieu de travail sur l'OP 50-60.....	40
Figure III.37: Vue de face du bac de récupération.....	41
Figure III.38: Visualisation du tuyau d'échappement.....	41
Figure III.39: Tableau d'affichage des indicateurs.....	41
Figure III.40: La mise en place de la boîte à idée.....	44
Figure III.41: Emplacement de la zone de communication sur l'usine.....	44
Figure III.42: L'espace de communication.....	44
Figure IV.43: la VSM actuelle.....	45
Figure IV.44: temps de cycle par opération après amélioration.....	46

## *Liste des tableaux*

Tableau 1: Le QQQQCP du projet étudié .....	8
Tableau 2: Les pictogrammes de la VSM et leurs utilités.....	10
Tableau 4: Les causes de gaspillage avec leurs poids .....	18
Tableau 5: Les causes de gaspillage avec leurs pourcentages cumulés .....	19
Tableau 6: La catégorie des opérations de changement de plaquette .....	23
Tableau 7: le QQQQCP de la recherche des outils .....	24
Tableau 8: le QQQQCP du problème des tâches .....	30
Tableau 9: les 5 pourquoi .....	31
Tableau 10: le plan d'action.....	31
Tableau 11: tableau des entrées.....	35
Tableau 12: tableau des actions.....	35
Tableau 13: Les avantages et les inconvénients des caisses proposées .....	38
Tableau 14: tableau des 5S.....	39
Tableau 16: Résumé des résultats .....	49

## *Liste des abréviations et acronymes*

AD : analyse de déroulement

BEC : Bureau d'étude et de conception

CT : cycle time

DAF : Direction Administrative Financière

DIM : Dimensionnel

DT : Direction Technique

DRH : Direction des Ressources Humaines

DV: Disque Ventilé

FIFO: first in first out

FMI : Floquet monopole industrie

LT : lead time

MA : MAHR (Fournisseur de machines)

RC : Responsable de Client

RD : Représentant de la Direction

RQ : Direction Qualité

SCD : Système de changement de direction

SM: Service Maintenance

SMED: Single minute exchange of die

SP: Service Production

TT: Takt time

TVA : temps à valeur ajoutée

VSM : Value Stream Mapping (Cartographie de la chaîne à valeur ajoutée)



# Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Présentation de la FMI et contexte général du projet</b>	
I. Présentation de l'organisme d'accueil : .....	2
1. Introduction sur FLOQUET MONOPOLE Industrie : .....	2
2. Organigramme de Floquet monopole :.....	2
3. La certification actuelle du Floquet monopole.....	3
II. Le processus d'usinage des disques de freins .....	3
1. Usinage des disques de freins.....	3
1.1 Définition d'un disque de frein.....	3
1.2 Types des disques de freins produit par la FMI.....	3
2. Le processus d'usinage.....	4
III. Contexte général de projet.....	6
1. Cahier des charges.....	7
1.1 Problématique.....	7
1.2 Objectifs et voie de développement.....	7
1.3 Démarche à suivre .....	7
1.4 Les limites de l'étude.....	7
2. Définition détaillée du projet.....	8
<b>Chapitre II : Analyse de l'existant et diagnostic des problèmes</b>	
I. Introduction .....	9
1. Value Stream Mapping.....	9
1.1 Application de la VSM.....	9
1.1.1 Famille de produit .....	9
1.1.2 Chemin suivi .....	9
1.1.3 Pictogrammes utilisés.....	10
1.1.4 Mesures .....	11
1.2 Le diagramme spaghetti.....	11
1.3 Analyse de déroulement (AD).....	13
1.4 Cartographie VSM initiale sur Lucid Chart .....	14
2. Diagnostic des causes.....	15
2.1 Analyse de la VSM .....	15
2.2 Diagramme d'Ishikawa.....	17
2.3 Diagramme de Pareto .....	17

### **Chapitre III : Mise en place des améliorations souhaitées**

I.	Introduction .....	21
II.	Optimisation du temps de changement d'outils sur l'op20 .....	21
1.	Intégration de l'outil SMED sur l'OP 20 .....	21
1.1	Démarche d'intégration de l'outil SMED sur l'OP 20 .....	21
1.1.1	Informers les opérateurs sur le SMED .....	21
1.1.2	Filmer le changement de plaquettes .....	21
1.1.3	Analyser les vidéos .....	21
1.2	Difficultés et évaluations .....	26
III.	Optimisation et amélioration du temps d'exécution des tâches sur l'OP 100 .....	26
1.	L'analyse fonctionnelle du système .....	27
1.1	Le besoin et sa représentation .....	27
1.2	Méthode interaction avec le milieu extérieure (pieuvre) ou APTE .....	27
1.3	FAST (Functional Analysis System Technic): .....	28
2.	Conception de la machine anti-tâche sur CATIA V5 .....	29
2.1	Fonctionnement de la machine anti tâches : .....	29
3.	La solution adoptée .....	30
3.1	Application de la méthode PDCA .....	30
3.1.1	Plan .....	30
3.1.2	Do .....	32
3.1.3	Check .....	32
3.1.4	Act .....	33
IV.	Amélioration de la machine à peinture : OP110 .....	33
1.	Mise en situation .....	33
2.	Solutions proposées .....	34
2.1	Changement de l'emplacement de l'opérateur .....	34
2.2	Mise en place d'un convoyeur à crochet .....	34
2.3	Automatisation de l'entrée et la sortie de la machine à peinture .....	35
V.	Elimination du matelotage .....	37
1.	Le matelotage au sein de la FMI .....	37
2.	Amélioration sur les caisses en fer .....	38
VI.	Déploiement de la démarche 5S .....	39
1.	Rappel des 5S .....	39
2.	Audit et mise en place des 5S .....	39
2.1	Les 5S sur la zone de production .....	40
2.1.1	L'application des 5S sur l'OP 50-60 .....	40
2.1.2	L'application des 5S sur les postes de travail .....	42

2.2	Le Management visuel.....	43
<b>Chapitre IV : Etat actuel et Gains apportés par les solutions proposées</b>		
I.	La VSM actuel sur le logiciel Lucid-Chart .....	45
II.	Analyse des résultats et des gains apportés par le SMED.....	46
1.	Les coûts d'investissement des actions mises en place.....	46
2.	Gains associés aux actions mises en place .....	46
III.	Résultats et gains apportés par l'amélioration de l'OP 70 .....	47
1.	Coût d'investissement des actions mises en place .....	47
2.	Gains apportés à l'OP100 par l'amélioration de l'OP70.....	47
IV.	Résultats et gains apportés par l'automatisation du robot de peinture OP 110.....	47
1.	Coût d'investissement sur l'action mise en place .....	47
2.	Gains apportés par l'amélioration du robot de peinture .....	47
V.	Résultats et gains estimé par l'élimination du matelotage .....	48
1.	Le coût d'investissement des solutions proposés.....	48
2.	Les gains apportés par l'élimination de l'opération de matelotage.....	48
VI.	Résultats et gains apportés par l'application des 5 S .....	48
1.	Le coût d'investissement des actions mise en place .....	48
2.	Les gains apportés par l'application des 5S .....	48
VII.	Résumé des résultats .....	49
	Conclusion et perspectives .....	50

# Introduction générale

L'industrie automobile est un secteur porteur au Maroc qui bénéficie depuis toujours d'une attention particulière des sphères politiques et économiques. C'est l'un des secteurs les plus structurés et productifs au pays qui se caractérise par l'intervention de plusieurs entreprises dans différents domaines de compétence.

Dans ce milieu industriel, les enjeux stratégiques et financiers tels que l'amélioration continue et l'aménagement d'usine ne sont plus un luxe, mais une nécessité. L'entreprise doit revoir continuellement ses procédés et ses moyens afin d'adapter sa production aux besoins de sa clientèle aux fluctuations des marchés, délais raccourcis ou encore pour s'accommoder des plus récentes innovations technologiques.

Les entreprises gagnantes sont celles qui maîtrisent la qualité et le rendement du travail effectué par le personnel. Dans ce contexte industriel, Floquet monopole Industrie vise à rendre son processus plus performant en reposant sur la chasse aux gaspillages et la résolution des problèmes liés aux différentes opérations de la chaîne de production par l'implantation du « Lean Manufacturing » et le « Lean Développement ».

Dans le cadre de nos études en ingénierie Mécatronique à la Faculté des Sciences et technique Fès, nous avons effectué un stage de projet de fin d'études sous le thème : **«Amélioration et optimisation de la chaîne de production des disques de freins ventilés à l'aide du Lean management »**, au sein de l'usine Floquet Monopole Industrie de Fès.

Dans cette optique, nous étions amené à faire une étude détaillée sur l'ensemble des problèmes présents sur la chaîne de production des disques de freins suivant les différentes sources de gaspillage et proposer par suite des plans d'action afin de remédier à ses problèmes.

Afin de répondre à l'objectif de notre sujet, nous avons suivi le plan suivant :

Le Chapitre1 sera consacré en premier lieu à la présentation générale de l'entreprise, et en second lieu à la présentation du contexte général de projet.

Le chapitre 2 présente l'analyse de l'existant et le diagnostic des problèmes sur la chaîne de production des disques ventilés en se basant sur la VSM (Value Stream Mapping) et le Pareto.

Le chapitre 3 met en place les solutions et les améliorations souhaitées qui aboutissent à une optimisation des problèmes présents sur la chaîne de production des disques ventilés.

Le chapitre 4 traite l'état actuel afin d'estimer et relever les gains associés à nos solutions proposées.

## ***Chapitre I :***

### ***Présentation de la FMI et contexte général du projet***

***Ce chapitre se décompose en deux parties principales :***

*La première partie est consacrée à la présentation générale de l'organisme d'accueil : lieu de déroulement de notre projet de fin d'études **FLOQUET MONOPOLE Industrie**.*

*La deuxième partie présente le cadre général du projet définissant le cahier des charges, la démarche du travail et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs prescrits de ce stage.*

## I. Présentation de l'organisme d'accueil :

### 1. Introduction sur FLOQUET MONOPOLE Industrie :

FLOQUET MONOPOLE Industrie, se situe dans le quartier industriel Sidi Brahim, lot 59, rue 812 Fès, Maroc. Elle a été créée en 1981 sous le nom de la Société Marocaine du Fonderie du nord (SMFN).

C'est une société de fabrication des pistons, d'usinage et de vente des tambours et disques de freins, elle dispose d'un atelier de fabrication de pistons et de tambours et un autre d'usinage de disques de freins.

Floquet Monopole Industrie (FMI) est une société française qui fait partie du groupe Dana Américaine a été évaluée et jugée conforme aux exigences de la norme ISO 9001 version 2015, ce qui montre son intégration à l'échelle mondiale.

FMI est une société anonyme dont le capital est de 21.800.000 DHS, et qui réalise un chiffre d'affaires de plus de 80 millions DHS par an. C'est une grande société qui exporte ses produits vers l'Europe, ainsi qu'à plusieurs pays à travers le monde entier. En effet, elle produit pour des clients tels que Renault Tanger, Renault SOMACA, Citroën, PSA.

De ce fait, elle doit suivre l'évolution de la technologie en améliorant ses moyens de production, de contrôle et d'exportation.

### 2. Organigramme de Floquet monopole :

Floquet monopole est divisé en plusieurs départements dont chacun remplit une fonction bien précise et l'ensemble contribue à l'optimisation des conditions de la production et la qualité, la figure 1 présente l'Organigramme de la FMI.

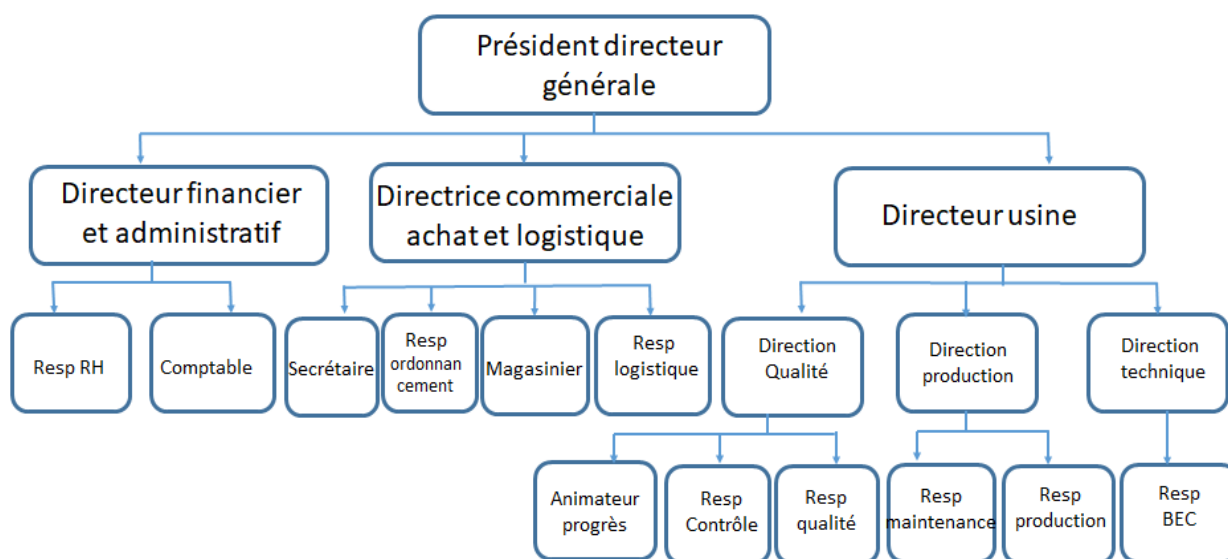


Figure 1: Organigramme de Floquet monopole Industrie

### 3. La certification actuelle du Floquet monopole

L'entreprise possède un certificat ISO 9001 version 2008 ainsi que ISO TS 16949 :2009, la norme concernant la démarche Qualité dans l'industrie automobile.

Cette version ISO/TS 16949 est une copie de la norme ISO 9001 :V2008 complétée d'exigences spécifiques. Elle est devenue obsolète, car elle est actuellement remplacée par la publication de la première version de la norme IATF (International Automotive Task Force), 16949 :2016.

Le projet d'intégration de la nouvelle norme IATF 16949 :2016 est en cours d'exécution au sein de l'entreprise Floquet Monopole et doit être mis en place à la fin du mois Juin 2018.



Figure 2: logos des certifications de FMI

## II. Le processus d'usinage des disques de freins

### 1. Usinage des disques de freins

#### 1.1 Définition d'un disque de frein

Pièce métallique en forme de disque appartenant au système de freinage. Le disque est solidaire à la roue et pour permettre le freinage du véhicule, il est serré par des plaquettes logées dans un étrier de frein fixé au châssis.

#### 1.2 Types des disques de freins produit par la FMI

Il existe trois types des disques de freins :

- Les disques pleins, de géométrie simple et donc de fabrication simple, sont généralement placés sur l'essieu arrière de la voiture. Ils se composent tout simplement d'une couronne pleine reliée à un "bol" qui est fixé sur le moyeu de la voiture, ce type de disque est intitulé DP 259\*12(figure 3).



Figure 3: Disque plein

- Les disques ventilés, de géométrie plus complexe, sont apparus plus tardivement. Composés de deux couronnes – appelées flasques – séparées par des ailettes (Figure4), ils refroidissent mieux que les disques pleins grâce à la ventilation entre les ailettes

qui, en plus, favorisent le transfert thermique par convection en augmentant les surfaces d'échange. Le disque ventilé comporte plus de matière que le disque plein ; sa capacité d'absorption calorifique est donc meilleure. Ce type de disque 258\*22 est fourni uniquement à Renault.



Figure 4: Disque ventilé 258

- Les disques 280, ont la même conception que les disques ventilés 258 mais portant des trous sur le diamètre intérieur (figure 5), ils sont résistants à la surchauffe et refroidissent rapidement, et ils sont utilisés pour les grandes voitures (4×4 Renault).

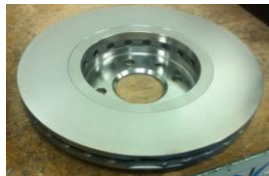


Figure 5: Disque de frein 280

## 2. Le processus d'usinage

Le processus d'usinage est effectué par des machines sophistiquées numériques fournies par l'entreprise Romaine MAHR, ce processus suit l'enchaînement de 11 opérations suivantes :

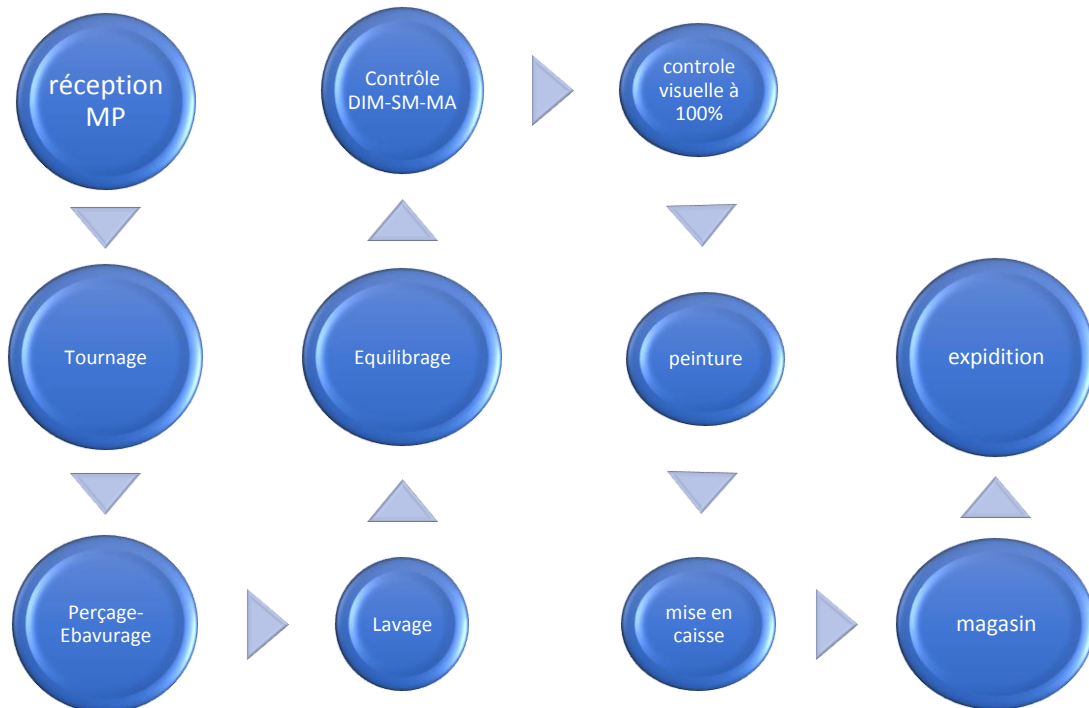


Figure 6: Enchaînement du processus d'usinage



## 2.1 Réception de la matière première

La réception de la matière première, appelée OP10 au sein de l'usine, consiste à accueillir les lots des disques bruts dès l'arrivée des camions de fournisseur. Une fois sur terrain, un **contrôle à réception** est ultime pour vérifier le nombre de lots. Une pièce par mille passe ensuite à la salle de métrologie pour servir à valider la conformité des matières premières. Un ordre de fabrication est finalement donné par le responsable magasin afin d'aboutir à la production.

## 2.2 Tournage

L'opération de tournage, permet le lissage de la pièce suivant la face choisie. On distingue trois machines sur l'OP20, l'OP 30 et l'OP40 correspondant respectivement au tournage face 2, tournage de la face jante et tournage intérieur. Ces trois opérations (figure 7) ont pour but de gratter le disque brut afin d'obtenir un lissage convenable avec les tolérances choisies.



Figure 7: Les 3 opérations de tournage

## 2.3 Perçage-Ebavurage

Cette opération consiste à effectuer six trous sur le disque à l'aide de deux machines manuelles sur l'OP50-60. Le disque passe par l'OP50 en premier temps pour qu'il soit percé ensuite passe dans un bain d'huile afin d'enlever les coupants, pour qu'il passe finalement à l'ebavurage sur l'OP 60.

## 2.4 Lavage

Sur l'OP70 (figure8), trois étapes successives sont effectuées suivant un convoyeur électrique. La première consiste à dégraisser le disque par l'utilisation d'un liquide à forte concentration de colle, la deuxième permet le lavage du disque, de manière à enlever tout le liquide qui le recouvre et finalement la troisième qui permet le séchage du disque à 23°.

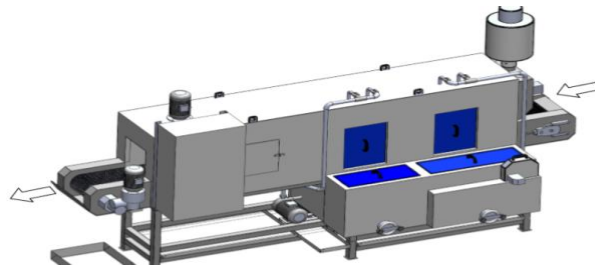


Figure 8: l'OP 70 machine de Lavage

## 2.5 Equilibrage

Cette opération a pour but d'effectuer un équilibrage sur la surface du disque en le grattant pour permettre d'enlever la matière, de manière à obtenir une surface plane, horizontale avec une très grande précision et parallèle à la surface opposée. Cette opération est titrée OP80 dans l'usine.

## 2.6 Contrôle SM-DIM-MA

Pour permettre la validation de l'équilibrage, un contrôle de tolérance géométrique est nécessaire. Ceci est effectué sur l'OP90, permettant de vérifier le disque en affichant un message de conformité sur l'écran de la machine. Si tout va bien, la machine effectue un marquage sur le disque, portant le logo du client, la référence et la date. Par contre, Si celui-ci n'est pas conforme, il passe à la salle de métrologie pour subir quelques mesures.

## 2.7 Peinture

Il existe sur le disque une petite partie qui n'est pas usinée, il est très utile de la peindre pour qu'elle n'abime pas le disque. En effet, la peinture a pour but d'éliminer le risque de rouille au niveau de la partie non usinée, cette opération est effectuée sur l'OP100.

## 2.8 Mise en caisse et magasin

Les disques ayant subi la dernière opération de la chaîne de production sont directement mis dans des plaquettes, le lot de 15 plaquettes est ensuite emballé pour rejoindre le stock de produits finis. Le responsable magasin effectue ensuite le contrôle des lots.

## 2.9 Expédition

Des camions sont chargés cinq fois par semaine et sont obligés de suivre de difficiles trajets, c'est à ce titre que l'entreprise adopte une opération de matelotage pour garantir la sécurité des lots.

# III. Contexte général de projet

Un projet doit être bien pensé dès le départ. Cette étape est donc essentielle car elle conditionnera le développement de celui-ci.

La planification d'un projet va donc permettre de suivre la concrétisation des objectifs et la réalisation des différentes tâches, parallèlement à la gestion et à l'affectation des ressources.

## **1. Cahier des charges**

### **1.1 Problématique**

La productivité est un indicateur important dans l'évaluation de l'entreprise, nous avons constaté que celle-ci est plus ou moins faible sur la chaîne de production des disques de freins ventilés 258, cela revient à dire que l'entreprise n'atteint pas la demande client dans les situations normales, mais plutôt ils sont amenés à travailler un jour de plus durant la semaine afin de produire un stock de sécurité assurant la demande client.

Ce problème nécessite obligatoirement l'action sur les trois sources d'inefficacité de tout système opérationnel : les gaspillages, la variabilité et le manque de flexibilité. En revanche, ceci inclut l'augmentation de la non valeur ajoutée sur cette chaîne et par conséquent la diminution de son efficacité, tout en se basant sur les outils de « Lean manufacturing » et le « Lean développement », dans le but d'éliminer les défaillances existantes dans la chaîne de production choisie.

### **1.2 Objectifs et voie de développement**

Les trois facteurs de satisfaction client : coût, qualité, délais, sont les clés de succès face à la concurrence. Pour garder les clients, il est recommandé de réduire les prix continuellement par des optimisations de tous les niveaux intervenant dans la chaîne de valeur, la survie de l'entreprise dépend de sa compétitivité et son pouvoir innovant sur le produit, autant que sur les processus de production. Ainsi nous avons décidé d'implémenter une démarche Lean dans notre production des disques ventilés afin de minimiser les coûts de revient des produits et permettre ainsi de réduire leurs prix de vente. Dans les mauvais cas nous devons maximiser notre marge sans augmentation des prix.

### **1.3 Démarche à suivre**

La démarche de déroulement de notre projet se présente comme suit :

- Définition de la chaîne de production à traiter.
- La collecte des données nécessaires.
- Analyse et diagnostic des causes des problèmes.
- Mise en place des solutions souhaitées et les plans d'action.
- Analyse des résultats finaux.

Cette démarche est structurée suivant le cycle PDCA.

### **1.4 Les limites de l'étude**

Dans le temps : 4 mois et demi.

Dans l'espace : la chaîne de production des disques de freins ventilés 258 destinés à Renault.

Investissement :

- Les solutions proposées doivent être rentables et efficaces.
- Les solutions proposées doivent avoir des résultats à court terme et durables.
- L'investissement demandé pour mettre en place la solution doit être réduit le maximum possible.

## 2. Définition détaillée du projet

Nous proposons de remédier à ce problème en appliquant la méthode QQQQCP selon le tableau 1 :

<b>Donnée d'entrée : Problématique générale</b>	Améliorer et optimiser la chaîne de production des DV.
<b>Qui : qui est concerné par le problème ?</b>	Direct : Service production-qualité au sein de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE Industrie. Indirect : Les clients.
<b>Quoi : c'est quoi le problème ?</b>	-Production faible par rapport à la demande client. -Augmentation de gaspillages.
<b>Où ? Où apparait le problème ?</b>	Sur la chaîne de production des disques ventilés.
<b>Quand ? quand apparait le problème</b>	Depuis l'audit interne sur la chaîne.
<b>Comment ? Comment mesurer le problème et ces solutions ?</b>	L'instauration des outils de « Lean manufacturing » et « Lean développement ».
<b>Pourquoi ? pourquoi faut-il résoudre le Problème ?</b>	-Elimination des Mudras. -Amélioration des postes de travail. -Augmentation de la productivité de la chaîne de production.
<b>Donnée de sortie : question explicite et pertinente à résoudre !</b>	Quels outils de Lean pour une meilleure chaîne de production ?

Tableau 1: Le QQQQCP du projet étudié

*Conclusion :*

*Ce chapitre englobe la présentation de l'entreprise ainsi que toute la démarche détaillée à suivre dans notre projet, nos objectifs et nos missions. Chose qui nous permettra de faire un travail très organisé dans les prochains chapitres.*

## ***Chapitre II :***

### ***Analyse de l'existant***

### ***Et diagnostic des problèmes***

*Ce chapitre présente une analyse des données existantes sur terrain et puis un diagnostic des différents problèmes identifiés ;*

*Notre étude va débiter par l'application de la **VSM** afin d'identifier toute sorte de gaspillage ainsi que les points d'amélioration sur la ligne de production des DV258.*

## I. Introduction

Dans ce chapitre nous établissons une analyse de l'état actuel de FMI, afin de cerner les différents gaspillages, cette analyse commencera par la collecte d'informations sur le terrain pour les traiter ensuite à travers les outils d'aide tel que la VSM et ISHIKAWA, à partir de ceci, nous définissons les problèmes ou les sources de gaspillages qui influencent sur notre chaîne de production. Notre étude consiste à faire tout d'abord un diagnostic des problèmes sur terrain en utilisant la valeur Stream Mapping (VSM), l'outil important et efficace qui visualise l'état nécessitant une amélioration.

### 1. Value Stream Mapping

La Cartographie de la chaîne de valeur, présentée le long de ce document par l'abréviation VSM (Value Stream Mapping), est un outil couramment utilisé dans des programmes d'amélioration continue Lean pour aider à comprendre et améliorer le flux matériel et les flux d'information au sein des organisations. La VSM présente l'ensemble du processus de bout en bout dans une méthode qui est facile à comprendre par ceux qui travaillent le processus, il capture l'état actuel, et présente une image réaliste grâce à un format graphique simple à comprendre [3].

#### 1.1 Application de la VSM

Avant d'amorcer la démarche au plus juste, il faut d'abord déterminer la famille de produits sur laquelle nous voulons concentrer notre effort. Le tracé d'une carte de la chaîne de valeur se fait en parcourant pas à pas, les diverses étapes de traitement pour une famille de produit précise. Pour ce faire, nous suivrons la méthodologie schématisée ci-dessous :

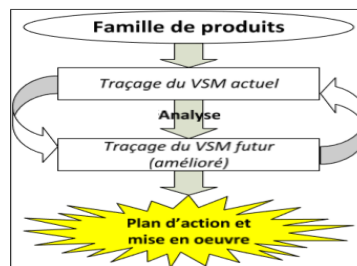


Figure 9: Méthodologie pour la réalisation de la VSM

##### 1.1.1 Famille de produit :

Le choix de la famille de produit ne doit pas être fait au hasard, mais plutôt cela dépend de la productivité de celui-ci. C'est à ce titre que nous avons choisi d'appliquer notre démarche sur la chaîne la plus productive, celle des disques de frein ventilés.

##### 1.1.2 Chemin suivi :

Afin de visualiser le processus sur la cartographie VSM, il est obligatoire de déterminer le chemin suivi sur terrain, celui-ci étant schématisé sur la figure 10.

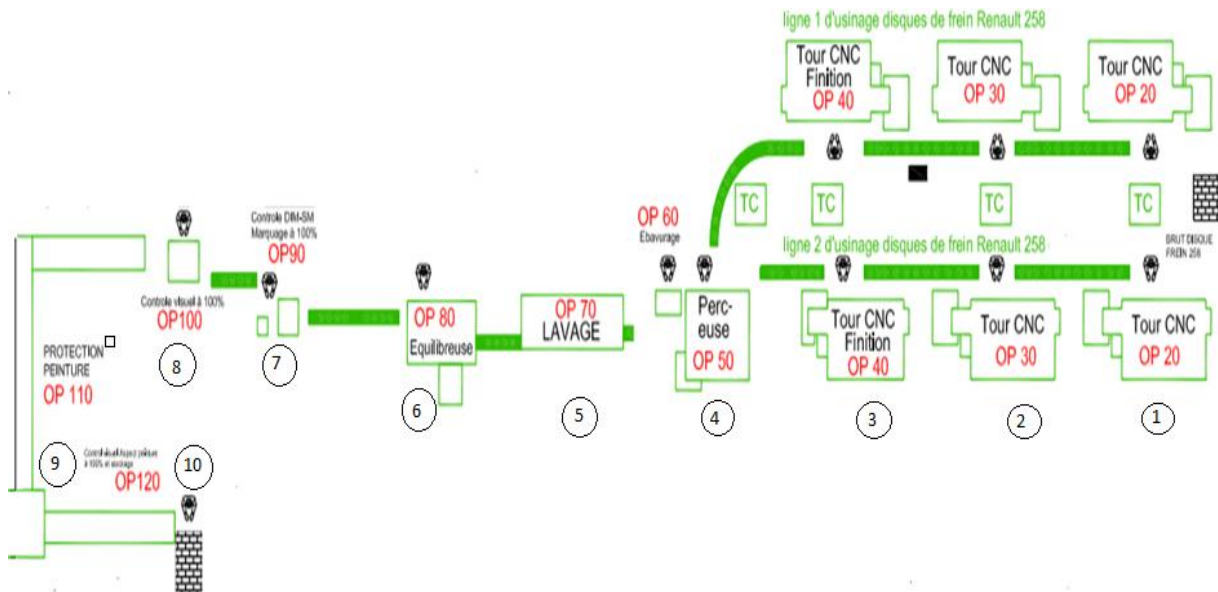


Figure 10: Chemin suivi pour établir la VSM

### 2.1.3 Pictogrammes utilisés

Le schéma VSM se fait en utilisant des symboles spécifiques appelés pictogrammes.

Ceux les plus usuels sont regroupés dans le tableau 2 [11]:

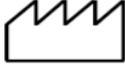
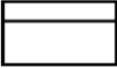







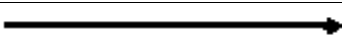


Pictogramme	Utilité
	Clients et fournisseurs
	Processus ou activités
	Réception ou expédition par camion
	Point d'inventaire (Stock)
	Dépôt de stockage
	FIFO : Premier entré, premier sortie
	Stock de sécurité
	Nombre d'opérateurs sur un poste de travail
	Information transmise électroniquement
	Information transmise manuellement
	Go See : des informations par des moyens visuelles.
	Carte Kanban de production

Tableau 2: Les pictogrammes de la VSM et leurs utilités

### 2.1.4 Mesures :

Pour décrire le processus de manière pertinente de point de vue cartographie, un certain nombre de données doivent être mentionné sur la VSM. Parmi les données que nous avons trouvées très utiles :

- Temps de cycle de l'opération (CT) : Cette période prend compte du temps de montage de la pièce, d'usinage de la machine et de démontage de la pièce. En effet, Le temps de cycle est l'intervalle de temps séparant deux entités ou évènements successifs identiques dans un même processus [5].
- Le délai d'exécution (LT) : Cette période s'exprime en jours, elle est en fonction de l'inventaire situé entre deux processus. Elle s'agit du temps entre la commande et la livraison du produit ou du service [5].

Selon la loi de Little : 
$$LT = \frac{\text{Inventaire entre deux processus}}{\text{Demande journalière}}$$

- Disponibilité machine : C'est l'aptitude d'un système (sous les aspects combinés de la fiabilité, maintenabilité, logistique de maintenance) à accomplir ou à être en état de remplir une fonction à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné.
- Opérateur : Prend en compte le nombre d'opérateur nécessaire pour un processus.
- Takt time : Le takt time est le rythme de la demande des clients. Il se calcule sur la période la plus courte possible, dans l'idée du juste à temps [5].

$$TT = \frac{\text{Nombre de travail par jour}}{\text{Demande client journalière}}$$

- TVA : La somme de tous les temps à valeurs ajoutées, c'est à dire tous le temps de cycle.
- Efficience : représente l'efficacité de la chaine de production en pourcentage(%), c'est le rapport de traitement total des processus par le temps d'exécution.

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Temps à valeur ajoutée}}{\text{Temps à valeur non ajoutée}}$$

Cet indicateur est particulièrement suivi dans les cartographies VSM pour déterminer la performance d'un processus et ces marges de progrès [5].

### 1.2 Le diagramme spaghetti

Le diagramme spaghetti est la représentation des déplacements des personnels ou le cheminement d'objets physiques tels que des pièces, des équipements ou des dossiers dans un environnement de travail [6],il est représenté sur la figure 11.



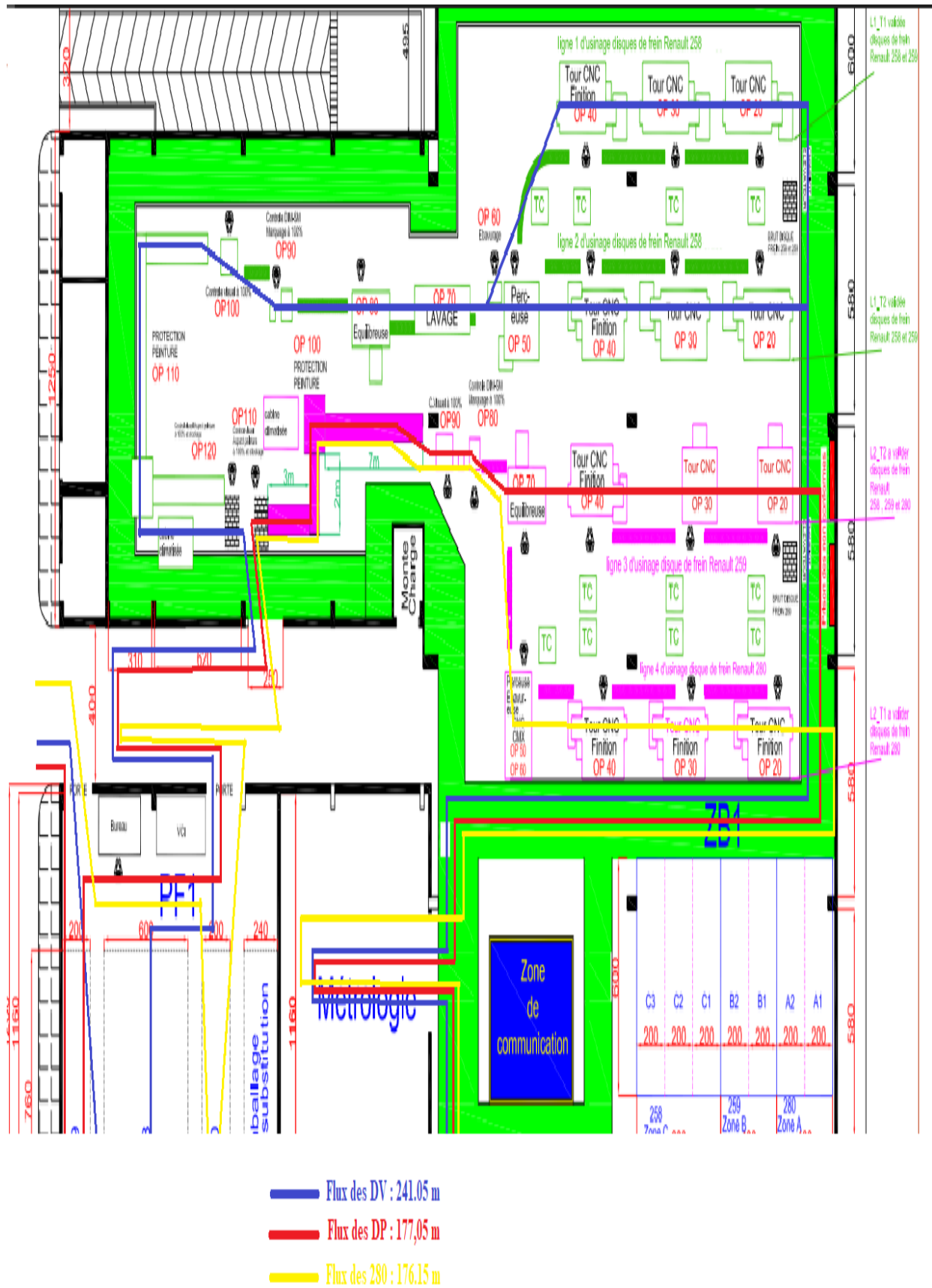

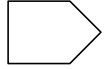
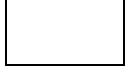









Figure 11 : Représentation du diagramme spaghetti

### 1.3 Analyse de déroulement (AD)

					Distance (m)	Temps (min)	Quantité	Masse (kg)	Déroulement
●							14400	105120	Sortie de stock : matière première
	●				106,75		3000	21900	Aller vers l'OP20
		●				0,92			OP20 : Tournage
	●				2,5		3000	21300	Aller vers l'OP30
		●				0,40			OP30 : Tournage
	●				2,5		3000	20400	Aller vers l'OP40
		●				0,39			OP40 : Tournage
	●				3		245	1592	Aller vers l'OP50-60
		●				0,48			OP50-60 : Perçage-Ebavurage
	●				0,5		245	1593	Aller vers l'OP 70
		●				0,47			OP70 : Lavage
	●				2		245	1593	Aller vers l'OP80
		●				0,48			OP80: Equilibrage
	●				3,2		245	1113	Aller vers OP90
				●		0,47			OP90: Contrôle DIM-SM-MA
	●				2		743	3938	Aller vers l'OP100
				●		0,64			OP100 : Contrôle visuel à 100%
	●				14		92	488	Aller vers 110
		●				0,67			OP110 : Peinture
	●				7		92	497	Aller vers OP120
		●				0,2			OP120 : Mise en caisse
	●				3		276	1490	Aller vers le matelotage
		●				0,78			Matelotage

Légende :

				
Stockage avec opération d'entrée/sortie	Transport ou manutention	Opération de transformation qui apporte de la valeur ajoutée	Stock tampon	Contrôles

2.4 Cartographie VSM initiale sur Lucid Chart

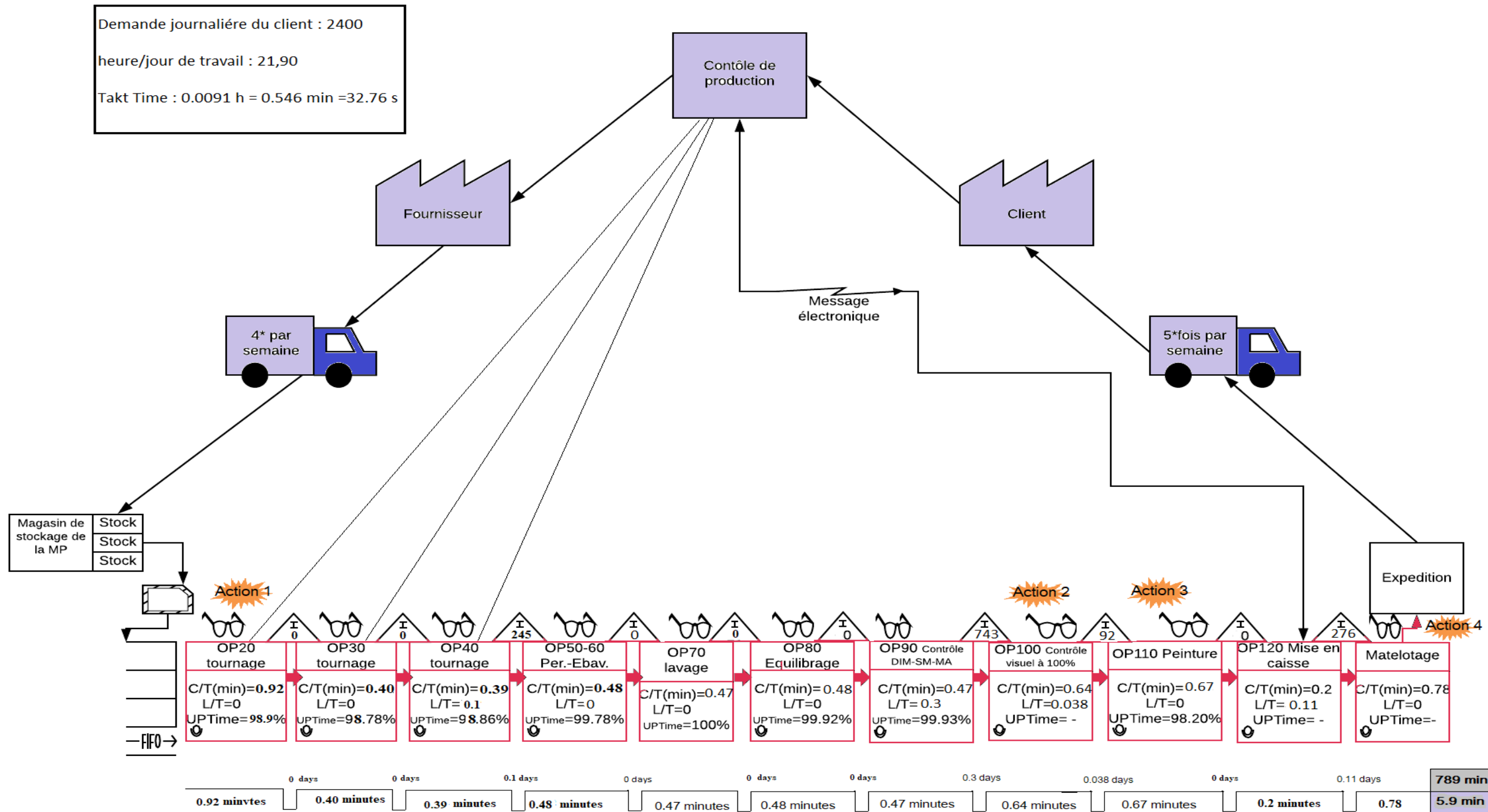


Figure 12: la VSM initiale

## 2. Diagnostic des causes

### 2.1 Analyse de la VSM

Après l'élaboration de la cartographie, on remarque selon l'histogramme suivant qu'il y'a plusieurs opérations ou le cycle time dépasse le Takt Time, ce dernier représente le seuil limite dans ce cas, c'est ainsi que nous constatons les problèmes nécessitant des actions permettant d'améliorer le processus de production des disques ventilés.

Sachant que le temps de production est de 7,3h est que la demande client est de 800 disques de freins par shift :

$$\text{TAKT TIME} = \frac{7,3 \times 60}{800} = 0,54 \text{ min /pièce}$$

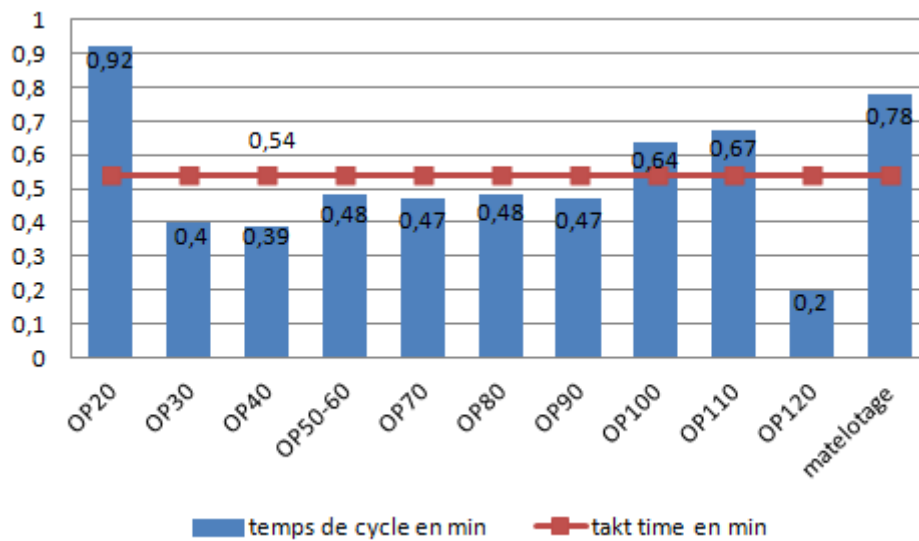


Figure 13: Temps de cycle par opération

#### 2.1.1 L'OP20 : Tournage

Ce poste représente la première opération de la chaîne de production, celui-ci possède un seul opérateur qui effectue la tâche principale avec un contrôle par échantillonnage d'une pièce sur 5. La tâche principale consiste à monter la pièce sur la machine de tournage, attendre que le temps de cycle machine se termine et par la suite démonter la pièce. L'outil qui sert à usiner, appelé plaquette, nécessite un changement après l'usinage de 200 pièces pour éviter le risque d'abimer le disque et pour garantir un meilleur lissage de la surface supérieure.

##### 🔧 Etude de l'existant :

Selon le chronométrage effectué auparavant sur la VSM, nous avons pu remarquer que le temps de cycle de l'OP20 dépasse suffisamment le seuil limite (TAKT TIME), ce qui revient à dire qu'il y'a un problème sur cette machine.

En outre, le temps de machine de chacune des trois opérations de tournage 20,30 et 40 est de 42 s qui dépasse le Takt time (32s), c'est ainsi que l'entreprise a mis en œuvre une implantation en U (les 3 machines en double, voir annexe 7) pour garantir un équilibrage de production. En effet,

notre chronométrage consiste à calculer la moyenne de dix mesures pour chaque opération afin d'obtenir un résultat précis.

Le retard remarqué sur l'OP20 s'explique par la coïncidence que nous avons eu lors du chronométrage avec le changement d'outils. Ce dernier s'effectue en un temps de 12 minutes pour chaque 200 pièce.

### **2.1.2 L'OP100 : Contrôle visuel à 100%**

Ce poste consiste à faire un contrôle visuel à 100% de chaque disque de frein, afin d'identifier s'il y'a une tâche de colle ou un défaut quelque part, cette fonction est assurée par un opérateur qui se sert d'une lampe, une loupe, un torchon et un liquide pour enlever toute tâche présente sur le disque, et par conséquent décide si c'est une bonne pièce ou un rebut.

#### **✚ Etude de l'existant :**

Selon le chronométrage réalisé, nous pouvons remarquer que le temps de cycle du contrôle visuel dépasse le Takt Time.

Pour analyser la source du problème, nous devons suivre tout le processus pour en tirer la cause, il s'est avéré que ce problème provient de l'OP70 correspondant à la machine de lavage, qui laisse apparaître des tâches de colle sur le disque, chose qui nécessite son nettoyage manuel sur l'OP100. Cette opération prend beaucoup de temps, puisque c'est l'opérateur qui est chargé d'essuyer le disque, à l'aide d'un torchon plein d'alcool, ce qui n'est pas facile pour une tâche de colle qui persiste sur la surface du disque.

### **2.1.2 L'OP 110 : le robot de peinture**

L'OP 110 présente la dernière opération avant la mise en caisse, cette tâche consiste à faire peindre une partie du disque non usinée, cette peinture a pour but d'éliminer le risque de rouille au niveau de cette partie.

#### **✚ Etude de l'existant :**

Le chronométrage effectué nous a montré que le temps de cycle de cette opération est supérieur au Takt time. D'après notre observation nous pouvons constater que le facteur responsable c'est la lenteur du convoyeur de préchauffage entre l'op 100 et l'op 110 (peinture), ainsi que la présence de l'opérateur qui assure manuellement l'entrée et la sortie du disque dans la machine.

### **2.1.3 Matelotage**

Afin d'assurer la sécurité des disques de frein lors de l'expédition, l'entreprise utilise un ruban blanc en plastique pour maintenir en place les disques de frein dans les caisses en Fer sur le camion, or cette étape n'est pas exigée par le client, ce qui n'est pas rentable pour l'entreprise ; D'après la VSM, nous remarquons bien que le cycle time du matelotage dépasse le seuil du takt time et c'est à ce titre qu'il faut obligatoirement agir.

## 2.2 Diagramme d'Ishikawa

Pour être sûr d'analyser tous les problèmes, nous avons trouvé utile d'ajouter un diagramme causes effets qui consiste à assembler des opérateurs de divers services pour un brainstorming à travers lequel nous avons réfléchi ensemble à toutes les causes de gaspillages qui existent sur la chaîne de production et que nous avons classé par la suite sur le diagramme ISHIKAWA présenté sur la figure 14 :

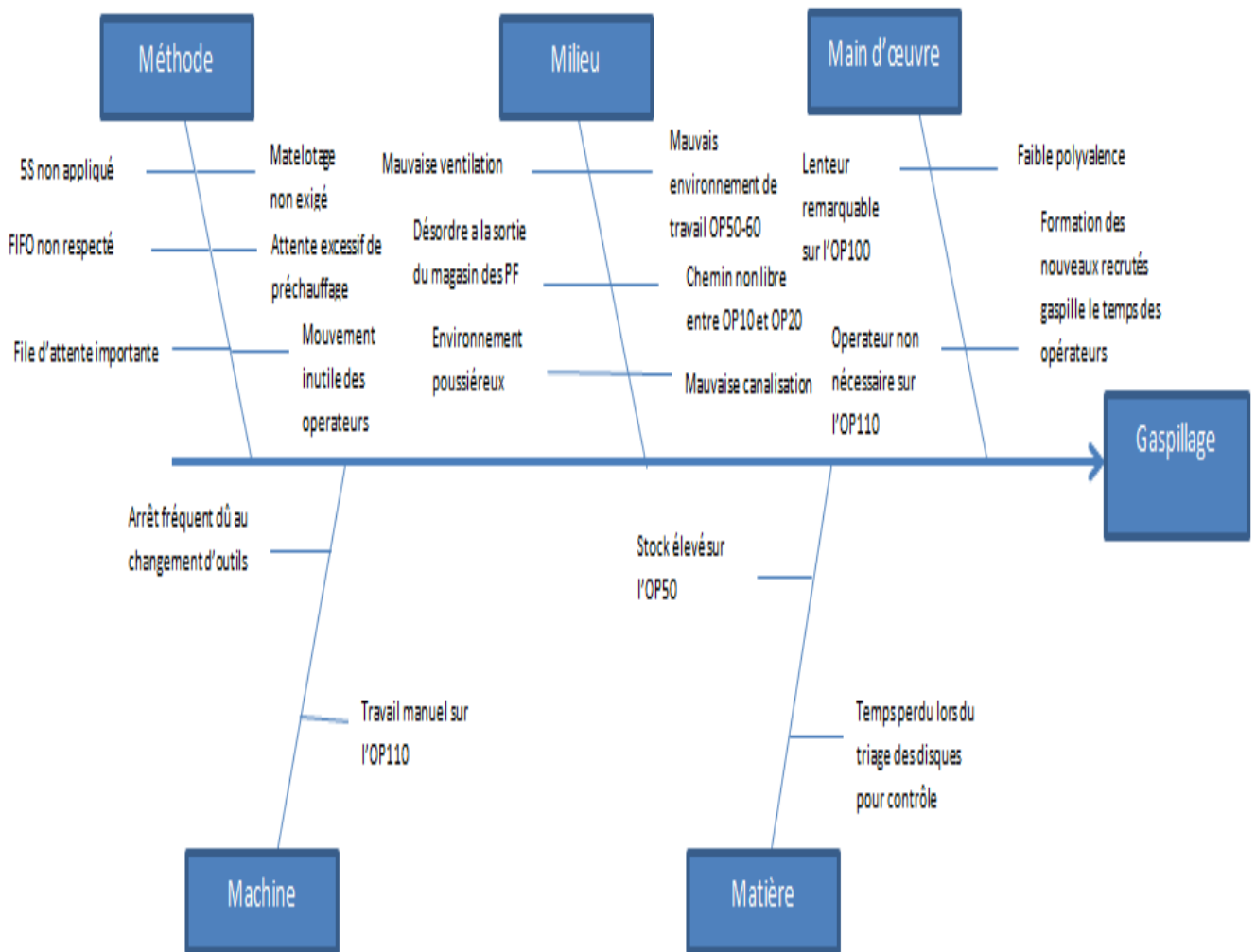


Figure 14: diagramme ISHIKAWA

## 2.3 Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation [2]. Nous avons opté pour la méthode de vote pondéré car c'est une méthode d'aide à la décision et permet la classification de différentes propositions selon un ordre d'importance lors des réunions de groupe de travail, elle est également appelé « Méthode de Blake et mouton »[12].

C'est un outil d'évaluation multicritère, les différents choix de critères pour le vote vont varier suivant l'entreprise.

Afin de déterminer l'ordre d'importance des causes de gaspillage, nous avons demandé aux responsables de donner un poids entre 1 et 10 à chaque cause, celle qui fait le plus de gaspillage aura le poids le plus haut.

Pour éviter qu'un participant soit influencé par un autre, nous avons réalisé le vote sur papier.

Le classement des votes a abouti au tableau suivant :

N°	Causes de gaspillage	5 M	Poids
1	Arrêt fréquent pour changement d'outils sur l'op 20	Machine	10
2	Mauvais environnement de travail sur op 50-60	Milieu	10
3	Travail manuel sur l'op 110	Machine	10
4	Lenteur remarquable dans l'exécution des tâches sur l'OP 100	Main d'œuvre	8
5	Opérateur non nécessaire sur l'op 110	Main d'œuvre	6
6	Manque de compétences des opérateurs pour le changement d'outil	Machine	6
7	Utilisation d'un matelotage non exigé par le client	Méthode	6
8	5S non appliqué régulièrement	Méthode	4
9	Désordre entre la mise en caisse et l'entrée du magasin pour le refroidissement final des disques	Milieu	4
10	Climat très chaud en été, mauvaise ventilation	Milieu	2
11	File d'attente importante	Méthode	2
12	Stock en cours élevé sur l'op 50	Matière	2
13	Le FIFO est parfois non respecté	Méthode	1
14	Manque de polyvalence chez les opérateurs	Main d'œuvre	1
15	Environnement poussiéreux	Milieu	1
16	Temps perdu à cause du triage de quelques articles pour lesquels des défauts de matière ont été détectés	Matière	1
17	L'attente excessive de préchauffage du disque	Méthode	1
18	Le chemin entre la réception de matière première et l'OP20 n'est pas toujours libre	Milieu	1
19	Les formations des nouveaux recrutés gaspillent le temps des opérateurs	Main d'œuvre	1
20	Mouvement inutile des opérateurs entre le contrôle et le poste de travail	Méthode	1
21	Mauvaise canalisation	Milieu	1
<b>TOTAL</b>			<b>79</b>

Tableau 3: Les causes de gaspillage avec leurs poids

✚ Méthode de construction du diagramme de Pareto :

1. Définir les catégories des causes de gaspillage,
2. Répartir les données dans les catégories,
3. Classer les catégories dans l'ordre décroissant par rapport à leurs poids,
4. Calculer le total des données,
5. Calculer le pourcentage pour chaque catégorie et le pourcentage cumulé,
6. Choisir le « Histogramme » comme type de graphique, le plus grand à gauche,
7. Ajouter la courbe de pourcentage cumulé sur le même graphique.

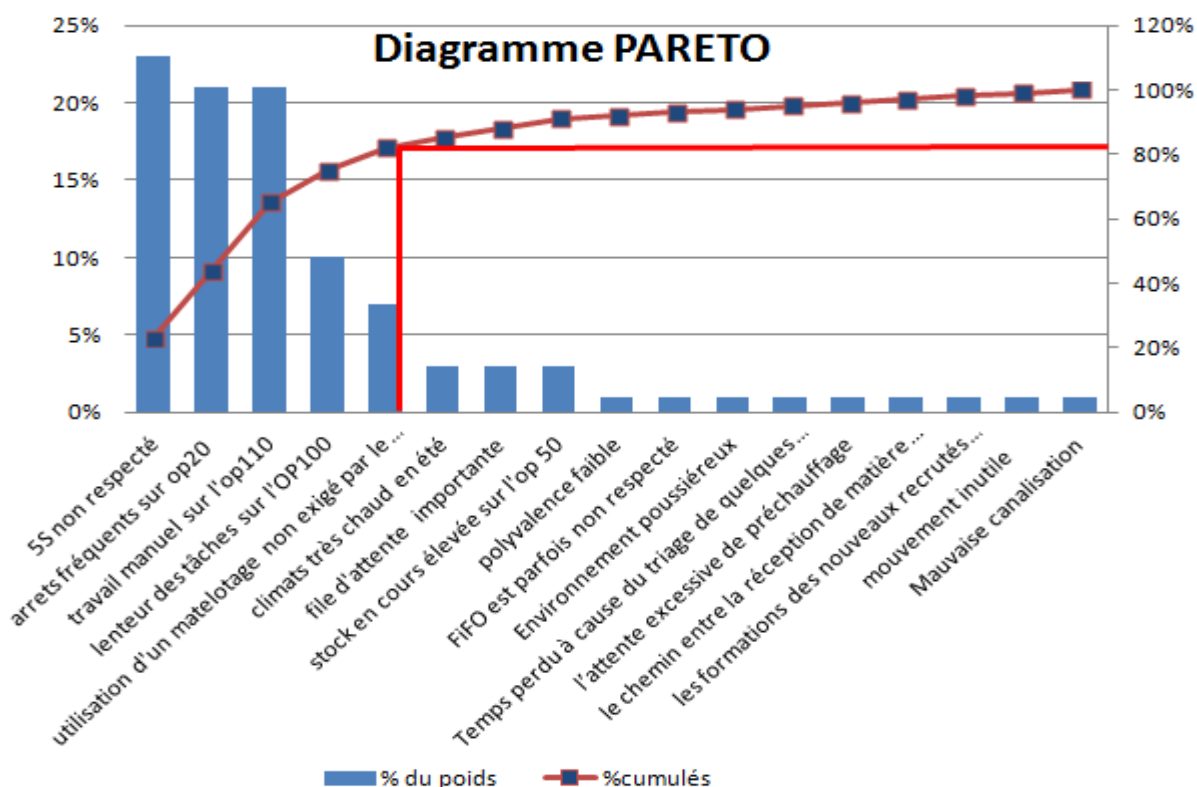
Selon la méthode décrite ci-dessus nous avons groupé les causes de gaspillage dans des catégories pour faciliter leur traitement comme dans le tableau 5 :

N°	Causes	poids	%poids	%cumulés
1	5S non appliqué régulièrement+ désordre entre la mise en caisse et l'entrée du magasin pour le refroidissement final des disques + mauvais environnement de travail	18	23%	23%
2	Arrêt fréquent pour changement d'outils sur l'op 20 + Manque de compétences des opérateurs pour le changement d'outil	16	21%	44%
3	Travail manuel sur l'op 110+ Opérateur non nécessaire sur l'op 110	16	21%	65%
4	Lenteur remarquable dans l'exécution des tâches sur l'OP 100	8	10%	75%
5	Utilisations d'un matelotage non exigé par le client	6	7%	82%
6	Climat très chaud en été, mauvaise ventilation	2	3%	85%
7	File d'attente importante	2	3%	88%
8	Stock en cours élevé sur l'op 50	2	3%	91%
9	Manque de polyvalence chez les opérateurs	1	1%	92%
10	Environnement poussiéreux si les portes ou les fenêtres ne sont pas bien fermées	1	1%	93%
11	Le FIFO est parfois non respecté	1	1%	94%
12	Temps perdu à cause du triage de quelques articles pour lesquels des défauts de matière ont été détectés	1	1%	95%
13	Le chemin entre la réception de matière première et l'OP20 n'est pas toujours libre	1	1%	96%
14	Les formations des nouveaux recrutés gaspillent le temps des opérateurs	1	1%	97%
15	Mouvement inutile des opérateurs entre le contrôle et le poste de travail	1	1%	98%
16	La mauvaise canalisation	1	1%	99%
17	L'attente excessive de préchauffage du disque	1	1%	100%
<b>TOTAL</b>		<b>79</b>	<b>100%</b>	

Tableau 4: Les causes de gaspillage avec leurs pourcentages cumulés



La représentation du diagramme sur Excel nous donne :



**Figure 15: diagramme de PARETO**

Selon le principe Pareto seule 20% des causes représentent 80% du gaspillage, nous devons donc dans notre cas agir en premier lieu sur les causes majeures pour garantir une amélioration rapide et remarquable.

Nos actions correctives et amélioratives visent à éliminer donc en premier temps les sources de gaspillage présentes sur la VSM ainsi que le PARETO, notre traitement concerne les problèmes suivants :

- Les arrêts fréquents et lents durant le changement d'outils.
- Lenteur d'exécution des tâches sur l'OP100.
- Le travail manuel sur l'OP 110.
- L'utilisation d'un matelotage non exigé par le client.
- Les 5S non respectés.

*Conclusion :*

*Dans cette partie, nous avons défini la notion du Lean en général, et de son application dans le secteur de la production en particulier. Nous avons également mentionné les problèmes actuels que rencontrent l'entreprise et, de ce fait, l'utilité du Lean pour lutter contre ces pertes afin d'optimiser par la suite, dans le chapitre suivant, les processus et flux existants à l'aide de certains de ses outils que nous avons utilisé et adapté à notre projet.*

## ***Chapitre III :***

### ***Mise en place des améliorations souhaitées***

*Ce chapitre consiste à rechercher les solutions convenables aux sources de gaspillage déjà mentionnées dans le chapitre précédent, ainsi que leurs plans d'action.*

## **I. Introduction**

Dans ce chapitre nous allons présenter toutes les solutions disponibles pour nos sources de gaspillages majeures déjà présentées dans le chapitre précédent.

## **II. Optimisation du temps de changement d'outils sur l'op20**

Comme il est cité auparavant, il y a un problème au niveau du temps de changement d'outil sur l'OP20, pour cela nous nous sommes dédiées à intégrer l'outil SMED pour optimiser cette source de gaspillage.

### **1. Intégration de l'outil SMED sur l'OP 20**

#### **1.1 Démarche d'intégration de l'outil SMED sur l'OP 20**

Le changement d'outils passe par différentes phases : la phase de démontage d'outil existant sur la machine, la phase de montage du nouvel outil, la phase de réglages et la phase d'essai. A travers cette mission SMED, nous veillerons à optimiser chacune des opérations de ces différentes phases.

Avant d'attaquer les différentes étapes du SMED, nous avons cherché la cause principale qui génère le changement fréquent de plaquettes, celui-ci est nécessaire après chaque tournage de 200 disques afin d'assurer l'efficacité de cette opération.

##### **1.1.1 Informer les opérateurs sur le SMED**

Une réunion de formation des opérateurs, qui représente la première étape dans la démarche du SMED, a été mise en place et à travers cette formation : la définition, l'objectif, enjeux et les différentes étapes du SMED leur ont été présentées. Ce fut pour nous l'occasion de répondre à leurs questions, et d'écouter leurs suggestions quant au déroulement de la mission.

##### **1.1.2 Filmer le changement de plaquettes**

La deuxième étape consiste à réaliser des vidéos des opérateurs lors d'un changement de plaquettes.

##### **1.1.3 Analyser les vidéos**

La troisième étape consiste à analyser ces vidéos afin de :

- Analyser, c'est-à-dire lister les opérations réalisées et les quantifier. Il existe en effet deux types d'opérations : les opérations externes, réalisables pendant la production, et les opérations internes, réalisables uniquement pendant l'arrêt de la machine.
- Dissocier, c'est-à-dire extraire les opérations réalisables en externe
- Convertir si possible ces opérations internes en opérations externes.
- Standardiser, soit, rechercher des solutions afin de réduire les opérations internes non convertibles.

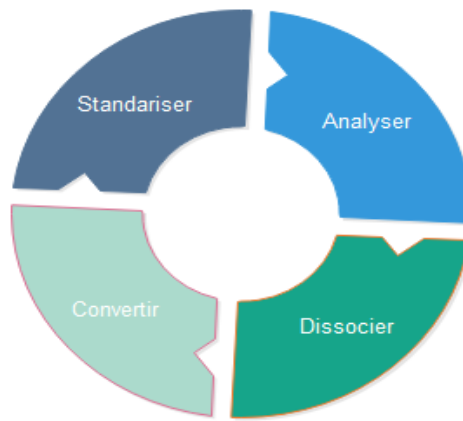


Figure 16: démarche suivie par le SMED

### 1.1.3.1 phase1 : analyser

Cette phase de la démarche qui est très importante va nous conduire à établir un premier standard de référence à travers lequel on peut mesurer la réussite de la méthode SMED. L'annexe 3 illustre les résultats de cette observation au cours d'un changement de plaquettes. Après la collecte des informations, nous constatons que ce premier standard de référence pour l'opération de changement de plaquette fixe la durée de l'opération du changement à **12 min.**

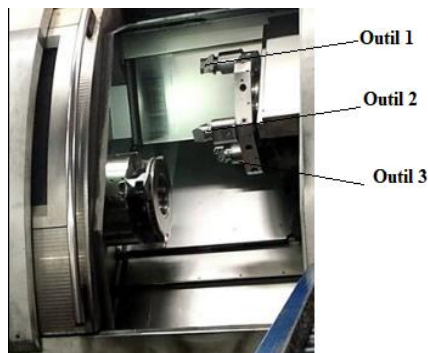


Figure 17: Les trois outils de la machine de tournage

### 1.1.3.2 Phase 2 : dissocier

Les opérations préalablement identifiées se répartissent en deux catégories :

- ➔ **Opérations internes** : éléments de travail qui doivent être effectués lorsque la machine est à l'arrêt.
- ➔ **Opérations externes** : qui peuvent être réalisées sans arrêts de production telles que la préparation des outils, le déplacement des outils vers la machine...

Cette phase consiste à récupérer les opérations internes et externes, ainsi que de convertir celles internes en externes. Le but est de réaliser en temps masqué par rapport à la ligne en marche les opérations externes, il s'agit principalement d'opération de préparation (outils, moyen de manutention...) [7].

Ces opérations sont réparties dans le tableau 6 selon leurs catégories :

Temps en seconde	Opérations	Interne	Externe
1	vérification du nombre de pièces usinées		×
390	recherche des plaquettes au magasin par le chef d'équipe	×	
2	libérer l'accès à l'outil 1	×	
6	ajuster l'outil manuellement au bon côté de l'opérateur	×	
18	recupérer la visseuse	×	
10	dévisser les deux vis	×	
6	dégager l'ancienne plaquette	×	
10	nettoyage du premier outil	×	
21	montage de la nouvelle plaquette	×	
22	visser les vis	×	
3	fermeture de la machine	×	
7	mettre en marche la machine pour accéder au 2ème outil	×	
2	libérer l'accès à l'outil 2	×	
10	dévisser les vis	×	
6	dégager l'ancienne plaquette	×	
10	nettoyage du deuxième outil	×	
21	montage de la nouvelle plaquette	×	
15	visser les vis	×	
3	fermeture de la machine	×	
7	mettre en marche la machine pour accéder au 3ème outil	×	
2	libérer l'accès à l'outil 3	×	
10	dévisser les vis	×	
6	dégager l'ancienne plaquette	×	
10	nettoyage du 3ème outil	×	
21	montage de la nouvelle plaquette	×	
15	visser les vis	×	
3	fermeture de la machine	×	
42	mise du disque en essai		×
19	mesurer les cotes de la pièce d'essai	×	
22	contrôle de parallélisme	×	
<b>720 secondes = 12 min</b>			

**Tableau 5: La catégorie des opérations de changement de plaquette**

Avant de passer à la troisième phase, il est fortement conseillé de réduire le temps des opérations internes avant d'établir la transformation. En analysant le tableau obtenu à la phase 1 à l'aide du chronométrage, il est clair que l'opération 2 prend un temps énorme par rapport aux autres, ce qui fait que nous avons intérêt à se focaliser dessus pour diminuer le temps d'arrêt. C'est ainsi que nous allons passer à la moulinette cette opération interne en analysant le problème par la méthode QQQCP illustrer sur le tableau 7 :

<b>Qui ?</b> qui est concerné par le problème ?	La machine de tournage OP20.
<b>Quoi ?</b> c'est quoi le problème ?	Temps d'arrêt énorme sur l'opération 2.
<b>Où ?</b> où apparait le problème ?	La recherche d'outils de l'op 20 s'étale sur toute l'usine.
<b>Quand ?</b> quand apparait le problème ?	Le compteur des pièces usinées sur l'OP20 atteint les 200 pièces.
<b>Comment ?</b> comment mesurer les problèmes ?	Conception d'une armoire équipée de tous les outils.
<b>Pourquoi ?</b> pourquoi faut-il résoudre le problème ?	Diminuer le temps de recherche des outils.

Tableau 6: le QOOQCP de la recherche des outils

### 1.1.3.3 Phase 3 : Convertir

C'est une phase qui nécessite généralement l'apport d'investissement, alors l'objectif est de réduire au maximum le nombre d'opérations internes, qui pour mémoire, entraînent l'arrêt de la production. Des investissements, que l'on peut qualifier de faibles, sont à prévoir car ils ne concernent que le poste de travail au sens large du terme, sans remettre en cause le processus complet de fabrication [7].

Les vidéos ont pu mettre en évidence des incohérences quant à la méthode de changement d'outils. En effet, il a été observé que la méthode de changement d'outils diffère d'un chef d'équipe à un autre durant les trois shifts du jour. De plus, certains outils ne sont pas forcément disponibles au moment du changement de plaquettes, il en est de même, pour les pièces d'essai qui devraient se trouver à disposition de l'opérateur. La réduction du temps des opérations permet de réduire le temps d'arrêt en interne et le coût en externe. Nous sommes amenées, tout d'abord, à réduire le temps d'arrêt sur l'opération 2 du tableau 6, qui apparaît énorme par rapport aux autres opérations, en mettant en œuvre une armoire équipée de tous les outils nécessaires pour effectuer un changement de plaquettes ainsi de devoir la recharger chaque 1h30 par de nouvelles plaquettes pour éviter de tomber dans le même problème. Ceci permettra de diminuer les mouvements de l'opérateur pour la recherche des outils, C'est-à-dire que cette opération va être exécutée dorénavant sans arrêt de la machine, par conséquent cette solution va générer un gain de **6 min 20s**.

### 1.2.3.4 Phase 4 : Standardisation

Cette phase consiste à trouver des solutions pour rationaliser et optimiser le temps de changement de plaquettes, elle recherche des gains de temps aussi bien au niveau des opérations internes qu'au niveau des opérations externes [7].

- **Amélioration et standardisation de la procédure de changement des plaquettes**

Une procédure de montage et démontage des plaquettes a été mise en place il y a quelques mois. Cette procédure a été comparée avec la méthode suivie dans les vidéos, afin d'y apporter

des modifications et d'avoir une nouvelle démarche à suivre. L'intérêt de cette nouvelle démarche est d'optimiser la synchronisation des tâches, élimination des opérations superflues et avoir une procédure de changement de plaquettes standard.

Après avoir validé cette nouvelle procédure par le chef de production, une réunion de formation a été organisée afin d'expliquer aux chefs d'équipes les différents changements et améliorations qui ont été apportés.

- **Rangement des outils nécessaires pour le changement de plaquettes**

Sur les vidéos, il a été observé que certains opérateurs n'avaient pas les outils nécessaires au changement de plaquettes à leur disposition. La recherche d'outils non disponibles fait perdre un temps considérable aux chefs d'équipes. Ainsi, apporter des rangements d'outils sur le lieu d'utilisation a été la solution retenue. Pour se faire, nous proposons d'installer une armoire de rangement des plaquettes ainsi que les outils nécessaires au montage et démontage d'outils, cette solution nous permet d'éviter le déplacement inutile de chef d'équipe vers le magasin afin de chercher les plaquettes et les outils convenables. Pour éviter le gaspillage en terme d'espace, nous suggérons de placer cette armoire au-dessous du poste contrôle correspondant à l'OP 20.

Cette armoire permet le rangement de tous les outils nécessaires pour le changement d'outils ou de plaquettes ; l'opérateur est amené à charger cette armoire par les plaquettes nécessaires chaque 1h 30min pour éviter le risque d'attente.

La première idée fut de regarder si une armoire correspondant à nos critères était disponible sur le marché. Il en existe effectivement, mais beaucoup trop cher par rapport au budget. Il a été donc décidé de créer cette armoire en interne, sous la charge du service maintenance, qui va prendre la responsabilité de trouver une boîte compatible aux critères de dimensionnement choisie 60cm\*60cm, peindre la boîte convenablement et mettre des étiquettes concernant la référence des trois plaquettes.

Cette boîte de rangement sera placée en dessous du poste de contrôle, afin d'être proche des machines de tournage.

**Conception de l'armoire de rangement sur catiaV5 :**



**Figure 18: armoire de rangement des outils et son emplacement**

- **Formation des opérateurs sur le changement d'outils**

Le changement des plaquettes se fait toujours par le chef d'équipe, qui est chargé principalement par d'autres tâches, ce qui rend son intervention moins rapide.

Notre solution consiste à intégrer l'opérateur qui travaille sur l'opération en question, dans le changement des plaquettes, afin d'éliminer les attentes de chef d'équipe, à ce titre là, une formation de changement d'outils a été implanté sur le champ pour les opérateurs. La formation s'était déroulée suivant un planning bien déterminé par le chef de production.

### **1.2 Difficultés et évaluations**

Des obstacles ont été rencontrés pendant cette mission lors de l'implémentation du SMED. L'obstacle le plus dur à surmonter est la culture des opérateurs. En effet, tout au long de cette implémentation, il a fallu leur présenter les changements à venir. Les groupes d'opérateurs sont assez hétérogènes dans l'ensemble, avec quelques-uns parmi eux difficiles à convaincre. Il y avait des personnes qui ont refusé la formation au début car selon eux celle-ci ne fait pas partie de leur travail surtout que nous avons généré la formation pour tous les opérateurs dans le cadre d'augmenter la polyvalence. La meilleure solution trouvée est la communication. D'autres problèmes ont été liés aussi à la réalisation de la boîte de rangement, le service maintenance rapporte toujours l'action sur la boîte en donnant des excuses de non disponibilité des outils et du technicien nécessaire, ce retard a freiné l'avancement normal du projet. Malgré ces obstacles, nous avons réussi à mettre en place toutes les solutions, Des vidéos ont été prévues afin de mesurer la contribution de nos solutions à la réduction du temps de changement des plaquettes.

## **III. Optimisation et amélioration du temps d'exécution des tâches sur l'OP 100**

Comme il est déjà mentionné au chapitre précédent, nous remarquons une lenteur dans la tâche de l'enlèvement de colle par l'opérateur de l'OP100.



**Figure 19: Tâches de colle présentes sur le disque**

Après des longues discussions avec le service production, maintenance et étude, nous proposons la conception d'une nouvelle petite machine permettant l'essuyage des disques par l'alcool et ayant par conséquent d'enlever les tâches de colle sur la surface de disque, de garantir par la suite la précision des mesures au niveau de la machine de contrôle et de diminuer le temps de cycle de l'opération. Il s'agit d'une machine positionnée à la place de l'OP 100 qui permet de



détecter la présence du disque à travers un capteur de position, permettant ainsi d'essuyer le disque en ajoutant un liquide spécial anti- tâches, ce qui nous donne comme résultat un disque sans tâches, le projet consiste à faire une conception et automatisation du système choisi. Pour mener à bien la conception, une étude du système dans son milieu sera capitale pour montrer son importance. Ainsi nous utiliserons plusieurs outils pour parvenir à le situer.

## 1. L'analyse fonctionnelle du système

### 1.1 Le besoin et sa représentation

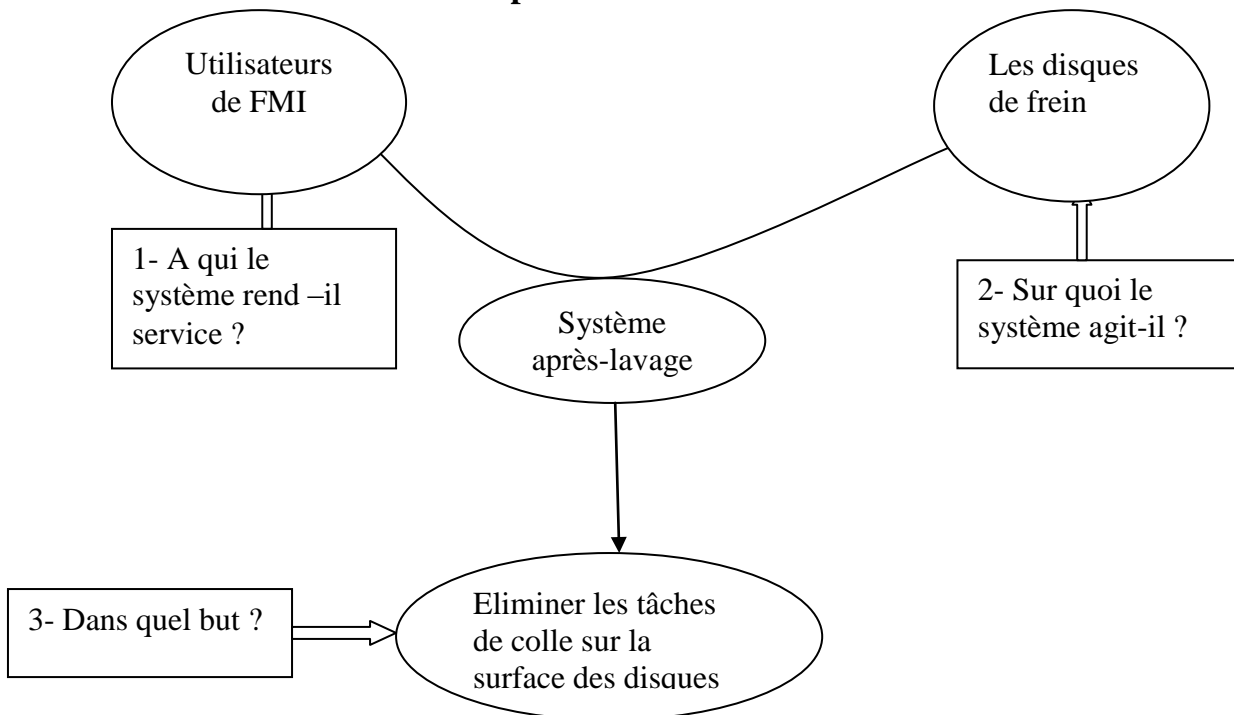


Figure 20: représentation de la bête à cornes

### 1.2 Méthode interaction avec le milieu extérieur (pieuvre) ou APTE

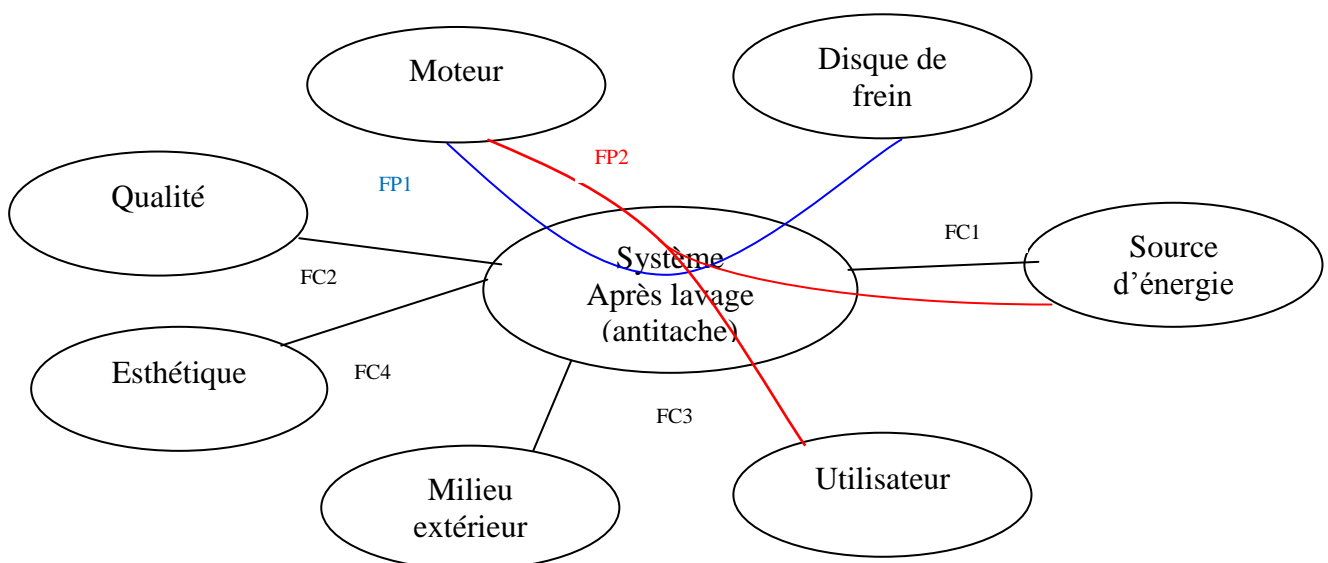


Figure 21 : Diagramme des interactions extérieures

- FP1 : Enlever les tâches présentes sur le disque.
- FP2 : Permettre la commande du système après lavage.
- FC1 : S'adapter à la source d'énergie disponible.
- FC2 : Veiller sur la qualité des disques.
- FC3 : Résister à l'environnement.
- FC4 : S'intégrer esthétiquement aux disques de frein.

**1.3 FAST (Functional Analysis System Technic):**

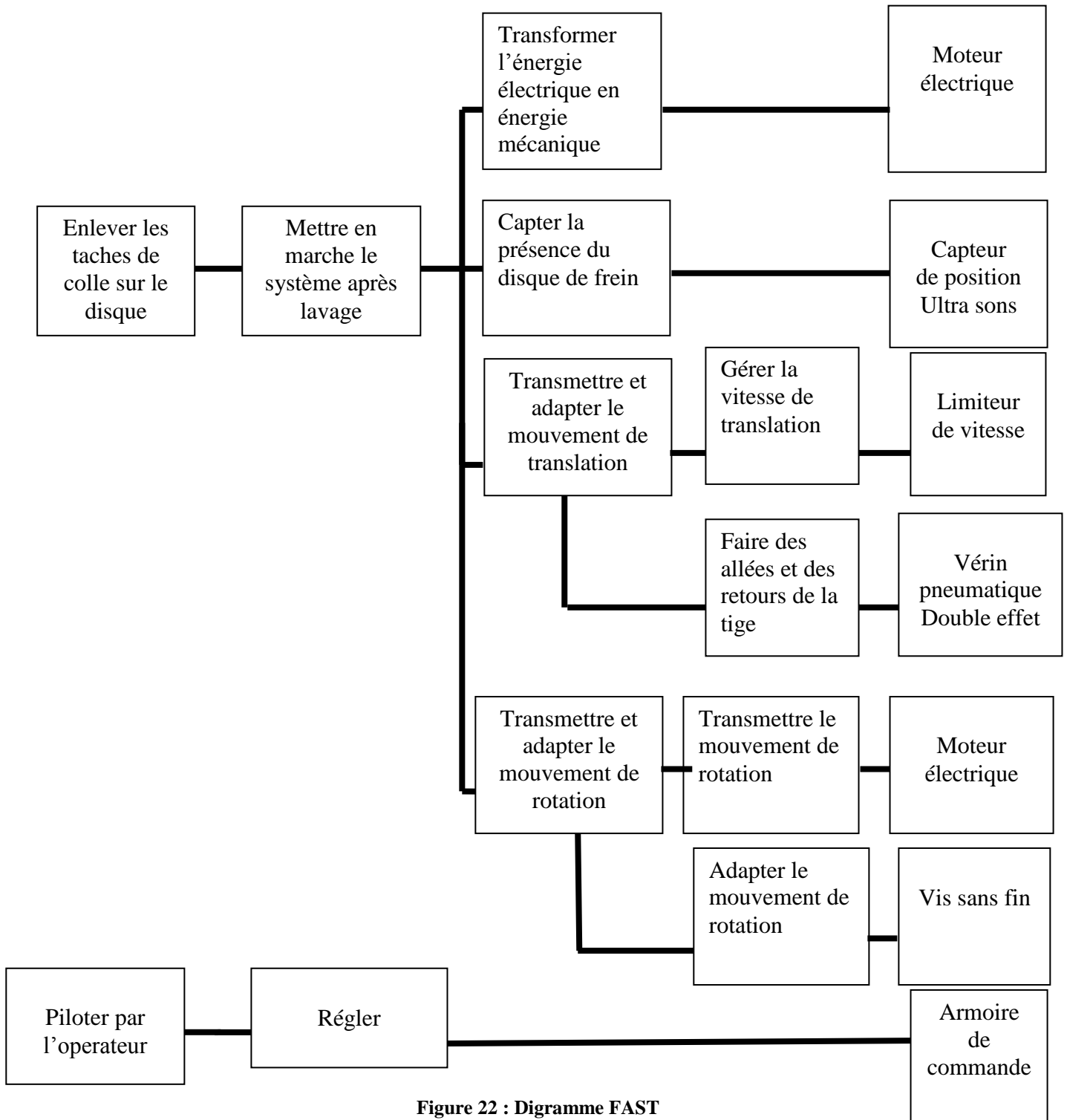


Figure 22 : Digramme FAST

## 2. Conception de la machine anti-tâche sur CATIA V5

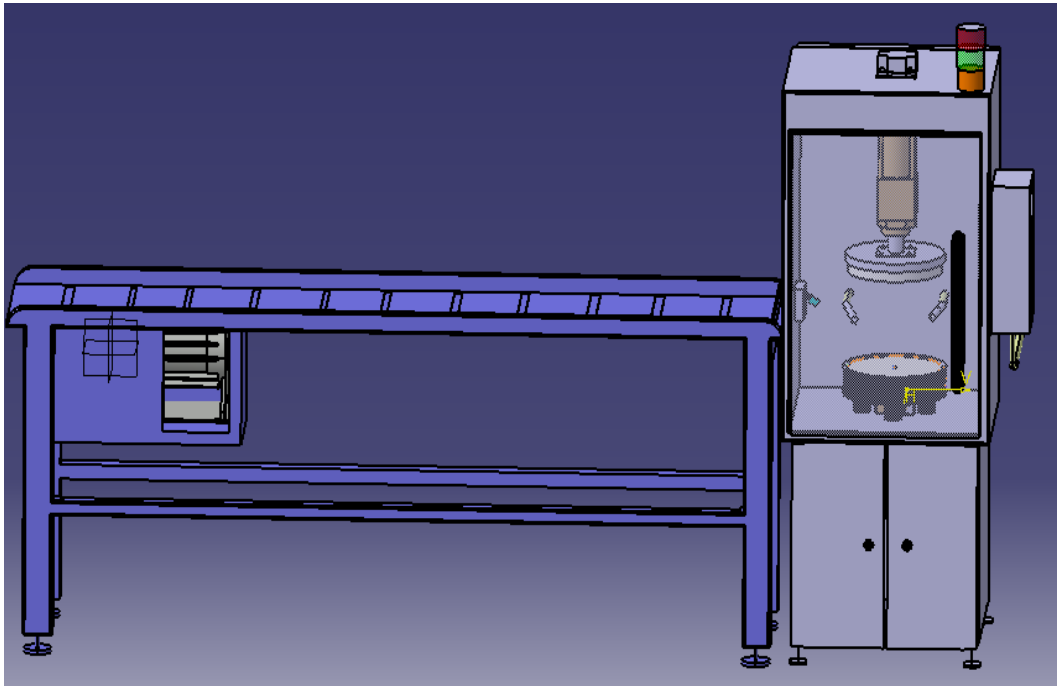


Figure 23 : vue de face de la machine antitache

### 2.1 Fonctionnement de la machine anti tâches :

Cette machine est constituée de deux moteurs, qui permettent de réaliser des rotations à sens inversé des deux disques essuyant, en effet le moteur qui est situé sur la partie supérieure est attaché directement au vérin pneumatique double effet via une vis sans fin, ce vérin permet d'effectuer des translations de la tige, tandis que la vis sans fin permet de la mettre en rotation. La partie inférieure, à son tour dispose d'un moteur qui permet la rotation du disque essuyant inférieur.

Un capteur de position ultra-sons permet de détecter la présence du disque, cette information est liée directement au fonctionnement des tuyaux. Une fois le capteur est au niveau haut, les deux tuyaux pulvérisent le liquide sur la surface supérieure du disque de frein ventilé.

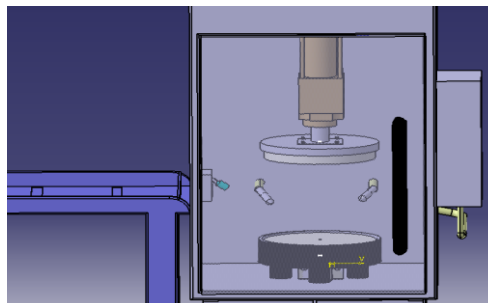


Figure 24 : vue de la machine en intérieur

### Critique de la solution :

Notre solution a pu, théoriquement, diminuer le cycle time de l'OP 100 (de 0.64 à 0.20 min). En outre, notre conception a été bien étudiée par le bureau étude et management, et d'après la

consultation de notre fournisseur, le manager n'a pas pu adapter la solution à cause de **l'élévation des coûts !**

Donc notre mission actuelle est de trouver une solution mieux adaptée qui répond au besoin de l'entreprise en termes de prix et de production, et ça n'est possible que par la suppression de la cause racine des tâches des disques qui influencent sur le temps de contrôle de l'OP 100.

### 3. La solution adoptée

Comme cité auparavant, la lenteur au niveau de l'OP 100 est due aux tâches de colle présentes sur le disque, notre mission consiste à supprimer la cause racine de ces tâches. Toutefois, nous avons choisi de commencer l'étude par le retour sur l'OP70 : la machine de lavage afin d'identifier le problème et le corriger, pour se faire nous avons adopté la méthode PDCA(annexe 6).

#### 3.1 Application de la méthode PDCA

##### 3.1.1 Plan

Notre étude commence par une identification de problème en utilisant le *QQOQCP* selon le tableau 8 :

<b>Donnée d'entrée : problématique générale</b>	Enlever les tâches de colle sur les disques de frein.
<b>Qui : qui est concerné par le problème ?</b>	Direct : Service production au sein de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE. Indirect : Les clients, la FMI.
<b>Quoi : c'est quoi le problème ?</b>	L'élimination des tâches de colles présentes sur le disque.
<b>Où ? Où apparait le problème ?</b>	A la sortie de la machine de lavage (OP70).
<b>Quand ? quand apparait le problème</b>	Depuis l'installation de la machine en Mai 2017.
<b>Comment ? Comment mesurer le problème et ces solutions ?</b>	Analyser les solutions les plus efficaces.
<b>Pourquoi ? pourquoi faut-il résoudre le Problème?</b>	-Satisfaire aux exigences client selon la norme IATF16949 :2016. -diminuer le temps du cycle de production. -obtenir des mesures de contrôle précises sur OP90.
<b>Donnée de sortie : question explicite et pertinente à résoudre</b>	Comment obtenir des disques de freins sans tâches ?

Tableau 7: le QQOQCP du problème des tâches

La machine de lavage correspondante à l'OP 70 est une machine à convoyeur, fabriquée en acier inoxydable et utilisée pour le dégraissage, lavage et séchage des disques de frein.

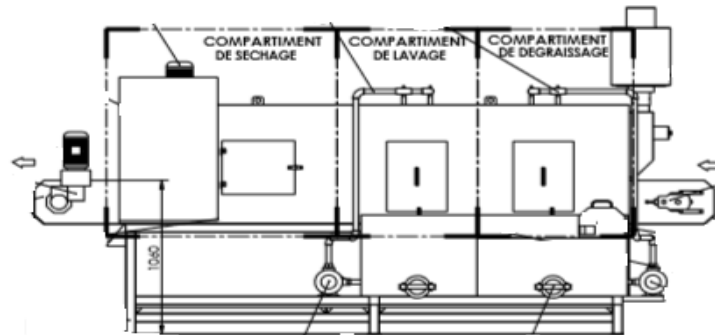


Figure 25: les 3 compartiments de l'OP70

Cette machine est équipée de séparateurs d'huile, ventilateurs de moyenne ou haute pression, systèmes de dosage de produits, systèmes de filtration, condenseur de vapeur ainsi qu'un anti tartre électronique. Elle est censée nous livrer des disques de freins bien nets, mais nous remarquons qu'on obtient des disques portant des tâches blanches sur leurs surfaces. La recherche de la cause racine nécessite l'observation du comportement de la machine sur le terrain, nous avons été très attentives pour collecter tous les problèmes potentiels permettant de créer le problème primaire en utilisant les 5 pourquoi, ensuite établir les solutions convenables.

Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5
Absorbeur vapeur en panne	Durée de vie expirée	La préconisation n'était pas mentionnée lors de la réception		
Le moule du rinçage est manuel	Absence d'installation d'eau			
Qualité de produit dégrade	Concentration est élevée	Problème de condensation sur la partie lavage et rinçage.		
Différence de température entre partie rinçage et séchage	Manque de résistance dans la partie rinçage	Due à la conception de la machine		

Tableau 8: les 5 pourquoi

Selon les problèmes déjà mentionnés, nous avons pu établir le plan d'action suivant :

Actions d'éradication	Délais
Commander un autre absorbeur de vapeur et demander la préconisation nécessaire	S12
Diminution de la concentration et fixation de la valeur	S12
Séparation partie séchage et rinçage par une tôle coudée	S15

Tableau 9: le plan d'action

### 3.1.2 Do

Après identification des actions correctives nécessaires selon le plan d'action, il est temps de les mettre sur terrain selon les délais déjà mentionnés.

- **Achat d'un autre aspirateur** : la commande a été passée par le service commercial qui a pu nous livrer un nouvel aspirateur répondant à nos exigences dans le délai fixé. Le nouvel absorbeur (figure 26) possède des caractéristiques plus performantes et s'adapte facilement au débit donnée.



Figure 26: nouveau aspirateur

- **Fixation de la concentration du liquide** : Notre solution consiste à diminuer la concentration du liquide de façon à ce que le nouveau possède moins de colle tout en gardant son efficacité contre la graisse. Pour se faire, une dilution est nécessaire.
- **Séparation de la partie séchage et rinçage par une tôle coudée** : Nous avons constaté après des observations très attentives que ces tâches proviennent du compartiment de lavage qui laisse couler des gouttes du liquide due à une condensation et ensuite leurs fixations à travers le séchage sur la surface du disque. Une collaboration avec le service maintenance, nous a permis d'élaborer une solution simple qui sera réalisée dans le plus vite possible afin de détecter son efficacité et l'améliorer par la suite si nécessaire. Il s'agit de mettre en œuvre une séparation entre le compartiment de lavage et celui de séchage, en utilisant une tôle coudée (figure 27). La solution a été réalisée dans la semaine 15 par les techniciens du service maintenance.

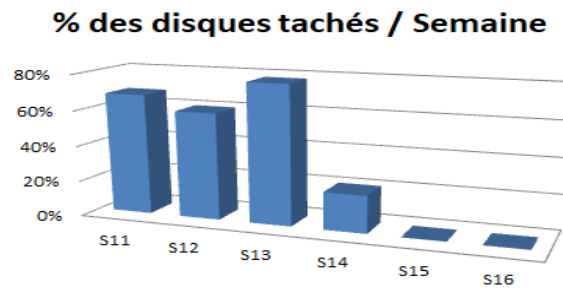


Figure 27 : la séparation par la tôle coudée

### 3.1.3 Check

Après l'implémentation des actions sur l'OP 70 de lavage, nous avons procédé à l'évaluation des résultats de celui-ci, par l'observation du comportement des solutions, qui ont été adaptées

entre la semaine 12 et 15, ceci nous a permis de collecter les informations nécessaires à l'établissement du graphe présenté sur la figure 28:



**Figure 28 : pourcentage des disques tachés par semaine**

Comme il est montré sur le graphe, l'action la plus efficace qui a permis d'enlever toutes les taches de colle présentes sur le disque est celle de la séparation par la tôle coudée.

### 3.1.4 Act

L'évaluation des résultats nous a montré l'importance de la séparation entre la partie lavage et séchage dans l'OP70 afin d'éviter les taches de colle sur le disque, l'entreprise a besoin d'une machine de lavage sur la ligne 3, la séparation sera une spécification obligatoire dans le cahier de charge des futures machines de lavage.

- ➔ Cette solution nous a permis de diminuer le cycle time de l'opération 100 de 0.64 min à 0.38 min c'est-à-dire un gain d'amélioration de temps de 40%, car nous avons pu éliminer la cause principale de la lenteur de l'OP 100.

## IV. Amélioration de la machine à peinture : OP110

### 1. Mise en situation

Afin d'éviter le risque de rouille sur la partie non usinée du disque de freins, il est recommandé de peindre cette dernière, en utilisant un robot automatisé. En effet lorsque le disque vient sur le convoyeur électrique, un opérateur est chargé de placer le disque manuellement sur le robot à peinture et de le déposer après le cycle machine sur un autre convoyeur électrique qui va directement à l'opération de la mise en caisse.

La machine de peinture dispose d'un robot qui permet de déplacer les pièces entre les deux convoyeurs mais celui-ci est en état d'arrêt. Cet arrêt a deux problèmes majeurs :

- **Problème de la détection de la pièce sur l'entrée de l'OP 110:** Il existe un convoyeur électrique (Figure 29), qui permet de chauffer les disques entre l'op 100 et l'OP 110, ce convoyeur dispose d'un petit système permettant le changement de la direction du disque selon la conception du convoyeur, or ce système dépose la pièce avec moins de précision ce qui permet dans certains cas d'influencer sur la détection de la pièce à l'entrée de la machine de peinture et par conséquent, la pince du robot de déplacement

risque de coïncider avec la surface sup du disque, ce qui nécessite l'intervention de l'opérateur.

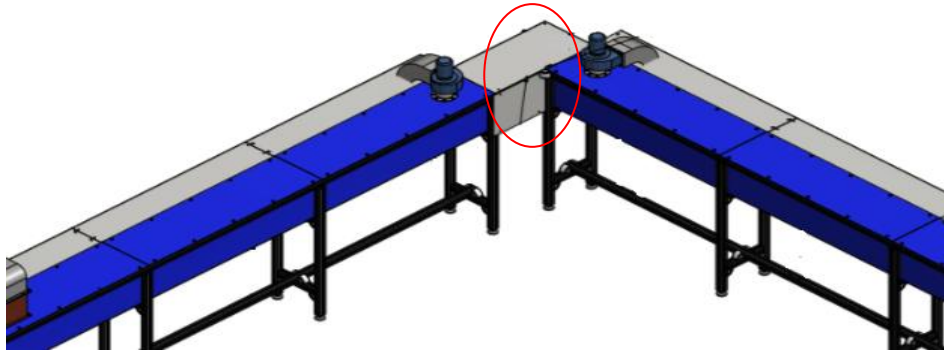


Figure 29 : Le convoyeur actuel entre OP100 et 110

- **La lenteur du robot de déplacement des disques entre l'entrée et la sortie de l'OP 110 :** En ajoutant aussi qu'à cause de la lenteur de ce robot de déplacement, il a été mis en arrêt, et remplacé par un opérateur, or ce travail manuel prend beaucoup de temps ce qui influence sur notre production, en plus de ça il affecte la santé des opérateurs en sentant quotidiennement l'odeur forte de peinture.

Pour cela nous sommes censées proposer des solutions pratiques qui nous permettent d'optimiser le temps de mouvement sur l'OP 110 et d'éliminer complètement l'intervention humaine sur ce poste.

## 2. Solutions proposées

### 2.1 Changement de l'emplacement de l'opérateur

Afin de remédier à notre problème nous avons décidé de changer l'emplacement de l'opérateur chargé de déplacer les disques, de façon à ce qu'il soit au niveau du SCD afin qu'il garantisse la détection du disque avec précision, en effet il doit déposer exactement le disque au milieu du convoyeur de préchauffage électrique tout en ouvrant le couvercle du SCD, en plus de mettre le robot de déplacement en marche. Or, après quelques essais sur terrain il s'est avéré qu'il y'a un problème de préchauffage due à l'ouverture du couvercle, ce qui nous a poussé à rejeter cette solution.

### 2.2 Mise en place d'un convoyeur à crochet

La solution qui nous est très convenable est celle de mettre en place un convoyeur à crochet situé après le SCD, au lieu d'un convoyeur à chaîne. En effet, une fois le disque est sur le SCD, l'ordre du déplacement de la pièce ne sera donnée que lors de la détection du crochet par un capteur de position qui se situera à une distance bien déterminée, de façon à ce que celle-ci soit égale à la distance entre le disque et le convoyeur à crochet ce qui a par conséquent de positionner exactement le disque sur le crochet.





Figure 30: L'ancien convoyeur en chaîne



Figure 31: Le nouveau Convoyeur à crochet

### 2.3 Automatisation de l'entrée et la sortie de la machine à peinture

#### Table des entrées :

Abréviation	Explication
DCY	Départ cycle
PPI	Présence de la pièce sur la position initiale
RI	Le robot est sur la position initiale
RB	Le robot est en bas
RH	Le robot est en haut
PO	La pince du robot est ouverte
PF	La pince du robot est fermée
RM	Le robot est sur la position du milieu
RFF	Le robot est sur sa position finale
Ppm	Présence de la pièce sur la position du milieu

Tableau 10: tableau des entrées

#### Table des sorties :

Abréviation	Explication
Mm	Le robot monte
Md	Le robot descend
Oo	La pince s'ouvre
Of	La pince se ferme
Ail	Le robot va vers la position initiale
AMl	Le robot va vers la position milieu
AFI	Le robot va vers la position finale

Tableau 11: tableau des actions

→ *Le grafcet proposé sur le logiciel Automgen :*

La figure 32 montre la simulation du grafcet proposé sur le logiciel Automgen

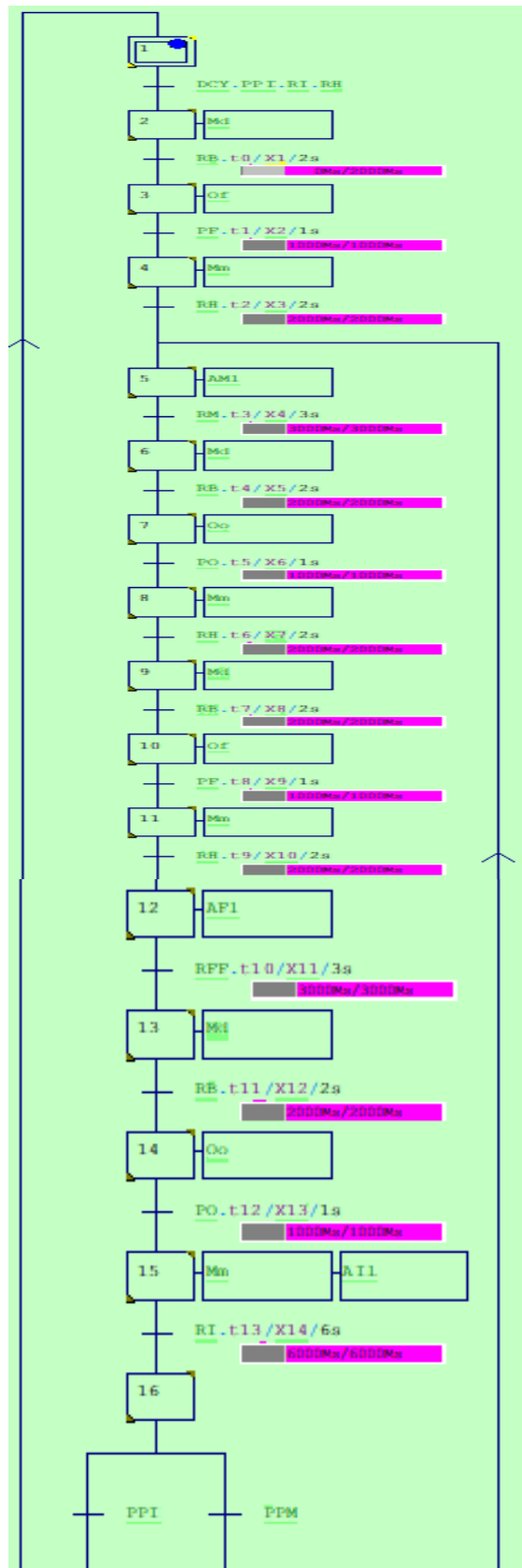


Figure 32 : Le grafcet simulé du robot de peinture

## V. Elimination du matelotage

### 1. Le matelotage au sein de la FMI

Le matelotage industriel consiste à effectuer des cordages en utilisant des rubans élastiques blancs, il représente un élément vital pour la réussite des voyages et la survie de l'équipage.



Figure 33 : le ruban élastique industrie

Le matelotage, est une opération nécessaire avant l'expédition des disques permettant de garantir la sécurité des disques de frein. En outre celle-ci n'est pas exigée par les clients de FMI, ce qui revient à dire que cette opération n'apporte aucun gain pour l'entreprise.

Par conséquent, nous avons trouvé très utile de remédier à ce problème en éliminant cette étape, mais en procédant à une amélioration des caisses de fer.



Figure 34 : le matelotage des caisses

En effet, ces caisses appartiennent aux clients RENAULT TANGER et RENAULT SOMACA, elles sont mises à la disposition de FMI avant chaque expédition, cette opération nécessite un opérateur par shift ainsi qu'un temps plus ou moins important en plus du coût qui n'est pas remboursé par le client (coût de rémunération 3 des opérateurs/jour +coût d'achat du ruban industriel).

En outre, après le contact du client RENAULT TANGER, il s'est avéré qu'il existe un problème de rouille des disques surtout sur une ville côtière bien humide comme Tanger, et comme l'opération de matelotage déjà adoptée par notre entreprise n'est pas exigée par les clients, ces derniers nous ont affirmé qu'ils sont ouverts pour toutes suggestions afin d'échapper au problème de rouille. Et puisque l'élimination de cette opération n'est pas rentable pour le client en termes de qualité il nous est très utile de leur proposer une nouvelle petite conception qui répond aux exigences voulues.

## 2. Amélioration sur les caisses en fer

Dans le cadre de la certification IATF : 16949V2016 et plus particulièrement sur le chapitre 9 basé sur l'orientation client, l'entreprise se trouve toujours au cœur des démarches axées sur la satisfaction des clients, elle est parvenue ainsi à cerner les nécessités primordiales des clients tout en adaptant une conception qui soit à la hauteur des normes et qui ramène à satisfaire régulièrement les attentes des clients selon le premier objectif du management de la qualité.

Notre solution consiste à apporter des changements sur les caisses en fer, cela permet de ranger les disques de freins, avec beaucoup de sécurité pour assurer le bon déroulement de l'étape d'expédition et de protéger tout le lot contre les réactions atmosphériques. En effet, notre proposition consiste à améliorer les caisses en fer, en concevant un couvercle de ces dernières permettant la fermeture de la caisse sans avoir besoin de l'utilisation du ruban industriel, ceci permettra aussi de d'éliminer toute l'étape de matelotage, ce qui a par conséquent d'avoir un gain de temps. Pour ce fait, nous avons proposé au client les solutions suivantes, en montrant les avantages et les inconvénients de chaque conception sur le tableau 13 ;

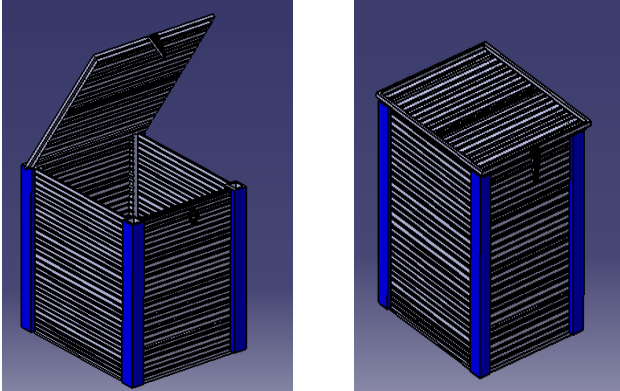
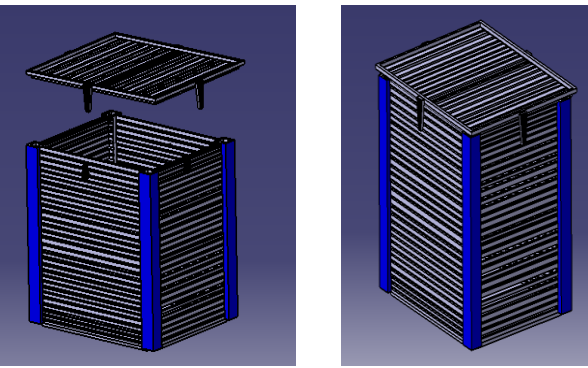
La conception	Avantages	Inconvénients
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Simplicité de manipulation par l'opérateur ;</li> <li>✓ La flexibilité d'articulation du couvercle s'étale sur un angle de 270° ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Augmentation du poids de la caisse ;</li> <li>✓ Problème d'espace lors d'ouverture complète du couvercle ;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Moins d'espace lors d'ouverture complète du couvercle ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Un espace de plus pour les couvercles ;</li> <li>✓ Le déplacement des opérateurs pour chercher et déposer les couvercles ;</li> </ul>

Tableau 12: Les avantages et les inconvénients des caisses proposées

➔ Après avoir traité ces nouvelles solutions avec le bureau d'étude et en attente de confirmation de la proposition la plus convenable par nos clients, nous avons eu l'accord total du manager pour l'élimination de l'étape de matelotage dès l'affirmation du client.

## VI. Déploiement de la démarche 5S

### 1. Rappel des 5S

Le mot 5S est l'acronyme de 5 mots japonais désignant chacun une étape d'action dans une démarche d'amélioration de l'efficacité dans le travail quotidien [8], le tableau 14 fait un petit rappel des 5S :

<b>1S : Débarrasser</b>	Séparer ce qui est nécessaire de ce qui ne l'est pas et jeter ce qui est inutile !
<b>2S : rangement</b>	Chaque chose à sa place et une place pour chaque chose !
<b>3S : nettoyage</b>	Nettoyer les installations. Déterminer les causes de salissures et y remédier.
<b>4S : ordre</b>	Etablir des règles de travail. Formaliser le rangement et les gammes de nettoyage.
<b>5S : rigueur</b>	S'habituer à appliquer le 5S, respecter les règles de l'atelier et continuer d'améliorer !

Tableau 13: tableau des 5S

### 2. Audit et mise en place des 5S

La procédure des 5S est déjà adoptée par l'entreprise, mais durant nos visites de la ligne, nous avons remarqué quelques dépassements dans ce cadre. De ce fait nous avons réalisé un audit qui a comme but d'identifier les différents dépassements de la procédure (figure 35).


			
fiche suiveuse de 5S	DATE		ligne
	NON	OUI	DV
<b>DEBARRASER : 1 èr S</b>			observation
tous les déchets d'usinage sont recyclés		x	
absence de déchets sur poste de travail		x	
la zone de travail est exempte de rebuts	x		existence des disques rebuts sur le poste de travail
les objets fréquemment utilisés sont placés à proximité	x		absence des stylos, les opérateurs se trouvent obligés de les partager
les objets peu utilisés sont hors de la zone de travail		x	
les documents de travail (procédures, mode opératoire...) sont à jour	x		
<b>Ranger : 2 ème S</b>			observation
les différents zones sont marquées et identifiées		x	
les indications et consignes de sécurité sont en place et visible	x		
les stocks et encours ne débordent pas de leur zones réservées		x	
les postes sont identifiés et numérotés		x	
il existe un équipement complet et visible pour le nettoyage, son emplacement est identifié	x		
tous les documents dans les emplacement		x	la fiche suiveuse n'est dans son emplacement approprié
<b>Nettoyer : 3 ème S</b>			observation
absence de saleté sur le poste de travail		x	
absence de saleté sur le sol	x		il y'a toujours de la graisse sur le sol + l'eau sur le sol sur l'OP 50-60
les abords de la zone sont propres et dégagés	x		les abords de l'OP 50-60 ne sont pas propres
la tenue de travail est régulièrement propre	x		
<b>standardiser : 4 ème S</b>			observation
le personnel est conscient des consignes	x		
privilégier un management visuel	x		le management visuel n'est pas respecté
la zone est dotée d'un panneau 5S	x		absence d'une fiche de sensibilisation
tout objet a son emplacement désigné	x		
<b>Respecter : 5 ème S</b>			observation
le personnel port la tenue spéciale aux postes (combinaisons, masques...)	x		les opérateurs n'utilisent pas en général les gants et les masques
l'équipe procède régulièrement et de manière autonome à des activités 5S	x		
les plans d'action sont à jour et suivis	x		tendance à revoir les normes 5S lorsqu'il ya une visite client
les interdictions de fumer, de manger sont visibles et respectées.		x	
il n'y a pas de consommation inutile (éclairage, eau...)	x		

Figure 35 : la fiche suiveuse des 5S

D'après les résultats obtenus, nous avons pu constater que malgré l'application des 5S au sein de l'usine FMI, qu'il y'a des anomalies nécessitant plus d'intervention surtout en ce qui concerne le nettoyage, le suivi et la standardisation des consignes, l'établissement d'une check -List nous permettra ainsi de sensibiliser tous les opérateurs et de leurs rappeler toutes les règles afin de maintenir un haut niveau de propreté et de rigueur au niveau de la ligne de production. Nous proposons aussi de confier aux opérateurs la responsabilité de s'Auto évaluer. Les groupes de travail pourront ainsi vérifier par eux-mêmes l'impact de leurs efforts et planifier les nouvelles actions à entreprendre. Le message à faire passer est donc : « essayer de faire les choses simples par vous-mêmes ». Les formulaires d'évaluation sont des supports communs à l'auto- évaluation et aux audits, ils prennent la forme de la check-list de la figure 35.

## **2.1 Les 5S sur la zone de production**

### **2.1.1 L'application des 5S sur l'OP 50-60**

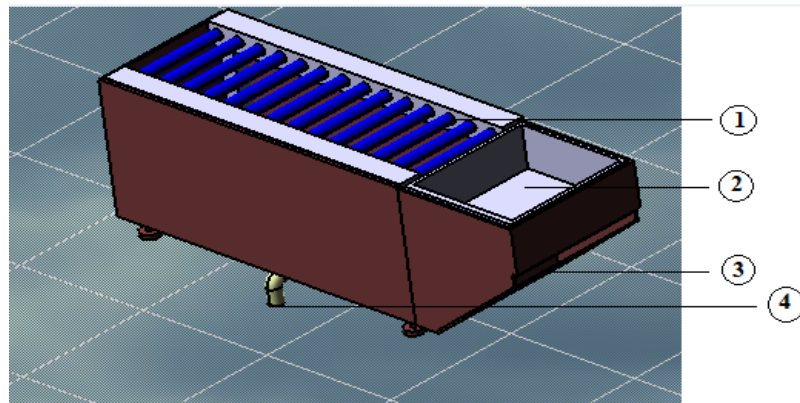
Un bac de récupération doit être déposé dans un emplacement réservé. Il est conçu pour être adapté à la zone correspondante à l'OP50-60 (figure 36), afin d'éviter la fuite de l'eau sur l'entourage du poste et de permettre à la fois de :

- Eviter la dispersion de l'eau sur l'espace de travail ;
- Retourner toute l'eau dans le réservoir ;
- Assurer une bonne fluidité du processus ;



**Figure 36 : milieu de travail sur l'OP 50-60**

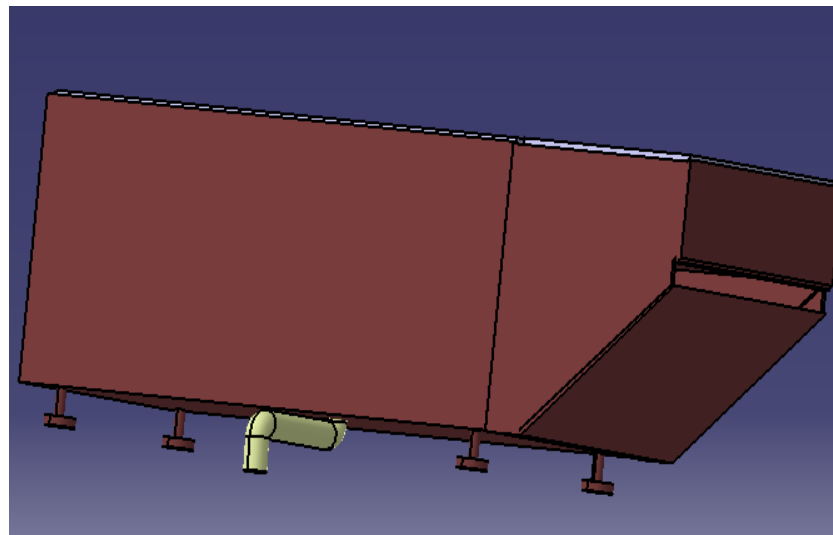
Pour ces raisons, nous avons choisi une structure du bac comme le présente la vue en 3D réalisée à l'aide du logiciel CATIA V5 (figure 37) :



**Figure 37 : vue de face du bac de récupération**

Le bac de récupération ci-dessus fait référence aux éléments suivants :

- 1-Un convoyeur manuel placé entre la machine de perçage et celle d'ébavurage, il a comme fonction le déplacement des disques.
- 2-Un bac de lubrification de disque : chaque disque de freins percé doit être lubrifié avant de passer à l'étape d'ébavurage.
- 3-Une ouverture permettant l'échappement d'eau utilisée sur la machine de perçage vers le bac de récupération.
- 4-Un tuyau d'échappement de toute l'eau contenue dans le bac de récupération vers le réservoir.



**Figure 38: visualisation du tuyau d'échappement**

Ce bac est conçu pour permettre l'échappement d'eau vers le réservoir via un tuyau qui lui est attaché, en effet l'eau qui est aspiré vers la machine de perçage doit être propre, c'est pour ça qu'elle passe par un système de filtration déjà installé, avant d'être stocker dans le réservoir, par conséquent ce système simple permettra d'éviter toute fuite d'eau, de garantir ainsi la propreté de l'espace, et surtout d'éviter tout gaspillage d'eau.

Nous avons discuté cette solution avec le service maintenance, qui était convaincu à 100% par notre idée surtout que tous les équipements sont disponibles sur l'atelier mécanique et qu'il nous faudra que l'intervention d'un technicien spécialisé pour la réalisation de notre conception. En revanche, l'action a été mentionnée comme **CLOSE** sur le plan d'action du service qualité, mais reste actuellement OPEN sur le service maintenance.

### 2.1.2 L'application des 5S sur les postes de travail



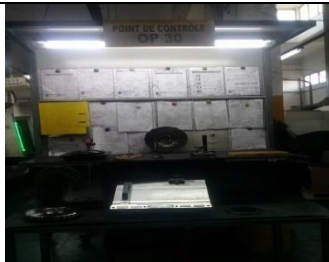




<b>Interdiction d'empilement des pièces</b>	
	
<b>Avant</b>	<b>Après</b>
<b>Organisation du poste de contrôle</b>	
	
<b>Avant</b>	<b>Après</b>
<b>Respect du stock de sécurité à laisser en fin</b>	
	
<b>Respect du niveau de remplissage maximal du convoyeur à rebut</b>	
	
<b>Signalisation au sol : circulation en entreprise</b>	
	

Tableau 15: les 5S sur les postes de travail



- **Critères de jugement de l'état de référence 5S :**

- Les stocks de sécurité sont respectés en fin d'équipe, ils sont limités à 17 pièces par convoyeur.
- Pas de pièce sur le sol.
- Pas de pièces empilées sur le convoyeur.
- Le niveau de remplissage des pièces de rebut est respecté (limité à 6 pièces).

- **Activités régulières à faire pour maintenir l'état de référence 5S :**

- ❖ **En permanence**

- Alerter le Chef d'équipe en cas d'écart avec l'état de référence

- ❖ **En fin d'équipe par chaque opérateur**

- Nettoyer les outils sur le poste
- Nettoyer tout son poste

- ❖ **Une fois par jour par l'agent de nettoyage**

- Balayer le sol du poste par la machine de nettoyage

## 2.2 Le Management visuel

Le management visuel, Mieruka en Japonais *みえるか*, repose sur l'observation que l'homme enregistre mieux les données visuelles que tout autre type de données. Une étude démontre que 93 % du message serait ainsi autre que verbal.

Partant de ce constat, travailler sur le visuel permet de :

- Identifier immédiatement les écarts entre la situation réelle et la situation normale.
- Mieux visualiser les processus et les gaspillages et ainsi faciliter le management.
- Rassurer les auditeurs et autres clients lors des visites.

L'entreprise a adopté le management visuel tout en intégrant un espace de communication pour diffuser les indicateurs, les annonces, les problèmes de qualité, les affiches de sensibilisation des 5S... (Figure 39), ce qui facilitera la communication et la participation de tout le personnel à gérer les activités.



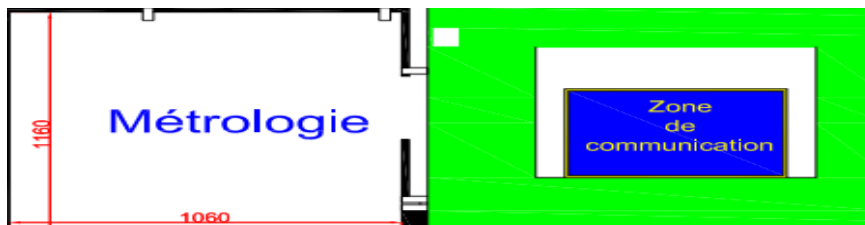
Figure 39 : Tableaux d'affichage des indicateurs

Dans le cadre de la favorisation de la motivation des salariés nous avons décidé de mettre en place une boîte à idée (figure 40), qui permet de collecter des idées simples contribuant à l'amélioration de l'activité de l'entreprise, on pourra aussi comprendre s'il y a des problèmes internes qui pourraient expliquer la démotivation des opérateurs, cette boîte est placée sur l'espace de communication.



**Figure 40 : La mise en place de la boîte à idée**

L'espace de communication était implanté au milieu de l'usine afin d'être vu par tout le monde sur une surface de 4,85m×4m, il contient toutes les affiches déjà mentionnées auparavant avec une mise à jour quotidienne du tableau de production, cette zone a été réalisée dans un délai d'un mois et demi avec la collaboration du service qualité et étude. La zone de communication est placée dans un point central de l'usine, sur un espace vierge non exploité, où tous les employés peuvent facilement y accéder, elle se trouve en face du bureau métrologie selon le plan présenté sur la figure 41 :



**Figure 41 : Emplacement de la zone de communication sur l'usine**



**Figure 42 : L'espace de communication**

*Conclusion :*

*Dans ce chapitre nous avons pu mettre en place les solutions planifiées sur le plan d'action (voir annexe 2), visant à résoudre tous les problèmes et les sources de gaspillage présentes sur la chaîne de production des DV.*

## ***Chapitre IV :***

### ***Etat actuel et Gains apportés par les solutions proposées***

*Le présent chapitre traite les deux points suivants :*

- *Visualisation de l'état actuel par la VSM actuel.*
- *Estimation et calcul des gains apportés par les solutions proposées.*

I. La VSM actuel sur le logiciel Lucid-Chart

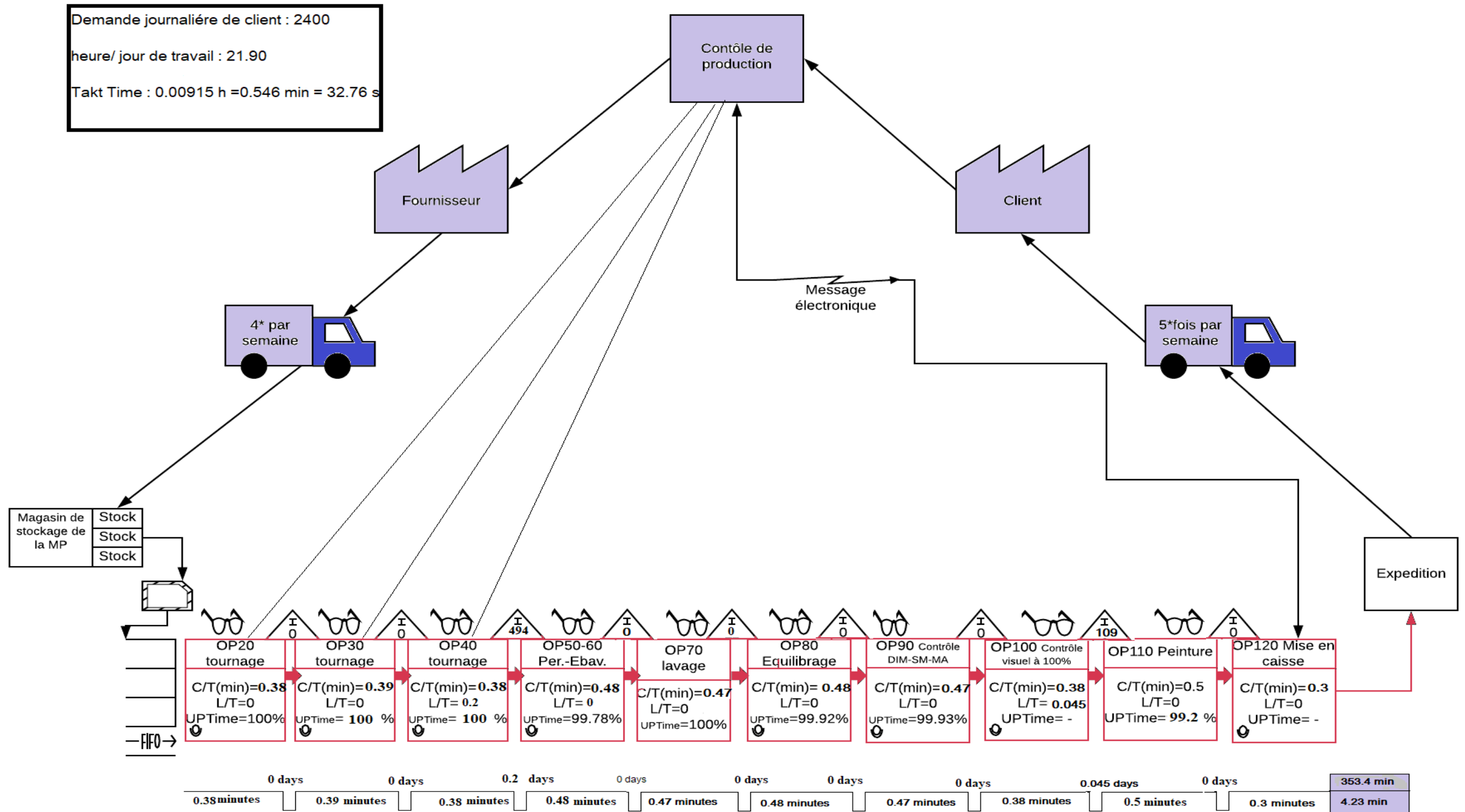


Figure 43: la VSM actuelle

Le graphe suivant (figure 44) modélise la réduction du temps dont nous avons parlé au paravent par rapport au Takt time de la chaîne de production des DV 258.

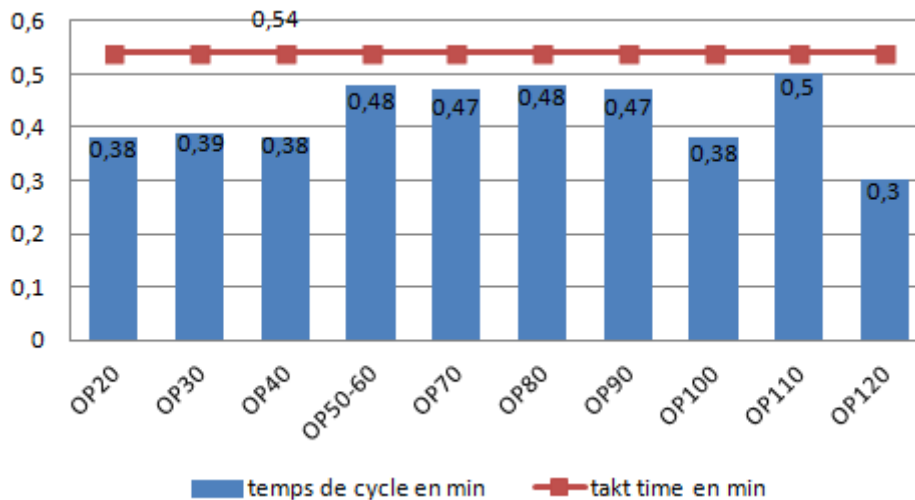


Figure 44: temps de cycle par opération après amélioration

Nous remarquons que toutes les opérations ont été ajustées au dessous du takt time, mais il est bien visible sur la VSM actuelle qu'il existe toujours un stock plus ou moins énorme en aval de L'OP 50-60 et l'OP110, cela revient à dire qu'une amélioration doit être mise en place afin de diminuer voir supprimer ces stocks, nous proposons ainsi d'implanter des doubles machines permettant d'accélérer les deux opérations de perçage-ébavurage et de peinture afin d'équilibrer la chaîne de production. Mais malheureusement, vu que nous avons atteint la limite de notre période de stage, cette proposition sera mise sur le plan d'action des améliorations futures.

## II. Analyse des résultats et des gains apportés par le SMED

### 1. Les coûts d'investissement des actions mises en place

Grace aux ressources matérielles internes de l'entreprise les actions que nous avons mises en place dans ce poste, ont été accomplies à **0 investissements** sur l'atelier maintenance.

### 2. Gains associés aux actions mises en place

La mise en place des actions nous a permis d'évaluer les résultats et les gains suivants :

- Formation des opérateurs sur le changement d'outils pour une intervention immédiate ;
- Elimination des déplacements des opérateurs vers le magasin pour chercher les outils ;
- Diminution de temps de changement de plaquette de 12min à 5 min 40s pour chaque opération de tournage ;
- Augmentation de **la productivité des pièces usinées**, puisque nous avons diminué le temps de changement de plaquettes de 6 min20s, qui s'effectue 4 fois/shift ;

Sachant que le temps d'arrêt était de 48min /shift avant l'instauration de l'outil SMED, et que celui-ci a diminué à 22,66min /shift.

Celui-ci nous donne un accroissement de productivité des pièces usinées de **86%** à **93,4%**.

### **III. Résultats et gains apportés par l'amélioration de l'OP 70**

#### **1. Coût d'investissement des actions mises en place**

Le coût du nouvel aspirateur est estimé d'après son fournisseur de **229€/2748DH**.

Grace aux ressources matérielles internes de l'entreprise l'action de la tôle coudée que nous avons mise en place dans ce poste, a été accomplie à **0 investissements** sur l'atelier maintenance.

#### **2. Gains apportés à l'OP100 par l'amélioration de l'OP70**

- Elimination des tâches de colle sur les disques de frein ;
- Suppression de la cause racine sur l'OP70, responsable du retard sur l'OP100 ;
- Diminution du taux de rebuts des disques ;
- Après le chronométrage du nouveau cycle time de l'OP100, nous avons pu le réduire de 0.64min à 0.38 min, ce qui offre un gain de **40%** du temps ;

### **IV. Résultats et gains apportés par l'automatisation du robot de peinture OP 110**

#### **1. Coût d'investissement sur l'action mise en place**

La nouvelle structure du convoyeur en crochet à installer est estimée d'après son fournisseur de 2000DH.

L'achat d'un capteur de position (capteur photoélectrique/Mini crépusculaire 1-10V) avec 17,29€/191,4DH.

L'action sur l'automatisation du robot, était juste sur la modification du programme de l'automate ce qui revient à dire que notre intervention a été accomplie à **0 investissements**.

#### **2. Gains apportés par l'amélioration du robot de peinture**

- Diminution du temps de cycle de l'OP 110 de 0,67 min à 0,5 min, ce qui est équivalent à un gain de **25%** du temps sur cette opération ;
- Elimination des trois opérateurs travaillant sur le poste ;

Dans chaque shift il y a un opérateur sur le poste de peinture, alors en terme d'argent nous allons gagner une somme de :  $2000*3*12=72000\text{DH/an}$ .

- Garantir le bien-être et la sécurité des opérateurs par l'élimination de l'intervention humaine ;

## V. Résultats et gains estimé par l'élimination du matelotage

### 1. Le coût d'investissement des solutions proposés

Nos solutions d'éliminer le matelotage par la conception de nouvelles caisses seront réaliser par le client, donc cette solution était accomplie à **0 investissements**.

### 2. Les gains apportés par l'élimination de l'opération de matelotage

- Elimination d'une opération non exigée par le client (non-valeur ajoutée) ;
- Elimination de l'espace consacré à cette opération (47, 2m<sup>2</sup>), les disques vont directement de l'OP 120(la mise en caisse) au magasin ;
- L'élimination des opérateurs travaillant sur l'opération et le ruban industriel de matelotage ;

Une discussion avec le service commercial nous a permis de collecter les informations suivantes :

<b>Salaires mensuel d'un opérateur*3</b>	<b>6000DH</b>
<b>Coût d'achat mensuel des rubans</b>	<b>1500DH</b>
<b>Totale</b>	<b>7500DH</b>

L'élimination de cette opération offre à l'entreprise un gain de **7500 DH /mois** ce qui est équivalent à **90.000DH/an**.

## VI. Résultats et gains apportés par l'application des 5 S

### 1. Le coût d'investissement des actions mise en place

- **Le bac de récupération sur l'op 50-60**

La mise en place du bac de récupération sur l'OP 50-60 était par l'utilisation des ressources matérielles internes du service maintenance de l'entreprise, donc cette action a été accomplie avec **0 investissement**.

- **La zone de communication**

Nous pouvons estimer le coût d'investissement sur l'espace de communication de **4000 DH**.

Les autres actions effectuées dans le cadre d'application des 5S sur la chaîne de production ont été accomplie par des ressources internes de l'entreprise avec **0 investissement**.

### 2. Les gains apportés par l'application des 5S

- Eviter la fuite et le gaspillage d'eau avec l'utilisation du bac de récupération ;
- Garantir la propreté du poste de travail ;
- Assurer une ergonomie satisfaisante de l'op 50-60 ;
- Réorganiser les postes de travail ;

- L'espace de communication assure un endroit efficace de communication, d'affichage des indicateurs et des réunions quotidiennes des chefs de services ;

## VII. Résumé des résultats

Le tableau 16 résume tous les résultats obtenus :

	Avant	Après
<b>Productivité</b>		
Quantité produite (pièce par jour)	1961	2628
Nombre d'opérateurs (personnes)	36	30
Productivité (Qte/JOUR/personnes)	54,47	87,6
Taux d'amélioration		<b>60,82%</b>
<b>Stock des encours</b>		
Quantité des stocks en cours	1356	603
Taux d'amélioration		<b>55%</b>
<b>Distance parcourue par les pièces</b>		
Distance parcourue(en mètre)	241,05	222,45
Taux d'amélioration		<b>7,71%</b>
<b>Productivité totale</b>		
Productivité ( $\frac{Q_{réel}}{Q_{th}}$ )	80,3	84,6
Taux d'amélioration		<b>5,35%</b>
<b>Gain des opérateurs (DH/AN)</b>		
Opérateurs	864000	7200000 <b>(+144000)</b>

Tableau 14: Résumé des résultats

### Conclusion

*Suite à la réalisation et à l'analyse de la VSM dans la chaîne de production des DV258 de FMI, cette entreprise a atteint un taux d'amélioration de la productivité totale de 5,35%. Tout le personnel de FMI est très content de ces résultats. FMI a décidé d'appliquer la VSM, le Kaizen et le SMED dans toutes les chaînes de production présentes sur l'entreprise.*

*De même, nous avons attiré l'attention des employés de FMI que **LES AMELIORATIONS N'ONT PAS DE LIMITES.***



## Conclusion et perspectives

---

Ce projet industriel de fin d'études effectué au sein de l'usine Floquet Monopole Industrie Fès, avait pour objectif d'améliorer la chaîne de production des DV258 en suivant une démarche qui vise à la réduction des gaspillages « Muda ».

Dans un premier temps, nous avons établi une étude VSM et une analyse Ishikawa suivie d'une analyse Pareto, qui nous ont permis de classer les causes de gaspillage par ordre de gravité, ce qui finalement impose des priorités particulières dans la résolution de ces problèmes, comme résultat, nous avons pu cerner les actions suivantes :

- Optimisation du temps de changement de série sur les OP 20,30 et 40 par l'application du SMED ;
- Optimisation du CT sur l'OP 100 par l'élimination du problème des tâches ;
- Automatisation du robot de déplacement sur l'opération de peinture ;
- Proposition de conceptions des caisses en fer pour éliminer le matelotage ;
- Application des 5S afin d'améliorer l'organisation du travail, et actualisation de management visuel par la création d'espace de communication ;

Ces actions ont donné un taux d'amélioration de productivité totale de **5,35%**.

Sur le plan personnel, ce stage nous a permis de développer certaines qualités telles que :

- La bonne écoute, la confiance en soi, l'esprit d'initiative et d'analyse ;
- L'habileté de communiquer efficacement et de convaincre les responsables d'appliquer les solutions proposées malgré la résistance aux changements ;
- La prise de décisions, gestion de stress ainsi que la flexibilité et le dynamisme afin de répondre rapidement aux besoins de l'entreprise et de l'équipe.

Le travail réalisé s'est avéré très enrichissant pour notre expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que l'aspect humain.

Les perspectives pouvant découler de notre travail peuvent être résumées comme suit :

- Réaménagement du magasin du produit finis ;
- Implantation des machines en double sur l'OP50-60 et OP110 afin d'éliminer les stocks.
- Intégration de l'OP 50 et l'OP 60 en même opération par la conception d'un nouveau système réalisant le perçage et l'ébavurage en même temps en se basant sur un cahier de charge bien déterminé.

## *Bibliographie & Webographie*

---

### **Bibliographie**

- [1] Maurice Pillet, « *Gestion de la production* », quatrième édition 2012.
- [2] Allan courtois, « *la gestion de la production* », édition 2011, ANACT.
- [3] Christophe Rousseau, « *Le Lean manufacturing, le secret de la réussite de votre entreprise* », édition 2014, Createspace independent publishing platform.
- [4] Support de Mr. Bine el ouidane : Analyse fonctionnelle.

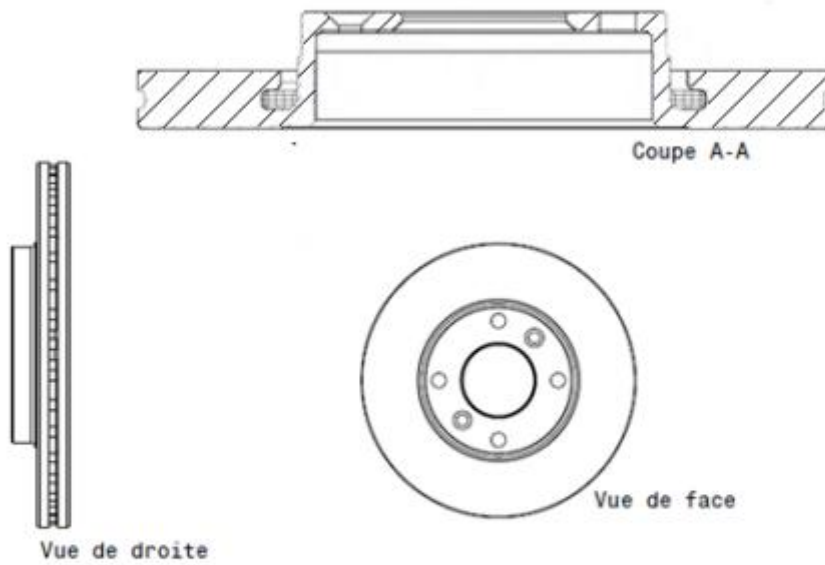
### **Webographie**

- [5] <http://www.eponine-pauchard.com/2016/02/lead-time-takt-time-cycle-time/>
  - Date de consultation : 27/02/2018
- [6] <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/128-le-diagramme-spaghetti/>
  - Date de consultation : 22/02/2018
- [7] <http://leleanmanufacturing.com/utiliser-la-methode-smed-pour-gagner-du-temps-dans-la-vie-courante/>
  - Date de consultation : 16/03/2018
- [8] <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/5s>
  - Date de consultation : 09/04/2018
- [9] <http://leleanmanufacturing.com/les-7-gaspillages>
  - Date de consultation : 07/03/2018
- [10] <http://www.qualitadmin.com/2011/09/les-8-mudas.html/>
  - Date de consultation : 07/03/2018
- [11] <http://www.Lucidchart.com/>
  - Date de consultation : 23/02/2018
- [12] <http://www.animerunereunion.com/>
  - Date de consultation : 28/02/2018

# *Annexes*

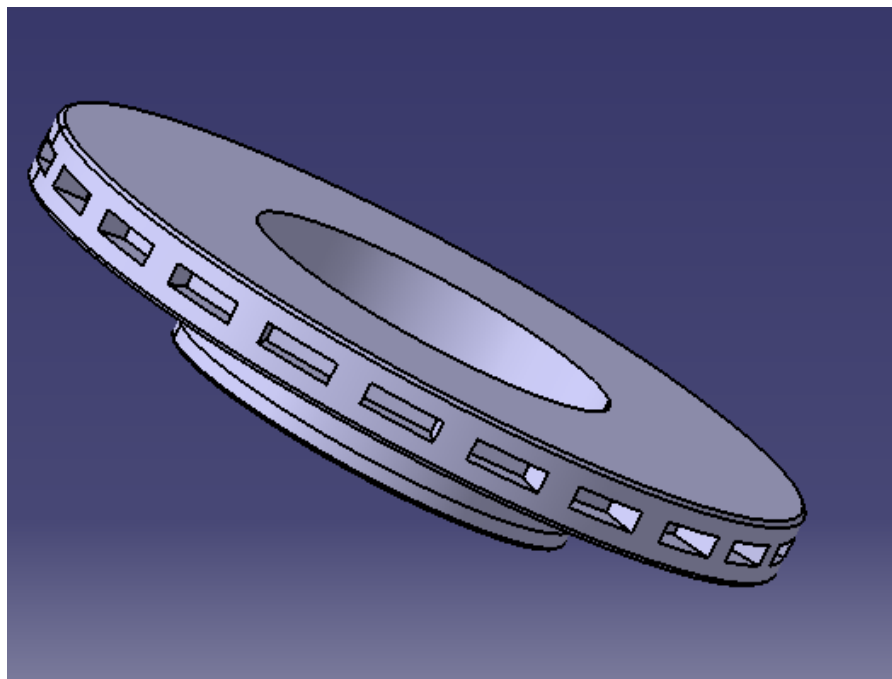
*Cette partie est un complémentaires du rapport de fin d'étude, il contient des documents utilisés pour mener à bien notre sujet.*

*Annexe 1 : Disque ventilé (Dessin technique et conception 3D)*




REF:	A4		<b>Disque de frein ventilé fini</b>	
SCALE:	1:1	WEIGHT (kg):	5.4 kg	DESIGNED BY: K&M
<small>This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.</small>				DRAWN BY: 1/1

**Figure 1 : Dessin industriel du Disque ventilé 258**



**Figure2 : Conception du Disque ventilé sous CATIA V5**

## Annexe 2 : le plan d'action

	A	B	C	D	E
2		Plan d'action :			
3					
4	Problèmes	Actions	type d'action	pilote	statut
5	Durée de changement de plaquettes longue au niveau de l'OP20 et l'OP	Application de la méthode SMED	amélioration	BERRADA-ERBIB	close
6	Mauvaise qualité du milieu au niveau de l'OP50-60	Bac de recuperation sur l'Op50-60	amélioration	BERRADA-ERBIB	close
7	Attente inutile de l'operateur au niveau de l'OP60	intégration du processus percage-ebavurage dans une seule machir	amélioration	BERRADA-ERBIB	open
8	Tâches blanches sur les disques sur l'OP70	Conception d'une nouvelle machine anti-tache	amélioration	BERRADA-ERBIB	close
9	Contrôle trop long sur l'OP100	Amelioration du milieu de contrôle	amélioration	BERRADA-ERBIB	close
10	Robot en arrêt de la machine a peinture sur l'OP110	Etude d'automatisation du robot de peinture sur l'OP 110	corrective	BERRADA-ERBIB	close
11	Attente extrême lors du préchauffage du disque	Regulation de la température du chauffage et de la vitesse du conv	amélioration	BERRADA-ERBIB	close
12	Mauvais emplacement des produits finis	Conception d'une structure en étage	amélioration	BERRADA-ERBIB	open
13	matelotage non exigé par le client	conception d'une fermeture sécurisée pour les caisses de fer	corrective	BERRADA-ERBIB	close
14	mauvaise canalisation	implantation d'une nouvelle structure de canalisation	amélioration	BERRADA-ERBIB	open

### Annexe 3 : la fiche SMED de l'OP 20

		fiche SMED :OP20				
N d'opérati	temps en seconde	opération	interne	externe	interne->exte	outils utilisés
1	1	Vérification du nombre de pièces usinées		x		
2	390	recherche des plaquettes au magasin par le chef d'équip	x		x	
3	2	libérer l'accès à l'outil 1	x			
4	6	ajouter l'outil manuellement au bon côté de l'opérateur	x			
5	18	recupérer la visseuse	x			
6	10	dévisser les deux vis	x			clé torx
7	6	dégager l'ancienne plaquette	x			
8	10	nettoyage du premier outil	x			Pistolet à nettoyage par air
9	21	montage de la nouvelle plaquette	x			
10	22	visser les vis	x			clé torx
11	3	fermeture de la machine	x			
12	7	mettre en marche la machine pour accéder au 2 <sup>ème</sup> out	x			
13	2	libérer l'accès à l'outil 2	x			
14	10	dévisser les vis	x			clé torx
15	6	dégager l'ancienne plaquette	x			
16	10	nettoyage du deuxième outil	x			Pistolet à nettoyage par air
17	21	montage de la nouvelle plaquette	x			
18	15	visser les vis	x			clé torx
19	3	fermeture de la machine	x			
20	7	mettre en marche la machine pour accéder au 3 <sup>ème</sup> outi	x			
21	2	libérer l'accès à l'outil 3	x			
22	10	dévisser les vis	x			clé torx
23	6	dégager l'ancienne plaquette	x			
24	10	nettoyage du 3 <sup>ème</sup> outil	x			Pistolet à nettoyage par air
25	21	montage de la nouvelle plaquette	x			
26	15	visser les vis	x			clé torx
27	3	fermeture de la machine	x			
28	42	mise du disque en essai		x		
29	19	mesurer les cotes de la pièce d'essai	x			Pied à coulisse pour disque
30	22	contrôle de parallélisme	x			Comparateur
<b>Temps total:</b>		720 secondes = 12 minutes				

## ***Annexe 4 : Lean Management***

Le Lean est une philosophie de gestion de projet seulement appliquée au domaine de l'industrie automobile et qui a été mise en place suite à la Seconde Guerre Mondiale qui a instaurée le chaos et la faillite dans les industries. Aujourd'hui, un trop grand nombre de personnes font l'erreur de penser que le Lean est tout simplement une palette d'outils applicable à n'importe quel système et sous n'importe quelles conditions [1]. Or, le Lean est en réalité un mode de pensée, de réflexion et de comportement à instaurer et à appliquer par tous les intervenants dans une chaîne de création de valeur. Malgré de nombreuses modifications de la démarche Lean au cours des années, cette démarche a gardé pour objectif d'améliorer les performances d'un processus en réduisant toutes sortes de gaspillages lors de la chaîne de production de valeur pour le client [2]. Pour notre étude, qui porte sur l'application du LEAN dans l'usine de l'entreprise, nous nous sommes intéressés surtout aux axes de réflexions sur le LEAN industrie et le LEAN développement.

- LEAN Manufacturing (Industrie) : optimisation des secteurs productifs par la réduction des stocks et du temps de production.
- LEAN Développement : Développement et conception des nouvelles machines, produits, équipements...

### **❖ Les gaspillages**

La Pensée Lean suggère que pour créer efficacement de la valeur, il est indispensable d'identifier les gaspillages et de les éliminer ou de les réduire, afin d'optimiser les processus de l'entreprise, Taïchi Ohno, père fondateur du Système de Production Toyota, a défini 3 familles de gaspillages [10] :

- ✓ Mura (irrégularités, fluctuations).
- ✓ Muri (tâche excessive, trop difficile, impossible).
- ✓ Muda (tâche sans valeur ajoutée, mais acceptée).

## **Annexe 5: SMED**

Mis au point par Shigéo Shingo pour Toyota au début des années 1970, le SMED signifie que le temps en minutes nécessaire à l'échange, doit se compter avec un seul chiffre. C'est une méthode d'amélioration continue qui pointe sur l'organisation afin de réduire de façon systématique le temps de changement de série [7]. Le SMED s'applique au temps d'arrêt de production, qui correspond à l'intervalle écoulé entre la fabrication de la dernière pièce d'une série, et la fabrication de la première pièce bonne de la série suivante.

Très souvent, les changements d'outils suivent le cycle suivant :

- La préparation de l'outil, de la machine et de l'environnement,
- L'échange d'outils, la mise en place et le centrage des outils
- La réalisation de l'essai, les réglages et l'obtention du premier « bon produit » en série.

L'objectif de cette méthode structurée d'analyse d'opérations, vise à réduire au maximum le temps de changement de plaquettes au niveau de l'OP20, en assurant la disponibilité des outils nécessaire au changement d'outil, et garantir une meilleure organisation de l'espace de travail.

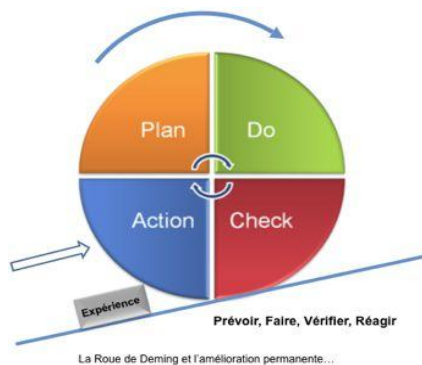
Cette méthode d'organisation permet aux opérateurs d'améliorer les conditions d'exécution de changement d'outils. Ainsi elle permet à la production d'augmenter le taux de disponibilité des machines et de gérer la variété des demandes.

## **Annexe 6 : La méthode PDCA**

L'application de la méthode PDCA n'est qu'une mise en œuvre de l'état d'esprit kaizen, donc avant de commencer l'étude PDCA nous introduisons le kaizen.

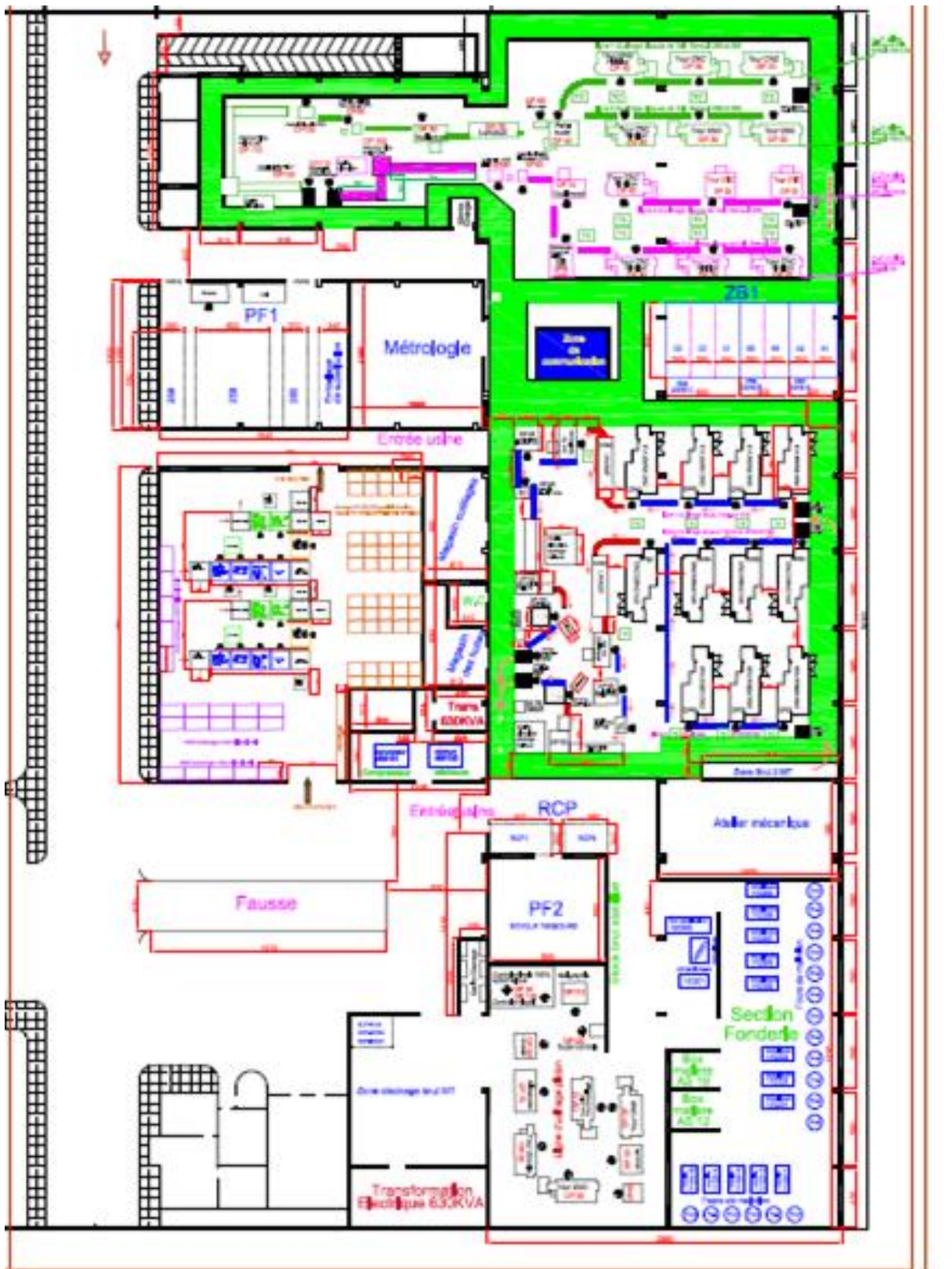
« Kai » signifie « Changement » ; « Zen » signifie « meilleur ». Le Kaizen est l'amélioration graduelle, ordonnée et continue, l'amélioration continue impliquant tout le monde. C'est une des composantes essentielles du Lean Manufacturing.

Pour mettre en œuvre l'état d'esprit Kaizen, nous utilisons la méthode PDCA, l'outil indispensable nécessaire à l'amélioration continue [2].





*Annexe 7: l'implantation de FMI*





## *Résumé*

Afin d'être plus compétitif sur le marché des équipementiers automobile et répondre à des exigences de plus en plus accrues, Floquet Monopole Industrie a trouvé dans l'amélioration continue une démarche qui mène à l'excellence à travers la réduction voire l'élimination des gaspillages.

Le présent projet industriel s'inscrit dans la perspective du « Lean » qui réfère au terme « optimisation des mudas » et par suite amélioration de la performance, cette amélioration nécessitera une meilleure organisation du milieu de travail tout en réduisant les sortes de gaspillage et de non-conformité des produits.

Afin de mener à bien cette mission, nous avons jugé utile de travailler uniquement et spécialement sur le **Lean développement** et le **Lean manufacturing** ; Pour se faire, nous avons commencé par une étude de l'existant, ainsi qu'une cartographie des flux « Value Stream Mapping » afin d'identifier les dysfonctionnements qui constituent des sources de gaspillages à éliminer ou à optimiser.

La deuxième étape de ce projet consiste à la recherche des causes des dysfonctionnements et l'élaboration des plans d'actions à mettre en œuvre par la suite.

A la lumière de cette étude et dans le cadre d'instauration des différents outils de Lean : Kaizen, VSM, 5S, SMED... divers axes d'amélioration sont décelés englobant :

- ✚ La diminution des gaspillages aux chaînes de production des disques de freins et l'aménagement des postes de travail.
- ✚ Amélioration de la productivité qui ne peut se faire que par une amélioration des machines ce qui nous a poussés à faire des conceptions et automatisations de nouveaux systèmes qui influencent sur la productivité et la qualité du produit.

Finalement une étude de l'état actuel a été réalisée pour estimer et relever les gains associés à nos solutions proposées.

**Mots clés :** gaspillages, Lean développement, Lean manufacturing, amélioration, VSM, Kaizen, 5S, plan d'action, Muda, Productivité, conception, automatisation.

## *Abstract*

In order to be more competitive in the automotive market and to meet more and more requirements, FMI has found in continuous improvement an approach that leads to excellence through reduction or elimination of waste.

The present industrial project fits into the "Lean" perspective and who says "Lean" says "optimizing the mudas" and consequently improving the performance, this improvement will require a better organization of the workplace while reducing the kinds of waste and non-compliance of products.

In order to carry out this mission, it was considered useful to work solely and especially on Lean development and Lean manufacturing; to do so, we started with a study of the existing, as well as a making of "Value Stream Mapping" flows in order to identify the malfunctions that constitute sources of waste to be eliminated or optimized.

The second stage of this project consists in finding the causes of dysfunctions and the development of action plans to be implemented thereafter.

In the light of this study and in the framework of the introduction of the various Lean tools: Kaizen, VSM, 5S, SMED ... various improvement axes are identified including:

- ✚ The reduction of wastes in the production lines of the brake disks and the layout of the workstations.
- ✚ Improved productivity that can only be achieved through machine improvement, which has led us to design and automate new systems that affect product productivity and quality.

Finally, a study of the current state was conducted to estimate and record the gains associated with our proposed solutions.

**Keywords:** waste, Lean development, Lean manufacturing, improvement, VSM, Kaizen, 5S, action plan, Muda, Productivity, design, automation.