

Liste des abréviations :

DAF : Direction Administratif Financière

DRH : Direction ressources humaines

Fonte GL : fonte grise lamellaire

OP : opération

EB : ébauche

FI : finition

DP : disque plein

DV : disque ventilé

DPU : défauts par unités

M : équipe matin

A : équipe après midi

N : équipe nuit

VSM: Value Stream Mapping

DF: Défaut

Contrôle DIM : Contrôle dimensionnel

Qtté : Quantité

Liste des figures :

Figure 1: Vue de la société FLOQUET MONOPOLE.....	14
Figure 2: Organigramme de FLOQUET MONOPOLE	16
Figure 3 : Service métrologie	18
Figure 4: Zone de stockage des produits finis	19
Figure 5: Schéma du système de freinage	20
Figure 6: Les composants d'un système de freinage.....	21
Figure 7 : Les éléments fonctionnels d'un disque de frein.....	21
Figure 8: Les disques de frein pleins et ventilés	21
Figure 9 : Processus de production des disques de frein	22
Figure 10 : Opération de perçage	23
Figure 11 : L'équilibrage des disques	24
Figure 12 : Contrôle DIM et marquage des disques.....	24
Figure 13 : Contrôle visuel 100%.....	25
Figure 14 : Peinture des disques.....	25
Figure 15 : Contrôle d'aspect et mise en caisse des disques	25
Figure 16: Les types de gaspillage	32
Figure 17 : Schéma du temps de cycle	33
Figure 18 : Schéma du lead time LD.....	34
Figure 19 : Schéma du temps de valeur ajoutée	34
Figure 20 : Les étapes de construction de la carte VSM	34
Figure 21 : Courbes représentant la productivité de DP et DV	35
Figure 22 : Diagramme de la VSM de l'état actuel.....	40
Figure 23 : Analyse VSM par diagramme ISHIKAWA	43
Figure 24 : Diagramme Pareto représentant les formes de gaspillages.....	45
Figure 25 : Diagramme des temps cycles.....	55
Figure 26 : Temps cycles par rapport au Takt time.....	56
Figure 27: Implantation des postes de travail après l'équilibrage	58
Figure 28: Les temps cycle des postes de travail après l'amélioration	59
Figure 29: Checklist pour changement des plaquettes d'outils	63
Figure 30: Checklist des interventions pour le poste d'ébavurage OP60.....	66
Figure 31: Checklist pour intervention sur le poste OP90	67
Figure 32: Mise en place des Checklist.....	68
Figure 33 : Réglage des machines par les opérateurs.....	68
Figure 34: La roue de Deming	70
Figure 35 : Diagramme de PARETO des défauts de qualité.....	72
Figure 36 : Diagramme d'ISHIKAWA du défaut de fissuration des disques.....	73
Figure 37: Analyse de défaut de fissuration par la méthode des 5 pourquoi.....	74
Figure 38: Dessin de la sonde de détection de fissure.....	75
Figure 39 : Sonde de détection de fissure.....	75
Figure 40 : La quantité produite et le taux de défauts	76
Figure 41: Exemple d'un tableau de marche.....	78
Figure 42: Base de données des retards des postes	81
Figure 43: Tableau de KAIZEN	82
Figure 44 : Etat de poste de travail avant	83
Figure 45 : Etat de poste de travail après.....	83

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Outil QQQQCP	37
Tableau 2 : Les gaspillages et leurs fréquences d'apparition	44
Tableau 3 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP20	48
Tableau 4 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP30	49
Tableau 5 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP40	49
Tableau 6 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP50	49
Tableau 7 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP60	49
Tableau 8 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP80	50
Tableau 9 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP90	50
Tableau 10 : Temps cycle de poste OP20	51
Tableau 11 : Temps cycle de poste OP30	52
Tableau 12 : Temps cycle de poste OP40	53
Tableau 13 : Temps cycle de poste OP50	54
Tableau 14 : Temps cycle de poste OP60	54
Tableau 15 : Temps de cycle des postes après l'amélioration	59
Tableau 16 : Les temps d'attente et de réglage des postes	69
Tableau 17 : Représentation de la quantité produite et le taux de défauts	71
Tableau 18 : Classification des défauts	72
Tableau 19 : Quantité produite et taux de défauts.....	76
Tableau 20 : Temps cycle de poste OP80	85
Tableau 21 : Temps cycle de poste OP90	86
Tableau 22 : Temps cycle de poste OP100	86
Tableau 23 : Temps cycle de poste OP110	86
Tableau 24 : Temps cycle de poste OP120	86

Sommaire :

Introduction générale	12
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE	13
I. Historique	14
II. Organisation de FLOQUET MONOPOLE	15
1. Organigramme	15
2. Organisation des services de la société Floquet Monopole	16
III. Activité de Floquet Monopole	20
1. Généralités	20
2. Les composants des disques de frein	21
3. Différence entre disques pleins et disques ventilés	22
4. Processus de production	22
IV. Contexte du projet	25
1. Cadre et objectif de projet	25
2. Etapes de déroulement de projet	27
Conclusion	27
Chapitre 2 : Diagnostic de l'existant	28
I. Démarche DMAIC	29
II. Définition des mudas	30
1. Familles de gaspillages	30
2. Définition muda	30
3. Les 7 gaspillages : en fait il y'en a 8 !.....	30
3.1 Surproduction	30
3.2 Surstockage ou Stocks Inutiles	30
3.3 Transports et Déplacements Inutiles	30
3.4 Traitements Inutiles ou Surprocessing	31
3.5 Mouvements Inutiles	31
3.6 Erreurs, Défauts et Rebutis	31
3.7 Temps d'Attente	31
3.8 Sous-Utilisation des Compétences	31
III. Notions sur le VSM	32
1. Les informations nécessaires à le VSM	33

2.	Les temps à calculé	33
3.	Les étapes de construction de VSM	34
IV.	Application de la démarche DMAIC	35
1.	Définition de la problématique	35
2.	Mesure de la performance de l'état actuel de processus	37
2.1	Analyse de déroulement	37
2.2	Schématisation de flux par la VSM	40
3.	Analyse du processus	40
3.1	Diagramme ISHIKAWA	40
3.2	Diagramme de Pareto	44
	Conclusion	45
	Chapitre 3 : Equilibrage des postes de travail	46
I.	Notions sur la méthode Takt Time	47
1.	Définition de la méthode Takt Time	47
2.	Intérêt de la méthode Takt Time	47
3.	Utilisation de la méthode Takt Time	47
4.	Les avantages de la méthode Takt Time	47
II.	Application de la méthode Takt Time	48
1.	La préparation de l'étude des temps	48
2.	L'exécution des temps	50
3.	Analyse des temps et proposition d'amélioration	55
3.1	Analyse des temps	55
3.2	Proposition d'amélioration	57
4.	Chiffrage des gains	60
	Conclusion	60
	Chapitre 4 : Elimination des gaspillages et remise à niveau des 5S.....	61
I.	Réglage machines	62
1.	Introduction	62
2.	Préparation des Checklist	62
3.	Mise en place des Checklist	68
4.	Chiffrage des gains	68
	Conclusion	69
II.	Défauts de qualité	70
1.	Analyse de l'existant et proposition d'amélioration	70
a.	Planifier	70

b. Faire	70
c. Vérifier	71
d. Agir	74
2. Chiffrage des gains	76
III. Mauvaises habitudes de travail	78
1. Suivi des opérateurs	78
2. Remise à niveau des 5S	82
Conclusion générale	84

Introduction générale :

Dans un contexte économique de plus en plus difficile, les clients exigeant la livraison d'un produit de bonne qualité et dans le plus court délai. En effet, les entreprises sont quotidiennement confrontées à la maîtrise et à l'amélioration des performances de l'ensemble de leurs processus afin de garantir leur pérennité et leur compétitivité. La démarche pour améliorer la productivité est basée sur la suppression des encours, l'élimination des temps d'attente et des non conformités.

Consciente à ces défis, FLOQUET m'a proposé ce projet de fin d'études dans le but de l'optimisation de la ligne de production et l'élimination de toutes sortes de gaspillages en suivant un démarche DMAIC.

Pour ce faire, le présent rapport s'articule autour de trois chapitres présentant la démarche suivie pour l'organisation de cette mission.

Le premier chapitre décrit l'organisme d'accueil en présentant ses services et ses activités, puis une description bien détaillée de processus de fabrication des disques de frein dans la ligne de production. Par la suite, nous avons présenté la problématique ainsi que la démarche suivie pour sa résolution.

Dans le second chapitre, une étude de l'état actuel et une cartographie de processus de production ont été effectués afin de relever toutes les sortes de gaspillages et les temps d'attentes qui existent dans la zone de production.

Dans le troisième chapitre, nous avons effectué un équilibrage des postes, afin d'augmenter la productivité de la ligne de production des disques de frein ventilés, aussi nous avons préparé des Checklist pour les réglages des machines afin d'éliminer les temps d'attente, ainsi qu'une proposition de résolution de problème des défauts de qualité.

Enfin, le quatrième chapitre consiste à proposer un plan d'amélioration afin d'éliminer les gaspillages détectés dans la zone de production des disques ventilés, ainsi que la remise à niveau des 5S.

Chapitre 1 :

Présentation de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE

Dans ce chapitre, on va commencer par une présentation générale de la société FLOQUET MONOPOLE, puis une description bien détaillée de processus de production. Par la suite, une définition de cadre de projet de fin d'études ses objectifs et les étapes nécessaires à sa réalisation.

I. Historique :

Crée en 1981, **FLOQUET MONOPOLE** se situe dans le quartier Sidi Brahim lot 59 rue 813 à Fès, Maroc.

En tant qu'une société française, **FLOQUET MONOPOLE** fait partie du groupe Dana Américain, conforme aux exigences de la norme ISO 9001 version 2000 et la norme ISO TS/16949 ce qui montre son intégration à l'échelle mondiale, conçue pour la production des pistons et des disques de frein.

SMFN est une société anonyme dans le capitale de 21 800 000 Dirhams et pouvant réaliser des chiffres d'affaires annuels de 80 millions de Dirhams. En 2002-2003, elle a produit plus que 500 000 pistons.

FLOQUET MONOPOLE exporte ses produits vers l'Europe, elle produit pour différents clients comme : FAURICIA, RENAULT, PERFECT CIRCLE, CITROEN...ce qui demande une amélioration continue des flux de production et un contrôle sévère.

Actuellement Floquet Monopole effectue la fabrication des :

- ✓ Disques pleins DP
- ✓ Disques ventilés DV



Figure 1: Vue de la société FLOQUET MONOPOLE

Fiche de présentation :

Dénomination	Société Marocaine des Fonderies du Nord (SMFN)
Licence	Floquet Monopole
Année de création	1981
Forme juridique	Société anonyme(SA)
Siège social	Quartier Industriel Sidi Brahim, Lot 59, Rue 812 Fès-MAROC
Certification	ISO 9001 V 2000, ISO TS 16949
Capital	33.5 Millions DHS
Chiffre d'affaire	80 millions DHS
Effectif du personnel employé	109
Surface	11600 M ² dont 6000 M ² couverts
Téléphone	05 35 64 26 91 05 35 64 28 69 05 35 64 26 42
e-mail	fm@floquetmonopole.co.ma fmi.sales@menara.ma sales@floquetmonopole.co.ma
Objet social	Fabrication des disques de frein : disques pleins et disques ventilés.

II. Organisation de FLOQUET MONOPOLE :

1. Organigramme :

La dimension organisationnelle au sein de la société FLOQUET MONOPOLE se caractérise par une hiérarchisation équilibré entre la structure fonctionnelle et celle opérationnelle, ce qui justifie la présence de plusieurs départements.

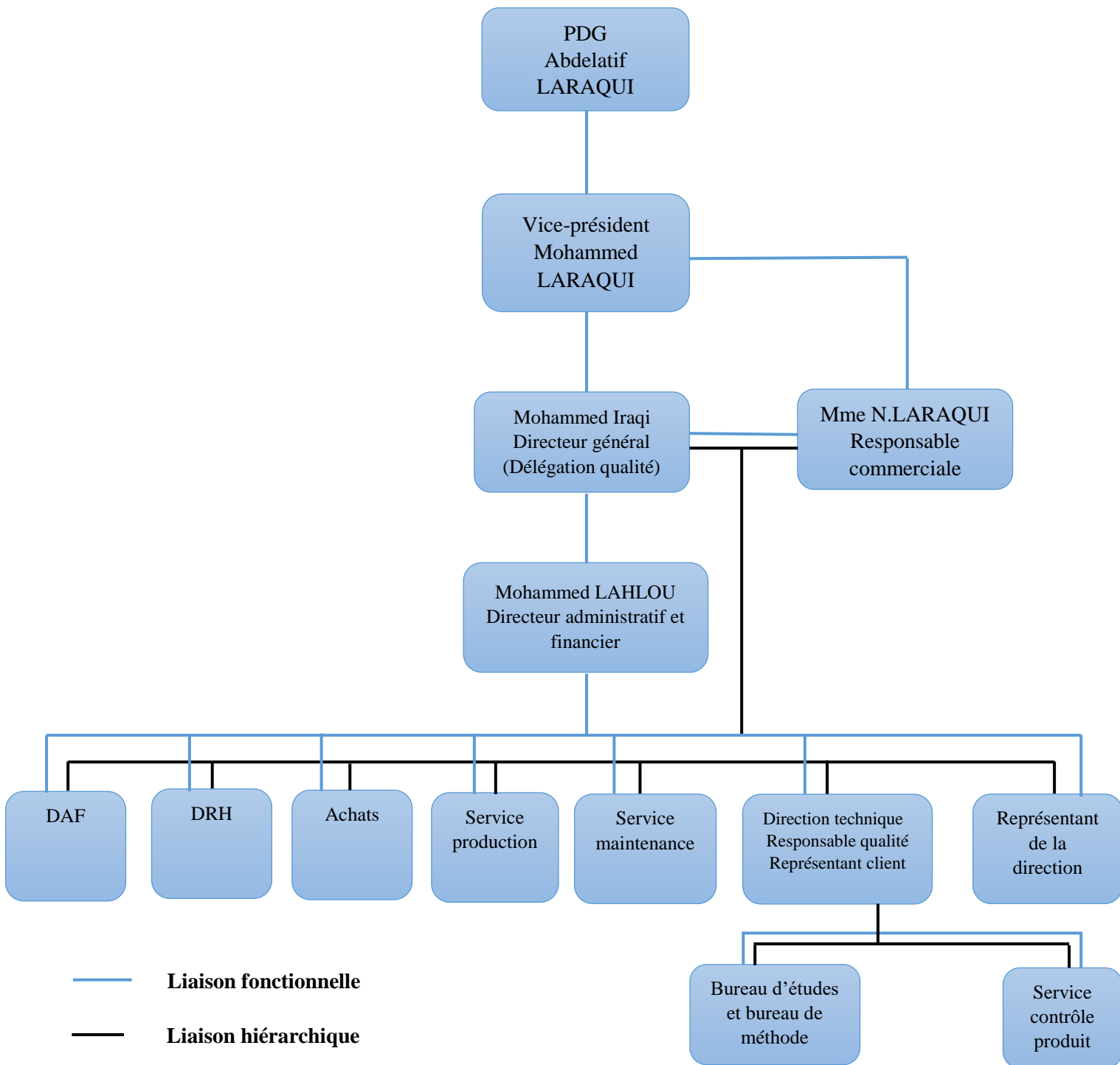


Figure 2: Organigramme de FLOQUET MONOPOLE

2. Organisation des services de la société Floquet Monopole :

La société Floquet Monopole se constitue de plusieurs services qui assurent une bonne gestion de travail collectif :

✚ Bureau d'études et de développement :

Parmi ses missions :

- ✓ Elaborer les plans de conception à l'exécution
- ✓ Vérification de la collecte des informations techniques des produits à fabriquer
- ✓ Choix de matériau caractéristique
- ✓ Gestion des modifications techniques selon la procédure
- ✓ Participation aux réunions AMDEC

✚ Bureau de méthode :

Chargé de concevoir les outils nécessaires à la production c'est-à-dire il permet de fournir les moyens de fabrication, de contrôle de qualité, les phases et les temps nécessaires et les coûts de production et d'établir les fiches techniques, il est en relation directe avec le bureau d'étude pour vérifier la faisabilité des produits, et l'analyse de toutes les étapes de processus par la méthode AMDEC afin de veiller au bon fonctionnement de production.

✚ Service ordonnancement :

A pour rôle de coordonner au mieux les moyens et les matières, il permet l'élaboration du planning de fabrication afin d'assurer le respect des délais fixés, et des fiches de suivi de la production pour définir les plans destinés à corriger les écarts éventuels pouvant amener au non-respect des programmes rétablis.

✚ Service de fonderie :

Il est responsable de la production fonderie tant au niveau de la qualité, que la quantité, il est chargé de faire respecter les règles de procédures et les règles de sécurité travail.

La fonderie de Floquet Monopole utilise des alliages d'aluminium importés. Ces alliages sont conformes aux cahiers de charge des constructeurs automobiles. Les pistons, bruts de fonderie, sont traités thermiquement. Ces traitements sont destinés à donner aux pièces une parfaite stabilité dimensionnelle.

✚ Service contrôle qualité :

Ce service effectue en premier temps un contrôle de la matière première avant le lancement de production, une mesure bien précise des caractéristiques des produits finis afin d'établir leurs conformités.

Les contrôles de qualité sont effectués par plusieurs moyens et matériels performants et très sophistiqués sur chaque phase de fabrication.

Pour la matière première :

- ✓ Spectromètre pour l'analyse chimique c'est-à-dire la composition de la matière.
- ✓ Contrôle dégazage.
- ✓ Contrôle ultrason.
- ✓ Microscope métallographique.
- ✓ Analyse thermique.

Pour le dimensionnel :

Une salle équipée des matériels électriques :

- ✓ Form-Tester.
- ✓ Rugosimètre (contrôle d'état de surface).
- ✓ Duro-mètre (contrôle de la dureté de la matière).
- ✓ Trusquins électriques.



Figure 3 : Service métrologie

Pour la ligne de production :

Chaque poste dans la ligne de production effectue des contrôles rigoureux de qualité afin de vérifier la conformité sur chaque pièce ceci se fait à l'aide des appareils et des matériels de mesure tels que : Jauge de profondeur, Pied à coulisse, Calibre à vue, Tampons de mesure, Comparateur mécanique, Etalon à utiliser avec le masque.

Service de maintenance :

Ce service vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié, il effectue des actions et des interventions de dépannage, de réparation, de contrôle et de vérification de la performance des machines.

Conçu d'effectuer quatre types de maintenance :

La maintenance préventive : ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance des machines.

Maintenance systématique : dont les opérations effectuées systématiquement selon une périodicité d'usage comme graissage, contrôle de niveau d'huile, estimation d'énergie.

Une maintenance corrective : effectuée après défaillances pour remise en état de fonctionnement conforme.

Une maintenance prédictive ou prévisionnelle : agit sur les pannes afin de réduire la fréquence des défaillances tout en optimisant la fréquence des interventions préventives.

+ Service de production :

S'occupe de la fabrication des disques conformément aux dates début et dates de la fin afin de respecter les exigences des clients afin d'assurer une meilleure présentation de l'entreprise.

+ Atelier mécanique :

Il est chargé de réaliser les outillages fonderie/usinage unitaires en référant aux dessins de définition fournis par le bureau d'étude, et les pièces de rechange demandées par le service maintenance en se basant sur les plans établis par le service méthode.

+ Service ressources humaines :

Il occupe une grande importance au sein de la société SMFN. Il est chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel de l'usine.

+ Service de conditionnement et stockage :

Ce service s'occupe des travaux de conditionnement, d'emballage et de stockage final avant l'expédition chez le client. L'exportation représente une part très importante de l'activité du centre de distribution. Les commandes en provenance de plus de 50 pays sont traitées à l'aide d'un système informatisé qui permet de satisfaire l'ensemble des commandes dans les meilleurs délais.



Figure 4: Zone de stockage des produits finis

III. Activité de Floquet Monopole :

1. Généralités :

Le système de freinage est un système permettant de ralentir, voire immobiliser, les pièces en mouvement d'une machine ou d'un véhicule en cours de déplacement. Son fonctionnement repose sur la dissipation de l'énergie cinétique du véhicule en énergie thermique. Le frein est un système d'absorption de chaleur, son efficacité est liée à la capacité de ses constituants d'absorber la chaleur et d'y résister.

Les freins constituent un organe de sécurité important sur les véhicules, ils permettent de réguler la vitesse ou de s'arrêter.

Les principaux composants sont : les freins à disque et les freins à tambour.

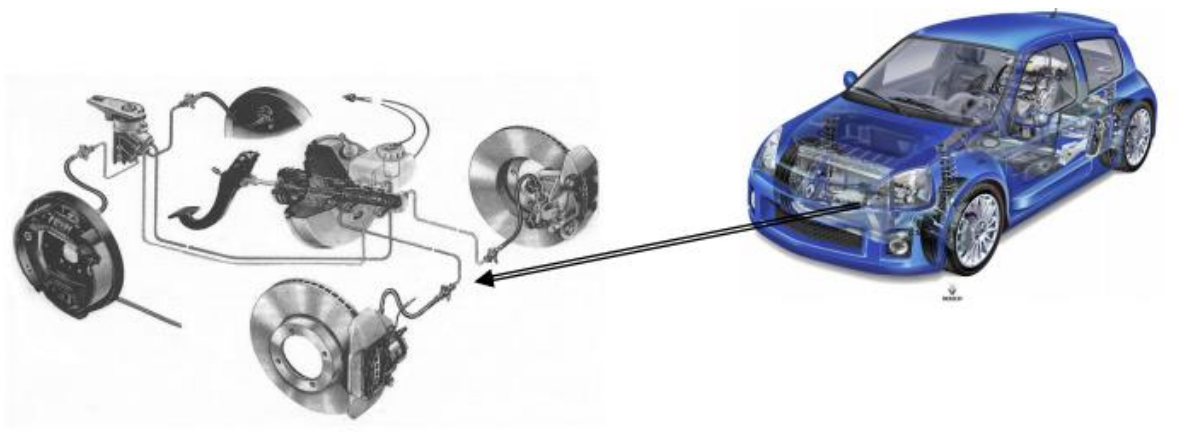


Figure 5: Schéma du système de freinage

Le système de freinage est un système performant pour les véhicules munis de roues en contact avec le sol, ce système transforme l'énergie cinétique de véhicule en chaleur, ses composants principaux sont :

- Un disque généralement en fonte lié à la roue par l'intermédiaire du moyeu et qui lui est intérieur.
- Deux plaquettes de part et d'autre du disque, composées chacune d'une garniture en matériau.
- Un étrier en acier, solidaire de l'essieu qui supporte les plaquettes, en forme de chape.
- Un piston hydraulique dans le cas d'un étrier flottant ou coulissant ou deux pistons dans le cas d'un étrier fixe posés contre les supports des plaquettes.

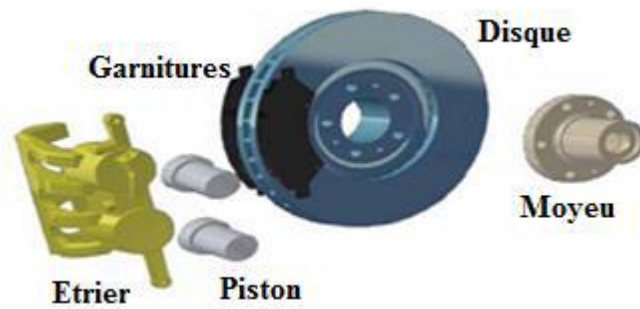


Figure 6: Les composants d'un système de freinage

2. Les composants des disques de frein :

La fonte est la matière la plus fréquemment utilisée à la fabrication des disques de frein automobile, grâce à sa grande résistance à la rouille par rapport à l'acier, sa bonne conductivité ainsi qu'elle coûte moins chère et fournit une meilleure friction pour freinage.

Ce disque est constitué d'un anneau plein avec deux pistes de frottement, d'un bol fixé sur le moyeu et sur lequel est fixée la jante et d'un raccordement entre les pistes et le bol. Les pistes de frottement sont dites extérieures quand elles se situent du côté de la jante et intérieures quand elles se situent du côté de l'essieu.

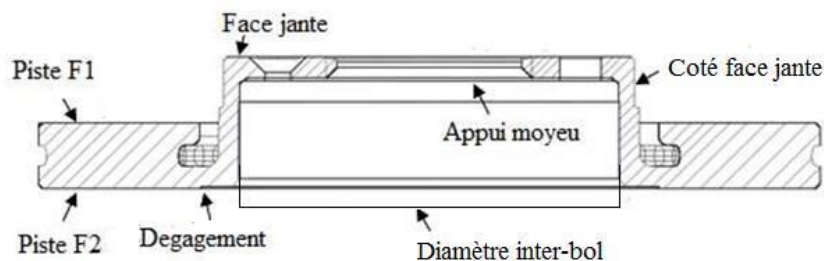


Figure 7 : Les éléments fonctionnels d'un disque de frein

Il existe deux types de disque : les disques pleins et les disques ventilés



Figure 8: Les disques de frein pleins et ventilés

3. Différence entre disques pleins et disques ventilés :

Les disques pleins de géométrie simple se composent d'une seule couronne pleine reliée à un bol qui est fixé sur le moyeu, par contre aux disques ventilés qui sont de géométrie complexe composés de deux couronnes appelés flasques. Plus qu'un disque est épais plus sa capacité d'absorption calorifique est meilleure.

Le disque ventilé est constitué de deux disques légèrement séparés par un ensemble d'entretoises permettant la circulation de l'air entre ces derniers donc le disque ventilé se refroidisse plus efficacement que son homologue plein. Les disques ventilés sont plus chers et plus lourds que les disques pleins.

4. Processus de production :

Après la réception des disques bruts en fonte grise, la production se fait en plusieurs étapes :

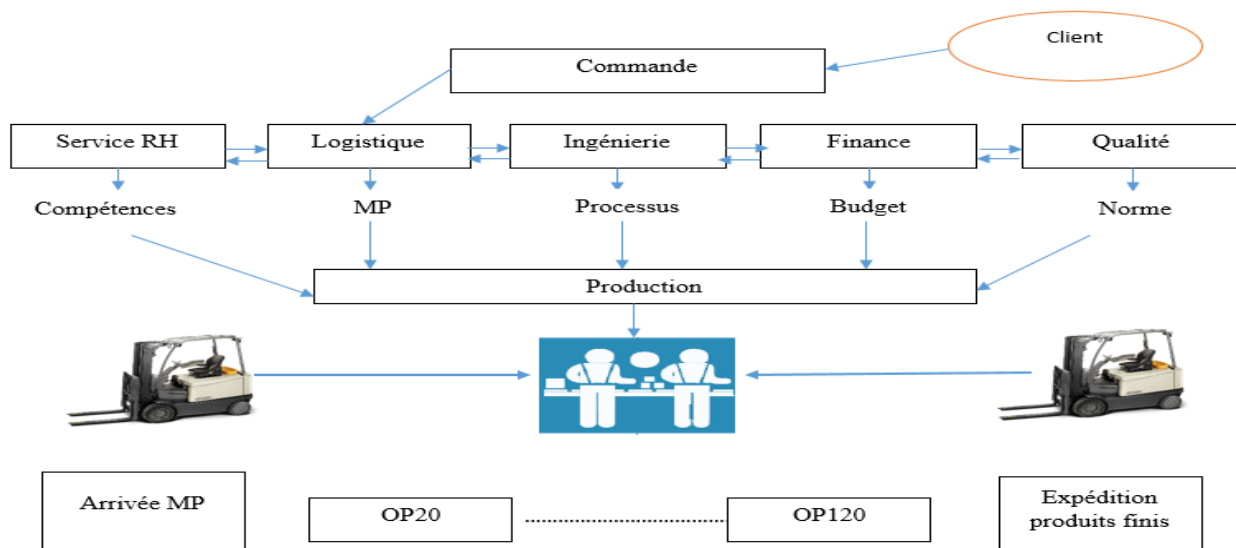


Figure 9 : Processus de production des disques de frein

Les disques bruts en fonte GL sont destinés vers la chaîne de production, dont la production se fait en plusieurs étapes :

Tout d'abord la matière est enlevée par l'usinage effectué dans 3 postes de tournage par un tour CNC :

OP20 tournage Tour CNC (broche horizontale) :

Ebauche :

- Dressage piste F1 et F2 et de la face appuie moyeu
- Alésage de diamètre centrage

Finition :

- Chanfrein piste F2 et de diamètre centrage côté face jante
- Diamètre de dégagement piste F2
- Alésage des diamètres inter bol

OP30 tournage Tour CNC (broche horizontale) :

Eb :

- Dressage piste F1 et F2
- Dressage face jante

Fi:

- Diamètre extérieur de disque et diamètre extérieur bol
- Chanfrein piste F1, bol et de diamètre centrage côté face jante

OP40 tournage Tour CNC (broche horizontale) :

C'est le dernier poste d'usinage son rôle est de respecter toutes les spécifications définies sur le dessin de définition.

Fi:

- Dressage pistes F1 et F2 et face jante et la face appuie moyeu
- Alésage de diamètre centrage

OP50 Percage :

Cette opération consiste à effectuer le perçage des quatre trous et le fraisurage des deux trous dans le disque à l'aide des forêts, les deux opérations s'exécutent en même temps, l'axe du trou est confondu avec celui du disque.



Figure 10 : Opération de perçage

OP60 Ebavurage :

Consiste à éliminer les bavures et les arêtes tranchantes à l'aide d'une ébavureuse, cette opération est effectuée manuellement par l'opérateur.

OP 70 lavage : un lavage par l'eau et un produit puis un séchage sont effectués automatiquement.

OP80 équilibrage des disques : L'équilibrage se fait par enlèvement de la matière de la surface contenant des ailettes.



Figure 11 : L'équilibrage des disques

OP90 Contrôle DIM-SM-MA & Marquage :

Dans ce poste des contrôles de parallélisme, de battement et de conicité des disques sont effectués, puis un marquage qui contient le logo d'entreprise, la date, la référence, le numéro de la pièce, l'équipe et la ligne de production.

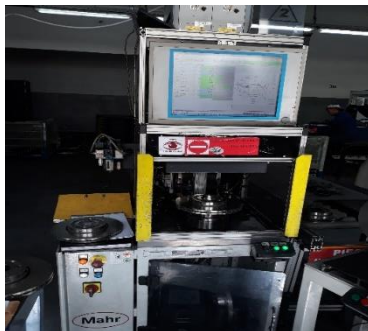


Figure 12 : Contrôle DIM et marquage des disques

OP 100 contrôle visuel 100% :

Dans ce poste l'opérateur doit vérifier la présence de tous les éléments de marquage ainsi qu'il doit assurer l'absence des bavures, des défauts de fonderie, des éclats d'usinage et la présence de toutes les opérations d'usinage et il doit effectuer un contrôle d'aspect de la pièce.



Figure 13 : Contrôle visuel 100%

OP 110 Peinture : Afin de protéger les disques de la corrosion et de la rouille.



Figure 14 : Peinture des disques

OP120 contrôle aspect à 100% et mise en caisse :

Ce poste est conçu d'effectuer un contrôle d'aspect pour vérifier l'état de peinture des disques et assurer l'absence de tous les défauts de qualité des disques avant de passer à la mise en caisse.



Figure 15 : Contrôle d'aspect et mise en caisse des disques

IV. Contexte du projet :

1. Cadre et objectif de projet :

Dans un contexte économique de plus en plus difficile, les clients demandent une réduction de prix, la concurrence est devenue de plus en plus féroce, afin de répondre alors aux exigences des clients les entreprises sont poussées à rechercher de quelques mécanismes d'amélioration de la productivité dans la ligne de production.

Mon projet de fin d'études au sein de Floquet Monopole s'inscrit dans l'amélioration continue de la ligne de production, il consiste à optimiser les temps d'exécution des différentes tâches effectuées par les opérateurs en éliminant toutes les pertes d'efficacité qui perturbent la chaîne depuis le lancement de la production jusqu'à l'expédition des produits finis.

Il est donc indispensable de faire une évaluation de flux de production en faisant des tournées, collecter des informations sur le processus et définir les enjeux et les contraintes.

Pour cette raison, la démarche DMAIC qui est utilisée dans tous les secteurs d'activité a été employée afin d'obtenir la capacité à optimiser, améliorer et stabiliser les standards de performance des processus d'une organisation.

Il existe 3 types de performance :

Performance de pilotage :

Permet de piloter l'entreprise en s'attardant principalement à évaluer sa capacité à remplir sa mission et en ajustant en permanence son comportement. Piloter tout ou une partie d'une entreprise, c'est planifier et enclencher des actions pour corriger en permanence un écart entre l'objectif visé et le résultat atteint. Les coûts, la qualité et les délais sont les critères les plus utilisés pour la construction d'un système d'indicateurs associés à l'axe « Pilotage » :

➤ Coût :

C'est le coût associé à l'utilisation des ressources disponibles de l'entreprise (humaines et matérielles) ainsi que le coût associé à l'achat et à la transformation de la matière.

➤ Qualité :

Elle est définie par la norme ISO comme étant « l'aptitude d'une entité (service ou produit) à satisfaire les besoins exprimés des utilisateurs ». Une amélioration de la qualité passe par une amélioration du fonctionnement interne de l'entreprise et nécessite de repérer ainsi que de limiter les dysfonctionnements.

➤ Délai :

C'est la durée nécessaire pour qu'une entité répond à un besoin exprimé.

La performance d'adaptation :

C'est la capacité d'une entreprise à s'adapter et à réagir rapidement et efficacement face à des perturbations inattendues. Les deux critères utilisés pour la construction d'un système d'indicateurs associé à ce type de performance sont la réactivité et la proactivité :

➤ Réactivité :

C'est la capacité de l'entreprise à répondre très vite à des besoins en produits de plus en plus variés de même qu'à un marché mondial fortement concurrentiel.

➤ Proactivité :

C'est la capacité de l'entreprise à influencer l'évolution du marché, en introduisant de nouveaux produits avant les autres entreprises concurrentes.

La performance d'anticipation :

C'est la capacité d'une entreprise à faire face à des perturbations prévues. Les quatre critères utilisés pour la construction d'un système d'indicateurs associé à ce type de performance sont la flexibilité, la standardisation, la redondance et l'innovation :

➤ Flexibilité :

C'est la capacité d'une entreprise à réagir face à des situations et à des perturbations probables.

➤ Standardisation :

Elle facilite la gestion des perturbations et des situations de crise prévues. Le critère de performance correspondant va permettre de suivre tout au long du processus de changement, l'évolution de la capacité de l'entreprise à respecter des normalisations au niveau de ses produits, procédés, processus, etc.../

➤ L'innovation :

C'est la capacité à apporter des nouvelles solutions ou à améliorer une solution existante pour être compétitif.

2. Etapes de déroulement de projet :

Après avoir assimilé la tâche donnée, j'ai appliqué dans la mise en place d'une méthodologie de travail présentée comme suivant :

- ✓ Observation détaillée des lignes de production afin d'avoir une idée sur le déroulement de travail en effectuant un suivi de la pièce depuis sa lancement jusqu'à l'expédition.
- ✓ Collecter les informations et regrouper les données qui vont m'aider à choisir la chaîne la plus sollicitée pour la mise en place des actions d'amélioration de la productivité.
- ✓ Etudier la possibilité de réalisation de sujet proposé.
- ✓ La mise en place de plan d'actions et chiffrage des gains.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté la société d'accueil avec ses différents services, puis on a identifié les différentes étapes de production des disques de frein et par la suite j'ai défini le cadre de mon projet, son objectif et les étapes suivies pour sa réalisation. L'objectif du chapitre suivant est de diagnostiquer l'état actuel de la ligne de production en appliquant la démarche DMAIC.

Chapitre 2 :

Diagnostic de l'existant

Avant de se lancer au plan d'amélioration, il convient d'abord de faire un diagnostic de l'état actuel de la ligne de production, dans ce cadre on va consacrer ce chapitre à l'application de la démarche DMAIC. Dans un premier temps on va analyser le processus de production en utilisant une analyse de déroulement, ainsi que l'outil VSM. Par la suite on va identifier les gaspillages et élaborer un plan d'amélioration pour éliminer les gaspillages détectés.

I. Démarche DMAIC :

La méthode DMAIC (Define Measure Analyse Improve Control) est une méthode de résolution de problème utilisée dans le cadre de projets Lean six sigma, Elle repose sur une démarche structurée en 5 étapes que voici :

Définir : cette étape consiste à définir le projet, son étendue, ses gains opérationnels et financiers, l'équipe projet, le planning : ces informations constituent la charte projet validée par le sponsor, le responsable du processus et le contrôleur de gestion, La voie du client permet de définir et de quantifier les attentes des clients : ces valeurs seront les données de sortie du processus à améliorer.

Parmis les outils déployés dans cette phase :

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

Mesurer : il s'agit dans cette deuxième étape de collecter les informations disponibles à propos de la situation courante. Ces données collectées seront rassemblées et catégorisées, à la fin de cette phase on essaye de regrouper les problèmes détectés.

Parmis les outils utilisés pendant cette phase : Value Stream Mapp VSM qui est un outil de la démarche DMAIC et qui permet de dévoiler les failles de processus.

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

Les outils les plus utilisés sont :

Diagramme Pareto : qui permet de classer les phénomènes par ordre d'importance.

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

Les 5 pourquoi c'est un outil qui aide à identifier les causes racines d'un problème en répondant aux questions.

Améliorer : la phase de l'amélioration consiste à rechercher, proposer et faire appliquer des solutions adaptées pour chaque situation. Il s'agit de trouver une ou plusieurs solutions appropriées pour chacune des causes des défauts.

Les méthodes utilisées dans cette étape sont :

Les 5s : cette méthode permet de nettoyer et organiser un espace pour un travail efficace.

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

II. Définition des mudas :

1. Familles de gaspillages :

Taïchi Ohno, père fondateur du Système de Production Toyota, a défini 3 familles de gaspillages :

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

2. Définition muda :

Le terme de **Muda** signifie gaspillage, perturbation. Il désigne tout ce qui est réalisé sans apporter de valeur au client et ne contribue donc pas à l'objectif satisfaire le client. Si les Mudas ont une connotation industrielle, on les trouve tout aussi facilement dans les processus administratifs ou les services.

3. Les 7 gaspillages : en fait il y'en a 8 !

3.1 Surproduction :

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

La mère de tous les autres... Naturellement, historiquement, quand on peut produire, que tout va bien on produit. Décider d'arrêter ou freiner est difficile, le flux se remplit, on stocke puis on attend...

3.2 Surstockage ou Stocks Inutiles :

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

3.3 Transports et Déplacements Inutiles :

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

- Risque de dégradation.

3.4 Traitements Inutiles ou Surprocessing :

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

3.5 Mouvements Inutiles :

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

3.6 Erreurs, Défauts et Rebuts :

- Défauts qui nécessitent une retouche, un contrôle supplémentaire, une mise au rebut, une insatisfaction du client...
- Retour client
- Perte de temps, d'argent et risque de ne pas pouvoir fournir le client
- Perte de crédibilité.

3.7 Temps d'Attente :

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

3.8 Sous-Utilisation des Compétences :

On ajoute aux 7 gaspillages, un 8ème gaspillage :

La sous-utilisation des compétences :

Un manque de formation, un management rigide et autoritaire, peu de motivation, de reconnaissance et d'implication entraînent une sous-utilisation des compétences des employés.



Figure 16: Les types de gaspillage

III. Notions sur le VSM :

Le VSM s'inscrit dans la démarche DMAIC, la réalisation de la carte VSM n'est qu'une étape pour visualiser le flux de production actuel.

Le VSM est un outil pour enregistrer un état actuel (Mapping) et concevoir un état futur (Design) des flux de matière et d'information au niveau global.

Le Value Stream a son propre vocabulaire :

✚ Cartographeur :

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

✚ Flux :

Un flux parcourt des tâches successives d'un point de départ jusqu'à son point d'arrivée. Le concept Toyota a identifié 3 types de flux :

- Flux physique des matières,
- Flux d'information,
- Flux des personnes / processus.

✚ Valeur :

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

1. Les informations nécessaires à le VSM :

L'idée de base du VSM est de faire la cartographie du processus, puis d'y ajouter le flux d'informations qui permet à ce processus de fonctionner. Autrement dit, il s'agit de suivre un produit ou une prestation tout au long du processus et de le documenter, en récupérant des informations fiables, telles que :

- ✓ Quelles sont les tâches exécutées
- ✓ La nature et les quantités d'informations échangées
- ✓ Quels sont les temps de cycles, les durées de changement de série, les lead times, les temps d'attentes
- ✓ Les tailles de lot, les stocks et en-cours
- ✓ La performance vs sous-performance des processus
- ✓ Taux de qualité vs non-qualité
- ✓ La ressource humaine affectée, sa productivité, l'absentéisme

2. Les temps à calculé :

Temps cycle TC : le temps écoulé entre la sortie du processus du premier puis du second produit.

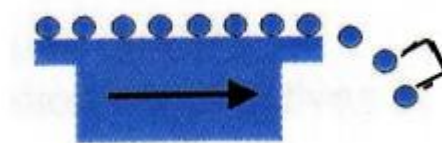


Figure 17 : Schéma du temps de cycle

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

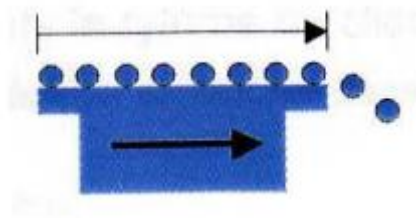


Figure 18 : Schéma du lead time LD

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

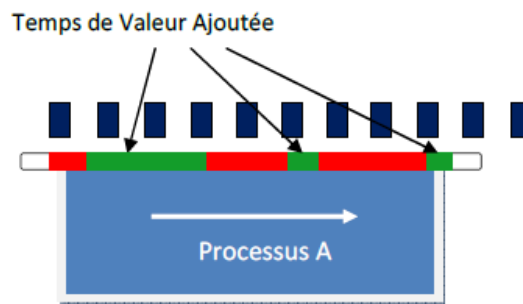


Figure 19 : Schéma du temps de valeur ajoutée

3. Les étapes de construction de VSM :

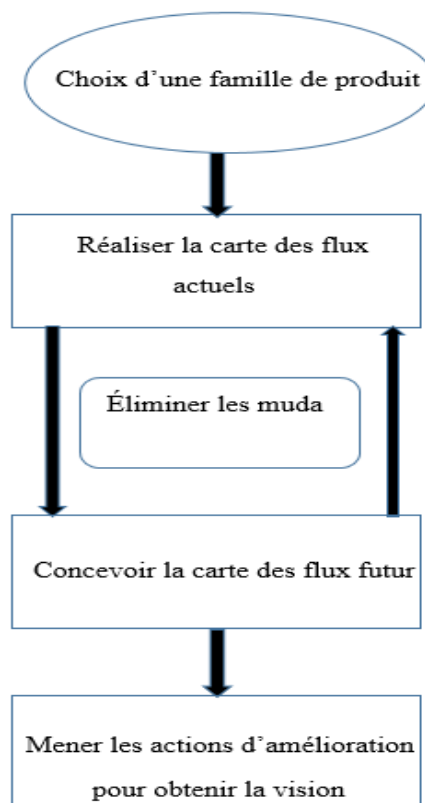


Figure 20 : Les étapes de construction de la carte VSM

IV. Application de la démarche DMAIC :

1. Définition de la problématique :

La société Floquet Monopole fabrique un seul produit de différents types, dont 50% des disques ventilés de diamètre 258mm, 30% des disques pleins et 20% des disques ventilés de diamètre 280mm. Il faut donc se focaliser sur un des trois types, le choix de la ligne de production la plus sollicitée va être basé sur le critère de la productivité. La productivité de travail est une mesure de l'efficacité productive de travail.

Certaines entreprises choisissent de baser leurs calculs de productivité en termes d'argent, tandis que d'autres choisissent de mesurer la quantité des biens produits, pour la société Floquet Monopole elle se base dans le calcul de la productivité sur la mesure de la quantité des biens produits, Par conséquent, il s'agit du rapport suivant :

$$\text{Productivité du travail} = \frac{\text{Quantité produite}}{\text{Quantité de travail utilisé}}$$

En se basant sur un historique d'une année, on a obtenu une productivité mensuelle en divisant les productivités journalières par le nombre des jours d'ouverture « 26 jours », comme suivant :

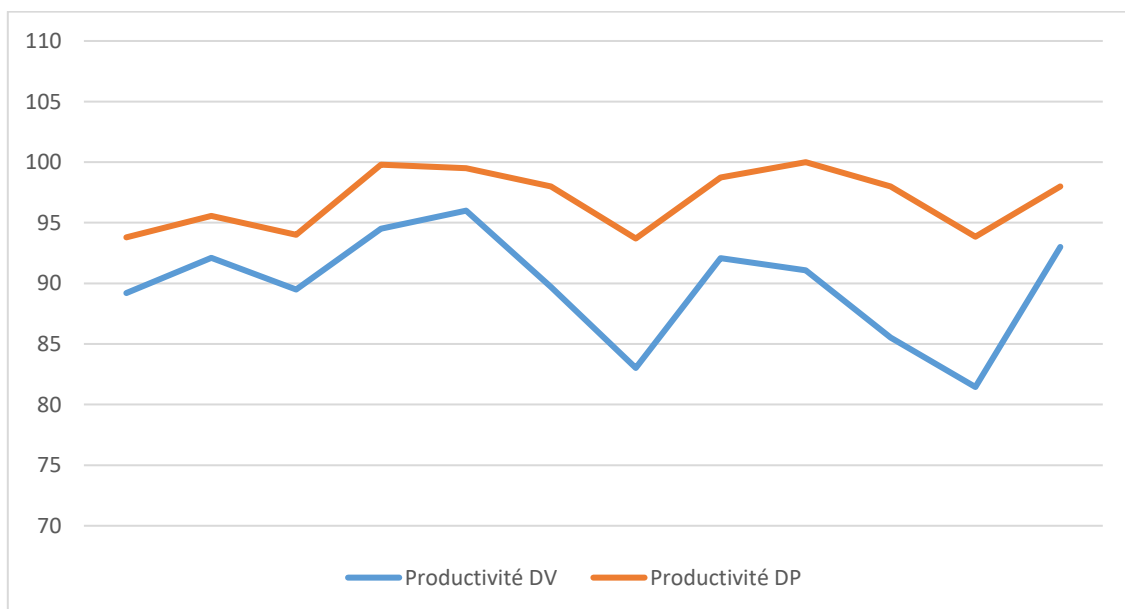


Figure 21 : Courbes représentant la productivité de DP et DV

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

La méthode QQQCCP est aussi appelée la méthode de questionnement chacune des lettres correspondant respectivement aux questions : Qui ? Quand ? Où ? Quoi ? Comment ? Combien ? Pourquoi ?, Ce sont des questions ouvertes qui nécessitent une forme de réponse développée, que ce soit par une phrase courte ou longue, et on ne peut pas répondre par oui ou non comme les questions fermées.

Cette méthode apporte des informations qui permettent de mieux connaître, définir et clarifier une situation car elle explore toutes les dimensions sous différents angles, cette méthode est un bon point départ pour poser un diagnostic sur un projet pour l'analyser.

Qui ?

Cette question permet de déterminer les parties prenantes engagée.

Quand ?

Cette question cherche à bien situer les choses dans le temps.

Où ?

La question « Où ? » cherche à bien situer les choses dans l'espace.

Quoi ?

La question « quoi ? » permet de mettre le focus sur un point précis.

Comment ?

La question « comment ? » cherche à dresser un tableau, avec une méthode, des étapes, des manières de procéder.

Combien ?

Cette question expose le besoin de connaître un nombre ou une valeur.

Pourquoi ?

Cette question permet d'aller chercher les informations qui vont expliquer les causes, les raisons.

Qui	L'équipe de production
Quand	Pendant la période de stage
Où	Sur des différents postes des lignes de production des disques ventilés
Quoi	Des retards de production, des rebuts, ...
Comment	Quantité demandée n'est pas atteinte
Combien	Entre 5 et 25 défauts chaque jour Un retard d'une heure ou plus pour réglage des machines
Pourquoi	Déséquilibre entre les postes...

Tableau 1 : Outil QQQQCP






2. Mesure de la performance de l'état actuel de processus :






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

Pour la même quantité demandée, on remarque que la productivité des disques pleins est plus élevée que celle des disques ventilés ce qui nécessite de faire une étude sur la chaîne des disques ventilés afin d'effectuer une amélioration continue permettant d'augmenter la productivité et d'éliminer les sources de gaspillages détectés sur la chaîne de production.

2.1 Analyse de déroulement :

Le flux de production peut être schématisé par plusieurs outils et méthodes, par conséquent on utilise une analyse de déroulement de processus elle est plus détaillée et permet d'identifier d'une manière exhaustive les différentes étapes de réalisation du processus, elle est standardisée par l'utilisation des symboles suivants pour qualifier les étapes constitutives du processus :

				
Opération VA	Transport	Contrôle	Attente	Stockage et déstockage

					Distance	Temps	Quantité	Poids	Déroulement
●				●					Sortie magasin
	●				6m	0,10h	800p	5600kg	Vers atelier production
		●		●		0,017/p	100p/h		OP 20 : Alésage, dressage et chanfrein des pistes et face appuie moyeu
	●				1,5m	0.01h			Vers OP 30
		●		●		0,016h/p	100p/h		OP 30 : Dressage, chanfrein des pistes et de la face jante
	●				1,5m	0.01h			Vers OP 40
		●		●		0,016h/p	100p/h		OP 40 : Dressage des pistes F1 et F2, face appuie et face jante
	●				1,5m	0.04h			Vers perçage
		●		●		0,010/p	100p/h		OP 50 : Perçage
	●				0,5m	0.001h			Vers ébavurage
		●		●		0,005h	100p/h		OP 60 : Ebavurage
	●					0.008h			Vers lavage des disques
		●				0.10h	100p/h		OP70 : Lavage
	●				1,5m	0.01h			Vers l'équilibrage
		●		●		0,01h/p	100p/h		OP80 : Equilibrage des disques
	●								Vers contrôle DIM et marquage

		●		●	1,5m	0,013h/p	100p/h		OP90 : Contrôle marquage
	●				1,5m	0.01h			Vers contrôle visuel
		●		●		0,006h/p	800p		OP100 : Contrôle visuel
	●				5m	0.09h			Vers peinture
		●				0,004h/p			OP110 : Peinture
	●				2m	0.018h			Vers contrôle
				●		0,013h/p	800p		OP120 : Contrôle aspect
		●					2400p		Mise en caisse
	●				7m	0.63h			Chargement au camion
1	12	11	0	9	31m				

2.2 Schématisation de flux par la VSM :

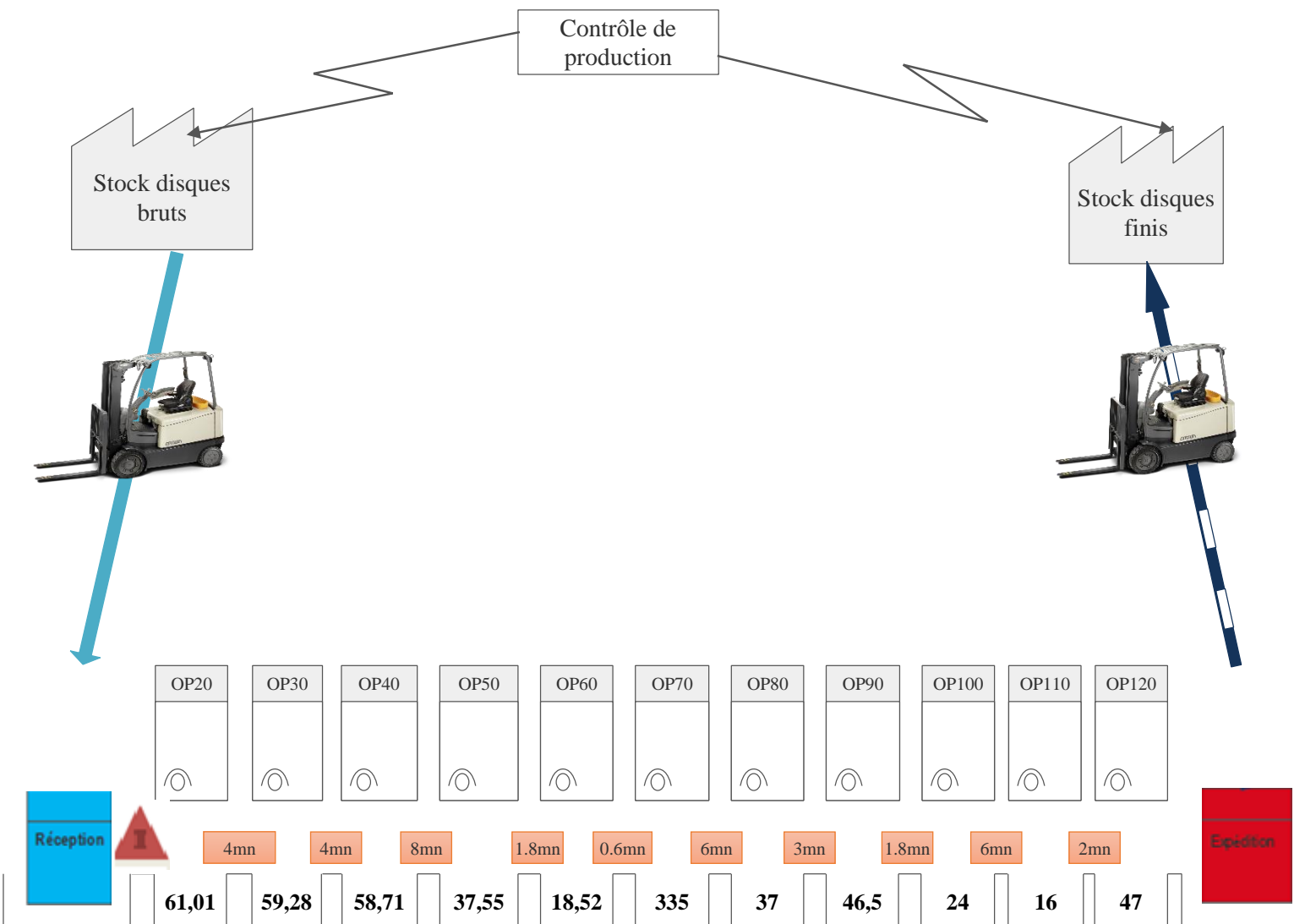


Figure 22 : Diagramme de la VSM de l'état actuel

3. Analyse du processus :

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

3.1 Diagramme ISHIKAWA :

Le diagramme cause effets, ou diagramme en arêtes de poisson ou encore 5M, c'est un outil de visualisation synthétique et de communication des causes identifiées, qui représente les causes

aboutissant à un effet, Il peut être utilisé dans le cadre de recherche de cause d'un problème ou d'identification et gestion des risques lors de la mise en place d'un projet.

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

Matière : Les matériaux utilisés, généralement les entrées d'un processus.

Milieu : L'environnement, le contexte...

Main d'œuvre : Les interventions humaines

Méthodes : Le processus, le mode opératoire

Matériels : Les machines, les logiciels...

Les principales étapes pour tracer le diagramme ISHIKAWA :

- Etape 1 : identifier le problème en termes d'effet,
- Etape 2 : lister les causes (à mettre en œuvre avec la méthode des 5 pourquoi ?).
- Etape 3 : tracer l'arête de poisson,
- Etape 4 : faire le tri, regrouper les causes équivalentes,
- Etape 5 : classer les causes suivant les 5 M : méthode - milieu - machine - main d'œuvre- matières premières,
- Etape 6 : tracer le diagramme (arête de poisson).

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

Matière :

- Le manque de traitement thermique des disques bruts pendant la phase du moulage provoquent une déformation des disques pendant l'usinage et l'usure des plaquettes d'outils, ce qui entraîne un arrêt de production.
- Empilement des disques bruts ce qui entraîne des défauts de qualité.
- Attente arrivée de la matière première.
- Stock en cours élevé (semi fini).

Méthodes :

- 5s non respecté : Désordre dans l'emplacement des outils
- Déséquilibre entre les postes
- Un opérateur s'occupe de plusieurs tâches au même temps
- Pas de cartes de solutions à la disposition des opérateurs contenant des suggestions pour effectuer le réglage de programme des machines
- Manque des indicateurs sur chaque poste de la quantité à produire

- Manque de contrôle des disques sur chaque poste
- Donner le feu vert au cours de la production ce qui provoque un retard de production
- Retouches et répétition d'usinage
- La main d'œuvre n'est pas formé sur les machines.

Matériels :

- Coupure d'électricité.
- Problème de réglages pour certaines machines.
- Fréquents arrêts de production.
- Manque de moyens de contrôle de qualité dans quelques postes.

Main d'œuvre :

- Mauvaises habitudes de travail : les déplacements inutiles, un opérateur travaille dans 3 postes pour couvrir l'absence d'un autre ou pour travailler la quantité demandée en moins du temps, un opérateur doit effectuer un contrôle 1 sur 5 des disques mais il ne le fait pas ce qui augmente la quantité des pièces non conformes.
- Gestes inutiles : beaucoup de transfert entre les postes : tâches inutiles, le fait de chercher les moyens de contrôle : tampons, les montages contrôle dans les autres lignes.
- Les opérateurs n'ont pas les mêmes compétences pour réparer ou régler les machines.
- Retard des opérateurs à cause du transport.
- Lenteurs remarquables dans l'exécution des tâches dans quelques postes.
- Erreurs d'inattention.

Milieu :

- Trop de poussière à l'atelier due au soufflage des coupeaux.
- L'odeur de peinture a des effets néfastes sur les opérateurs.
- Espace de travail étroit et mal organisé.

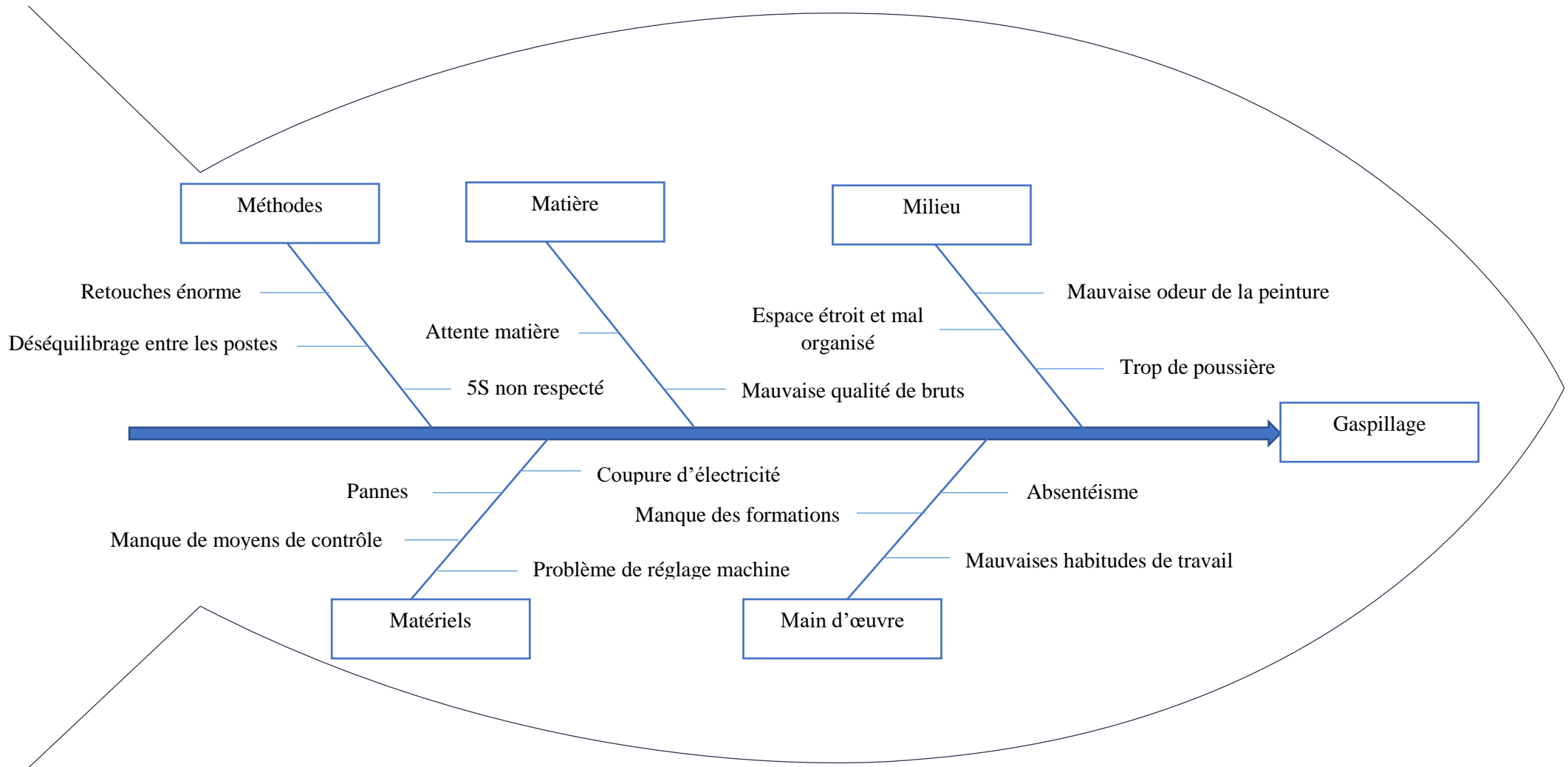


Figure 23 : Analyse VSM par diagramme ISHIKAWA

3.2 Diagramme de Pareto :

Le diagramme Pareto représente l'importance de différentes causes d'un phénomène. Ce diagramme 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.

Ce diagramme se présente sous la forme d'une série de colonnes triées par ordre décroissant. Elles sont généralement accompagnées d'une courbe des valeurs cumulées de toutes les colonnes.

Il sera utile d'analyser la fréquence d'apparition des formes de gaspillages citées précédemment, pour déterminer sur quels problèmes il faut agir en priorité, afin d'améliorer de façon significative la situation.

Pour effectuer cette analyse, on choisit de travailler sur un historique de 6 mois, en calculant la fréquence d'apparition pour chaque forme de gaspillage.

En effet après la collecte des données nécessaires à l'analyse, j'ai suivi les étapes suivantes :

- Déterminer la fréquence d'apparition de chaque gaspillage.
- Classer les formes de gaspillage par la fréquence d'apparition en ordre décroissant et calcul de cumulé.
- Calcul de fréquence cumulé pour chaque forme de gaspillage.

	Causes	Fréquence	Cumulé	%	% cumulé
1	Enorme volume des stocks en cours	83	83	24,27%	24,27%
2	Attente pour réglage machines	65	148	19%	43,27%
3	Défauts de qualité	57	205	16,67%	59,94%
4	Mauvaises habitudes de travail	49	254	14,33%	74,27%
5	Arrêts des machines	37	291	10,82%	85,09%
6	Attente opérateur	21	312	6,14%	91,23%
7	Attente matière	15	327	4,39%	95,62%
8	Mauvaise qualité de bruts	7	334	2,05%	97,67%
9	Changement de références	5	339	1,46%	99,13%
10	Réunion	3	342	0,87%	100%
	Totale	342			

Tableau 2 : Les gaspillages et leurs fréquences d'apparition

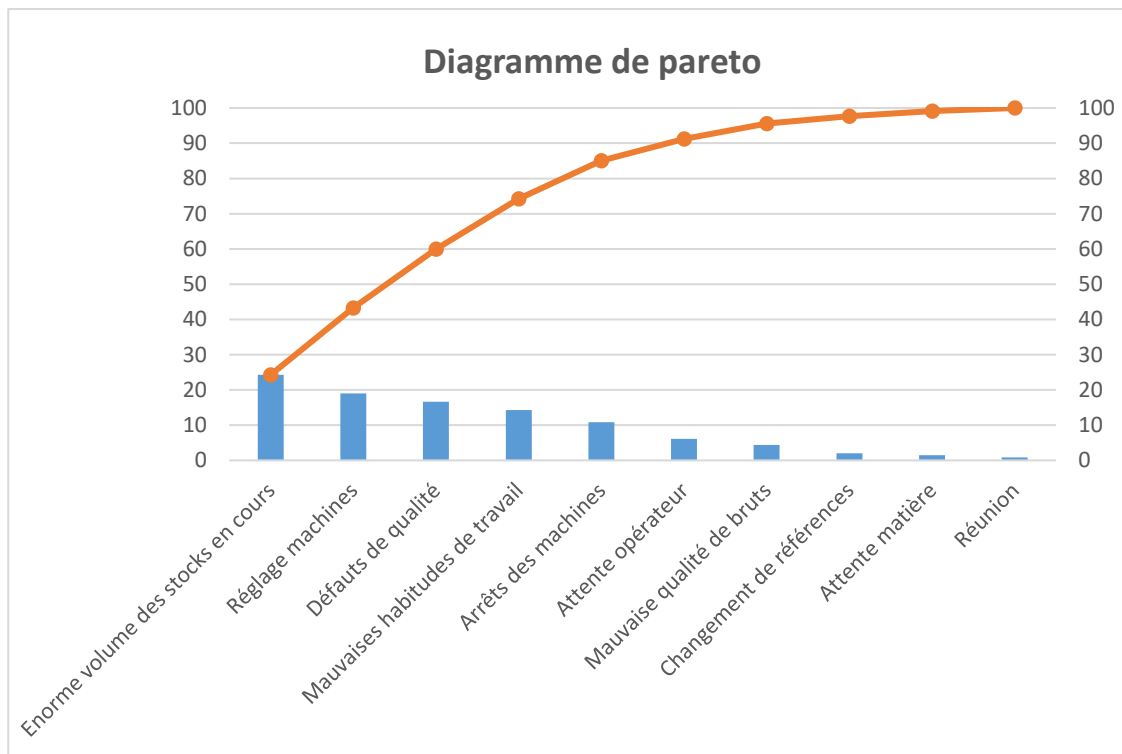


Figure 24 : Diagramme Pareto représentant les formes de gaspillages

D'après ce diagramme, on constate que les formes de gaspillages les plus fréquentes sont :

- Enorme volume des stocks en cours
- Réglage machines
- Défauts de qualité

Donc il est important d'examiner et de s'attaquer à l'élimination de ces gaspillages.

Le détail de ces actions d'amélioration fera l'objet des chapitres suivants.

Conclusion :

Au début de ce chapitre, on a commencé par une définition de la problématique en utilisant la méthode QQQQCP, puis on a effectué le choix de la ligne la plus sollicitée en se basant sur le critère de la productivité. Par la suite une analyse de déroulement et un VSM ont été effectués, pour donner une visualisation sur le flux et dévoiler les pertes. Après l'identification des différentes causes des pertes via l'outil ISHIKAWA, on a utilisé un diagramme de Pareto afin de mettre le point sur les anomalies les plus pénalisantes de la production qui sont : le déséquilibre entre les postes de travail, l'attente pour le réglage de la machine, la non-qualité et les mauvaises habitudes de travail.

Chapitre 3 :

Equilibrage des postes de travail

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

I. Notions sur la méthode Takt Time :

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

1. Définition de la méthode Takt Time :

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

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

- La méthode implique peu de contrainte.
- La démarche étant volontaire, elle est plus dynamique.
- Elle devient un challenge pour tous, car elle est une somme d'actions individuelles pour un projet commun.

2. Intérêt de la méthode Takt Time :

Le Takt Time est une composante du flux tendu par lequel on évite **les muda de surproduction** entre autres. Il sert de cadence de référence pour le dimensionnement des ressources et les actions d'amélioration.

Le Takt Time représente la cadence idéale théorique pour se synchroniser sur la demande moyenne. L'idée est de produire une unité chaque fois qu'une unité est commandée.

3. Utilisation de la méthode Takt Time :

La méthode Takt Time se fait selon les étapes suivantes :

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

4. Les avantages de la méthode Takt Time :

La méthode présente des intérêts évidents :

- Simple à appliquer
- Focalise l'énergie collective sur des objectifs majeurs
- Permet de mieux connaître la réalité du terrain
- Développe la créativité, la communication
- Permet la découverte de nouveaux enjeux
- Aide à vivre les changements dus à l'évolution de l'économie et de l'environnement.

II. Application de la méthode Takt Time :

Pour que les résultats soient valables il faut que le chronométrage se déroule selon la manière suivante :

- La préparation de l'étude des temps.
- L'exécution de l'étude des temps.
- L'analyse des temps et proposition d'amélioration.

La préparation de l'étude des temps :

Cette phase consiste à :

- Rassembler les données
- Contacter les opérateurs
- Vérifier les conditions d'exécution de travail

Le calcul des temps d'exécution se fait avec une attention particulière, car ce calcul est très important pour l'opérateur et l'entreprise et il influe sur le résultat d'équilibrage.

1. La préparation de l'étude des temps :

Avant d'effectuer le calcul des temps cycles de chaque poste de la ligne de production, il faut exprimer en détail les opérations effectuées dans chaque poste, ces opérations sont définies dans les tableaux suivants :

Pour le premier poste OP20 :

Les opérations effectuées	Outils
Chanfrein piste F2 (Fi)	Outil coudé à chariotier
Dressage piste F2(Eb)	Outil à dresser
Diamètre dégagement piste F2 (Fi)	Outil à dresser
Alésage diamètre inter bol(Fi)	Outil à aléser
Dressage face appuie moyeu(Eb)	Outil à dresser
Chanfrein diamètre centrage côté face appuie moyeu(Fi)	Outil coudé à chariotier
Alésage diamètre centrage(Eb)	Outil à aléser

Tableau 3 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP20

Pour le poste OP30 :

Les opérations effectuées	Outils
Chanfrein de face 1(Fi)	Outil coudé à charioter
Dressage de face 1(Eb)	Outil à dresser
Diamètre extérieur bol(Fi)	Outil à dresser
Chanfrein bol(Fi)	Outil coudé à charioter
Dressage face jante(Eb)	Outil à dresser
Dressage dégagement de marquage côté face jante(Fi)	Outil à dresser
Chanfrein diamètre centrage côté face jante	Outil coudé à charioter

Tableau 4 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP30

Pour le premier poste OP40 : Consiste à effectuer la finition de certaines surfaces

Les opérations effectuées	Outils
Dressage de F1 et F2(Fi)	Outil à dresser
Dressage face jante(Fi)	Outil à dresser
Dressage face appui moyeu(Fi)	Outil à dresser
Alésage diamètre centrage(Fi)	Outil à aléser

Tableau 5 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP40

Poste de perçage OP50 :

Les opérations effectuées	Outils
Perçage des 4 trous	Foret
Perçage et fraisage des 2 trous	Foret étagé

Tableau 6 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP50

Poste d'ébavurage OP60 :

Les opérations effectuées	Outils
Ebavurage des trous	Foret d'ébavurage

Tableau 7: Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP60

Poste d'ébavurage OP80 :

Les opérations effectuées	Outils
Mesure du poids des disques	Balance
Equilibrage des disques	Outil de fraisage

Tableau 8 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP80

Contrôle DIM-SM-MA OP90 :

Les opérations effectuées	Outils
Contrôle de la pièce	Les palpeurs
Marquage	Outil de marquage

Tableau 9 : Caractéristiques à effectuer et outils utilisés dans le poste OP90

2. L'exécution des temps :

Pour calculer les temps de production pour chaque poste j'ai utilisé la méthode de chronométrage, c'est l'action de chronométrer les durées des opérations effectuées par les ouvriers afin de comparer le temps cycle obtenu avec le takt time défini par la suite.

Puisque la mesure du temps d'exécution de travail globale est insuffisante pour effectuer une étude des temps, on divise l'opération réalisée par un poste en éléments bien déterminés, cela permet de distinguer les temps productifs et les temps improductifs pour chaque poste.

Le temps d'exécution se décompose en trois temps :

Le temps technique T_t : Temps de travail dont la durée dépend uniquement des conditions technologiques d'exécution, la machine travaille sans intervention de l'opérateur comprend le temps de coupe, temps de changement de vitesse et d'outil.

Le temps humain T_m : Temps correspondant à un travail humain physique ou mental dépendant uniquement de l'action de l'opérateur, dans ce cas c'est le temps pour effectuer le soufflage des coupeaux pour nettoyer le montage, le montage et le démontage des disques

Temps masqué T_z : Temps d'un travail accompli pendant l'exécution d'un autre travail dont le temps n'est pas pris en compte, et dans ce cas c'est le temps effectué pour exécuter le contrôle de la pièce à fabriquer.

Les temps d'exécution sont représentés dans des tableaux (les annexes), comme suivant :

Etude de phase		Pièce : disque de frein Poste : OP20 tour CNC		
Les opérations effectuées au poste OP20		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter le disque		5	
2	Fermeture de capotage		2	
3	Appuyez sur le départ cycle		2	
4	Serrage de la pièce	2		
5	Mise en rotation de la broche	2		
6	Approche d'outil 1 et avance rapide	2		
7	Usinage par T1	8,71		
8	Recul T1 et changement d'outil	2		
9	Approche T2 et avance rapide	2		
10	Usinage par T2	4		
11	Recul de T2 et changement d'outil	2		
11	Approche d'outil T3 et avance rapide	2		
12	Usinage par T3	9,3		
13	Recul rapide T3	2		
14	Arrêt rotation de la broche	2		
15	Desserrage de la pièce	2		
16	Ouverture de capotage		2	
17	Démonter la pièce		2	
18	Poser la pièce		2	
19	Nettoyage de montage		4	
20	Contrôle			20
	Totaux	42,01	19	20
	Temps cycle (s)	61,01		

Tableau 10 : Temps cycle de poste OP20

Etude de phase		Pièce : disque de frein Poste : OP30 tour CNC		
Les opérations effectuées au poste OP30		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter le disque		5	
2	Fermeture de capotage		2	
3	Appuyez sur le départ cycle		2	
4	Serrage de la pièce	2		
5	Mise en rotation de la broche	2		
6	Approche d'outil T1 et avance rapide	2		
7	Usinage avec T1	14,77		
8	Recul T1 et changement d'outil	2		
9	Approche T2 et avance rapide	2		
10	Usinage avec T2	9,51		
11	Recul T2	2		
11	Arrêt rotation de la broche	2		
12	Desserrage de la pièce	2		
13	Ouverture de capotage		2	
14	Démonter la pièce		2	
15	Poser la pièce		2	
16	Nettoyer le montage		4	
17	Contrôle			20
	Totaux	40,28	19	
	Temps cycle(s)	59,28		

Tableau 11 : Temps cycle de poste OP30

Etude de phase		Pièce : disque de frein Poste : OP40 tour CNC		
Les opérations effectuées au poste OP40		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter le disque		5	
2	Fermeture de capotage		2	
3	Appuyez sur le départ cycle		2	
4	Serrage de la pièce	2		
5	Mise en rotation de la broche	2		
6	Approche d'outil 1 et avance rapide	2		
7	Usinage par T1	6,71		
8	Recul T1 et changement d'outil	2		
9	Approche T2 et avance rapide	2		
10	Usinage par T2	7,69		
11	Recul de T2 et changement d'outil	2		
11	Approche d'outil T3 et avance rapide	2		
12	Usinage par T3	5,31		
13	Recul rapide T3	2		
14	Arrêt rotation de la broche	2		
15	Desserrage de la pièce	2		
16	Ouverture de capotage		2	
17	Démonter la pièce		2	
18	Poser la pièce		2	
19	Nettoyage de montage		4	
20	Contrôle			20
	Totaux	39,71	19	20
	Temps cycle (s)	58,71		

Tableau 12 : Temps cycle de poste OP40

Etude de phase		Pièce : Disque de frein Poste : OP50 Perceuse		
Les opérations effectuées au poste OP50		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter le disque		5	
2	Appuyez sur le départ cycle		2	
3	Descente de la broche	4		
4	Perçage	12,55		
5	Recul des forets	4		
6	Démontage		3	
7	Poser la pièce		2	
8	Nettoyage de montage		4	
9	Contrôle			20
Totaux		20,55	14	
Temps cycle de perçage (s)		34,55		

Tableau 13 : Temps cycle de poste OP50

Etude de phase		Pièce : Disque de frein Poste : OP60 Ebavureuse		
Les opérations effectuées au poste OP60		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter le disque		4	
2	Ebavurage		6,52	
3	Arrêt		2	
4	Démonter le disque		2	
5	Poser le disque		2	
6	Nettoyer le montage		2	
7	Contrôle			20
Totaux			18,52	
Temps cycle(s)		18,52		

Tableau 14 : Temps cycle de poste OP60

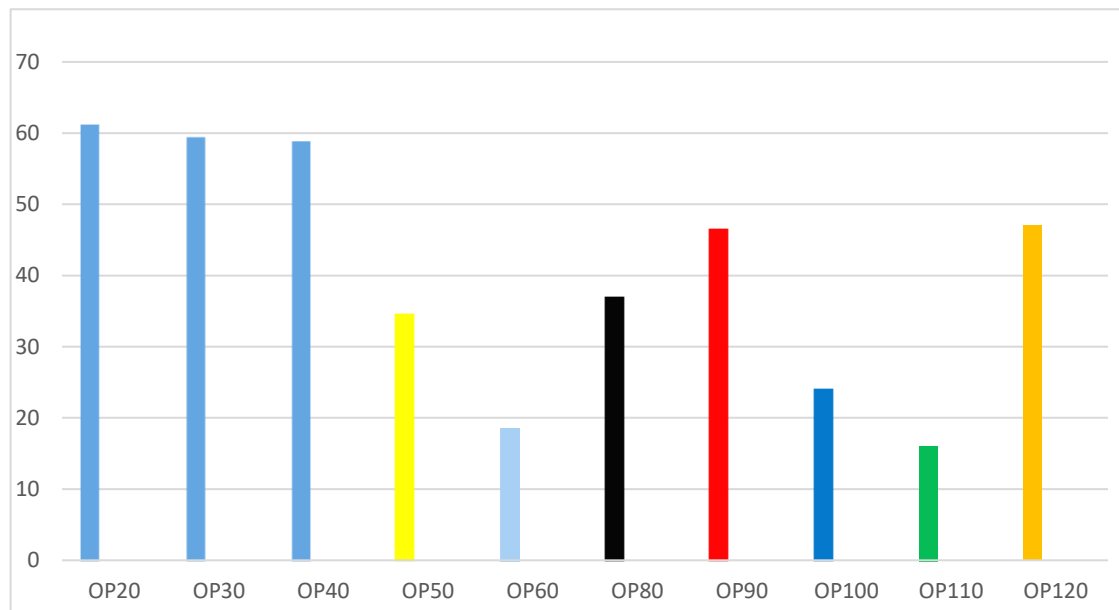


Figure 25 : Diagramme des temps cycles

On remarque qu'il y a un déséquilibre entre les postes de production car le temps cycle varie d'un poste à l'autre.

3. Analyse des temps et proposition d'amélioration :

3.1 Analyse des temps :

Le temps cycle :

Le temps cycle de chaque poste est défini par le biais des tables précédentes, ces valeurs sont considérées comme référence dans la gamme de fabrication.

Si le temps cycle varie d'un poste à l'autre on dit que la chaîne est mal équilibrée.

La cadence :

La chaîne de production est composée de 11 postes nécessite 10 opérateurs directs et 2 opérateurs polyvalents et 3 opérateurs indirects dont le technicien et un régleur et le chef de production.

La demande client en produits/unité de temps : 2400/jour c'est-à-dire 800 pièces/shift.

Le rendement global est $R = 90\%$ (10 pièces défectueuses sur 100).

Le Takt Time (TT) :

Le takt Time (TT) est la maille de temps unitaire disponible pour accomplir une tâche selon la demande client, c'est le rythme sur lequel il faut se caler pour se mettre en phase avec la demande, il se définit par la relation suivante :

$$TT = \frac{\text{Temps de production}}{\text{Quantité demandée}}$$

Le temps d'ouverture est de 480min, sachant que chaque équipe travaille 7h30min par jour le temps de production TP est de 450 min donc :

$$= \frac{450 \cdot 60}{800}$$

$$= 33,75s$$

En visualisant sur la figure suivante les temps cycles par rapport au takt time :

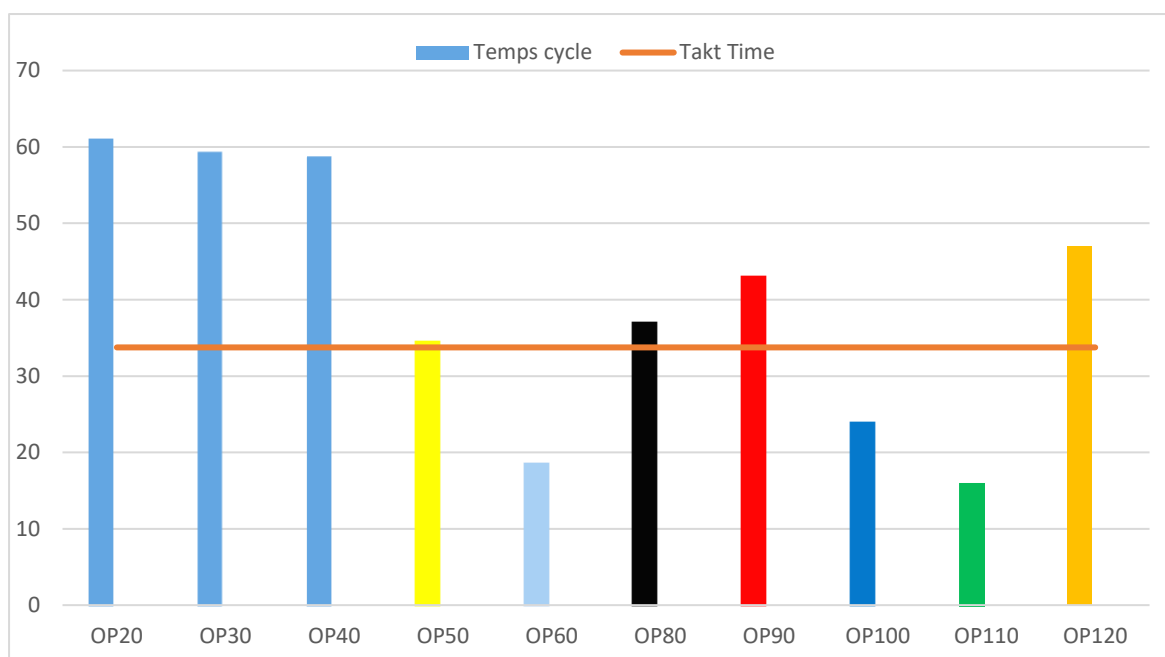


Figure 26 : Temps cycles par rapport au Takt time

D'après cette figure on remarque que la charge de travail n'est pas équilibrée puisque les temps cycles des postes OP20, OP30, OP40, OP90 et OP120 dépassent le takt time, donc mon étude sera focalisée sur ces postes.

Temps cycle maximale $T_c = R \cdot C = 0,90 \cdot 33,75 = 30,37s$

Nombre minimal des postes :

$$N_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^N Tu(i)}{T_c}$$

D'après ce qui précède, les temps cycles de chaque poste de travail sont :

$$Tu(20) = 61,01s$$

$$Tu(30) = 59,28s$$

$$Tu(40) = 58,71s$$

$$Tu(50) = 34,55s$$

$$Tu(60) = 18,52s$$

$$Tu(80) = 37s$$

$$Tu(90) = 43s$$

$$Tu(100) = 24s$$

$$Tu(110) = 16s$$

$$Tu(120) = 47s$$

Si on applique la relation précédente, on aura :

$N_{min} = 12 \text{ postes}$

3.2 Proposition d'amélioration :

L'objectif est d'avoir des temps cycle inférieurs au temps takt, ainsi que minimiser les temps d'arrêts pour obtenir des temps cycles très inférieurs au takt time.

Dimensionnement d'une ligne de type flow shop :

Algorithme d'équilibrage et calculs à appliquer pour chaque opération i :

- Si $Tu(i) > Tc$ alors mettre Np postes en parallèle pour réaliser cette opération avec :

$$Np = \frac{Tu(i)}{Tc}$$

N.B : on retiendra pour Np la valeur entière immédiatement supérieure.

- Si $Tu(i) < Tc$ alors grouper opérations adjacentes ($i = i - 1$ ou $i = i + 1$) jusqu'à ce que :

$$Tu(i) \leq Tc$$

Dans notre cas, nous avons :

$$Np1 = \frac{61,01}{30,37} = 2$$

$$Np2 = \frac{59,28}{30,37} = 1,95 \cong 2$$

$$Np3 = \frac{56,71}{30,37} = 1,86 \cong 2$$

$$Np4 = \frac{31,55}{30,37} = 1,03 \cong 1$$

$$Np5 = \frac{18,52}{30,37} = 0,37 \cong 1$$

$$Np6 = \frac{35}{30,37} = 1,15 \cong 1$$

$$Np7 = \frac{43}{30,37} = 1,41 \cong 1$$

$$Np8 = \frac{24}{30,37} = 0,79 \cong 1$$

$$Np9 = \frac{16}{30,37} = 0,52 \cong 1$$

L'indicateur de l'équilibrage de la ligne doit tendre vers 1.

$$\text{Taux d'équilibrage} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Tu}(i)}{N * \text{Max}[\text{Topé}(j)]}$$

Avec

N : nombre des postes de travail

Max[Topé(j)] : temps opératoire pour le poste goulet

Dans ce cas Max[Topé(j)] = Tu(OP20) = 61,01s

Donc :

$$\text{Taux d'équilibrage} = \frac{399,07}{10 * 61,01}$$

$$= 0,65$$

Voici donc la nouvelle implantation proposée pour la ligne de production :

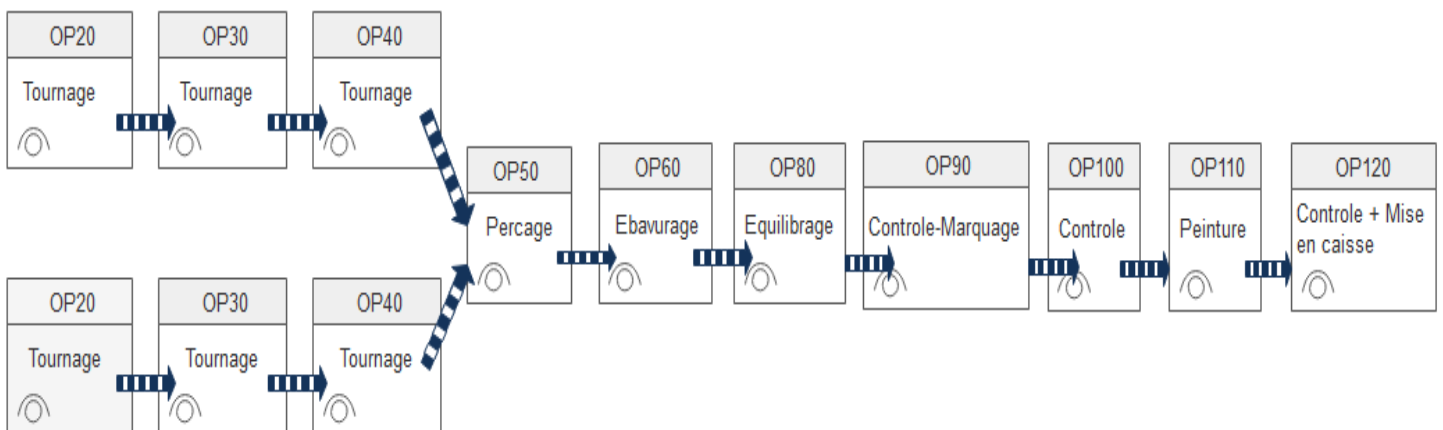


Figure 27: Implantation des postes de travail après l'équilibrage

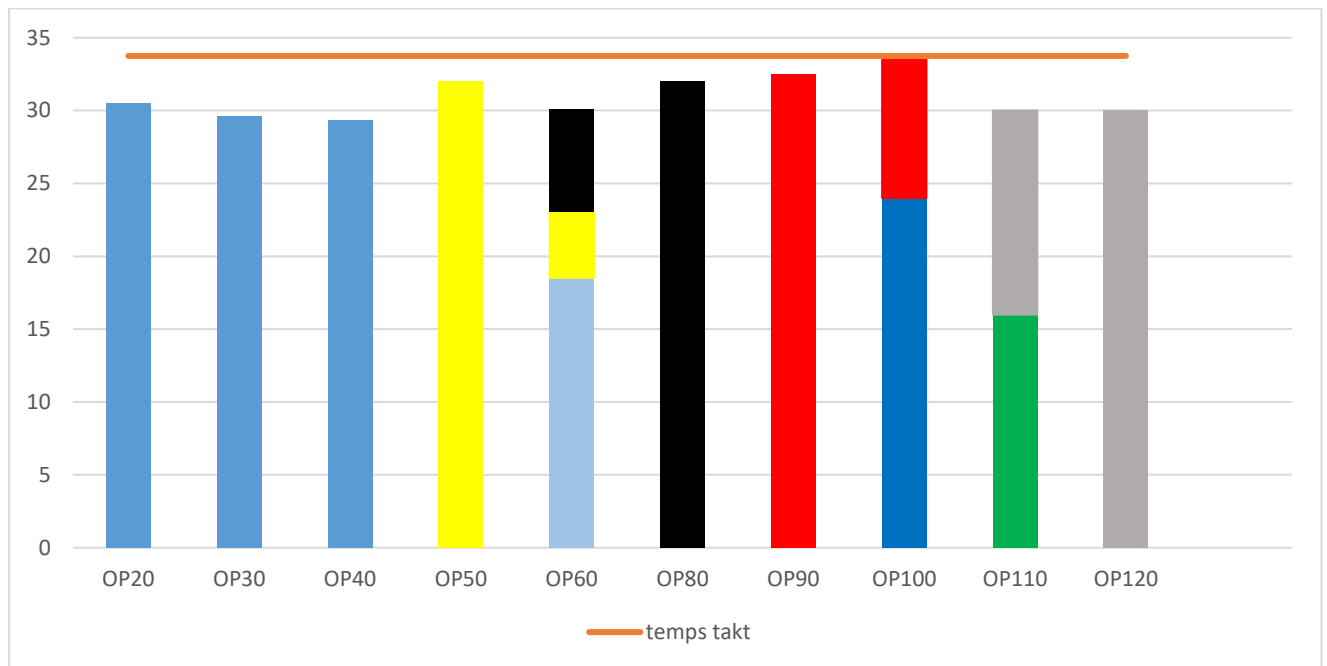


Figure 28: Les temps cycle des postes de travail après l'amélioration

Les nouveaux temps de cycle des postes de travail sont présentés comme suivant :

Les postes	Temps cycle avant (s)	Temps cycle après (s)
OP20	61,01	30,50
OP30	59,28	29,64
OP40	58,71	29,35
OP50	34,55	32
OP60	18,52	30,07
OP80	37	32
OP90	43	32,5
OP100	24	33,5
OP110	16	30
OP120	47	30

Tableau 15 : Temps de cycle des postes après l'amélioration

Ce plan d'amélioration a permis de diminuer le nombre des opérateurs de 15 à 14 opérateurs, d'après la figure 17 l'opérateur de poste OP110 qui s'occupe de la peinture a le pouvoir d'effectuer la mise en caisse des disques sans intervenir un opérateur indirect pour aider l'opérateur de poste OP120 à effectuer la mise en caisse, bien sur cet opérateur va être réemployé dans un nouveau poste.

L'opérateur de poste OP90 s'occupe de deux opérations à la fois le contrôle des disques et le marquage des disques ce qui influe sur la productivité, l'opérateur de poste OP100 qui effectue le contrôle visuel des disques est un opérateur polyvalent formé sur toutes les machines d'après la figure 17 il sera disponible à travailler sur le poste OP90.

Les avantages de cette méthode :

Cette méthode ne nécessite pas une formation des opérateurs, puisque les opérateurs maîtrisent bien le flux de production.

L'application de cette méthode ne coûtera rien.

4. Chiffrage des gains :

La demande de client est définie à une quantité moyenne journalière de 800disques/shift vaut 2400disques/jour.

Ce plan d'action a permis d'augmenter la quantité produite de 760 à 800 disques par shift et donc répondre au besoin clients et de travailler en takt time, et amélioration de productivité par 5%, sachant que le prix d'un seul disque vaut 800DH.

	Avant l'équilibrage	Après l'équilibrage
Cadence	760	800
Effectif	15	14
Productivité	95%	100%

Conclusion :

Après l'équilibrage des postes, nous avons pu augmenter la cadence de la production de la ligne des disques ventilés, ce qui a engendré une amélioration de productivité de 5%, avec cette amélioration la société FLOQUET peut satisfaire la demande des clients. D'autres anomalies influençant sur la productivité seront traitées sur les autres parties.

Chapitre 4 :

Elimination des gaspillages et remise à niveau des 5S

Après avoir effectué un diagnostic de l'état actuel de la chaîne de production des disques ventilés et l'équilibrage des postes de travail, on va proposer dans ce chapitre un plan d'actions afin d'optimiser le flux de production par l'élimination des gaspillages et des retards de production.

I. Réglage machines :

1. Introduction :

Parmi les gaspillages détectés, les temps d'attentes pour effectuer des réglages machines, l'opérateur doit attendre l'arrivée de technicien plus qu'une 20 min pour effectuer un réglage sur la machine, ce qui provoque un arrêt de production sur ce poste et qui influe sur les autres postes et sur la productivité.

L'observation plusieurs fois de la ligne de production m'a permis d'avoir une idée sur les différents problèmes de réglage des machines rencontrés par les opérateurs, ainsi que d'apprendre les astuces et les techniques utilisés par les techniciens pour effectuer ces réglages. Le problème qui existe fréquemment dans les postes de tournage OP20, OP30 et OP40 est le problème de changement des plaquettes d'outils, ces plaquettes sont en carbure, de forme losange et carrée pour les postes OP20, OP30 et de forme carrée, triangulaire en poste de finition OP40 adaptés à l'outil en carbure. Caractérisées par un rayon de bec et se limitant par deux arêtes montée sur un corps d'outil, ainsi qu'elles sont à serrage par bride crochet.

Après une réunion avec les techniciens je suis arrivé à établir des checklist qui aident à minimiser le temps d'attente pour réglage. Face à ce gaspillage j'ai préparé des checklist contenant des consignes permettant à l'opérateur de régler la machine sans attente de technicien.

2. Préparation des Checklist :

Les checklist préparés contenant les consignes à suivre par les opérateur pour effectuer le changement des plaquettes d'outils ainsi que des indications pour effectuer un changement correct comme suit :

Check List pour interventions des opérateurs

Les postes de tournage OP20, OP30, OP40 :

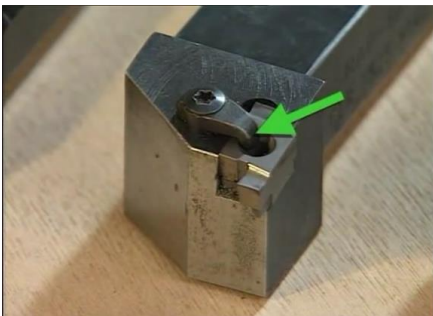
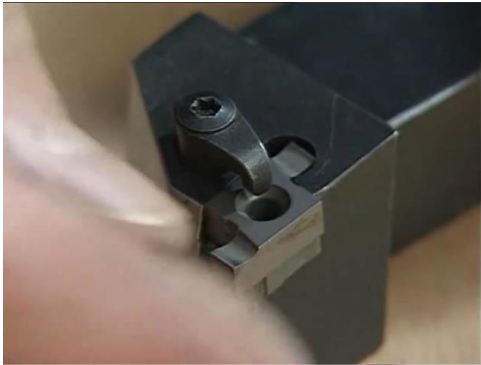

Problèmes	Consignes à suivre
<p>Changement des plaquettes</p>  <p>Soin :</p> <p>Pour un montage correct :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Un bon état d'outil ✓ La propreté de la plaquette ✓ un serrage modéré est indispensable 	<p>Avant tout montage d'une plaquette il est nécessaire de vérifier l'état des portes plaquettes.</p> <p>Montage d'une plaquette avec un serrage par bride crochet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desserrez la vis de la bride crochet à l'aide d'une clé Torx. - Mise en place de la plaquette sur l'axe  <p>Serrez la vis de la bride crochet à l'aide d'une clé Torx pour immobiliser la plaquette dans son logement.</p> 

Figure 29: Checklist pour changement des plaquettes d'outils

Dans le poste d'ébavurage OP60, l'opérateur connaît deux problèmes qui demandent l'intervention des techniciens :


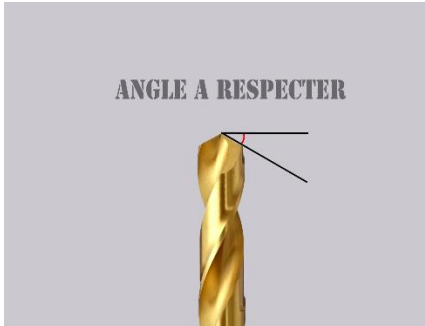
L'éclatement : pour régler ce problème l'opérateur doit vérifier la vitesse à laquelle il effectue l'opération d'ébavurage manuelle.

Les bavures et les arêtes tranchantes sur les trous : parfois l'opérateur effectue l'opération d'ébavurage, mais il trouve des bavures et des arêtes tranchantes qui existent encore sur les trous de disques, ce qui demande l'attente d'un technicien pour régler ce problème et par conséquent un gaspillage de temps et un arrêt de production, ce problème doit être réglé en plusieurs phases :

L'opérateur doit vérifier initialement la vitesse à laquelle il effectue l'opération d'ébavurage, si le problème n'est pas lié à la vitesse utilisée il doit vérifier l'affûtage de forêt d'ébavureuse sinon il faut informer le service maintenance afin d'effectuer une intervention sur le poste de Perçage OP50.

Check List pour interventions des opérateurs

OP60 Ebavurage :

Problème	Consignes
<p>Les bavures et les arêtes tranchantes sur les trous de perçage</p>	<p>Assurez-vous que vous utilisez une vitesse moyenne pour effectuer l'ébavurage.</p> <p>Si le problème n'est pas lié à la vitesse, alors :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vérifiez d'abord l'affûtage de forêt d'ébavureuse. - Si les forets demandent l'affûtage, affûter-les. <p><u>Procédure d'affûtage des forets d'ébavureuse :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Choisissez d'abord votre angle de forêt - Plaquez les facettes principales qui concernent les tranchants tout en exerçant une légère rotation afin d'enlever la matière régulièrement et progressivement.  <p>Respectez-vous l'angle de coupe de façon que le foret reste équilibré.</p>  <p>Commencez-vous l'affûtage de foret</p>



Vérifiez-vous que les pointes sont au même niveau des deux côtés, de façon que les deux pointes de tranchant soient dans le même plan.

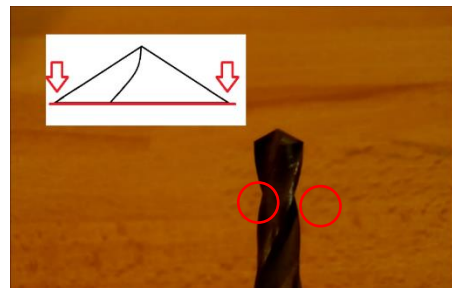


Figure 30: Checklist des interventions pour le poste d'ébavurage OP60

Le poste OP90 contient des palpeurs qui permettent de contrôler toutes les côtes des disques pour faire la différence entre une pièce bonne et une pièce défectueuse. Ce poste connu fréquemment un problème au niveau de réglage des palpeurs, des valeurs élevées sont affichés sur l'écran ce qui assurent la non-conformité de toutes les pièces à contrôler ce qui est impossible, pour régler ce problème l'opérateur doit étalonner la machine par un disque d'étalonnage puis il doit essayer le contrôle encore une fois, si cette solution ne marche pas il doit changer carrément les palpeurs.

Check List pour interventions des opérateurs

OP90 contrôle & marquage :

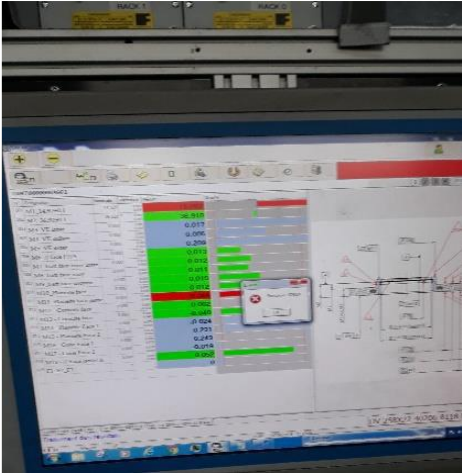
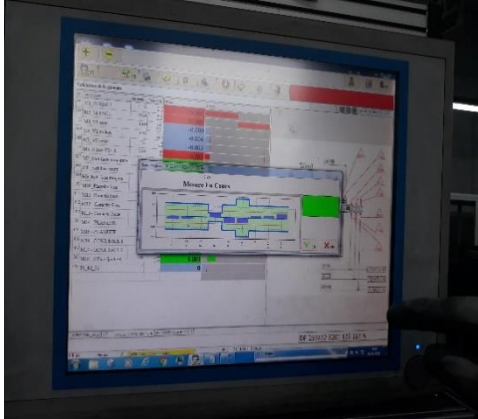

Problème	Consignes à suivre
<p>La machine affiche que tous les disques sont non conformes</p> 	  <p>Posez le disque à contrôler et essayez encore une fois</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si le problème existe encore alors : - Cliquez sur le bouton correction de base et assurez que les côtes ne dépassent pas 10 µm. - Si les côtes dépassent les valeurs nominales. - Nettoyez soigneusement les palpeurs. - Essayez encore une fois. - Si le problème n'est pas réglé changez alors les palpeurs.

Figure 31: Checklist pour intervention sur le poste OP90

3. Mise en place des Checklist :

Après avoir établi les checklist il est nécessaire de faire leurs mise en place dans les postes concernés et de clarifier le contenu de ces fiches et l'importance de les utiliser.

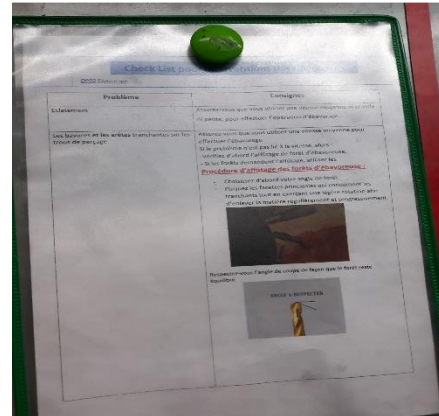


Figure 32: Mise en place des Checklist

4. Chiffrage des gains :

En utilisant ces checklist, les opérateurs deviennent capables de changer les plaquettes, d'effectuer le réglage du programme des machines ainsi que de maintenir les machines sans attente d'arrivée d'opérateur de réglage ce qui a diminué le temps d'arrêt, sans oublier le rôle de chef de production qui a soutenu l'idée d'auto-maintenance en donnant sa permission aux opérateurs d'effectuer ces réglages.

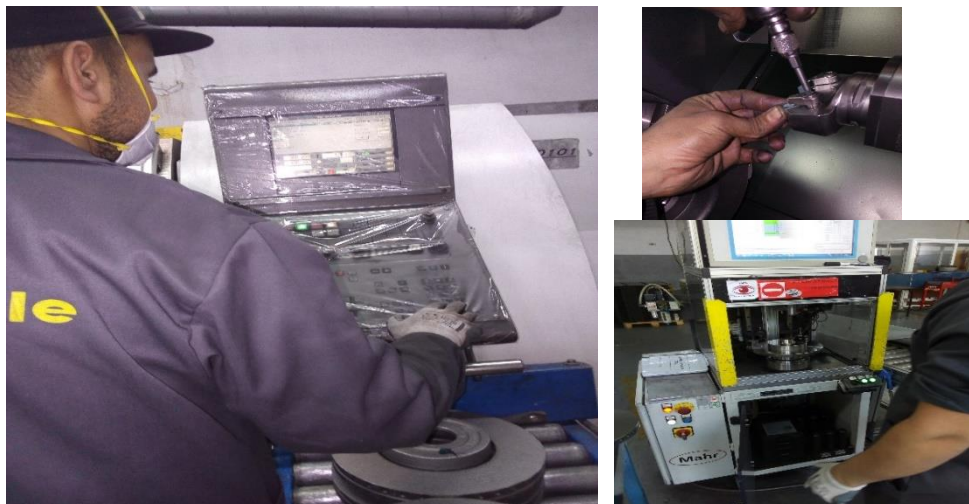


Figure 33 : Réglage des machines par les opérateurs

La mise en place de ce plan d'action a permis d'éliminer 3 opérateurs qui effectuent les réglages des machines, bien sûr ils seront réemployés dans d'autres postes.

Postes	Réglage effectué	Temps de réglage et d'attente avant	Temps de réglage et d'attente après
OP20	Changement des plaquettes d'outil	20min	2min
OP30	Changement des plaquettes d'outil	20min	2min
OP40	Changement des plaquettes d'outil	20min	2min
Ebavurage OP60	Réglage machine	10min	3min
Contrôle DIM OP90	Réglage machine	15min	5min

Tableau 16 : Les temps d'attente et de réglage des postes

Le tableau 16 représente les temps d'attentes pour les postes de tournage OP20, OP30, OP40, le poste d'ébavurage OP60 et le poste de contrôle DIM OP90, avant et après l'élaboration des Checklist.

On remarque que le problème des temps d'attentes a été résolu après l'utilisation des Checklist proposés, les nouveaux temps d'attentes sont largement inférieurs aux temps d'attentes avant l'élaboration des Checklist.

Conclusion :

La mise en place des checklist des interventions pour effectuer les réglages des machines, a donné aux opérateurs un esprit de l'auto-maintenance qui représente un enjeu important pour l'amélioration de la disponibilité des machines en diminuant les temps d'arrêt, cela permet aussi d'améliorer l'appropriation de la machine par l'opérateur et diminuer le coût lié à la maintenance des équipements, aussi cette proposition a permis d'éliminer les temps d'attente qui causent un retard de production.

II. Défauts de qualité :

Cette partie de projet est consacrée à réaliser une étude des défauts de qualité afin de minimiser le taux des rebuts, en appliquant les outils nécessaires d'amélioration de la qualité.

1. Analyse de l'existant et proposition d'amélioration :

Avant de se lancer sur l'étude des paramètres qui influent sur la qualité des pièces on doit commencer tout d'abord par un diagnostic de l'état de lieu en se basant sur le concept PDCA, qui représente la démarche par excellence de mise sous contrôle d'une activité en management de la qualité en 4 étapes « Planifier, faire/développer, vérifier, agir ».

Ce cycle itératif se représente à l'aide d'une roue :

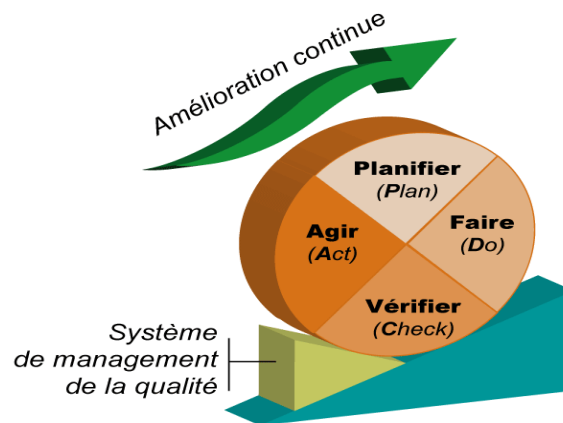


Figure 34: La roue de Deming

a. Planifier :

L'objectif est de diminuer les défauts de qualité afin de satisfaire le besoin des clients

b. Faire :

Cette étape consiste à regrouper les informations nécessaires afin d'identifier les zones de problème, l'étude est basé sur un historique de 6 mois représentant la quantité produite et la quantité des défauts, puis nous avons réalisé le calcul de niveau de l'indicateur DPU (Défauts Par Unités) qui représente le nombre de défauts moyens par unité produite, ceci est présenté dans le tableau suivant :

Les mois	Quantité produite	Quantité des défauts	DPU
Octobre	41920	1048	2,5%
Novembre	41600	1027	2,47%
Décembre	54600	1105	2,02%
Janvier	53508	1034	2%
Février	52000	1048	2,01%
Mars	55770	1157	2,07%

Tableau 17 : Représentation de la quantité produite et le taux de défauts

c. Vérifier :

Après l'analyse de l'état de lieu, il est nécessaire de collecter les données concernant :

- ✓ Type de défauts
- ✓ Description des défauts

Ce tableau suivant exprime les types de défauts ainsi que leurs pourcentages :

Défauts	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Fissure au diamètre extérieur bol	3122	48,64%	48,64%
DF diamètre centrage	308	4,80%	53,44%
Vibration OP40	295	4,60%	58,04%
Battement OP40	278	4,33%	62,37%
DF diamètre dégagement	276	4,30%	66,67%
Parallélisme	254	3,96%	70,63%
DF de perçage OP50	220	3,42%	74,05%
Rouille	216	3,37%	77,42%
Conicité	210	3,27%	80,69%
Voilage	206	3,20%	83,89%
Taches lavage OP70	205	3,19%	87,08%
DF de marquage	199	3,10%	90,18%
DF de position OP80	189	2,95%	93,13%
Les bavures	184	2,87%	96%
DF peinture OP110	143	2,22%	98,22%
Tombée	114	1,78%	100%
Totale	6419		

Tableau 18 : Classification des défauts

En se basant sur les données de tableau ci-dessus, on peut tracer le diagramme de PARETO comme suivant :

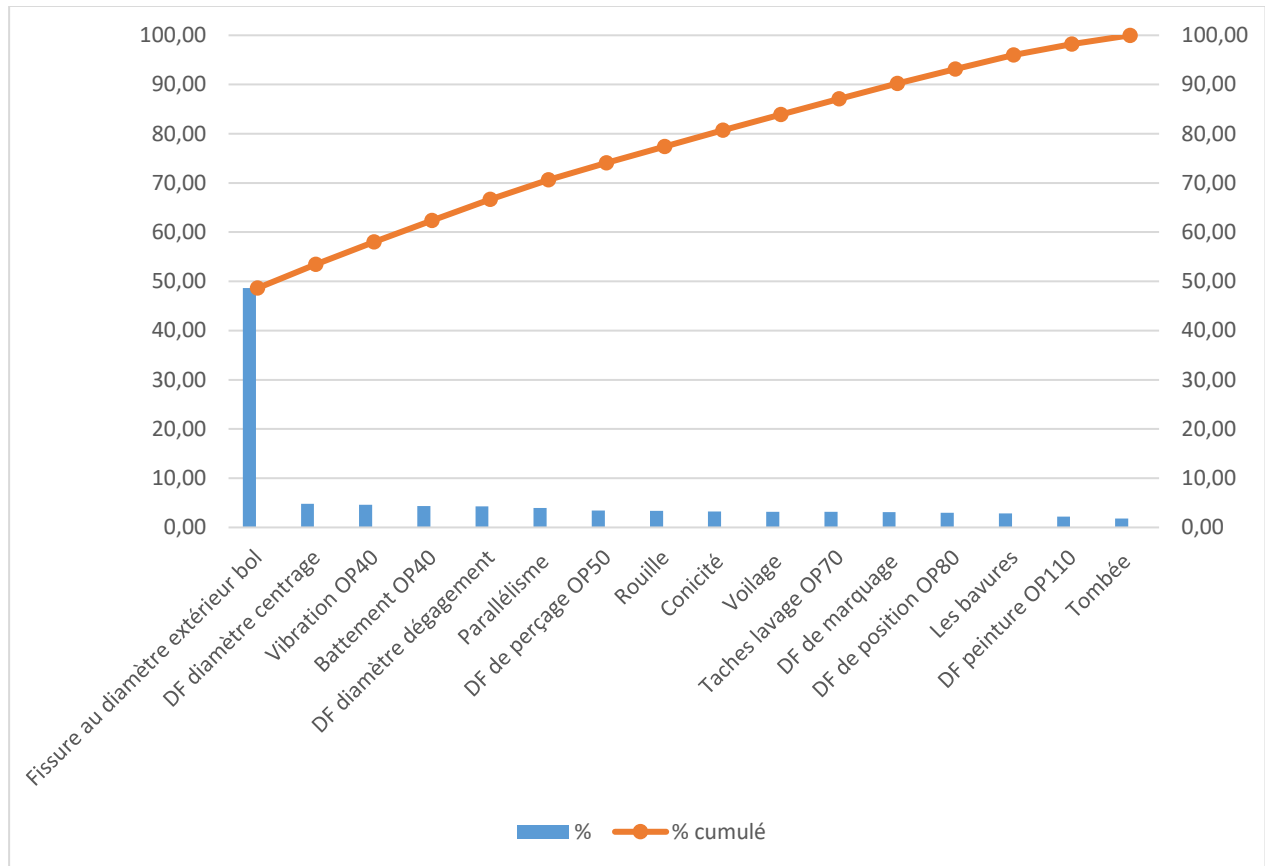


Figure 35 : Diagramme de PARETO des défauts de qualité

On choisit alors de travailler sur la classe A qui représente 48,64% de la totalité des défauts. Et donc il faut se focaliser sur le problème de fissuration des disques au niveau de diamètre extérieur bol dans la suite cette partie.

Fissuration de diamètre extérieure bol :

Le problème de fissuration revient à l'apparition d'une fissure au niveau de diamètre extérieur bol des disques de frein, qui est parfois invisible par l'œil nu, cette fissure influence sur la solidité des disques et peut provoquer sa rupture. Juste après le montage d'un disque fissuré sur la roue, il va se déformer au niveau de la surface d'appui, en outre le disque va se casser sous la charge et sous l'influence de la température qui provoque rapidement l'élargissement de cette fissure, ceci présente un risque fatal sur la sécurité de la personne.

Après une analyse de bilan des défauts de 6 mois, on conclut que le poste de tournage OP30 est le poste qui est responsable à ce défaut, vu que la fissure s'apparait au niveau de diamètre extérieur bol, et c'est la face usinée dans ce poste.

Pour analyser ce qui se passe au niveau de poste OP30, on construit un diagramme d'ISHIKAWA, cet outil visuel a pour finalité de lister les causes qui ont une influence sur un effet et de les classer en catégorie.

Pour lister les causes susceptibles de concerner le problème de fissuration des disques, on utilise la méthode de « brainstorming » avec une équipe pluridisciplinaire.

Les causes citées sont :

- Erreur de montage c'est-à-dire un couple incorrect lors du montage de disque.
- Assise incorrecte du disque en raison du non-respect des tolérances de fabrication.
- Une augmentation de la vitesse d'avance entraine une augmentation de température et par conséquent l'échauffement des disques.
- Usure de la plaquette d'outil provoque un frottement contre le disque ce qui entraine une fissuration au niveau de diamètre extérieur bol.
- Une augmentation de la vitesse de coupe.

On regroupe alors ces causes en catégories à l'aide de diagramme d'ISHIKAWA :

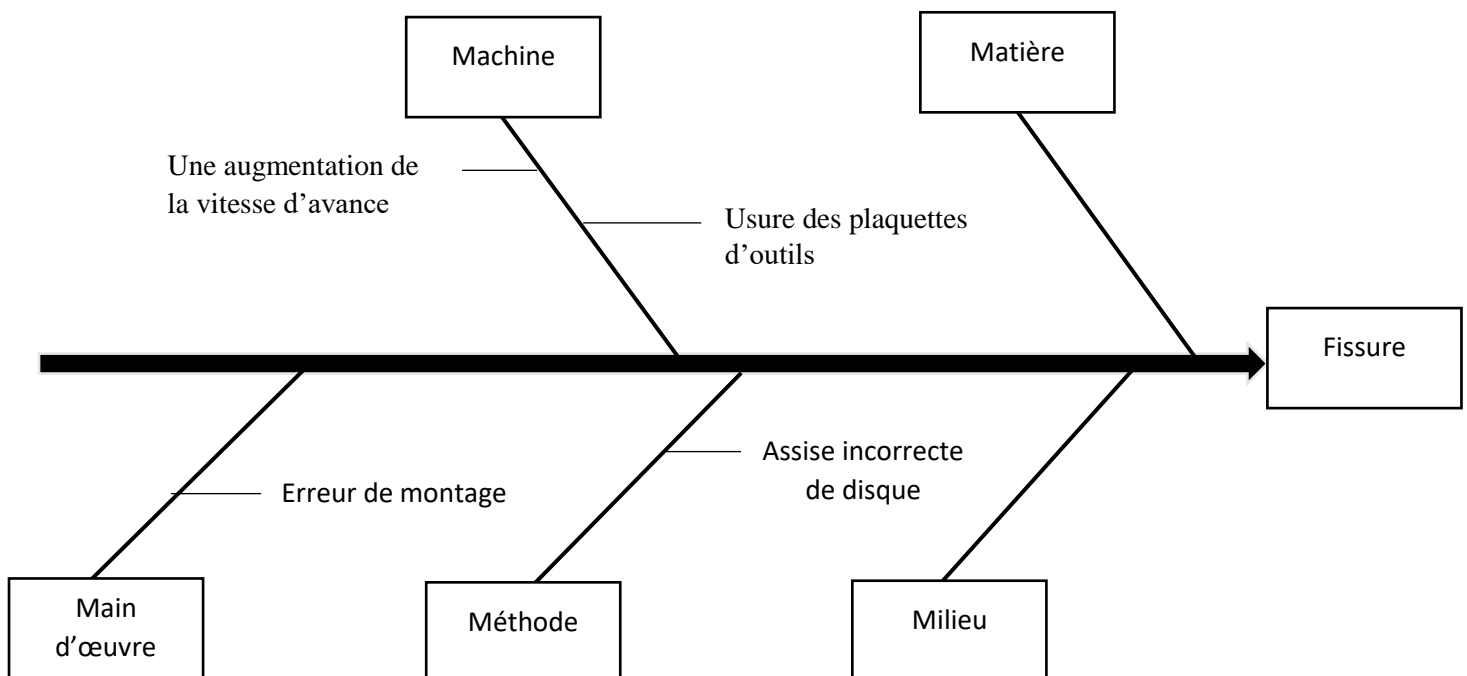


Figure 36 : Diagramme d'ISHIKAWA du défaut de fissuration des disques

Après avoir classé les causes potentielles de défaut de fissuration sur le diagramme des 5M, pour découvrir la cause racine de ce problème on utilise la méthode des 5 pourquoi, cette méthode est utilisée pour détecter la cause principale parmi l'ensemble des causes identifiées.

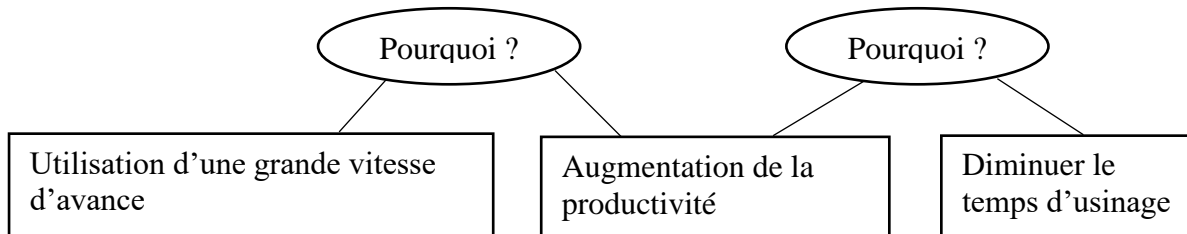


Figure 37: Analyse de défaut de fissuration par la méthode des 5 pourquoi

d. Agir :

Après avoir généré le défaut sur lequel on doit agir, classé les causes potentielles sur le diagramme d'ISHIKAWA en catégories et analysé ce problème en utilisant la méthode des 5 pourquoi, cette étape consiste alors à sélectionner les solutions pour améliorer la situation.

Pour produire la quantité demandée dans un minimum de temps et inférieur au temps de production (7h30), l'opérateur travaille avec une grande vitesse sans respecter les valeurs qui existent dans le contrat de phase.

L'utilisation d'une vitesse d'avance très grande et qui ne s'adapte pas à la commande numérique de la machine, amène à des phénomènes thermiques provoque l'usure d'outil et un échauffement important au niveau de la pièce influe sur la qualité de la surface usinée et provoque une fissure invisible par l'œil nu.

Dans ce cas la solution proposée est de changer la méthode de travail dans ce poste, de manière à imposer une valeur de vitesse compatible au programme numérique, et on a effectué une réunion avec les opérateurs pour les sensibiliser de respecter le contrat de phase.

Après avoir appliqué cette solution, le taux des pièces fissurés a diminué, l'objectif de la société est d'effectuer un contrôle sévère sur les pièces produites pour assurer l'absence des fissures vu que ces fissures sont invisibles par l'œil nu, c'est pour cela j'ai proposé de mettre une sonde de détection de fissure par rayonnement dans la machine de contrôle dimensionnel au poste OP90.

Et pour modéliser cette proposition, j'ai réalisé un dessin de cette sonde de détection de fissure proposée à l'aide de logiciel SolidWorks ainsi qu'une simulation pour montrer à l'équipe son fonctionnement avec le disque.

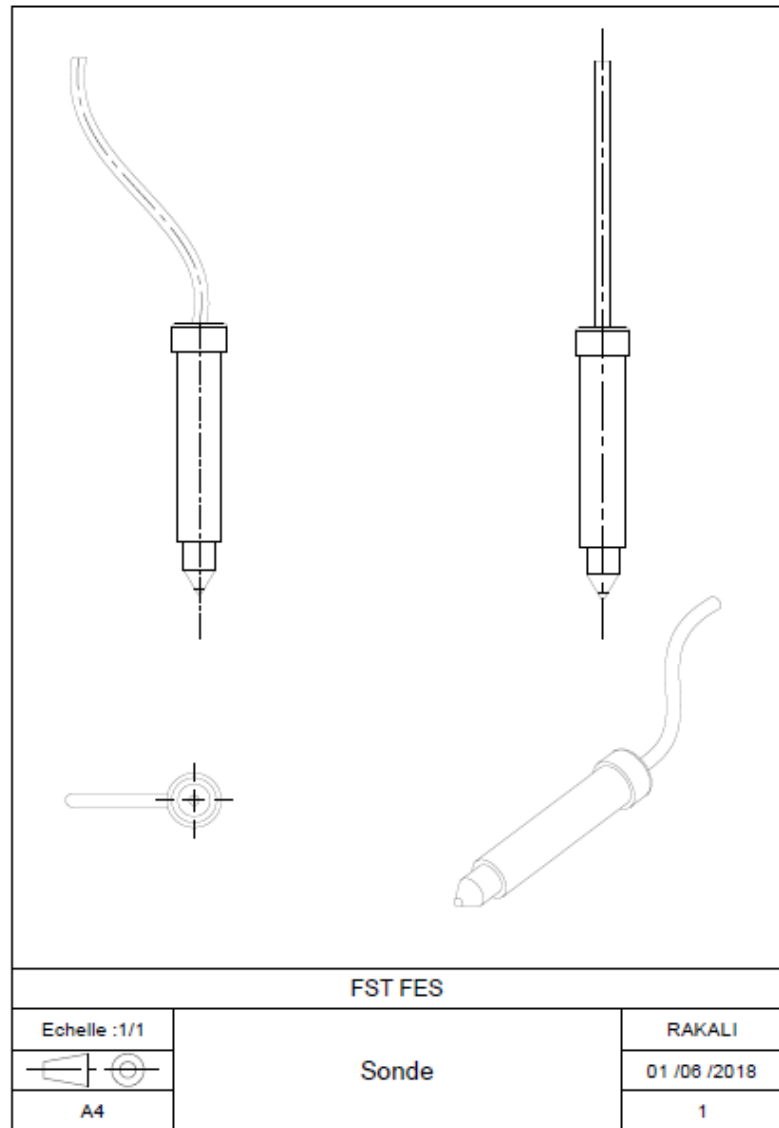


Figure 38: Dessin de la sonde de détection de fissure

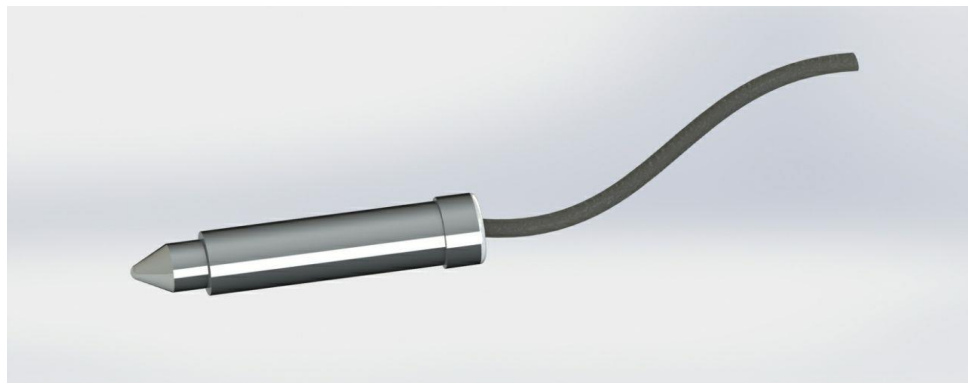


Figure 39 : Sonde de détection de fissure

L'utilisation d'une sonde est capable de remplir les besoins d'inspection des fissures au niveau des disques. Les avantages d'utilisation de cette sonde de détection de fissure sont nombreux :

- Une solution fiable qui ne demande pas un utilisateur pour se fonctionner.
- Mesure réelle et lecture automatique de la profondeur de fissure.
- Génération des résultats sur l'écran de la machine.
- Cette sonde cède un rayon pour détecter la fissure, ce qui ne demande aucune intervention d'opérateur.
- Les erreurs d'identification sont beaucoup moindres.

2. Chiffrage des gains :

Cette partie de travail consiste à suivre les résultats de la solution mise en œuvre, c'est pour cela on a collecté des données concernant les défauts de mois d'Avril, les résultats sont représentés sur le tableau ci-dessous :

Mois	Quantité produite	Quantité des défauts	DPU
Octobre	41920	1048	2,5%
Novembre	41600	1027	2,47%
Décembre	54600	1105	2,02%
Janvier	53508	1034	2%
Février	52000	1048	2,01%
Mars	55770	1157	2,07%
Avril	54990	462	0,84%

Tableau 19 : Quantité produite et taux de défauts

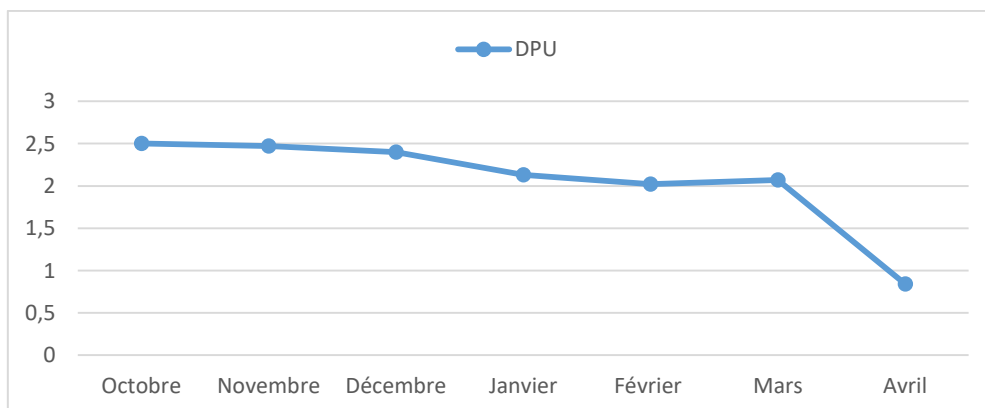


Figure 40 : La quantité produite et le taux de défauts

Après la résolution de problème des fissures, on remarque que le taux de défaut a été diminué et atteint une valeur de 0,84%.

Conclusion :

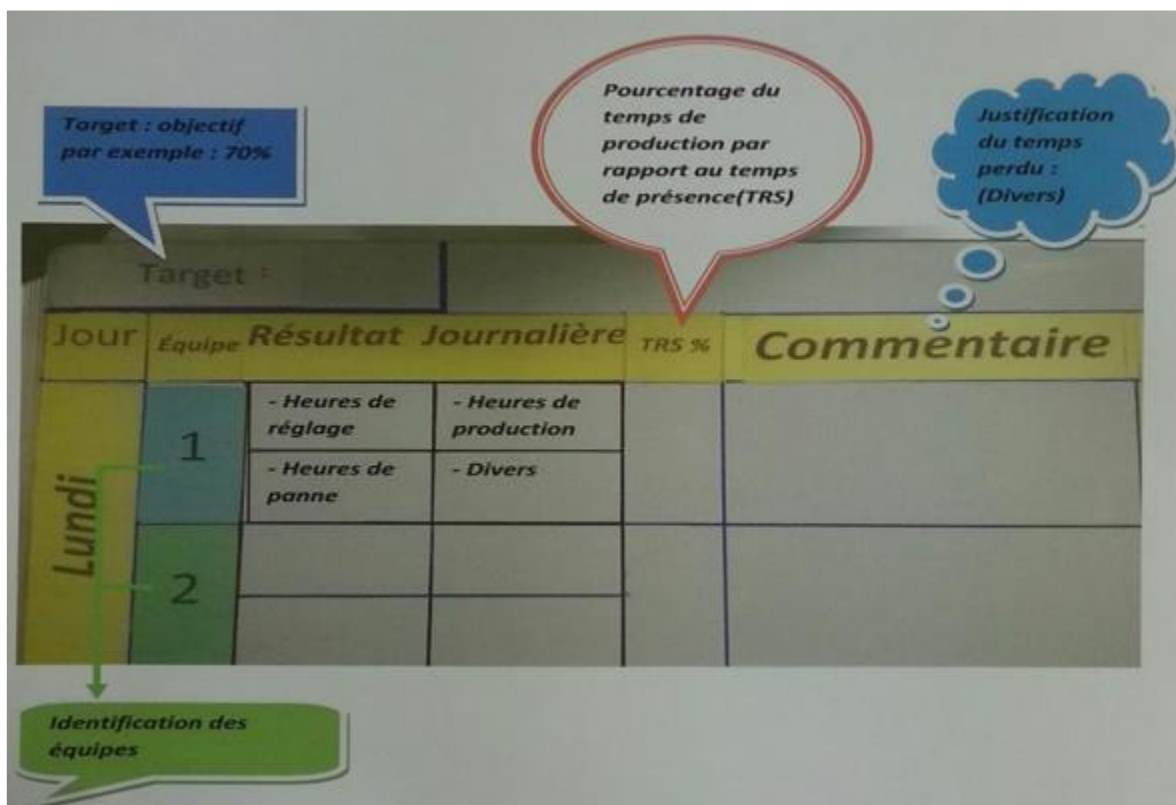
D'après une analyse des types de défauts de la qualité, on a déduit que la fissuration des disques est le défaut majeur qui influe sur la qualité des produits finis. Face à ce gaspillage, il est nécessaire de changer la méthode de travail d'une manière que les opérateurs respectent la valeur de vitesse d'avance lors de l'usinage, et pour un meilleur contrôle de fissuration, on a proposé d'ajouter une sonde de détection de fissure dans la machine de contrôle DIM. Après la réalisation de ce plan d'amélioration le taux de défaut a reculé et atteint un pourcentage de 0,84%.

III. Mauvaises habitudes de travail :

1. Suivi des opérateurs :

Parmi les mauvaises habitudes des opérateurs les lenteurs remarquables qui provoquent un retard de production, d'autre part la production trop rapide entraine une accumulation des pièces dans les postes et par conséquent un déséquilibre entre les postes, il est nécessaire de donner des repères aux personnels durant le temps de production, il s'agit donc de l'élaboration d'un tableau de marche.

Le tableau de marche est une sorte de checklist permettant de vérifier si un moment donné la tâche prévue est réalisée, en cours ou en retard c'est l'utilisation la plus courante en production est le contrôle des quantités produites.



Target : objectif par exemple : 70%

Pourcentage du temps de production par rapport au temps de présence (TRS)

Justification du temps perdu : (Divers)

Target :					
Jour	Équipe	Résultat Journalière		TRS %	Commentaire
Lundi	1	- Heures de réglage	- Heures de production		
		- Heures de panne	- Divers		
	2				

Identification des équipes

Figure 41: Exemple d'un tableau de marche

La création des tableaux de marche dans tous les postes de travail permet d'avoir une visualisation et une compréhension instantanée de rythme de production dans chaque poste. Il est indispensable de construire des fiches de relevé TRS et des fiches de passation, ces fiches aide le chef de production à effectuer un suivi journalier de l'état de production dans chaque poste et tout retard s'est produit va être justifié par l'opérateur est sous contrôle de chef de production.

Date :				les causes des retards							Commentaire
Poste	Equipe	Heures de production	TRS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
OP20	M										
	A										
	N										
OP30	M										
	A										
	N										
OP40	M										
	A										
	N										
Perçage	M										
	A										
	N										
Ebavurage	M										
	A										
	N										
Equilibrage	M										
	A										
	N										
Contrôle & marquage	M										
	A										
	N										
Peinture	M										
	A										
	N										

P1 : Pannes

P2 : Maintenance

P3 : Attente bruts

P4 : Réglage machine hors checklist P5 : Problème au niveau de moyens de contrôle

P6 : Variation des côtes des pièces P7 : Ecart

Tableau : Fiche de relevé TRS

Chaque jour et avant un quart d'heure de lancement de travail d'équipe, le chef de production doit passer sur chaque poste de la ligne de production pour copier sur sa fiche de relevé TRS les données fournies par les opérateurs sur leurs tableaux de marche.

Le chef de production doit aussi remplir la fiche de passation journalière qui est un outil très fiable permet de comparer les données fournies par les opérateurs et la quantité réelle produite, dans un premier temps le chef de production doit comparer le temps de production mentionné sur le tableau de marche avec le nombre des pièces réalisées divisé par le temps de fabrication d'une seule pièce qui est connu et affiché sur la gamme de fabrication.

Si les temps sont égaux, il doit effectuer le calcul de TRS correspond à cette équipe, c'est un indicateur destiné à suivre le taux d'utilisation des machines et met en évidence les pertes de production en différentes catégories, le TRS est calculé en divisant les heures de production sur 7h30 ce rapport doit être multiplié par 100.

Si il y'avait une différence entre ce qui est noté sur le tableau de marche et ce qui est produit alors l'opérateur s'est trompé ou bien il a triché.

En répétant cette opération sur tous les postes, le chef peut calculer le TRS moyen de toute la journée.

Date :		équipe :					
Poste	Equipe	OF	Qtté lancée	Qtté réalisée	Qtté au poste	Retard marqué	Commentaires
OP20	M						
	A						
	N						
OP30	M						
	A						
	N						
OP40	M						
	A						
	N						
Perçage OP50	M						
	A						
	N						

Ebavurage OP60	M									
	A									
	N									
Equilibrage OP80	M									
	A									
	N									
Peinture OP110	M									
	A									
	N									

Tableau 20 : Fiche de passation

Afin d’enregistrer ces données le chef d’atelier doit créer une base de données sur Excel contenant les heures consommées en problèmes rencontrés et leur pourcentage d’une façon mensuelle afin de réagir rapidement aux problèmes rencontrés et éliminer les retards.

Postes	Etat	Temps																								
		LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	TOTAL	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	TOTAL									
OP20	Réglage + lors validation FAI																									
	Réglage Skria																									
	1ère validation Skria																									
	Production																									
	Panne																									
	Manquant																									
	Sauv charge																									
OP30	Réglage + lors validation FAI																									
	Réglage Skria																									
	1ère validation Skria																									
	Production																									
	Panne																									
	Manquant																									
	Sauv charge																									
OP40	Réglage + lors validation FAI																									
	Réglage Skria																									
	1ère validation Skria																									
	Production																									
	Panne																									
	Manquant																									
	Sauv charge																									
OP50	Réglage + lors validation FAI																									
	Réglage Skria																									
	1ère validation Skria																									
	Production																									
	Panne																									
	Manquant																									
	Sauv charge																									
OP60	Réglage + lors validation FAI																									
	Réglage Skria																									
	1ère validation Skria																									
	Production																									
	Panne																									
	Manquant																									
	Sauv charge																									
OP80	Réglage + lors validation FAI																									
	Réglage Skria																									
	1ère validation Skria																									

Figure 42: Base de données des retards des postes

L'équipe doit aussi prendre l'engagement de tenir régulièrement les chefs informés de leurs besoins de matérielles ou de leurs interventions, pour cette raison j'ai proposé de mettre un tableau de KAIZEN près des bureaux des chefs, ce tableau contient les problèmes rencontrés, le poste concerné et le délai, le chef doit remplir les actions qui doivent être effectuées.

Problème	Action	Pilote	Délai
OP104 Problème d'épaisseur 24 + variation du centrage et de centre face moyen	Changement des brides des piste 1 et 2 serrages des portes outils	Braquech	11/5/18
Problèmes	Action	Pilote	Délai
Brut n'est pas stabilisé	Déclaration au service qualité de réception de brut.	OP30/OP20	13/01/2018
Variation des cotes OP40	Vérification de la qualité des plannet Date MAJ:	OP40	25/04/2018

Figure 43: Tableau de KAIZEN

2. Remise à niveau des 5S :

La méthode 5S est d'origine japonaise permet d'optimiser en permanence les conditions de travail et le temps de travail en assurant l'organisation, la propreté et la sécurité d'un plan de travail.

Les 5S proviennent des cinq opérations qui constituent la méthode :

Seiri : Trier, jeter, recycler, placer les outils de travail selon leur fréquence d'utilisation.

Seiton : Ranger, classer de manière à limiter les déplacements physiques, optimiser l'utilisation de l'espace.

Seiso : Nettoyer, réparer.

Seiketsu : Ordonner les documents ou son poste de travail de manière à ce qu'une autre personne puisse s'y retrouver.

Shitsuke : Etre rigoureux, appliquer les 4 opérations précédentes et les maintenir dans le temps.



Figure 44 : Etat de poste de travail avant



Figure 45 : Etat de poste de travail après

Conclusion :

Le suivi des opérateurs a permis d'éliminer les mauvaises habitudes de travail, ainsi que la remise à niveau des 5S a assuré un bon déroulement de travail du à l'organisation des postes.

Conclusion générale :

Les clients exigent des réductions de prix et la concurrence impose une compétition accrue, l'entreprise essaie de maintenir ses marges. L'amélioration de la productivité est de plus en plus nécessaire pour maintenir sa compétitivité.

Le présent rapport avait pour objectif l'aménagement des postes de travail, l'élimination des gaspillages, l'amélioration de la productivité et la réduction des défauts de la qualité.

Pour atteindre l'objectif, nous avons commencé par une analyse de l'état actuel de la ligne de production des disques de frein, ceci est fait par la réalisation de la carte VSM et une analyse de déroulement, ce qui a permis de dévoiler les formes des gaspillages et le déséquilibre entre les postes de travail.

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

Annexes :

Les opérations effectuées au poste OP80		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter le disque		5	
2	Appuyez sur bouton marche		2	
3	Fermeture de capotage	2		
4	Serrage	2		
5	Mesure de poids de la pièce	8		
6	Serrage par mors	2		
7	Equilibrage	3		
8	Mesure de la quantité éliminée	6		
9	Ouverture de capotage	2		
10	Démonter la pièce		2	
11	Poser la pièce		3	
12	Contrôler			15
	Totaux	25	12	
	Temps cycle(s)	37		

Tableau 20 : Temps cycle de poste OP80

Etude de phase		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
Les opérations effectuées au poste OP90				
1	Prendre et monter le disque		3	
2	Descente des palpeurs	2		
4	Contrôle DIM-SM	11,50		
5	Reculé des palpeurs	2		
6	Démonter le disque		2	
7	Poser le disque		3	
8	Marquage	15,5		
9	Démonter la pièce		2	
10	Poser le disque		2	
11	Contrôle			10

	Totaux	31	12	
	Temps cycle(s)	43		

Tableau 21 : Temps cycle de poste OP90

Etude de phase		Pièce : disque de frein Poste : OP100 Contrôle visuel 100%		
Les opérations effectuées au poste OP100		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre la pièce		2	
2	Contrôle visuel de la pièce		20	
3	Poser la pièce		2	
	Totaux		24	
	Temps cycle(s)	24		

Tableau 22 : Temps cycle de poste OP100

Etude de phase		Pièce : disque de frein Poste : OP110 Peinture		
Les opérations effectuées au poste OP100		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre la pièce		2	
2	Peinture		12	
3	Poser la pièce		2	
	Totaux		16	
	Temps cycle(s)	16		

Tableau 23 : Temps cycle de poste OP110

Etude de phase		Pièce : disque de frein Poste : OP120 Contrôle d'aspect et mise en caisse		
Les opérations effectuées au poste OP100		Temps(s)		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre la pièce		2	
2	Contrôle d'aspect		20	
3	Poser la pièce		2	
4	Mise en caisse		23	
	Totaux		47	
	Temps cycle(s)	47		

Tableau 24 : Temps cycle de poste OP120

Bibliographie et références :

- [1] : Textar Replacement Brake Parts Technical Information- CARID
- [2] : www.bluelean.fr/blog/outils-6-sigma/la-methode-dmaic.html
- [3]: www.scenaris.com kaizen
- [4]: Lead time, cycle time, value added time- Christian HOHMANN
- [5] : [www.qualiblog.fr/outils -et-methode-des-5-pourquoi-pour-eradiquer-vos-problemes/](http://www.qualiblog.fr/outils-et-methode-des-5-pourquoi-pour-eradiquer-vos-problemes/)
- [6] : www.culture-lean.com/equilibrage-postes-sur-takt-time
- [7]: leamanufacturing.com/les-7-gaspillages/
- [8]: ingnieur.over.blog.org/article-realiser-une-vsm-value-stream-mapping
- [9]: <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/les-basiques-du-lean/257-takt-time>