



جامعة تونس الافتراضية
Université Virtuelle de Tunis

Mastère professionnel en Optimisation et Modernisation des Entreprises MOME

Présenté par
Ghassen Madani

Pour l'obtention du
Diplôme de mastère professionnel

**Analyse de la chaine de valeur interne et mise en place
d'un projet Lean**

Réalisé à
EMK Monastir

Soutenu le 18 Janvier 2014

Devant le Jury :

Président	:	Mme	Atidel Hadj Alouane
Rapporteur	:	M.	Abderrahmen Oueslati
Encadreur Organisme d'accueil	:	M.	Rached Oueslati
Encadreur UVT	:	M.	Chiheb Ghaleb

Année Universitaire : 2012/2013

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1 : Cadre du projet

1.1.Introduction générale	1
1.2.Présentation de l'organisme d'accueil.....	1
1.3.Analyse Stratégique.....	2

Chapitre 2 : Présentations des outils du Lean Manufacturing

2.1 .Présentation du Lean	5
2.2 .Le Lean Manufacturing.....	5
2.3. Présentation de la VMS	6
2.3.1. Définition :	6
2.3.2. La production à Valeur Ajoutée :	7
2.4 .Réalisation VMS :.....	7
2.4.1. Démarche à suivre	7
2.4.1.1. Qui doit-il le réaliser?	7
2.4.1.2. Comment doit-il le réaliser?	7
2.4.1.3. Comment recueillir de l'information?.....	8
2.5 .Étapes de réalisation d'une VMS.....	8
2.5.1. Famille de produits.....	9
2.5.2 .Méthode de KUZACK.....	9
2.5.3. Méthode de KING	12
2.5.4 .Cartographie de l'état actuel et futur :	15
2.5.5 .Création de la Cartographie de l'Etat existant :	16
2.5.5.1 .Création de la Cartographie du Futur :.....	16
2.5.5.2 .Migration de l'existant vers la cible.....	16
2.5.5.3 .Temps nécessaire pour réaliser une cartographie.....	16
2.6. Analyse du VMS :.....	17
2.6.1 .Techniques d'amélioration continue :	17
2.6.1.1 .Kaizen.....	17
2.6.1.2 .Les 5S	19
2.6.1.3 .Elimination des gaspillages.....	20
2.6.1.4 .SMED	22
2.7.Outils d'application de Kaizen :	25
2.7.1. Diagramme d'Ishikawa	25

2.8. Diagramme de Pareto	25
2.9. Méthode de mise en ligne.....	27
2.9.1 Méthode des antériorités	27
2.9.2. Méthode des rangs moyens	30
2.10. Conclusion.....	31
Chapitre 3. Analyse de la chaine de valeur et mise en place des outils du Lean manufacturing	
3.1. Introduction	33
3.2. Réalisation de VSM dans l’atelier de production.....	33
3.3. Analyse de déroulement.....	34
3.4. VSM de l’état initial de l’atelier de production	35
3.5. Analyse du VSM.....	36
3.5.1 Diagramme d’ishikawa	36
3.5.1.1 Matière	36
3.5.1.2. Main d’œuvre.....	36
3.5.1.3. Machine	36
3.5.1.4. Milieu.....	37
3.5.2. Diagramme de Pareto	37
3.6. Résolution des problèmes d’implantation et de surproduction :.....	39
3.6.1. Application de la méthode des antériorités.....	39
3.6.2 Identification et élimination des goulots d’étranglements et rééquilibrage des postes	46
3.6.3. Amélioration sur les postes de travail	47
3.6.3.1. Postes de sertissage	47
3.6.3.2 Poste d’enrubannage manuel 2 :	50
3.6.3.3. Poste d’enrubannage sur machine :	51
3.6.3.4. Poste de montage	51
3.6.4. Suivi du taux de rendement de l’atelier de production.....	52
3.7 Résumé des résultats :.....	53
Conclusion Perspectives	
4.1 Conclusion.....	56
4.2. Perspectives :	56
4.2.1 Application de SMED dans l’atelier de production	56
4.2.2 Augmentation de la capacité de production	57

Résumé :

Dans un contexte économique de plus en plus exigeant, le besoin de réduire les coûts et d'améliorer la productivité et d'optimiser l'utilisation des ressources à disposition représente un manque constant à gagner. Ce mémoire retrace mon expérience passé à EMK Monastir lors de la mise place d'un projet Lean manufacturing. Une analyse de la chaine de valeur VMS a été faite dans l'atelier de production de l'entreprise. Un premier chantier Kaizen ainsi qu'une nouvelle mise en ligne des machines (en utilisant la méthode d'antériorité) a donné un taux d'amélioration de la productivité de 26.57%. Un deuxième chantier Kaizen a eu comme taux d'amélioration de 40.62%. Comme rendement global nous avons atteint un taux d'amélioration de 75.7%.

Mots clés :

VMS, Kaizen, 5S, Antériorité, cartographie, chaine, valeur, productivité, amélioration, 5M.

Remerciements

Au terme de ce projet, nous adressons nos vifs remerciements aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail.

Nous remercions, par la même occasion, tous les responsables de l'Université Virtuelle de Tunis pour leur contribution à notre formation.

Sans oublier à exprimer notre profonde gratitude et reconnaissance au personnel de l'entreprise EMK pour leur accueil et leur collaboration.

Egalement à Mr Chiheb GHALLEB pour ses encouragements et ses conseils précieux.

Enfin, que toute personne, ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, trouve ici l'expression de nos vifs remerciements.

1.1	INTRODUCTION GENERALE.....	1
1.2	PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL.....	1
1.3	ANALYSE STRATEGIQUE.....	2
2.1	Présentation du Lean.....	5
2.2	Le Lean Manufacturing.....	5
2.3	Présentation de la VMS.....	6
2.3.1	Définition :.....	6
2.3.2	La production à Valeur Ajoutée :.....	7
2.4	Réalisation VMS :.....	7
2.5	Étapes de réalisation d'une VMS.....	8
2.6	Analyse du VMS :.....	17
2.7	Outils d'application de Kaizen :.....	25
2.8	Diagramme de Pareto.....	25
2.9	Méthode de mise en ligne.....	27
2.10	Conclusion.....	31
4. 1	CONCLUSION.....	56
4. 2	PERSPECTIVES :.....	56

Chapitre 1 : Cadre du projet

1.1 Introduction générale

Dans un contexte économique de plus en plus exigeant où la concurrence internationale ne cesse de croître et où les exigences des clients sont plus élevées en termes de qualité, fiabilité, coût et délais, l'entreprise essaie de maintenir ses marges afin de survivre.

De ce fait, dans un tel environnement, l'enjeu majeur est la réduction des coûts, tout en maintenant continûment la qualité et les choix offerts aux clients et sans fragiliser l'entreprise à long terme. Pour ce faire, de nombreuses méthodes et outils existent mais la question qui prédomine aujourd'hui souvent est la suivante : quoi faire, comment le faire, qu'en tirer et comment le faire vivre ?

Ce qui est important et ce que nous apporte le LEAN MANUFACTURING, c'est que toutes ces méthodes et outils font partie d'un même système et d'une même approche globale.

Le LEAN est aujourd'hui le dernier modèle en date d'organisation industrielle, le seul qui répond à ce besoin d'amélioration durable et pérenne de la performance globale coûts - délai - qualité, et une référence en matière d'excellence industrielle.

"Confrontés chaque jour à une compétition plus vive et qui se livre désormais à l'échelle de la planète, les industriels doivent poursuivre sans relâche leur effort d'adaptation. Car si la trilogie des objectifs coût - délai - qualité reste une constante de l'entreprise industrielle, la façon de les atteindre a été profondément modifiée depuis une dizaine d'années. Ce nouveau modèle d'organisation, appelé lean production (production maigre) et traduit en français par production au plus juste implique un bouleversement du système de production" **Ministère de l'Industrie - Janvier 1996**

Dans ce cadre notre projet consiste à améliorer la productivité de l'entreprise EMK Monastir en mettant en place un projet Lean Manufacturing. Pour ce faire, nous avons appliqué la méthode VMS (Value Mapping Stream), pour analyser l'état actuel et prévoir l'état futur que nous voulons atteindre, l'outil Kaizen pour l'élimination des gaspillages et la méthode des antériorités pour la mise en ligne des machines. Suite à ces améliorations, nous constaterons l'augmentation de la performance globale de l'entreprise.

1.2 Présentation de l'organisme d'accueil

La Société EMK Monastir SARL a été construite en 1978 suite de la visite de l'ancien propriétaire dans le but de s'informer sur les possibilités et les perspectives d'implantation sur le territoire Tunisien. Cette enquête s'est soldée par l'acquisition d'un terrain d'une superficie de 5443 mètres carré sis à Monastir. Les travaux commencèrent le 01.08.1978 avec la mise en place d'un hall préfabriqué importé d'Allemagne et le lancement de l'activité s'est fait en février 1979 avec une dizaine d'employés. En 1982, une extension de 200 mètres carré a été réalisée suite à une nécessité de production et avec une quarantaine d'employés. En 1991, une troisième extension a vu le jour portant ainsi la surface couverte à 1800 mètres carré, un espace

capable d'accueillir plus de 200 personnes. Il est à noter aussi la modification de la raison sociale de la société, devenue Saia-Burgess Monastir C.S. en Décembre 2000. En 2005 la société est incorporée au sein de la multinationale Johnson Electric Group. En 2008 la société est rachetée par Wilms Gruppe et devient EMK Monastir SARL.

La Société EMK Monastir SARL propose à sa clientèle une gamme de prestations liées à des faisceaux de câble pour l'industrie automobile.

La société EMK Monastir SARL respecte les normes réglementaires JORT, le code du travail tunisien, la convention collective cadre et les instructions relatives à la sécurité du bâtiment tel que décrites dans les instructions relatives.

1.3 Analyse Stratégique

Comme mentionné précédemment la société EMK Monastir fait partie d'un groupe de sociétés, le groupe Willms. Ce groupe contient entre autres, des sites de productions assez semblables au nôtre et ayant la possibilité de fournir les mêmes services et produits. Le site le plus semblable est celui de la République Tchèque qui fournit des faisceaux de câbles pour l'industrie automobile dont le processus de fabrication est quasiment le même.

Dans l'objectif de se situer par rapport aux autres sites du groupe, en particulier celui de la République Tchèque, nous avons fait une analyse SWOT et il en est ressorti les résultats suivants :

Tableau 1: Récapitulatif de la méthode analyse SWOT

<i>Forces</i>	<i>Opportunités</i>
<p><i>Coût de la main d'œuvre assez bas</i></p> <p><i>Pas de coût de loyer</i></p> <p><i>Atelier de production pouvant accueillir jusqu'à 500 employés.</i></p>	<p><i>Augmentation de la capacité de production et d'acquérir de nouveaux produits.</i></p>
<i>Faiblesses</i>	<i>Menaces</i>
<p><i>Rendement global de l'entreprise assez faible</i></p> <p><i>L'entreprise de la république tchèque est certifiée ISO TS 16949</i></p>	<p><i>Transfert de certains articles au site de République Tchèque</i></p>

L'entreprise EMK Monastir bénéficie d'un avantage concurrentiel dans le domaine automobile dans la mesure où elle propose un coût de main d'œuvre assez bas ce qui permet d'optimiser les coûts de production.

De plus elle bénéficie d'une infrastructure installée pouvant accueillir jusqu'à 500 employés, ce qui lui permet d'augmenter sa capacité de production sans engager des frais d'extension supplémentaires dans l'optique de l'acquisition de nouveaux produits.

Néanmoins nous témoignons d'un rendement global assez faible comparé au site Tchèque.

Etant donné que l'activité de câblage est récente, le site de Monastir ne dispose actuellement que de la certification ISO 9001 :2008 alors que le site Tchèque est certifié ISO TS 16949:2009.

Cette analyse nous a permis de mettre en avant nos principaux problèmes de production et de compétitivité, à savoir :

Le faible rendement de l'entreprise

Manque de certification pour se spécialiser dans le domaine automobile

Devant ces problèmes, nous avons essayé d'apporter une solution qui est :

La mise en place d'un projet **Lean Manufacturing** afin d'améliorer la productivité de l'entreprise

La certification du site d'EMK Monastir **ISO TS 16949:2009**

La procédure pour la certification ISO TS 16949:2009 a déjà été entamée et est prévue pour la fin de l'année 2014.

Pour l'amélioration du rendement de l'entreprise nous avons opté pour l'analyse de la chaîne de valeur interne et la mise en place d'un projet **Lean Manufacturing**.

Le présent rapport est constitué de quatre parties, la première partie a été consacrée à une présentation du contexte général et une présentation de l'entreprise, la deuxième partie sera dédiée à un état de l'art où nous ferons une présentation des outils et méthodes utilisées, la troisième sera dédiée à une analyse de l'état actuel et l'application des outils du Lean sur l'atelier de production d'EMK Monastir. Dans la dernière partie nous ferons une évaluation des travaux réalisés et des possibles améliorations qui peuvent encore être mises en place.

Chapitre 2 : Présentation des outils du Lean Manufacturing

2.1 Présentation du Lean

Le grand principe du Lean est de maximiser la valeur client en minimisant le gaspillage. "Lean" veut tout simplement dire donner plus de valeur pour les clients en exploitant un minimum de ressources possible.

Une organisation Lean adopte la valeur du client et focalise ses processus clé pour l'augmenter de façon constante.

La finalité suprême étant de fournir la valeur idéale au client par un processus de création de valeur qui a zéro de gaspillage. Pour mener cette mission à bien, la philosophie Lean change le modèle de management en passant du fait d'optimiser les technologies séparées, les capitaux et les départements verticaux au fait d'optimiser les flux des produits et de services par les ruisseaux de valeur entiers qui coulent de façon horizontale à travers les technologies, les capitaux et les départements à destination des clients.

Éliminant le gaspillage le long de la chaîne entière de création de valeur, et non seulement sur des points isolés. La démarche Lean donne vie à des processus optimisés nécessitant un moindre effort humain, un espace moindre, un capital moindre et un minimum de temps de création et de fabrication du produit pour rendre les produits et services moins coûteux et avec une meilleure qualité en comparaison avec les organisations traditionnelles.

Les entreprises sont beaucoup plus agiles pour s'adapter aux besoins changeants des clients, tout en apportant un excellent niveau d'exigence en termes de qualité, de coûts dans la durée. La gestion de l'information devient également beaucoup plus simple et exacte.

2.2 Le Lean Manufacturing

Le Lean, n'est pas un cheminement tactique ou un programme de compression des coûts mais une stratégie qui englobe l'ensemble des processus d'une entreprise.

Les bases du Lean sont mises en place dans toutes sortes d'entreprises pour résumer leur stratégie au court et long terme d'un côté et leur façon de faire de l'autre.

Cela permet aux entreprises d'entamer non pas une démarche de compression des coûts de façon immédiate mais de façon durable.

Les mots transformation ou bien la transformation Lean sont souvent utilisés pour refléter le fait qu'une entreprise passe d'un vieux mode de management et de réflexion à un mode de pensée Lean. Cela exige une métamorphose de la manière qu'a une entreprise de gérer ses chantiers. Pour donner vie à cette métamorphose, il faut du temps et de la persévérance.

Le terme "Lean" a été inventé pour décrire le modèle Toyota à la fin des années 1980 par une équipe de recherche dirigée par Jim Womack, docteur au MIT.

La pensée Lean se fonde principalement sur 5 principes :

1. La fixation de ce qui donne vie à la ou les valeurs que le client exige
2. l'identification de toutes les phases de la chaîne de transformation

3. Donner l'appui à l'écoulement du flux
4. Le passage du flux poussé aux flux tirés
5. Choisir l'excellence tout en éliminant systématiquement le rebut.

La finalité ultime du Lean Manufacturing est l'exploitation optimale de tous les moyens productifs de la société.

Ainsi, les outils du Lean Manufacturing vont nous imposer de réduire les stocks, optimiser les équipements, optimiser des ressources humaines (via la polyvalence), et de réduire toute surface occupée.

Les outils les plus connus du Lean sont : 5S, VSM, le management visuel, la notion de Takt Time, SMED, TPM...

Dans ce chapitre nous présenterons uniquement les outils utilisés au cours de ce projet. Le Lean, n'est pas un cheminement tactique ou un programme de compression des coûts mais une stratégie qui englobe l'ensemble des processus d'une entreprise.

2.3 Présentation de la VMS

2.3.1 Définition :

La VMS est une méthode qui permet de cartographier visuellement le flux des matériaux et de l'information allant de la matière première jusqu'au produit fini (bonne vue d'ensemble). En terme réseau de création de valeur, c'est s'intéresser à la démarche de production dans sa globalité plutôt qu'au processus individuel

[FOR@C, 2006].

Le principe de base du VSM est de cartographier la chaîne de production de valeur, puis d'y ajouter le flux d'informations permettant le fonctionnement de ce processus. Il s'agit donc 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 time, les temps d'attentes.
- les tailles de lot, les stocks et en-cours,
- la performance et des sous-performances des processus.
- taux de qualité et de non-qualité
- les ressources humaines affectées, leurs productivités, leurs absentéismes...

L'identification des stocks (y compris les tampons ou buffers) est notamment intéressante. Ils sont estimés en quantité de pièces ou en temps de couverture.

Pour avoir une bonne cartographie, il faut qu'elle reflète le déroulement réel du processus et non pas un déroulement se basant sur ce que les procédures décrivent. Pour cela, un travail sur le terrain avec les acteurs et près de l'application du processus est à recommander. Comme il s'agit d'un outil visuel la participation, la compréhension et le partage sont favorisés et constructifs et ce à tous les niveaux.

2.3.2 La production à Valeur Ajoutée :

La PVA consiste à éliminer tous types d'activités qui n'ajoutent aucune valeur que le client demande au produit. Elle réside à l'identification et l'élimination de toute forme de gaspillage qui représente un frein à une meilleure rentabilité d'entreprise.

Autrement dit, il s'agit d'apporter des améliorations sur les temps de réponse et les délais, puis effectuer une optimisation de la flexibilité des processus de fabrication. Comme la productivité des employés, la capacité et les coûts de production, entre autres, devront également passer sous la loupe de l'amélioration continue générée par l'instauration d'une production à valeur ajoutée solide.

« La Production à Valeur Ajoutée (PVA) permet de Convertir le besoin du consommateur en argent en un minimum de temps » [B.Keyte et D.Locher, 2004].

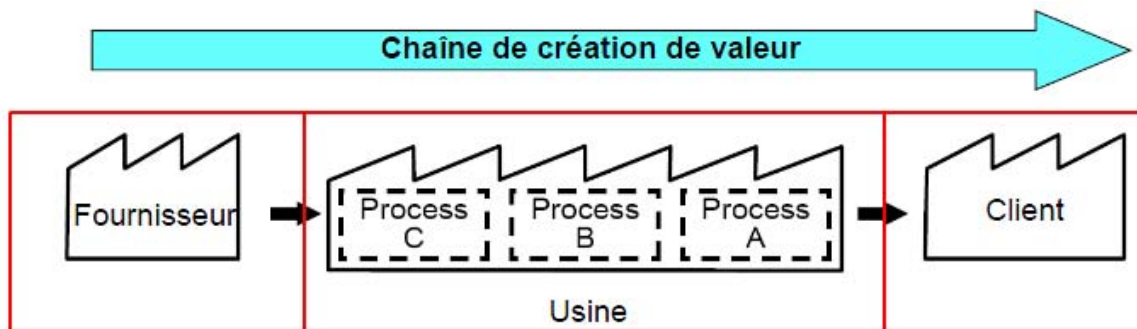


Figure 1: Chaîne de création de valeur

2.4 Réalisation VMS :

2.4.1 Démarche à suivre :

2.4.1.1 Qui doit-il le réaliser?

- Le pilote du processus ou le manager qui désire apporter un changement.

2.4.1.2 Comment doit-il le réaliser? :

- Suivre l'avancement du produit tout au long de la ligne de production à analyser.
- Relever les données du processus.
- Esquisser la VSM au crayon. Les modifications seront plus faciles à y apporter.

- Utiliser les données réelles suivies pendant la production. Éviter les termes vagues comme « D'habitude, normalement ou conformément à la procédure il fallait que ... ».

Exemples de questions à poser :

- Comment l'opérateur sait-il ce qu'il devrait produire par la suite?
- Combien de temps est-t-il nécessaire pour réaliser l'inventaire de ce produit (ou sous-produit) selon le rythme de commande actuel du client?
- Combien de temps dure le set-up? (Le set-up étant le temps compris entre la production de la dernière bonne pièce et la première bonne pièce du produit suivant.)

2.4.1.3 Comment recueillir de l'information?

La qualité d'une VSM dépend de la qualité des informations recueillies Il vous donc faut:

- Faire des observations instantanées pour les données que vous ne connaissiez pas.
- Prendre le temps de valider vos informations, et ce en questionnant les responsables, en filmant les opérations ou les temps de set-up.
- Réviser ou ajuster les indicateurs de performance.

2.5 Étapes de réalisation d'une VMS

Les étapes de réalisation d'une VSM sont représentées par le schéma ci-dessous :

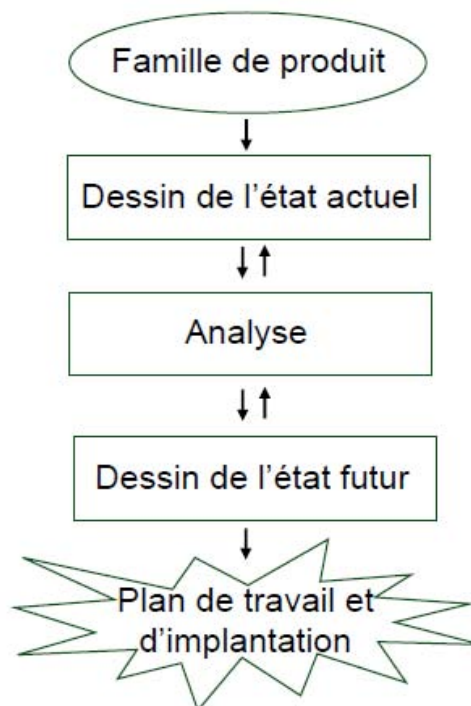


Figure 2: Étapes de réalisation du VMS

2.5.1 Famille de produits

Une famille de produit est un regroupement de produits dont le processus de fabrication et les équipements utilisés sont similaires. Afin d'identifier les familles de produits, il est possible d'utiliser une des deux méthodes suivantes :

La méthode de KUZACK

La méthode de KING [DURET D. et PILLET M., 2001].

2.5.2 Méthode de KUZACK

Cette méthode, tout comme la méthode de King, est destinée à faciliter la constitution d'îlots de fabrication. Un îlot est constitué d'une partie des postes de travail que l'on regroupe afin de pouvoir réaliser, indépendamment des autres postes de l'usine, toutes les étapes de la fabrication d'une des familles de produits de l'entreprise. Elle est basée sur l'exploitation d'une matrice permettant de visualiser l'utilisation des moyens à implanter (machines ou postes de travail) par les produits (ou familles de produits) à fabriquer.

Cette matrice comporte une ligne par produit, et une colonne par moyen :

pour chaque produit, on indique sur sa ligne, dans la colonne de chaque moyen qu'il utilise, le numéro d'ordre dans la gamme (ou le numéro de phase).

Ainsi, pour un exemple simple comprenant 7 postes repérés M1 à M7, et 7 produits repérés de P1 à P7 dont les gammes sont les suivantes :

Tableau 2:Gammes de fabrication

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>		<i>1</i>			<i>2</i>		
<i>P2</i>				<i>2</i>		<i>1</i>	
<i>P3</i>			<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>		
<i>P4</i>	<i>1</i>						<i>2</i>
<i>P5</i>		<i>1</i>			<i>2</i>		
<i>P6</i>				<i>2</i>		<i>1</i>	
<i>P7</i>		<i>2</i>	<i>1</i>				

Étape 1 – On sélectionne la première ligne et les colonnes attachées à cette ligne

Tableau 3:Étape 1 de méthode de Kuziack

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>		1			2		
<i>P2</i>				2		1	
<i>P3</i>			2	3	1		
<i>P4</i>	1						2
<i>P5</i>		1			2		
<i>P6</i>				2		1	
<i>P7</i>		2	1				

Étape 2 – On sélectionne les lignes attachées aux colonnes sélectionnées.

Pour séparer des îlots éventuellement rattachés entre eux par une machine, on ne prend dans un îlot que les pièces qui ont au moins 50 % des machines déjà rattachées à celui-ci. Ainsi, on intègre la pièce P7 (1 machine sur 2) et évidemment P5 (2 sur 2), mais pas la pièce P3 (1 machine sur 3).

Tableau 4:Étape 2 de méthode de Kuziack

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>		1			2		
<i>P2</i>				2		1	
<i>P3</i>			2	3	1		
<i>P4</i>	1						2
<i>P5</i>		1			2		
<i>P6</i>				2		1	
<i>P7</i>		2	1				

Étape 3 – On recommence l'étape 1 en sélectionnant les colonnes attachées à l'îlot.

Tableau 5 : Étape 3 de méthode de Kuziack

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>		1			2		
<i>P2</i>				2		1	
<i>P3</i>			2	3	1		
<i>P4</i>	1						2
<i>P5</i>		1			2		
<i>P6</i>				2		1	
<i>P7</i>		2	1				

Étape 4 – On arrête lorsque la ligne (ou la colonne) ne comporte plus d'éléments. Dans le tableau ci-après, on ne regroupe pas M4 car cette machine concerne 1 pièce de cet îlot pour 2 pièces hors îlot.

Tableau 6:Étape 4 de méthode de Kuziack

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>		1			2		
<i>P2</i>				2		1	
<i>P3</i>			2	3	1		
<i>P4</i>	1						2
<i>P5</i>		1			2		
<i>P6</i>				2		1	
<i>P7</i>		2	1				

Le premier regroupement est alors réalisé (M2, M3, M5).

Étape 5 – On retranche les pièces et les machines déjà regroupées.

Tableau 7:Étape 5 de méthode de Kuziack

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P2</i>				2		1	
<i>P4</i>	1						2
<i>P6</i>				2		1	

En réitérant le même processus que précédemment, on identifie deux nouveaux îlots indépendants. La répartition est alors la suivante :

Tableau 8:Nouvelle répartition des îlots

<i>Machines Lignes</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M5</i>	<i>M4</i>	<i>M6</i>	<i>M1</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>	1		2				
<i>P5</i>	1		2				
<i>P7</i>	2	1					
<i>P3</i>		2	1	3			
<i>P2</i>				2	1		
<i>P6</i>				2	1		
<i>P4</i>						1	2

La machine M4 doit être dédoublée si on veut rendre les îlots indépendants.

Bien sûr, le critère de choix pour ce dédoublement reste la charge de cette machine.

2.5.3 Méthode de KING

La méthode de King est plus rigoureuse que la méthode de Kuziack. Cependant, son traitement sur le papier n'est pas très adapté. Pour utiliser cette méthode, il est obligatoire de disposer d'un tableur ou d'un logiciel spécifique tel qu'« IMPACT ».

Appliquons la méthode de King sur le même exemple, vu précédemment.

Tableau 9: Gamme de fabrication

<i>Machines Lignes</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
<i>P1</i>		1			2		
<i>P2</i>				2		1	
<i>P3</i>			2	3	1		
<i>P4</i>	1						2
<i>P5</i>		1			2		
<i>P6</i>				2		1	
<i>P7</i>		2	1				

Étape 1 – On traduit la matrice en écriture binaire en affectant un poids en puissance de 2 à chacune des pièces (première colonne du tableau ci-après).

L'équivalent décimal est alors calculé en sommant les poids des pièces

utilisant la machine. Ainsi, l'équivalent décimal de M4 = $25 + 24 + 21 = 32 + 16 + 2 = 50$.

Tableau 10: Étape 1 de méthode de King

<i>Poids</i>	<i>Machines</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
26	<i>P1</i>	0	1	0	0	1	0	0
25	<i>P2</i>	0	0	0	1	0	1	0
24	<i>P3</i>	0	0	1	1	1	0	0
23	<i>P4</i>	1	0	0	0	0	0	1
22	<i>P5</i>	0	1	0	0	1	0	0
21	<i>P6</i>	0	0	0	1	0	1	0
20	<i>P7</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Equivalent décimal</i>		8	69	17	50	84	34	8

Étape 2 – On ordonne les colonnes dans l'ordre décroissant de l'équivalent décimal. En cas d'égalité, on respecte l'ordre des machines. On suit alors le même processus, mais sur les colonnes. Par exemple pour P1, $26 + 25 = 96$.

Tableau 11:Étape2 de méthode de King

<i>Pièces</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>Equivalent décimal</i>
<i>P1</i>	0	1	0	0	1	0	0	96
<i>P2</i>	0	0	0	1	0	1	0	24
<i>P3</i>	0	0	1	1	1	0	0	84
<i>P4</i>	1	0	0	0	0	0	1	3
<i>P5</i>	0	1	0	0	1	0	0	96
<i>P6</i>	0	0	0	1	0	1	0	24
<i>P7</i>	0	1	1	0	0	0	0	36
<i>Poids</i>	26	25	24	23	22	21	20	

Étape 3 – On recommence le même processus sur les lignes.

Tableau 12:Étape3 de méthode de King

<i>Poids</i>	<i>Pièces</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>
26	<i>P1</i>	1	1	0	0	0	0	0
25	<i>P5</i>	1	1	0	0	0	0	0
24	<i>P3</i>	1	0	1	0	1	0	0
23	<i>P7</i>	0	1	0	0	1	0	0
22	<i>P2</i>	0	0	1	1	0	0	0
21	<i>P6</i>	0	0	1	1	0	0	0
20	<i>P4</i>	0	0	0	0	0	1	1
<i>Equivalent décimal</i>		112	104	22	6	24	1	1

On ordonne M5, M2, M3, M4, M6, M1, M7, ce qui donne le tableau suivant :

Tableau 13: Répartition des îlots

<i>Pièces</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>Equivalent décimal</i>
<i>P1</i>	1	1	0	0	0	0	0	96
<i>P5</i>	1	1	0	0	0	0	0	96
<i>P3</i>	1	0	1	1	0	0	0	88
<i>P7</i>	0	1	1	0	0	0	0	48
<i>P2</i>	0	0	0	1	1	0	0	12
<i>P6</i>	0	0	0	1	1	0	0	12
<i>P4</i>	0	0	0	0	0	1	1	3
<i>Poids</i>	26	25	24	23	22	21	20	

On arrête le processus lorsqu'il n'y a plus d'inversion à faire. On retrouve ici le même regroupement que celui donné par la méthode de Kuziack. Cependant, les regroupements occasionnés par les deux méthodes ne sont pas toujours identiques.

2.5.4 Cartographie de l'état actuel et futur :

La cartographie de la chaîne de valeur est un outil utilisant papiers et crayons pour aider à voir et à comprendre le flux de matières et d'informations lorsqu'un produit ou un service parcourt la chaîne de valeur.

Une cartographie de la chaîne de valeur ne prend pas seulement en considération les activités reliées à la transformation d'un produit, mais également les systèmes de gestion et d'information qui supportent les processus de base. Cela s'avère particulièrement important lorsqu'on vise à réduire le temps de cycle puisqu'on obtient des indications sur le flux des informations, en plus du flux des produits. Cette cartographie sert à :

Visualiser le flux de création de valeur dans le processus,

Discriminer les tâches à valeur ajoutée des tâches à non valeur ajoutée,

Planifier les chantiers kaizen et par conséquent identifier les sources de gaspillage, de non performance du processus actuel,

Réduire les stocks et encours et améliorer les temps de traversée (lead time)

Elle utilise des symboles (pictogrammes) simples dont la connaissance permet une lecture aisée, une compréhension du processus et l'identification immédiate des points à améliorer. Elle offre la possibilité aux participants de différents services d'une entreprise de partager la vision et la compréhension de l'ensemble des flux d'informations et flux physiques.

La cartographie n'est pas une finalité; elle doit mener à une amélioration.

L'exercice du VSM consiste en trois phases :

1. Cartographier l'état actuel

2. Dessiner la carte de l'état futur à la suite d'une analyse
3. Établir un plan d'action pour passer de l'état actuel à l'état futur.

2.5.5 Création de la Cartographie de l'Etat existant :

Pour réaliser la Cartographie de l'état existant il est nécessaire de :

Choisir un flux de valeur.

Constituer une équipe multidisciplinaire.

Former l'équipe aux principes de base du Lean et à la réalisation de la Cartographie.

- Aller tous ensemble sur le terrain faire l'analyse du flux de valeur en partant de la fin du processus et en remontant le flux de valeur.

- Collecter à chaque étape un certain nombre d'informations (ex : Stocks, nombre d'Opérateurs, temps travaillé, etc...).

- Utiliser les icônes standards du LEI (Lean Enterprise Institute) pour tracer la cartographie du flux de valeur.

Une fois la cartographie de l'Existant réalisée, l'équipe va l'analyser notamment en traduisant les stocks présents à chaque étape du processus en jours de besoins client et en prenant en compte toutes les observations effectuées en remontant le flux.

2.5.5.1 Création de la Cartographie du Futur :

Compte tenu des gaspillages identifiés sur la cartographie de l'existant et des 8 principes d'un flux Lean qui sont :

1. Adapter le rythme de production au rythme de consommation du Client (Takt Time)
2. Utiliser le modèle d'organisation en fonction de la typologie de production :
Production pour le stock
Production à la commande
3. Créer un flux unitaire continu à chaque fois que possible.
4. Mettre en place des supermarchés.
5. Définir ou sera placé le procédé « cadenceur ».
6. Nivelier le mix produit.
7. Nivelier les prélèvements.
8. Mettre en œuvre des actions d'améliorations.

L'Equipe qui a réalisé la cartographie de l'existant est la plus apte pour créer la Cartographie du Futur dont l'objectif sera de créer un flux de valeur Lean, supprimant la majorité des gaspillages constatés

2.5.5.2 *Migration de l'existant vers la cible*

Une fois créée et validée par l'Equipe et la Direction, la Cartographie du Futur devient la cible à atteindre et pour ce faire la liste et la priorité des actions à mener est établie.

Mais pour que cette migration donne le plus rapidement des résultats pour le client, les actions seront effectuées en remontant le processus, c'est-à-dire que les premières concerneront le produit fini prêt à être expédié.

2.5.5.3 *Temps nécessaire pour réaliser une cartographie*

Il faut compter 2 jours pour :

- Former l'Equipe aux bases du Lean et à la technique de la Cartographie
- Préparer la collecte des informations
- Aller sur le terrain remonter le flux en collectant les informations
- Tracer la cartographie de l'existant et l'analyser
- Former l'Equipe au flux Lean
- Tracer et valider la cartographie du futur
- Lister et planifier les actions

2.6 Analyse du VMS :

2.6.1 Techniques d'amélioration continue :

2.6.1.1 *Kaizen*

L'étymologie japonaise du mot Kaizen reflète sa finalité :

- Kai signifie changement
- Zen signifie bon, mieux

C'est une technique japonaise d'amélioration continue de la qualité ou de perfectionnement du processus de fabrication, reposant sur la somme d'aménagements ou d'améliorations de détail que chacun peut proposer de mettre en œuvre au poste qu'il occupe. Conformément à Masaaki Imai, fondateur du Kaizen, cette philosophie s'appuie sur des solutions simples et "bon marché", basées sur le bon sens du personnel, et sur la persistance de toutes les personnes impliquées à avoir à l'esprit l'idée de combattre toutes les pertes (étapes sans valeur ajoutée) [GEORGESM. L., 2002].

En résumé, le Kaizen,
C'EST QUOI ? De l'amélioration.
POURQUOI ? Affronter la compétition.
OÙ ? En production sur le plancher.
PAR QUI ? Une équipe multidisciplinaire.
COMMENT ? Par nos propres moyens.
QUAND ? Immédiatement

La démarche repose sur des petites améliorations faites jour après jour, mais constamment ; c'est une démarche graduelle et douce qui s'oppose au concept plus occidental de réforme brutale du type "on jette tout et on recommence avec du neuf".

Le Kaizen s'applique à toutes les sphères de l'entreprise. La démarche la plus commune est de changer les opérations des exécutants pour rendre leur travail plus productif, moins fatiguant, plus efficace et plus sécuritaire. Pour assurer la collaboration des exécutants, ces derniers sont invités à coopérer activement, à repenser leur travail avec l'aide de collègues ou le support d'un groupe Kaizen.

Une autre démarche est d'améliorer les équipements, notamment en installant des systèmes de détrompeurs et /ou en changeant la disposition des machines.

La troisième voie est la révision des procédures.

Cette approche d'amélioration est fondée sur deux grands piliers, l'organisation et les Ressources humaines. Toutes les améliorations visent un but commun : générer des profits nécessaires à la survie de l'entreprise.

En pratique il s'agit d'éliminer ou de réduire des opérations qui coûtent à l'entreprise sans pour autant changer quoi que ce soit au produit vendu.

Ces principaux éléments qui n'apportent rien à notre client et qui nous coûtent si chers sont appelés du gaspillage et les spécialistes en reconnaissent sept sources principales [ERSCHLER J., 2001] :

- Les produits défectueux
- Le stockage inutile
- La surproduction
- Les attentes inutiles
- Le transport inutile
- Les tâches inutiles
- Les mouvements inutiles

Quand nous voulons augmenter la rentabilité sans trop investir, il faut concentrer nos efforts sur cette non-valeur ajoutée car elle seule peut garantir des changements qui rapporteront sans

affecter nullement notre produit. Nous pourrions le faire à partir de toutes sortes d'outils qui existent sur le marché (kaizen, 5S, TPM...etc.).

2.6.1.2 Les 5S

Le mot 5S est l'acronyme de 5 mots japonais désignant chacun une étape d'actions dans une démarche d'amélioration de l'efficacité dans le travail quotidien [A.COURTOIS et C.MARTIN-BONNEFOUS, 2003] :

Seiri : DEBARRAS

Seiton : RANGEMENT

Seiso : NETTOYAGE

Seiketsu : ORDRE

Shitsuke : RIGUEUR

C'est la plus simple des démarches de progrès, c'est celle que l'on doit pratiquer en premier et qui constitue les fondations de tout projet de mise en place du Lean-manufacturing.

Les 5S permettent d'associer et de responsabiliser chaque personne, chaque groupe de l'entreprise au maintien et à l'amélioration des meilleures pratiques d'efficacité au poste de travail dans leur secteur.

❖ Seiri: DEBARRAS

Séparer l'utile de l'inutile : ELIMINER

Trier et ne garder que le strict nécessaire dans son environnement par :

– L'élimination des éléments inutiles

– La sélection des éléments nécessaires à l'efficacité du travail

➤ **Objectif : mettre en place les outils utiles pour un travail efficace et ne pas être gêné par l'inutile**

❖ Seiton: RANGEMENT

Situer les objets en fonction de leur utilisation : RANGER

Mettre les choses à leur place par :

-Le choix de l'endroit le plus approprié pour chaque objet.

-Le choix du mode de rangement et d'identification de chaque objet.

➤ **Objectif : Ne plus chercher les objets dont on a besoin.**

❖ Seiso: NETTOYAGE

Supprimer les sources de salissures : NETTOYER

Supprimer les saletés avec efficacité par :

– L'identification des sources de salissures à l'occasion de chaque nettoyage.

– La mise en place d’actions pour éliminer les sources de salissures et assurer ainsi la propreté avec un nettoyage réduit au minimum.

➤ **Objectif : Ne plus salir**

❖ **Seiketsu: ORDRE**

Standardiser visuellement les meilleures pratiques : **STANDARDISER**

Mettre en place une organisation performante par :

- L’identification des meilleures pratiques.
- La formalisation simple de ces pratiques (aides visuelles).
- La communication et la formation à leur application.

➤ **Objectif : Ne pas oublier les meilleures pratiques**

❖ **Shitsuke: RIGUEUR**

Systématiser le respect des meilleures pratiques : **RESPECTER**

Assurer le respect du standard établi par :

- L’acquisition de nouvelles habitudes.
- La possibilité d’un autocontrôle permanent du respect des règles établies.
- L’information et le traitement des anomalies détectées.

➤ **Objectif : Utiliser les meilleures pratiques et les améliorer en permanence.**

2.6.1.3 Elimination des gaspillages

Un autre mot japonais, muda. Muda signifie gaspillage, toutefois ce mot intègre de plus vastes connotations. Toute opération ne générant pas de valeur ajoutée est muda [M.Rother et D.Shook, 1999].

En identifiant sept types de gaspillage, TOYOTA a développé son système de production, tout entier orienté vers l'excellence. Cette recherche de l'excellence a donné naissance ou a conduit au succès de la plupart des méthodes dites "japonaises", dont l'approche 5S fait partie.

Les sept types de gaspillage sont :

1. Gaspillages provenant de la surproduction
2. Gaspillages provenant des temps d'attente
3. Gaspillages occasionnés par les transports
4. Gaspillages dus aux stocks inutiles
5. Gaspillages dans les processus de fabrication

6. Mouvements inutiles
7. Gaspillages dus aux pièces défectueuses

❖ **Gaspillages provenant de la surproduction**

Il existe des entreprises qui produisent plus que nécessaire parce qu'elles égarent des pièces. Sans ordre ni discipline de rangement, les stocks encombrant tout l'espace.

Poser temporairement un lot à un emplacement non défini, c'est courir le risque que quelqu'un d'autre le re-déplace sans précautions et sans prévenir personne.

Que ce lot soit retrouvé ou non, la recherche des pièces perdues va consommer de l'énergie et du temps. Supposons que dans l'urgence il faille refaire les mêmes pièces pour livrer le lot à temps, il en résulte un gaspillage de matière, d'énergie et main d'œuvre au profit d'un stock que l'on retrouvera plus tard, sans certitude de pouvoir le vendre !

Les 5S peuvent être mis à profit pour définir des règles de rangement, des emplacements d'entreposage, des zones d'attente. Ces règles seront communiquées afin que chacun sache où se trouve quoi, pourquoi et pour combien de temps. En cherchant à améliorer en permanence la situation, on prendra soin de faire évoluer le système et de le maintenir à jour.

❖ **Gaspillages provenant des temps d'attente**

L'attente est la conséquence d'une mauvaise synchronisation ou d'une mauvaise préparation. Attendre des pièces, de la matière, des outils, instructions, etc... Est éventuellement dû à une mauvaise définition des règles et/ou des zones de stockage et d'entreposage.

Il faut aussi se poser la question de l'impérieuse utilité de ce que l'on attend...

Si cela n'apporte aucune valeur ajoutée, est-ce réellement utile ? Si non : éliminer. Si oui, alors réduire le temps d'attente, les distances à parcourir.

❖ **Gaspillages occasionnés par les transports**

La nécessité de transporter peut être la conséquence des gaspillages précédents. Tous les transports ne peuvent pas être éliminés, mais il faut veiller à les réduire au minimum.

La recherche de tire-palettes pour déplacer des caisses ou palettes est un exercice des plus courants dans les ateliers. Les intéressés réclameront toujours davantage d'engins, alors qu'une définition de règles d'utilisation, d'une zone de stationnement et la discipline pour s'astreindre à rapporter l'engin une fois la manutention exécutée règle la plupart des problèmes de disponibilité.

❖ **Gaspillages dus aux stocks inutiles**

Dans l'optique des 5S, cela appelle leur élimination et la récupération des espaces ainsi dégagés, de préférence pour une activité à valeur ajoutée.

Les documents papier et leurs multiples copies, les catalogues et calendriers des années passées, les fichiers informatiques, les stylos et feutres qui n'écrivent presque plus... des stocks inutiles!

❖ **Gaspillages dans les processus de fabrication**

Les gammes et les modes opératoires non maintenus à jour laissent des opérations inutiles dans le processus. La logique du tri et rangement s'applique aussi aux séquences d'opérations dans les gammes.

Ce type de gaspillage se trouve aussi volontiers dans les processus administratifs. Des règles anciennes ont créé des opérations devenues inutiles, mais personne n'ayant pris la peine de les remettre en question, on continue avec application et discipline.

❖ **Gaspillages par des mouvements inutiles**

L'ergonomie du poste de travail est certainement un cas concret d'application parmi les plus populaires et les plus "visibles" des 5S. Son agencement suivra une logique inspirée des 5S (disponibilité, éloignement, tenue,...) et favorisera le maintien de la discipline 5S. Parmi les mouvements inutiles, ne pas oublier les déplacements pour aller (re)chercher ce qui manque, ce qui est en retard, pour demander des renseignements complémentaires...

❖ **Gaspillages dus aux pièces défectueuses**

Un certain nombre de défauts qualité peut être imputé à l'état du poste de travail :

- erreur de montage due à une confusion de pièces, le poste étant en désordre et/ou des pièces d'une autre série/montage y traînaient (défaut d'ordre)
- oubli de pièces, car les pièces manquantes n'étaient pas visibles (défaut d'ordre)
- rayures sur pièces d'aspect par des débris traînants sur le poste (défaut de propreté)
- pièces inutilisables parce que salies (défaut de propreté)
- le défaut est imputable au non respect de l'ordre des opérations (défaut de discipline).

2.6.1.4 SMED

SMED : Pour Single Minute Exchange of Die, signifie en langue française (Système de modification rapide des réglages des machines). C'est une méthode d'organisation dont le but consiste à réduire de façon systématique le temps de changement d'outils à moins de 10 minutes.

Suivant le processus de fabrication, la méthode SMED s'applique essentiellement dans les industries où la production est organisée par fonction (Job shop). Le type de production qui s'y pratique est la production discontinue et en série.

Il s'agit de la fabrication de différents produits finis par lots homogènes et dans une même chaîne de production. Tous ne pouvant être fabriqués simultanément, on lance à tour de rôle une fabrication par lot suivie du stockage. Le cycle de production dans un tel cas peut avoir la configuration suivante : durant les deux premiers jours de chaque semaine, on réalise la fabrication du produit A. Le troisième et le quatrième jour, les outils de travail et les machines sont nettoyés, réglés puis on lance la fabrication du produit B et ainsi de suite.

Pour passer de la fabrication d'un produit à l'autre, on opère d'abord un changement d'outils dans les machines et postes de travail. C'est à ces temps de changement de série que s'intéresse la méthode SMED.

Pour passer de la fabrication d'un produit à l'autre, on opère d'abord un changement d'outils dans les machines et postes de travail. C'est à ces temps de changement de série que s'intéresse la méthode SMED.

-Un gain de temps : opérer les changements d'outils en unité de temps d'un seul chiffre (1 à 9 minutes) ;

-Un gain de productivité : flexibiliser les machines et postes de travail. C'est-à-dire, améliorer leur capacité à changer rapidement de fabrication, réduire l'arrêt pour le changement des outils et si possible l'éliminer;

-Un gain d'argent : réduire la taille de lot minimale. En effet, si les temps de changement de série deviennent nuls, on peut alors envisager une fabrication à l'unité sans augmenter les coûts. Moins de dépense pour le changement d'outils et plus de production en unité.

Au sens du SMED, le changement de fabrication est la durée qui s'écoule entre la dernière pièce bonne de la série précédente et la première pièce bonne de la série suivante. Durant cette période de temps improductive, des opérateurs reconfigurent les machines / postes de travail en exécutant un ensemble de tâches.

Une action SMED, consiste donc à diminuer ce temps consacré au réglage, afin d'obtenir des changements d'outils rapides ou des réglages instantanés.

❖ **Étapes de la méthode SMED :**

La méthode SMED s'applique en trois principales étapes.

Étape 1 : Distinction / séparation des opérations internes et des opérations externes.

Étape 2 : Conversion d'un maximum d'opérations internes en opérations externes.

Étape 3 : Rationalisation de toutes les opérations de réglage.

✓ **Étape 1 : Séparation des opérations internes et externes**

– Les opérations internes sont celles qui nécessitent obligatoirement un arrêt de la machine ou arrêt de production pour être exécutées. EX : le montage d'un outil ;

– Les opérations externes sont celles qui peuvent être réalisées pendant que les machines sont en marche. EX : la préparation des prochains outils qui vont être montés.

Il s'avère le plus souvent que les opérations internes et externes soient toutes réalisées durant le temps d'arrêt. Ce qui a pour conséquence immédiate le prolongement de ce dernier. Pour réduire, voire éliminer ce temps, il faut convertir le maximum d'opération « internes » en opération externes.

Dans de cette étape du SMED auquel sont associés les opérateurs, on utilise des caméras et chronomètres pour enregistrer la situation réelle, et on compare les temps de réalisation aux standards de travail. On procède alors à l'étude détaillée de toutes les opérations réalisées au niveau du poste de travail lors du changement de série ; à une analyse des contraintes de succession entre ces opérations, suivie d'une identification claire des opérations externes [ARNAULT P. et RENAUD J. 2003].

✓ **Etape 2 : Conversion des opérations internes en opérations externes**

A cette étape, les opérations dont l'exécution pendant les temps d'arrêt est jugée superflue sont renvoyées à être réalisées avant ou après le changement de série.

On parle alors de conversion d'opérations internes en externes.

Le but est de limiter au strict nécessaire le nombre d'opérations internes. Il en résulte une réduction systématique du temps d'arrêt. La production de la série suivante peut commencer plus rapidement qu'auparavant.

✓ **Etape 2 : Rationalisation de tous les aspects des opérations de réglage :**

Bien qu'un gain de temps soit réalisé grâce à la conversion de certaines opérations en opérations externes, avec une rationalisation des réglages, il est possible d'atteindre le temps optimal de réglage.

Le but de cette étape SMED est de réduire au minimum le temps des réglages internes :

- Faire scrupuleusement respecter les diagrammes d'opération;
- Traquer quotidiennement les anomalies sur les réglages durant l'arrêt;
- Ne pas hésiter à améliorer les standards.

2.9. 1

2.9. 2

2.9. 3

2.9. 4

2.7 Outils d'application de Kaizen :

2.7.1 Diagramme d'Ishikawa :

Le diagramme d'Ishikawa ou le diagramme de causes-effet, également connu sous le nom de diagramme à arêtes de poisson est un outil utilisé pour la présentation par famille de toutes les causes possibles d'un problème sous forme graphique.

La réalisation du diagramme d'Ishikawa se fait généralement par un groupe de travail pluridisciplinaire afin d'apporter des points de vue complémentaires et d'affiner l'identification des causes [BACHELET R., 2011].

Méthodologie

- 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, supprimer les « solutions déguisées » ou fausses causes, ex : le manque de maintenance est une solution déguisée en cause ; la vraie cause étant un entretien insuffisant.
- 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).

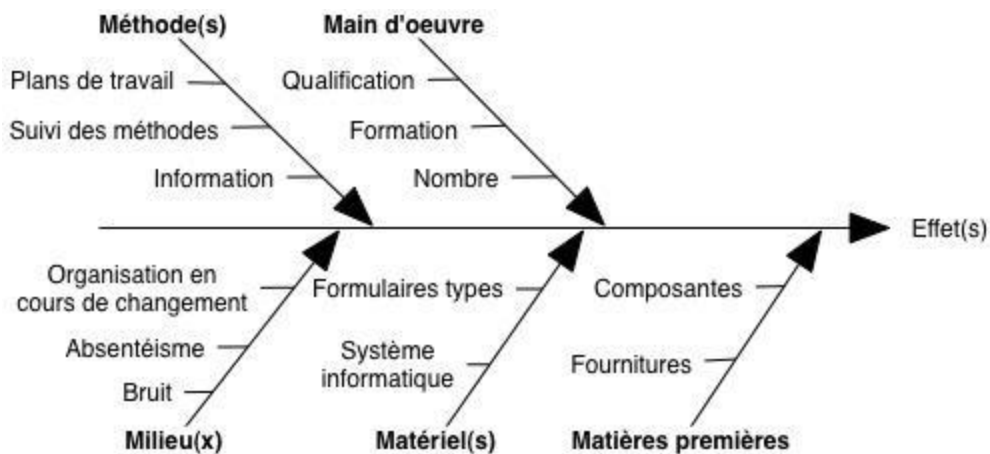


Figure 3:Diagramme d'Ishikawa.

2.8 Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance.

Le diagramme de Pareto est un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes [BENICHOU J. et MALHIET D., 1991].

La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision.

Dans un environnement industriel, les points d'amélioration potentiels sont quasi innombrables. On pourrait même améliorer indéfiniment, tout et n'importe quoi. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'amélioration coûte et par conséquent il faut en contrepartie une création de valeur ajoutée, ou une suppression de gaspillage.

Les illustrations de l'utilisation des diagrammes de Pareto sont aussi nombreuses que variées, citons à titre d'exemples :

Pour aider à la décision et déterminer les priorités dans des actions,

- Classer les articles à stocker et en déterminer le mode de gestion (il est courant de s'apercevoir que seuls 20% des articles contribuent à 80% du chiffre d'affaires).
- Les suivis qualité; 20% des causes représentent 80% de l'ensemble des défauts analysés d'un processus : seuls 20% des opérations accumulent 80% de la valeur ajoutée...

Pour déterminer les priorités et la pertinence d'une action, le recours à des outils simples d'analyse et d'aide à la décision tels que les diagrammes de Pareto et le QQQQCP peuvent se révéler forts utiles.

Construction d'un diagramme de Pareto

A partir de données recueillies, on définit les catégories, puis :

1. répartir les données dans les catégories,
2. les catégories sont classées dans l'ordre décroissant,
3. Faire le total des données,
4. calculer les pourcentages pour chaque catégorie : fréquence / total
5. calculer le pourcentage cumulé
6. déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique,
7. placer les colonnes (les barres) sur le graphique, en commençant par la plus grande à gauche
8. lorsque les barres y sont toutes, tracer la courbe des pourcentages cumulés

2.9 Méthode de mise en ligne

Après avoir identifié les îlots de production indépendants, il faut procéder à l'implantation de chaque îlot. L'implantation idéale doit suivre le plus possible la gamme de fabrication. Nous présenterons deux méthodes : la méthode des antériorités et la méthode des rangs moyens [ARNAULT P. et RENAUD J., 2003].

2.9.5 Méthode des antériorités

Soit l'îlot de fabrication avec les gammes définies par le tableau ci-dessous.

Tableau 14: Gamme de fabrication

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
P1		3	1			2	4	5	6
P2	1	5		3	2		4	6	7
P3	1	3		2			4	5	
P4	1	5		3	2	4		6	7

Étape 1 – On établit le tableau des antériorités.

Tableau 15: Étape 1 de méthode d'antériorité

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Antériorité		M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1
		M3		M5		M3	M2	M2	M2
		M4				M4	M3	M3	M3
		M5				M5	M4	M4	M4
		M6					M5	M5	M5
		M7					M6	M6	M6
		M8						M7	M7
									M8

Pour établir ce tableau, on place dans chaque colonne l'ensemble des machines qui interviennent dans une gamme avant la machine considérée.

Étape 2 – On place et on raye les machines qui n'ont pas d'antériorité.

Tableau 16:Étape 2 de méthode d'antériorité

Machines	$\overline{M1}$	$M2$	$\overline{M3}$	$M4$	$M5$	$M6$	$M7$	$M8$	$M9$
Antériorité		$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M3}$		$M5$		$\overline{M3}$	$M2$	$M2$	$M2$
		$M4$				$M4$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$M3$
		$M5$				$M5$	$M4$	$M4$	$M4$
		$M6$					$M5$	$M5$	$M5$
		$M7$					$M6$	$M6$	$M6$
		$M8$						$M7$	$M7$
									$M8$

M1

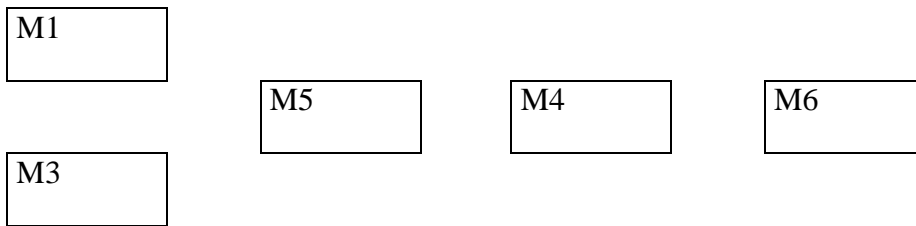
M3

Étape 3 – La machine M5 n'a plus d'antériorité. On raye M5 et on place cette machine après M1, M3.

Tableau 17:Étape 3 de méthode d'antériorité

Machines	$\overline{M1}$	$M2$	$\overline{M3}$	$M4$	$\overline{M5}$	$M6$	$M7$	$M8$	$M9$
Antériorité		$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M3}$		$\overline{M5}$		$\overline{M3}$	$M2$	$M2$	$M2$
		$M4$				$M4$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$M3$
		$\overline{M5}$				$\overline{M5}$	$M4$	$M4$	$M4$
		$M6$					$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
		$M7$					$M6$	$M6$	$M6$
		$M8$						$M7$	$M7$
									$M8$

On place de même les machines M4, M6.

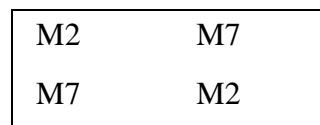


Étape 4 – Présence de boucle

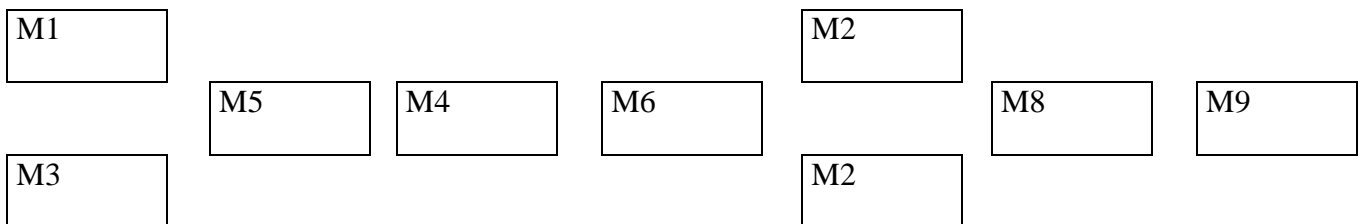
Tableau 18:Étape 4 de méthode d'antériorité

Machines	$\overline{M1}$	$M2$	$\overline{M3}$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$\overline{M6}$	$M7$	$M8$	$M9$
Antériorité		$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M3}$		$\overline{M5}$		$\overline{M3}$	$M2$	$M2$	$M2$
		$\overline{M4}$				$\overline{M4}$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$M3$
		$\overline{M5}$				$\overline{M5}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
		$\overline{M6}$					$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
		$M7$					$\overline{M6}$	$\overline{M6}$	$\overline{M6}$
		$M8$						$M7$	$M7$
									$M8$

Lorsqu'il y a une boucle dans le tableau, par exemple



On raye en même temps M2 et M7 et on les met en parallèle



2.9.6 Méthode des rangs moyens

Reprenons le même îlot de fabrication avec les gammes définies ci-dessus.

Pour chaque machine, on calcule un rang moyen qui est la place moyenne de cette machine dans les gammes de fabrication (exemple pour M2 : $16/4 = 4$).

Tableau 19: Calcul de rang moyen des machines

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
P1		3	1			2	4	5	6
P2	1	5		3	2		4	6	7
P3	1	3		2			4	5	
P4	1	5		3	2	4		6	7
Total des rangs	3	16	1	8	4	6	12	22	20
Nombre de rangs	3	4	1	3	2	2	3	4	3
Rang Moyen	1	4	1	2,66	2	3	4	5,5	6,66

$$8=3+2+3$$

Nombre de fois où la machine apparaît dans les gammes

Le tableau est alors classé dans l'ordre croissant des rangs moyens.

Tableau 20: Mise en ordre des machines

	M1	M3	M5	M4	M6	M2	M7	M8	M9
P1		1			2	3	4	5	6
P2	1		2	3		5	4	6	7
P3	1			2		3	4	5	
P4	1		2	3	4	5		6	7
Rang Moyen	1	1	2	2,66	3	4	4	5,5	6,66

2.10 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre le Value Stream Mapping qui est une cartographie descriptive des flux dans le processus étudié, qui dans l'idéal couvre la chaîne de création de valeur. Cette Cartographie est utilisée pour faire un audit de l'existant et préparer le déploiement du Kaizen et autres outils de l'amélioration continue de la productivité. Nous présentons dans le chapitre suivant un exemple d'entreprise qui cherche à améliorer sa productivité.

Chapitre 3. Analyse de la chaîne de valeur et mise en place des outils du Lean manufacturing

3. 1.Introduction

Dans le but d'améliorer ses performances, EMK Monastir se trouve incitée à faire une étude de sa chaîne de valeur. L'objectif de cette étude est d'améliorer la productivité de l'entreprise tout en minimisant les investissements.

Au cours de ce chapitre nous ferons une cartographie de la chaîne de valeur interne (VSM) afin de pouvoir détecter les sources de gaspillage, ensuite nous procéderons à une analyse de cette VSM et enfin nous appliquerons les outils du Lean manufacturing pour améliorer la productivité de l'entreprise.

3. 2.Réalisation de VSM dans l'atelier de production

EMK Monastir produit une variété de faisceaux de câbles pour l'industrie automobile.

L'ensemble des faisceaux produits sont très proches de part leurs compositions et leur processus de fabrication. De plus, les équipements utilisés sont similaires. Donc nous n'avons plus besoin d'appliquer les méthodes de Kuziac ou de King pour identifier les îlots de production.

3. 3. Analyse de déroulement

					Distance	Temps	Quantité	Poids	Déroulement
X									Sortie magasin
	X				8 m	0,0016h	5000p	8Kg	Vers sertissage
		X				0,051h	184 p/h		Sertissage 1
	X				6 m	0,007h	1250p	8,5Kg	Vers haute température
		X				0,054h	196 p/h		Haute température
	X				4 m	0,019h	9250p	14Kg	Vers sertissage 2
		X				0,026h	92 p/h		Sertissage 2
	X					0,058h	208 p/h		Montage 1 (Motor/Memory)
		X			20 m	0,042h	5250p	16Kg	Vers Montage SBL
	X					0,049h	175 p/h		Montage 2 (SBL)
		X				0,014h	51 p/h		Enrubannage manuel 1
	X				12 m	0,028h	1000p	22Kg	Vers enrubannage manuel 2
		X				0,012h	46 p/h		Enrubannage manuel 2
	X				16 m	0,083h	1200p	22,2Kg	Vers enrubannage sur machine
		X				0,013h	45 p/h		Enrubannage sur machine
	X				8 m	0,008h	2500p	22,5Kg	Vers étiquetage
		X				0,034h	124 p/h		Étiquetage
	X				2 m	0,006h	1250p	22,5Kg	Vers control
				X		0,028h	102 p/h		Control
	X				12 m	0,006	1200p	22,5Kg	Vers emballage
		X				0,56h	2000 p/h		Emballage
	X				20 m	0,033h	1200p	22,5Kg	Vers magasin
1	11	9	0	1	108 m				

3. 4.VSM de l'état initial de l'atelier de production

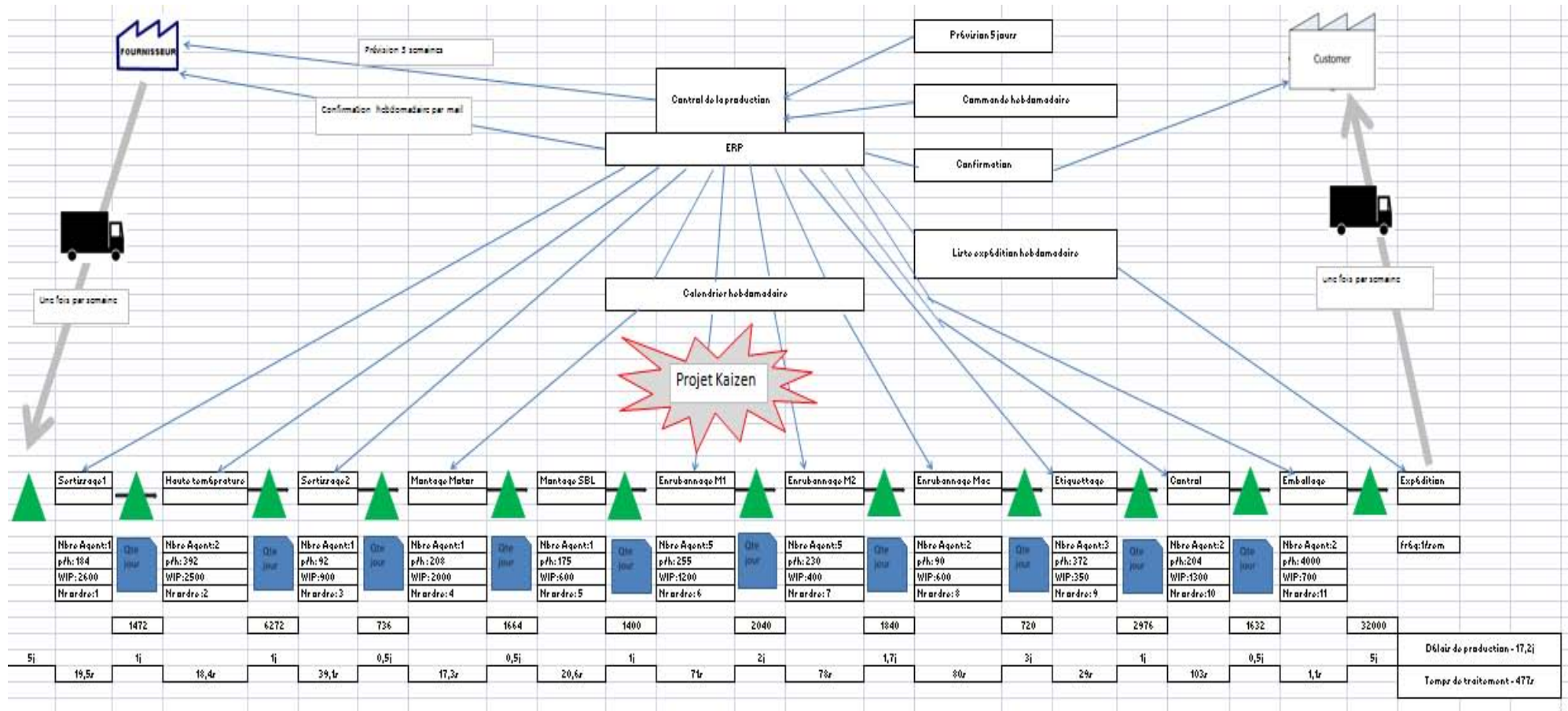


Figure 4:VSM de l'état initial de l'atelier de production

3. 5. Analyse du VSM

3. 5.1 Diagramme d'ishikawa

Après la réalisation du VSM dans l'atelier de production, beaucoup de gaspillages ont été constatés. Dans le but d'identifier leurs principales causes, nous nous sommes posés les questions suivantes : Quoi ? Qui ? Quand ? Comment ? Pourquoi ? pour chacun des 5 volets du diagramme d'Ishikawa, les 5M : Méthodes, Matières, Machine, Main d'œuvre et Milieu.

-5S non respecté : Désordre dans l'emplacement des machines, des outils, de la matière première, des charriots

-Chantier Kaizen non appliqué : pas de règles détectant les sources de gaspillage, pas d'optimisation de l'utilisation de l'espace, la disposition des équipements est aléatoire.

-Mauvaise implantation : Pas d'enchaînement dans les opérations, les distances parcourues sont énormes.

-Pas de contrôle de la surproduction pour chaque poste de travail.

3. 5.1.1 Matière :

-Le stock de produit semi fini est trop élevé et prend beaucoup d'espace.

-Les faisceaux de câbles semi fini sont stockés dans des caisses alors qu'ils devraient être accrochés sur des charriots pour faciliter leur utilisation dans les étapes suivantes.

-L'emplacement de la matière première n'est pas à la portée des opératrices, ce qui entraîne des gestes inutiles.

3. 5.1.2 Main d'œuvre

-L'opératrice n'est pas formée sur le poste de travail ou sa formation n'a pas été inscrite dans la matrice de polyvalence.

-Manque de communication entre le personnel.

-Les pièces défectueuses sont stockées et personne n'est chargé de leur tri.

3. 5.1.3 Machine

-L'entretien préventif n'a pas été effectué, ce qui fait que la machine d'enrubannage fait des sauts lors de l'enrubannage des faisceaux de câbles.

-Aucune indication sur le mode de l'utilisation des machines d'enrubannage n'est disponible.

3.5.1.4 Milieu

Aucune anomalie qui soit due au milieu n'a été constatée.

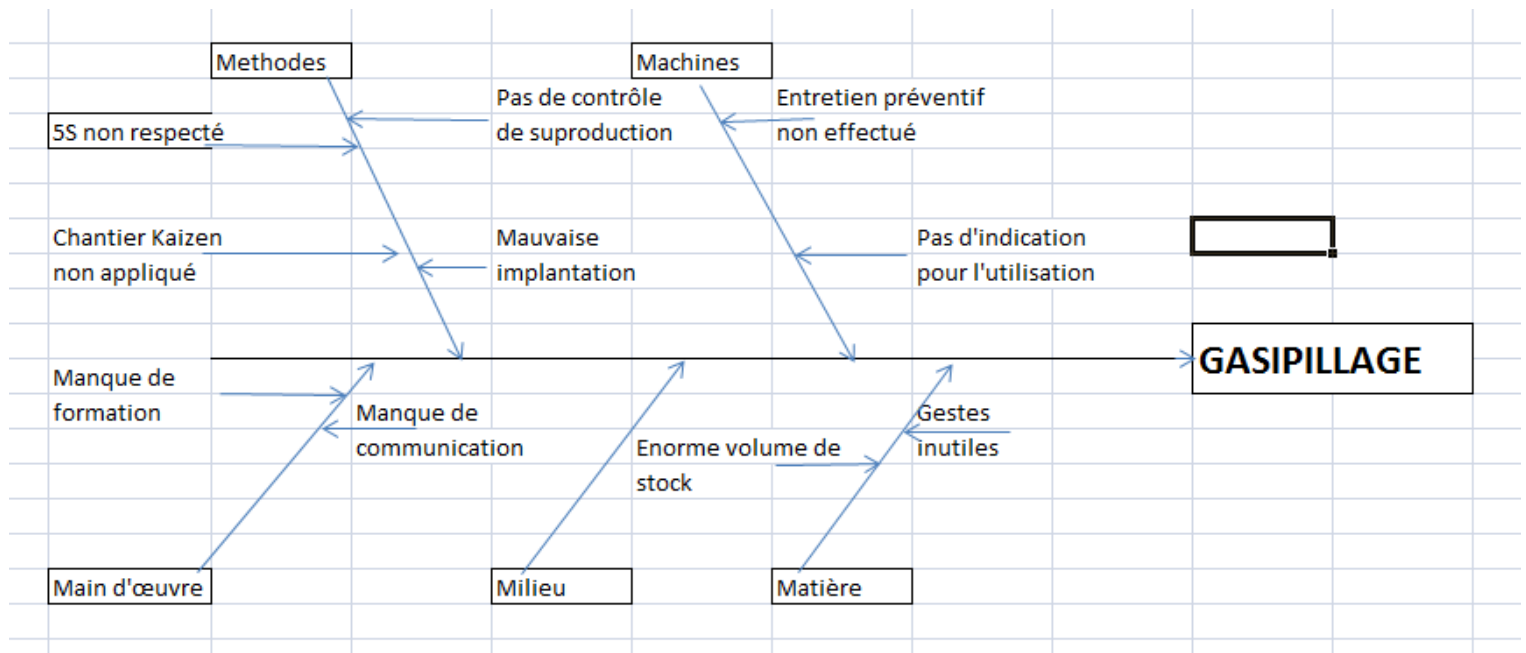


Figure 5: Diagramme d'ishikawa de l'atelier de production

3.5.2 Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un outil utile pour déterminer sur quels leviers nous devons agir en priorité pour améliorer de façon significative la situation.

Ce diagramme est un outil simple qui permet d'exposer de façon claire les causes sur lesquelles il faut agir en priorité pour résoudre une grande partie des problèmes apparus.

Pour ce faire, un questionnaire a été proposé aux responsables de l'atelier de production, ils devaient cocher l'une des cases suivantes :

- *Mauvaise implantation
- *5S non respecté
- *Pas de contrôle de la surproduction
- *Entretien préventif non effectué
- *Gestes inutiles
- *Pas d'indication sur le mode d'utilisation
- *Enormes volume de stock
- *Manque de communication
- *Manque de formation

Nous avons obtenu les résultats suivants : les données sont classées par ordre décroissant.

Tableau 21: Tableau préparatif pour le diagramme de Pareto pour l'atelier de production

	<i>Cause</i>	<i>Nombre de réponses</i>	<i>Pourcentage</i>	<i>Pourcentage cumulé</i>
1	<i>Mauvaise implantation</i>	5	25	25
2	<i>5S non respecté</i>	4	20	45
3	<i>Pas de contrôle de la surproduction</i>	3	15	60
4	<i>Entretien préventif non effectué</i>	2	10	70
5	<i>Gestes inutiles</i>	2	10	80
6	<i>Pas d'indication sur le mode d'utilisation</i>	1	5	85
7	<i>Enormes volume de stock</i>	1	5	90
8	<i>Manque de communication</i>	1	5	95
9	<i>Manque de formation</i>	1	5	100

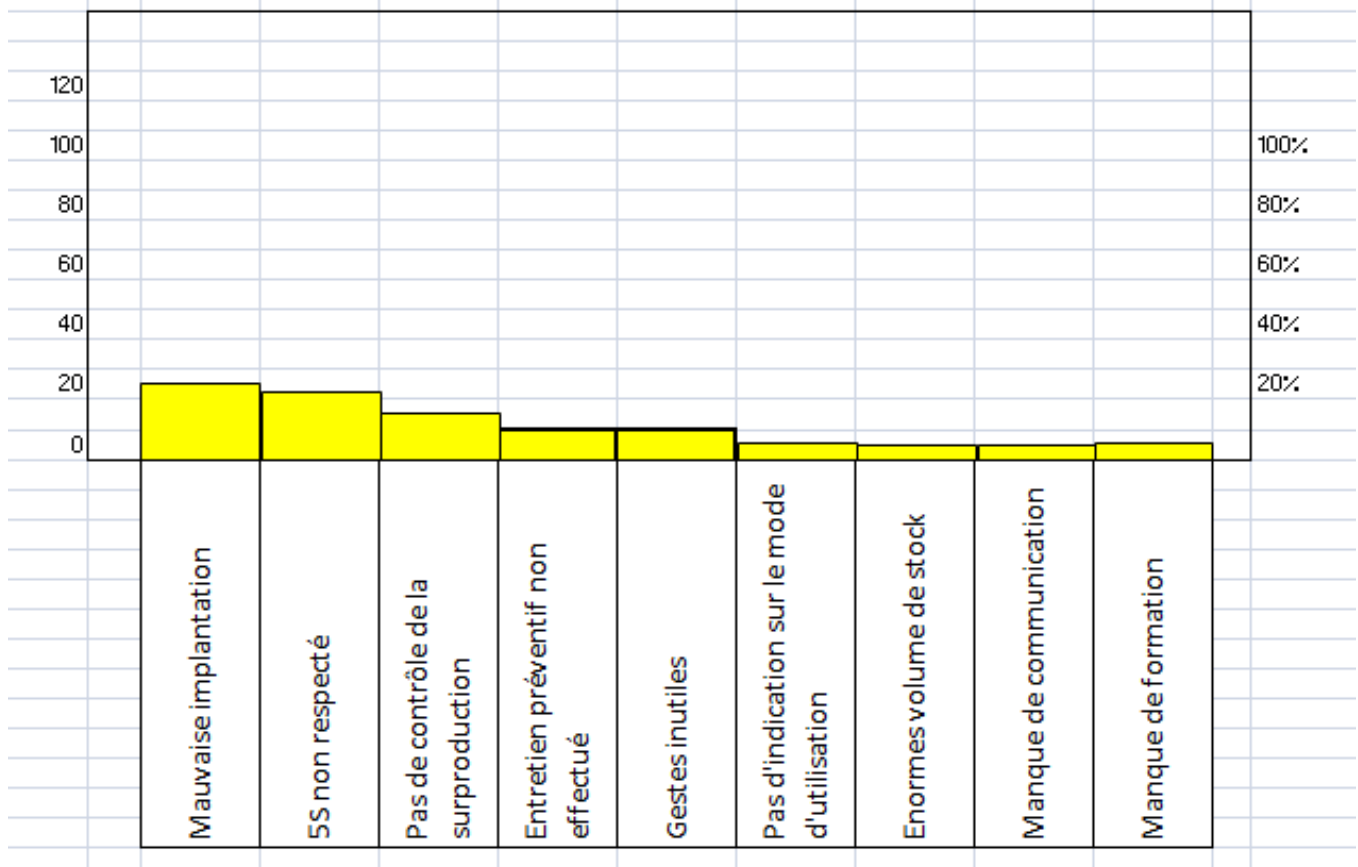


Figure 6: Diagramme de Pareto pour l'atelier de production

D'après ce diagramme, nous devons nous focaliser sur les causes de gaspillage suivantes :

- Mauvaise implantation
- 5S non respecté
- Pas de contrôle de la surproduction

En agissant sur ces 3 axes d'amélioration, nous éliminerons 60% des causes de gaspillage.

Remarque

Les deux causes : mauvaise implantation et 5S non respecté sont reliés entre eux. En effet une bonne implantation conduirait à une meilleure disposition des machines et outils.

3. 6.Résolution des problèmes d'implantation et de surproduction :

3.6. 1. Application de la méthode des antériorités

Afin d'améliorer l'implantation nous allons appliquer la méthode des antériorités :

Vu que la famille d'article est composé de 8 articles qui sont 2 à 2 similaires (différence entre faisceaux de câbles droite et gauche, la différence se situe au niveau de l'emplacement de 2 câbles qui sont inversé et de l'étiquette indiquant le nom du produit) et que le processus de fabrication est identique, nous allons appliquer la méthode des antériorités à 4 variétés de câbles seulement.

Etape 1 : Nous avons placé dans chaque colonne l'ensemble des machines qui interviennent avant la machine considérée :

Tableau 22:Etape 1 méthode des antériorités

<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>
	<i>M1</i>	<i>M1</i>			<i>M1</i>		<i>M1</i>	<i>M1</i>	<i>M1</i>
		<i>M2</i>			<i>M2</i>		<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>
					<i>M3</i>		<i>M3</i>	<i>M3</i>	<i>M3</i>
							<i>M4</i>	<i>M4</i>	<i>M4</i>
							<i>M5</i>	<i>M5</i>	<i>M5</i>
							<i>M6</i>	<i>M6</i>	<i>M6</i>
								<i>M7</i>	<i>M7</i>
								<i>M8</i>	<i>M8</i>
									<i>M9</i>

Etape 2 : nous avons rayé les machines qui n'ont pas d'antériorité

Tableau 23: Etape 2 méthode des antériorités

$\overline{M1}$	$M2$	$M3$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$M6$	$\overline{M7}$	$M8$	$M9$	$M10$
	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$			$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$M2$			$M2$		$M2$	$M2$	$M2$
					$M3$		$M3$	$M3$	$M3$
							$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
							$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
							$M6$	$M6$	$M6$
								$\overline{M7}$	$\overline{M7}$
								$M8$	$M8$
									$M9$

M1

M4

M5

M7

Etape 3 : la machine M2 n'a plus d'antériorité, nous la rayons et la plaçons après M1, M4, M5 et M7.

Tableau 24: Etape 3a méthode des antériorités

$M1$	$M2$	$M3$	$M4$	$M5$	$M6$	$M7$	$M8$	$M9$	$M10$
	$M1$	$M1$			$M1$		$M1$	$M1$	$M1$
		$M2$			$M2$		$M2$	$M2$	$M2$
					$M3$		$M3$	$M3$	$M3$
							$M4$	$M4$	$M4$
							$M5$	$M5$	$M5$
							$M6$	$M6$	$M6$
								$M7$	$M7$
								$M8$	$M8$
									$M9$

Nous allons répéter ces opérations jusqu'à avoir la mise en ligne des machines.

M1

M4

M5

M7

M2

Tableau 25: Etape 3b méthode des antériorités

$M1$	$\overline{M2}$	$\overline{M3}$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$M6$	$\overline{M7}$	$M8$	$M9$	$M10$
	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$			$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M2}$			$\overline{M2}$		$\overline{M2}$	$\overline{M2}$	$\overline{M2}$
					$\overline{M3}$		$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$
							$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
							$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
							$M6$	$M6$	$M6$
								$\overline{M7}$	$\overline{M7}$
								$M8$	$M8$
									$M9$

M1

M4

M2

M3

M5

M7

Tableau 26: Etape 3c méthode des antériorités

$M1$	$\overline{M2}$	$\overline{M3}$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$\overline{M6}$	$\overline{M7}$	$M8$	$M9$	$M10$
	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$			$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M2}$			$\overline{M2}$		$\overline{M2}$	$\overline{M2}$	$\overline{M2}$
					$\overline{M3}$		$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$
							$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
							$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
							$\overline{M6}$	$\overline{M6}$	$\overline{M6}$
								$\overline{M7}$	$\overline{M7}$
								$M8$	$M8$
									$M9$

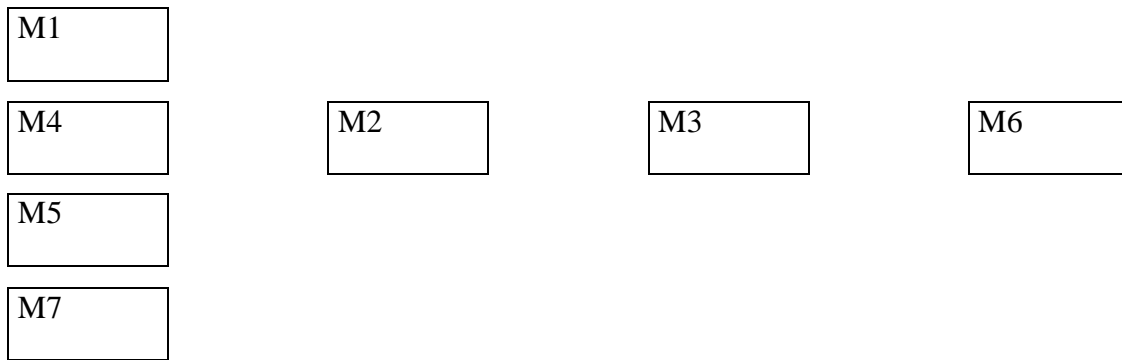


Tableau 27: Etape 3e méthode des antériorités

$M1$	$\overline{M2}$	$\overline{M3}$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$\overline{M6}$	$\overline{M7}$	$\overline{M8}$	$M9$	$M10$
	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$			$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M2}$			$\overline{M2}$		$\overline{M2}$	$\overline{M2}$	$\overline{M2}$
					$\overline{M3}$		$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$
							$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
							$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
							$\overline{M6}$	$\overline{M6}$	$\overline{M6}$
								$\overline{M7}$	$\overline{M7}$
								$\overline{M8}$	$\overline{M8}$
									$M9$

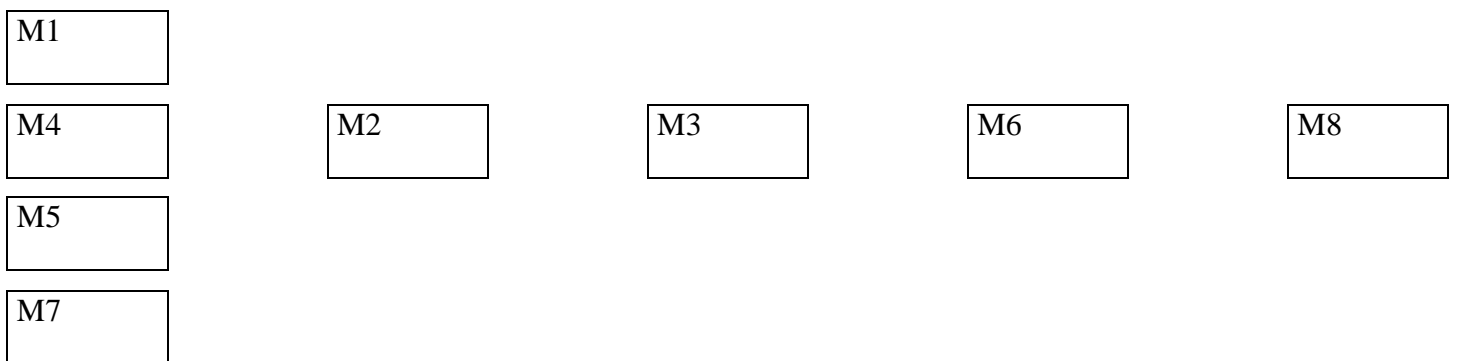


Tableau 28: Etape 3f méthode des antériorités

$M1$	$\overline{M2}$	$\overline{M3}$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$\overline{M6}$	$\overline{M7}$	$\overline{M8}$	$\overline{M9}$	$M10$
	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$			$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M2}$			$\overline{M2}$		$\overline{M2}$	$\overline{M2}$	$\overline{M2}$
					$\overline{M3}$		$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$
							$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
							$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
							$\overline{M6}$	$\overline{M6}$	$\overline{M6}$
								$\overline{M7}$	$\overline{M7}$
								$\overline{M8}$	$\overline{M8}$
									$\overline{M9}$

M1

M4

M2

M3

M6

M8

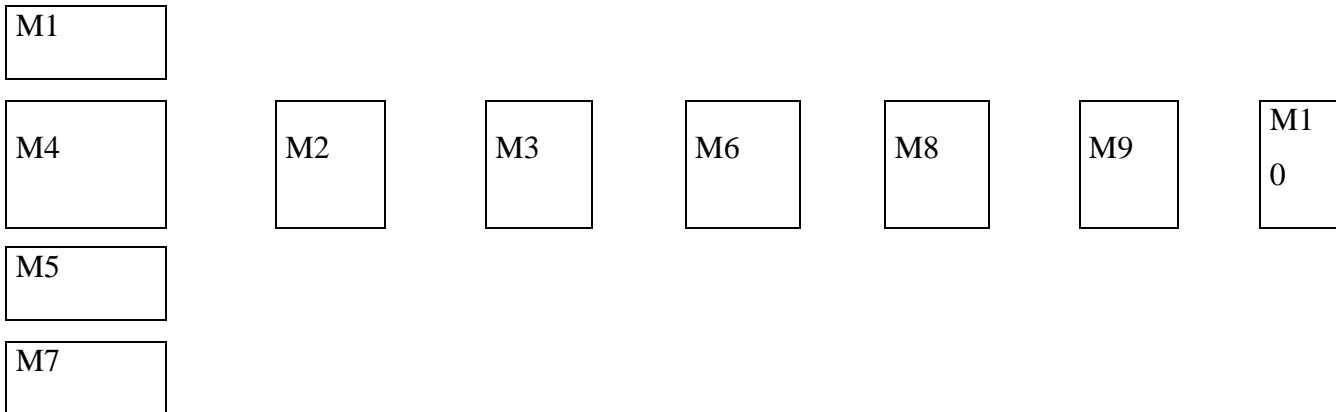
M9

M5

M7

Tableau 29: Etape 3g méthode des antériorités

$M1$	$\overline{M2}$	$\overline{M3}$	$\overline{M4}$	$\overline{M5}$	$\overline{M6}$	$\overline{M7}$	$\overline{M8}$	$\overline{M9}$	$\overline{M10}$
	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$			$\overline{M1}$		$\overline{M1}$	$\overline{M1}$	$\overline{M1}$
		$\overline{M2}$			$\overline{M2}$		$\overline{M2}$	$\overline{M2}$	$\overline{M2}$
					$\overline{M3}$		$\overline{M3}$	$\overline{M3}$	$\overline{M3}$
							$\overline{M4}$	$\overline{M4}$	$\overline{M4}$
							$\overline{M5}$	$\overline{M5}$	$\overline{M5}$
							$\overline{M6}$	$\overline{M6}$	$\overline{M6}$
								$\overline{M7}$	$\overline{M7}$
								$\overline{M8}$	$\overline{M8}$
									$\overline{M9}$



Distance parcourue pour l'acheminement de la matière avant la nouvelle implémentation :
(Sans prendre en compte le contrôle et l'emballage)

Tableau 30:Distances que parcourait le produit avant les changements

<i>Désignation</i>	<i>Opération</i>	<i>Nbre Agents</i>	<i>Distance parcourue</i>
<i>M1</i>	<i>Sertissage 1</i>	<i>1</i>	<i>8m</i>
<i>M2</i>	<i>Haute température</i>	<i>2</i>	<i>6m</i>
<i>M3</i>	<i>Sertissage 2</i>	<i>1</i>	<i>4m</i>
<i>M4</i>	<i>Montage1(Motor/Memory)</i>	<i>1</i>	<i>8m</i>
<i>M5</i>	<i>Montage 2 (SBL)</i>	<i>1</i>	<i>20m</i>
<i>M6</i>	<i>Enrubannage manuel 1</i>	<i>5</i>	<i>6m</i>
<i>M7</i>	<i>Enrubannage manuel 2</i>	<i>5</i>	<i>12m</i>
<i>M8</i>	<i>Enrubannage sur machine</i>	<i>2</i>	<i>16m</i>
<i>M9</i>	<i>Etiquettage</i>	<i>3</i>	<i>8m</i>

-Distance totale parcourue= 88Mètres

-Espace utilisé = 270 M²

-Nombre d'opérateurs= 21

-Nombre de pièces produites par jours= 2800

-Productivité/jour/opérateur=133.33

Distance parcourue pour l'acheminement de la matière après la nouvelle implémentation :
(Sans prendre en compte le contrôle et l'emballage)

Tableau 31: Distances que parcourait le produit après les changements

Désignation	Opération	Nbre Agents	Distance parcourue
M1	Sertissage 1	1	4m
M2	Haute température	2	2m
M3	Sertissage 2	1	2m
M4	Montage 1 (Motor/Memory)	1	6m
M5	Montage 2 (SBL)	1	6m
M6	Enrubannage manuel 1	5	2m
M7	Enrubannage manuel 2	5	6m
M8	Enrubannage sur machine	2	12m
M9	Etiquetage	3	6m

-Distance totale parcourue= 46 Mètres

-Espace utilisé = 98 M²

-Nombre d'opérateur = 21

-Nombre de pièces produites par jour = 2800

-Productivité/jour/opérateur =133.33

3.6. 2. Identification et élimination des goulots d'étranglements et rééquilibrage des postes

Cette nouvelle disposition a permis de réduire l'espace occupé et les distances parcourues pour l'acheminement de la matière d'un poste à un autre et ainsi de réduire les gaspillages de temps d'attente de la matière première mais elle a aussi mis en valeur d'autres problèmes dont le déséquilibre entre les postes.

La configuration actuelle avec la répartition des opérateurs sur les postes de travail est représentée par le tableau suivant :

Tableau 32: Configuration actuelle

Etape	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nbre Op	1	2	1	1	1	5	5	2	3
Temps/p/Op	19,5	18,4	39,1	17,3	20,6	71	78	80	29

Nous remarquons qu'avec une répartition pareille nous avons :

- les postes 3 et 8 ont une faible cadence de production ce qui va engendrer des attentes au niveau des postes suivant.

- De même les postes 2, 6, 7 et 9 ont une cadence trop élevée par rapport au autres postes ce qui va engendrer des stocks tampons et éventuellement produire plus que la quantité demandée.

Nous avons donc la possibilité soit de relever la cadence des postes défaillants soit baisser la cadence des postes en surproduction pour avoir un équilibre entre les postes.

Pour ceci nous avons identifié les ressources goulots qui sont les 2 postes de sertissage, à savoir les postes 1 et 3. La cadence des autres postes devra donc suivre celle des deux postes de sertissage.

Ce qui nous donne la configuration suivante :

Tableau 33: configuration après élimination des goulots

<i>Etape</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>Nbre Op</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Temps/p/Op</i>	<i>19,5</i>	<i>18,4</i>	<i>39,1</i>	<i>17,3</i>	<i>20,6</i>	<i>71</i>	<i>78</i>	<i>80</i>	<i>29</i>

Une fois le rééquilibrage entre les postes effectué nous avons les résultats suivants :

- Distance totale parcourue= 46 Mètres
- Espace utilisé = 98 M²
- Nombre d'opérateur = 16
- Nombre de pièces produites par jour = 2700
- Productivité/jour/opérateur =168.75

3.6. 3. Amélioration sur les postes de travail

Suite à ces optimisations, nous allons maintenant nous concentrer sur les améliorations à apporter sur les postes de travail, l'objectif étant d'optimiser le rendement et d'améliorer l'ergonomie des postes de travail.

3.6.3. 1. Postes de sertissage

Pour les deux postes de sertissages nous avons ajouté un éclairage pour éviter l'inconfort et la fatigue visuelle.

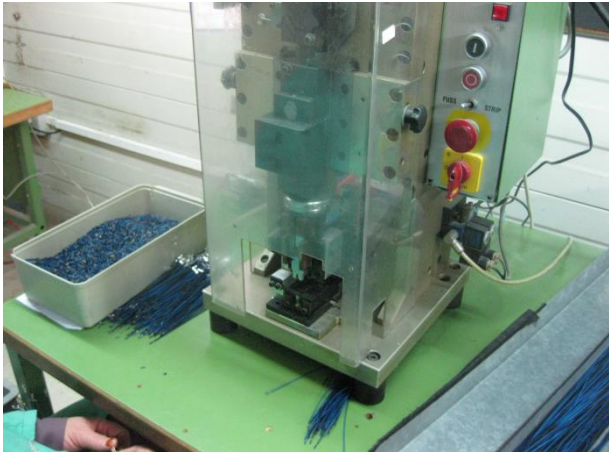


Figure 7: Poste de sertissage avant modification



Figure 8: Poste de sertissage après modification

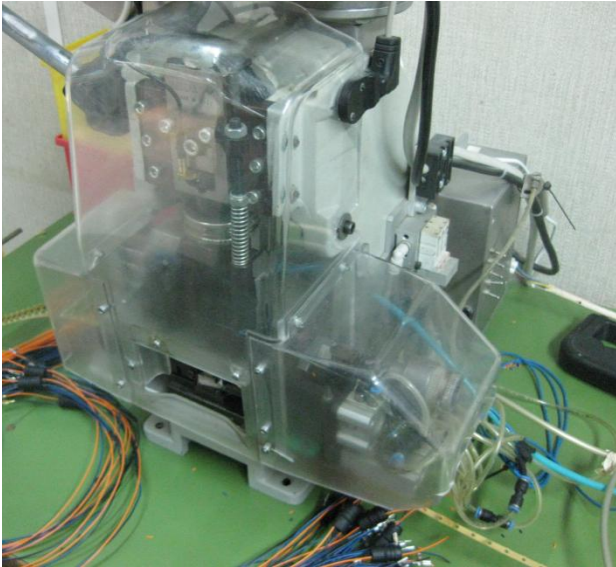


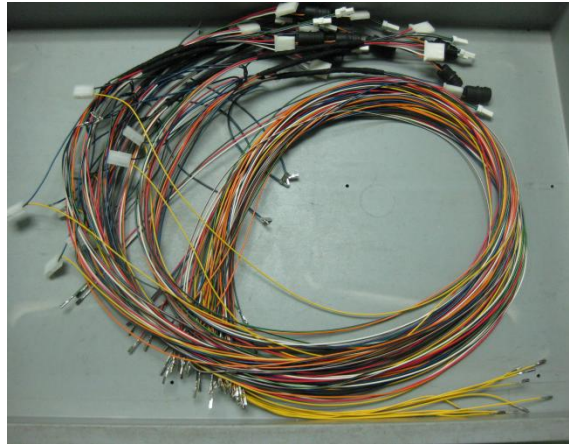
Figure 9: Poste de sertissage 2 avant modification



Figure 10: Poste de sertissage 2 après modification

3.6.3. 2. Poste d'enrubannage manuel 2 :

Fabriquer des charriots pour que l'opératrice les accroche directement au lieu de les mettre dans une caisse et d'être obligée de les défaire lors de l'enrubannage sur machine et augmenter la hauteur des chaise pour avoir une meilleure maîtrise du poste et une meilleure fluidité dans la gestuelle.



3.6.3. 3. Poste d'enrubannage sur machine :

Changement de la façon de mise en marche de la machine : passage d'une mise en marche avec un bouton poussoir à une mise en marche avec pédale. Ce qui permet à l'opératrice d'avoir plus de liberté pour la fixer les faisceaux de câble sur le support.



3.6.3. 4. Poste de montage

Fabriquer de nouveaux chemins de câbles avec des séparations assez hautes pour que les câbles ne se mélangent plus ce qui peut entrainer des non-conformités ou des gestes inutiles de l'opératrice pour les replacer.



3.6. 4. Suivi du taux de rendement de l'atelier de production

Suite à ces améliorations nous avons constaté une hausse significative du rendement de l'atelier de production avec un passage de 42.14% en Avril 2013 à 74.04% en Décembre 2013 (l'objectif étant fixé par la maison mère).

Tableau 34: Taux de rendement sur les 9 derniers mois de 2013

avr-13	mai-13	juin-13	juil-13	août-13	sept-13	oct-13	nov-13	déc-13
42,14%	44,08%	51,38%	65,56%	61,12%	66,19%	69,02%	73,51%	74,04%

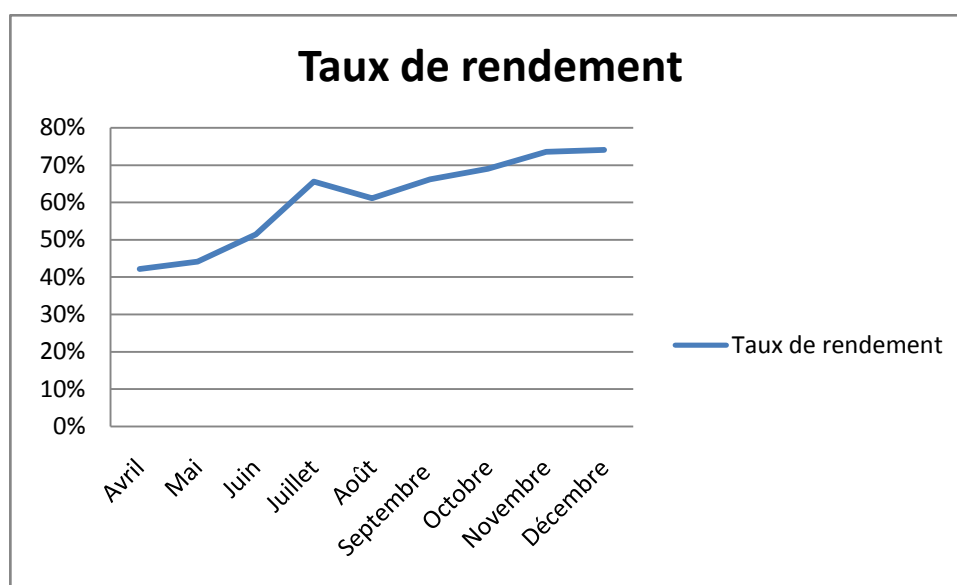


Figure 11: évolution du rendement durant les 9 derniers mois

3. 7. Résumé des résultats :

Tableau 35:Résumé du résultat

	Avant	1er Kaizen	2ème Kaizen
Productivité			
Quantité produite (pièce par jour)	2800	2700	3000
Nombre d'opérateurs	21	16	16
Productivité (Qte/jour/personne)	133.33	168.75	187.5
Taux d'amélioration		26.57%	40.62%
Espace			
Surface occupée de l'atelier en m ²	270	98	98
Taux d'amélioration		63,70%	63,70%
Distance parcourue par le stock en cours			
Distance parcourue	88m	46m	46m
Taux d'amélioration		47,73%	47,73%
Indicateur rendement			
Rendement des opératrices (Objectif fixé par la maison mère)	42.14%	51.38%	74.04%
Taux d'amélioration		21.92%	75.7%
Gain (Dt/An)			
Opérateurs	63000	48000 (+15000)	48000 (+15000)

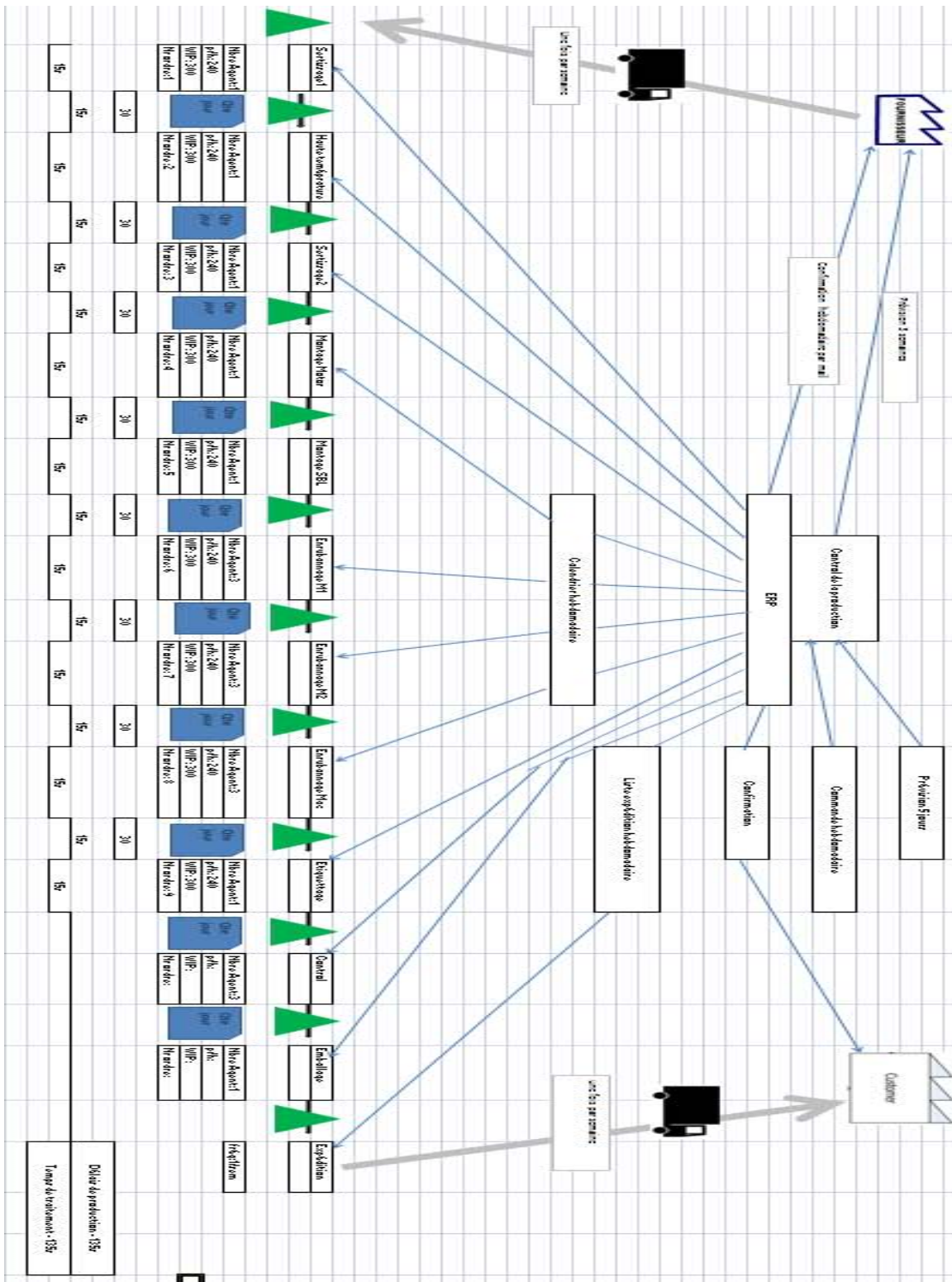


Figure 12: VSM Actuelle

Conclusion et Perspectives

4.1 Conclusion

Nous venons ainsi de présenter un prototype d'amélioration continue de la productivité dans une entreprise tunisienne EMK. Une étude VMS est faite sur l'atelier des accessoires électroniques dans cette entreprise. Un premier chantier Kaizen ainsi qu'une nouvelle mise en ligne des machines a donné un taux d'amélioration de la productivité de 26.57%. Un deuxième chantier Kaizen a eu comme taux d'amélioration de 40.62%.

Nous avons alors utilisé le diagramme Ishikawa pour identifier les sources de gaspillages dans 5 M (Matières, Machines, Main d'œuvre, Milieu, Méthodes). Pour identifier les causes principales, nous avons utilisé le diagramme de Pareto. Et comme méthode de mise en ligne, nous avons utilisé la méthode d'antériorité.

4.2 Perspectives :

4.2.1. *Application de SMED dans l'atelier de production*

Nous avons pris l'initiative de filmer l'atelier de production. Suite à la visualisation de cette vidéo, nous avons remarqué plusieurs remarques :

- Plusieurs déplacements (des allers-retours).
- Plusieurs gestes et mouvements (des outils, des matériels...) inutiles.
- Plusieurs pertes de temps (Temps d'attente inutile) important, en plus il y a des mouvements inutiles
- De même pour le temps de réglage : plusieurs essais, plusieurs manipulations inutiles.
- L'opératrice qui travaille réellement sur la machine, s'occupe d'autres choses qui ne sont pas urgentes (elles pourraient aider pour le changement du support).
- Contrôle qualité : 5 pièces à contrôler pour stabiliser la production.

Chaque pièce contient un minimum de 7 mesures à vérifier => 35 mesures à vérifier pour le contrôle sans oublier le contrôle visuel c'est trop !!

Conversion des opérations internes en opérations externes

- ELIMINER TOUS LES MUDA.
- Toutes les phases de préparation doivent être réalisées avant l'arrêt de la machine du produit A (avec l'ancien support).
- Tous les outils utilisés doivent être près de la machine => PAS de déplacements.

- Remplacements des vis par des autres formes aidant à gagner beaucoup plus de temps.
- L'opératrice qui travaille sur la machine doit intervenir dans le changement de support
- Pour le contrôle qualité : il est suffisant de contrôler uniquement un échantillon de 3 pièces.

4.2.2. Augmentation de la capacité de production

La maison mère ayant suivi d'un œil attentif les progrès réalisés au cours des derniers mois surtout au niveau de l'indicateur rendement qui est passé de 42.14% à 74.04% et qui est le plus pertinent pour eux, nous bénéficions désormais d'une bonne réputation et surtout nous avons prouvé que nous disposons du savoir faire nécessaire ce qui nous permet aujourd'hui de postuler en ayant toutes nos chances comme étant le principal site de production pour l'acquisition de nouveaux produits.

A ce propos nous avons entamé des négociations avec la maison mère en vue d'augmenter la capacité de production du site à moyen terme et aussi nous sommes entrain d'étudier la possibilité de l'acquisition de nouveaux produits.

Notre principal atout étant notre compétitivité essentiellement au niveau du prix, qui est le résultat direct du prix bas de la main d'œuvre et de l'absence de charge supplémentaire d'infrastructure mais nous restons cependant tributaire de la certification ISO TS 16949:2009 pour pouvoir accéder directement au client final. La réduction du nombre d'intermédiaires permettra aussi de minimiser les coûts.

Liste Des Figures :

Figure 1:Chaîne de création de valeur.....	7
Figure 2:Étapes de réalisation du VMS.....	8
Figure 3:Diagramme d'Ishikawa.	25
Figure 4:VSM de l'état initial de l'atelier de production.....	35
Figure 5:Diagramme d'ishikawa de l'atelier de production.....	37
Figure 6:Diagramme de Pareto pour l'atelier de production.....	38
Figure 7:Poste de sertissage avant modification.....	48
Figure 8:Poste de sertissage après modification.....	48
Figure 9:Poste de sertissage 2 avant modification.....	49
Figure 10:Poste de sertissage 2 après modification.....	49
Figure 11: évolution du rendement durant les 9 derniers mois.....	52
Figure 12:VSM Actuelle.....	54

Liste Des Tableaux

Tableau 1: Récapitulatif de la méthode analyse SWOT.....	2
Tableau 2:Gammes de fabrication.....	9
Tableau 3:Étape 1 de méthode de Kuziack	10
Tableau 4:Étape 2 de méthode de Kuziack	10
Tableau 5 : Étape 3 de méthode de Kuziack	11
Tableau 6:Étape 4 de méthode de Kuziack	11
Tableau 7:Étape 5 de méthode de Kuziack	12
Tableau 8:Nouvelle répartition des îlots	12
Tableau 9:Gamme de fabrication	13
Tableau 10:Étape1 de méthode de King	13
Tableau 11:Étape2 de méthode de King	14
Tableau 12:Étape3 de méthode de King	14
Tableau 13:Répartition des îlots.....	15
Tableau 14:Gamme de fabrication	27
Tableau 15:Étape 1 de méthode d'antériorité	27
Tableau 16:Étape 2 de méthode d'antériorité	28
Tableau 17:Étape 3 de méthode d'antériorité	28
Tableau 18:Étape 4 de méthode d'antériorité	29
Tableau 19:Calcul de rang moyen des machines	30
Tableau 20:Mise en ordre des machines	30
Tableau 21:Tableau préparatif pour le diagramme de Pareto pour l'atelier de production	38
Tableau 22:Étape 1 méthode des antériorités.....	39
Tableau 23:Étape 2 méthode des antériorités.....	40
Tableau 24:Étape 3a méthode des antériorités	41
Tableau 25:Étape 3b méthode des antériorités.....	42
Tableau 26:Étape 3c méthode des antériorités	42
Tableau 27:Étape 3e méthode des antériorités	43
Tableau 28:Étape 3f méthode des antériorités	44
Tableau 29:Étape 3g méthode des antériorités.....	44

Tableau 30:Distances que parcourait le produit avant les changements	45
Tableau 31:Distances que parcourait le produit après les changements	46
Tableau 32:Configuration actuelle	46
Tableau 33:configuration après élimination des goulots.....	47
Tableau 34:Taux de rendement sur les 9 derniers mois de 2013	52
Tableau 35:Résumé du résultat	53

Bibliographie

<http://www.groupe-emergence.fr/fr/gmicomp/gmiproduction/gmilean.html>

- ARNOULT P., RENAUD J.,
Flux de production : les outils d'amélioration, AFNOR, 2003.
- ARNOULT P., RENAUD J.,
Les Niveaux de planification, AFNOR, 2003.
- A. COURTOIS C. MARTIN-BONNEFOUS M. PILLET,
Gestion de production, Quatrième édition 2003.
- B. Keyte and D. Locher,
The Complete Lean Enterprise, Productivity Press, 2004.
- BENICHOU J., MALHIET D. ,
Études de cas et exercices corrigés en gestion de production, Les Éditions
d'Organisation, 1991.
- Consortium de recherche FOR@C,
Value Stream Mapping, Formation, Université de LAVAL.
- DURET D., PILLET M.,
Qualité en production – De l'iso 9000 à Six sigma, Les Éditions d'Organisation,
2001.
- ERSCHLER J.,
Organisation et gestion de production, Hermès Science, 2001.
- GEORGES M. L.,
Lean Six Sigma, McGraw-Hill, 2002.
- GODDARD W.,
Décuplez la productivité de votre entreprise par le juste-à-temps, Édition du
Moniteur,
1990.
- Rémi BACHELET,
Les outils des méthodes de résolution de problèmes :Le diagramme cause-effet,
mars
2011.
- M. Rother and D. Shook,
Learning to See, Lean Enterprise Institute, 1999.

