

## Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention d'une

**Licence Appliquée en Management**

Parcours : **Gestion des petites et moyennes entreprises**

*Sujet :*

# Application du lean Manufacturing sur la ligne NHGPV

*Réalisé par :* **AFEF Ben Nasser Faidi**

Entreprise d'accueil :

Mersen Tunisie

*Soutenu le 29/05/19*

Encadreur entreprise : Imed Dhahri

Encadreur Université Virtuelle de Tunis : Ilhem ESCHEIKH

**Année Universitaire : 2018/2019**

# Dédicaces

*Au Dieu tout puissant mon créateur À mes chers parents.*

*Je n'oublierai jamais vos énormes sacrifices que vous avez déployés à mon égard durant mes études.*

*Je vous remercie de tout mon cœur pour vos encouragements interminables et vos conseils judicieux.*

*Je vous serai reconnaissant toute ma vie. Que Dieu vous procure la santé, la prospérité et le bonheur.*

*À mon mari*

*À mes anges, mes belles filles*

*À mes sœurs et mes frères Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite dans vos vies  
À tous les membres de ma grande famille Recevez ici le témoignage de mon respect, de ma reconnaissance, de ma gratitude et de mon profond attachement.*

*À tous mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Je vous dis merci.*

# Remerciements

*Je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la force physique et mentale pour élaborer cet humble travail. Je le remercie d'avoir mis toutes les circonstances en place pour faire de moi la personne que je suis aujourd'hui, de ne m'avoir jamais laissé tomber et de m'avoir donné la force de franchir des obstacles que j'ai cru à un moment donné qu'ils étaient infranchissables.*

*Je remercie les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail ,  
J'adresse mes remerciements les plus sincères à madame ILHEM BEN CHEIKH mon encadreur qui a consacré de son temps et son énergie pour m'éclairer,*

*Je suis reconnaissante à tous les employés de Mersen qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet. Ils ont une place dans mon cœur pour le reste de ma vie.*

*Mes remerciements les plus vifs vont*

- *Aux membres de l'équipe du projet lean manufacturing de la ligne NHGPV,*
- *Aux opératrices de ligne NHGPV*
- *Aux superviseurs de la ligne Montassar et Ramzi*
- *A Imed le responsable production, AHMED le responsable industriel, pour la pertinence de leurs remarques et pour le temps qu'ils ont consacré à la validation de mon travail.*
- *A Saber, le responsable maintenance et aux membres de son équipe qui se sont impliqués corps et âme dans ce projet.*

# Table des matières

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre1 : .....</b>	<b>2</b>
<b>Présentation Générale de l'entreprise Mersen .....</b>	<b>2</b>
<b>I. Historique du groupe Mersen :.....</b>	<b>2</b>
1. Mersen International .....	2
2. Les valeurs du groupe Mersen .....	4
<b>II. Mersen Tunisie :.....</b>	<b>6</b>
1. L'organigramme de Mersen Tunisie .....	6
2. Le département méthodes et industrialisation.....	7
3. L'organisation de l'usine : .....	8
4. La problématique du projet .....	9
<b>Chapitre2 : .....</b>	<b>11</b>
<b>Présentation de la ligne NHGPV .....</b>	<b>11</b>
<b>I. Le Layout de la ligne NHGPV :.....</b>	<b>11</b>
<b>II. Le processus de fabrication de la ligne NHGPV : .....</b>	<b>12</b>
1. Les composants d'un produit NHGPV : .....	12
2. Le processus de fabrication de la ligne NHGPV : .....	12
<b>III. Les types de fusibles fabriqués dans la ligne NHGPV: .....</b>	<b>14</b>
1. Fusible classe NH gG: .....	14
2. Fusible semi-conducteur :.....	14
3. Fusible NHGPV ou Fusibles photovoltaïques :.....	15
<b>Chapitre 3 : .....</b>	<b>17</b>
<b>Etat de l'art des chantiers lean.....</b>	<b>17</b>
<b>I. L'idéologie SAN GEN SHUGI.....</b>	<b>17</b>
<b>II. Le lean management .....</b>	<b>18</b>
1. Les 5S : .....	18
2. L'ergonomie des postes :.....	19
<b>III. Quelques outils de performance industrielle : .....</b>	<b>22</b>
1. L'analyse ABC.....	22
2. Le Cycle PDCA :.....	22
<b>III. Le lean manufacturing :.....</b>	<b>22</b>
<b>IV. La cartographie de chaine de valeurs VSM : .....</b>	<b>23</b>
1. La chaine de valeur : .....	23

2. La vision flux : .....	24
3. Le choix de la famille de produits :.....	24
4. Le traçage de la cartographie de l'état actuel.....	24
Chapitre 4 : .....	28
Les démarches d'un chantier Hoshin .....	28
I. Définition du Hoshin : .....	28
1. Faux flux dans une cellule de travail :.....	28
2. Vrai flux continu dans une cellule de travail : .....	29
II. La méthodologie d'un chantier Hoshin :.....	30
1. Définition du Hoshin :.....	30
2. Méthodologie du Hoshin :.....	30
3. Visuel Chantier sur la ligne : .....	38
Chapitre 5 : .....	39
La phase d'exécution du projet.....	39
I. Chantier Hoshin : .....	39
1-Analyse du fonctionnement de la ligne : .....	39
2. Mesure des temps de cycle :.....	41
3. La classification des gaspillages : .....	51
4.Réduction de la variabilité : Ecriture de standards: .....	58
5. Equilibrage de la ligne NHGPV :.....	73
Conclusion générale .....	78

## Liste des figures

Numéro de figure	Titre	page
1	Implantation de Mersen dans le monde	3
2	Les domaines d'activités du groupe Mersen	4
3	Classification mondiale Electrical power	6
4	La classification mondiale de Mersen	6
5	Le layout de l'atelier	8
6	Le Layout de la ligne NHPV	11
7	les composants d'un fusible NHGPV	12
8	Les fusibles carrés	13
9	Fusible NHgG	14
10	Fusible semi-conducteur	14
11	Fusible NHGPV	15
12	Fusible carré	15
13	Courbe R35	16
14	Le schéma électrique d'un fusible	16
15	L'acronyme 5S	18
16	La position sur le poste de travail	19
17	Les différentes positions de travail	21
18	Poste assis-normal	21
19	De l'amélioration continue au lean manufacturing	24
20	Les icônes utilisées lors du traçage d'une VSM	26
21	Le flux dans une cellule de travail	28
22	Le vari flux continu	29
23	Analyse des 7 Gaspillages	34
24	les 7 muda	34
25	Suppression des 7muda	38
26	Chronométrage du poste Tampographie	42
27	Chronométrage du poste soudure n°1	43
28	Chronométrage du poste soudure n° 2	44
29	Chronométrage du poste montage	45
30	Chronométrage du poste ensablage	46
31	Chronométrage du poste bouchage	46
32	Chronométrage du poste contrôle R35 et emballage	47
33	état avant de la ligne NHGPV	48
34	Layout avant	49
35	Ligne non équilibrée	50
36	Couteau marqué	59

37	Approvisionnement frontal du poste soudure	59
38	Electrode	60
39	Testeur de niveau du sable	60
40	carte Kamishibai du poste tampographie signifiant le respect du délai	61
41	carte Kamishibai du poste tampographie signifiant le non-respect du délai	62
42	Tableau Kamishibai	62
43	Scénario n°1	63
44	Scénario n°2	64
45	Scénario n°3	65
46	Scénario n°4	66
47	Scénario n°5	67
48	Scénario retenue	68
49	Nouveau poste	68
50	Action de sécurité	69
51	Standard de travail	72
52	Etat après de la ligne NHGPV	74
53	Objectif du chantier hoshin	75

## Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Le temps de cycle de la machine ensableuse	12
2	La classification des gaspillages observés sur la ligne NHGPV	51
3	La ligne suite aux changement	76

## Liste des courbes

<b>N° de la courbe</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Exemple Analyse du fonctionnement de la ligne	32
2	Exemple Identification de la demande client Takt Time	33
3	Exemple d'une ligne non équilibrée	36
4	Exemple d'équilibrage de la ligne	37
5	Exemple d'équilibrage de la ligne	37





# Introduction générale

Durant ces dernières années, le monde de l'industrie a connu une énorme évolution technologique qui est due aux besoins des entreprises de produire davantage en assurant une très bonne qualité et la sécurité des personnes avec le meilleur coût possible.

Les réflexions, les méthodes collaboratives et les approches scientifiques que Toyota a développées n'ont pas contribué uniquement à la propulsion de la firme japonaise sur le marché international mais aussi à la métamorphose de l'industrie mondiale ce qui lui a valu une reconnaissance sans précédent.

Le contexte économique de la Tunisie de la post-révolution incite de plus en plus d'entreprises sur le territoire d'adopter une démarche lean afin d'atteindre des objectifs ambitieux avec le moindre coût. Il y a des entreprises qui ont emprunté cette voix parce qu'elles font partie d'un écosystème qui déploie cette démarche et la considère comme composant indispensable du génotype de l'entreprise ce qui a fait que la voix du lean est empruntée depuis l'implantation du site. Il y a d'autres qui fonctionnent depuis des décennies qui ont commencé leurs activités avec des approches "traditionnelles" et qui sont entrain de migrer vers la démarche lean en mobilisant le maximum de leurs ressources humaines tout en gérant les aléas qui pourraient compromettre leurs relations avec leurs clients au cours de cette phase transitoire.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons fait partie d'une équipe du chantier lean manufacturing sur les lignes NHGPV au sein de Mersen protection électrique visant à chasser les pertes. Les réflexions et le travail présenté dans ce rapport concernent la ligne NHGPV. Toute la démarche sera ensuite dupliquée pour le reste des lignes de production des fusibles carrés.

Le travail qui a été fait a été réparti sur cinq chapitres. Les deux premiers présentent l'environnement dans lequel nous avons travaillé et le contexte du projet. Nous avons consacré le troisième chapitre à présenter les outils scientifiques que nous avons utilisés pour élaborer le projet. Le quatrième chapitre et le cinquième, quant à eux, retracent l'exécution du projet de l'étude de l'existant jusqu'à la concrétisation en passant par les réflexions que nous avons développées pour passer de l'état actuel à l'état futur de la ligne NHGPV.

# Chapitre 1 :

## Présentation Générale de l'entreprise Mersen

Dans ce chapitre nous allons, dans un premier temps présenter le groupe Mersen : son historique, son implantation dans le monde, ses domaines d'activités et ses valeurs.

Nous allons ensuite présenter le site de production tunisien, où nous avons effectué notre projet de fin d'études. Nous allons expliquer, ensuite, les étapes de travail sur la ligne de production objet de notre projet.

### I. Historique du groupe Mersen :

#### 1. Mersen International :

##### a) Création :

Mersen c'est la nouvelle nomination du carbone lorraine en 20 mai 2010.

Elle vient de la compagnie lorraine de charbons de l'électricité qui a été créée en 1891 à lorraine où il existe une usine appartient au groupe.

Après Carbone lorraine elle fusionne avec l'entreprise le carbone, situé à Gennevilliers où nous trouvons toujours l'usine d'origine.

Au début elle a fabriqué des dynamos, des moteurs ainsi avant de produire des charbons destinés à l'éclairage électrique elle a fait les lampes d'éclairage.

A partir de l'année 2000, le groupe carbone lorraine s'éloigné peu à peu des activités cycliques comme l'automobiles jusqu'à l'année 2009 l'arrêt complète de l'activité balais pour les automobiles.

Il a consacré leur investissement sur les marchés des énergies, d'électroniques, des transports, de la chimie -pharmacie et des industries procédés.

Les actionnaires du groupe carbone lorraine sont décidés en mai 2010 de changer le nom du carbone lorraine vers Mersen et ce nom été un hommage à Marin Mersenne qui est un

philosophe et mathématicien du 17<sup>ème</sup> siècle et qui est aussi l'acronyme d'électricité, d'énergie et du matériel.

### b) Implantation de Mersen dans le monde :

Mersen a été implanté dans le monde de la façon suivante :

- **En 1891 en France,**
- en 1897 en Allemagne,
- en 1906 aux Etats-Unis
- en 1928 en Italie
- en 1930 au Royaume Uni
- en 1939 au Brésil
- en 1958 en Espagne
- en 1981 au Japon
- en 1986 en Corée
- en 1997 en Inde
- en 2000 en Chine
- et en **2002 en Tunisie.**

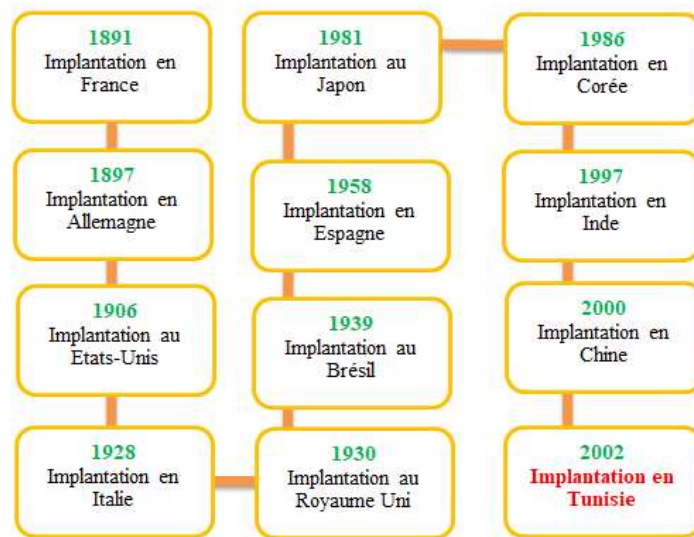


Figure 1 : Implantation de Mersen dans le monde

### c) Les domaines d'activités de Mersen :

Mersen est une société offshore qui se trouve dans plusieurs domaines à savoir l'énergie, l'électronique, les transports, la chimie pharmaceutique et l'industrie des procédés.

- Les énergies renouvelables : Cette orientation est en fait une résultat directe d'un besoin des clients de l'entreprise induite par l'épuisement des énergies fossiles, et une prise de conscience mondiale de l'intérêt de leur substitution.
- L'électronique : Avec l'évolution sans précédent du domaine des Technologies de l'information et de la communication, et du transport de l'énergie surtout solaire entre les continents stimulés par le conjoncture géopolitique international incertain, Mersen s'est appuyé sur ses deux pôles matériaux et électrique pour améliorer sa stratégie dans ce secteur d'activité.
- L'innovation : Les deux piliers précédemment décrits ne peuvent s'améliorer sans la présence d'un troisième qu'est l'innovation qui assure à Mersen et à toute autre entreprise

de se positionner sur le marché en donnant des solutions technologiques personnalisées à ses clients.

- L'implantation en Asie : Vu la grande masse démographique de la population asiatique Mersen a emprunté la voie de la délocalisation en Asie pour qu'elle soit plus proche de ses clients et améliorer ces produits qui sont en réponse immédiate à leurs besoins. Le marché asiatique offre à Mersen la possibilité de développer des partenariats avec d'autres industriels qui ont adopté la même stratégie.
- Les acquisitions ciblées : Cette stratégie est déployée par pôle en prenant en considération plusieurs problèmes en vue de renforcer la chaîne logistique globale du groupe, maîtriser ses coûts et donner aux clients une panoplie plus grande de produits.



**Figure 2: Les domaines d'activités du groupe Mersen**

## **2. Les valeurs du groupe Mersen :**

Les valeurs du groupe Mersen sont basées en premier lieu sur le respect de l'environnement et la valorisation des ressources humaines. Un intérêt particulier est accordé à la sécurité des travailleurs et leur bien-être au sein de l'entreprise. Mersen a mis une charte éthique qui régit la relation entre elle et : ses employés, ses clients et ces fournisseurs pour assurer une culture commune dans le groupe.

### **a) Les employés :**

Mersen possède 6500 personnes affectées dans les 50 sites dans 35 pays. En ce qui concerne les employés, la première priorité de l'entreprise dans les prochaines années c'est leur sécurité. Dans ce cadre, un programme de formation sur la sécurité a été mis en place, il s'appelle « Ouverture pour la sécurité de tous », ce programme est constitué par des semaines santé –sécurité pendant lesquelles l'entreprise fait des formations de sensibilisation sur la sécurité et des audits sécurité sur les lignes de productions pour sortir les problèmes sécurités et les actions à mettre en place derrière ça . De ce fait, le taux des accidents a vu une baisse à un niveau très bas : 1.1 % en 2018 par rapport à un objectif de 1.8% . Il est à noter que ce taux a été de 2.5% en 2017. C'est pour cela que nous devons respecter dans ce projet les consignes de sécurité par poste.

### **b) Les partenaires :**

Pour les partenaires, Mersen a travaillé sur trois axes :

- Partenaires Financiers : par la construction des relations à long terme avec les banques par exemples, et par la diversification des sources de financements,
- Fournisseurs : Mersen a intégré et exigé des critères environnementaux auprès de ses fournisseur avec la priorité à la qualité et la fiabilité. Par ailleurs, elle a donné la priorité aux fournisseurs locaux pour bénéficier de relations publiques favorables en particulier, et qui peuvent proposer des prix moins élevés dans le domaine des services, en favorisant certaines étapes de négociation. La proximité avec les fournisseurs peut faciliter les échanges (livraisons, rencontres, visites) et les compagnies peuvent mieux gérer les conditions routières, facilitant ainsi la gestion des contrats. Les fournisseurs connus localement sont plus faciles à évaluer, en particulier dans le cas de produits et de services spécialisés.
- Territoires : Mersen a délégué des responsabilités à chaque entité avec la prise en compte des différences culturelles. 90% des directeurs de sites sont de nationalité locale.

### **c) Les clients :**

Mersen a réalisé un chiffre d'affaires en 2018 qui est réparti comme suit :

- Le secteur du transport représente 17% du chiffre d'affaires réalisé avec les clients ALSTOM , AIRBUS et THALES.
- L'énergie représente 19% du chiffre d'affaires. Ce secteur est réparti entre les clients :WACKER , SCHNIEDER , VESTAS , SIMENS et HSC

- L'électronique : 18% du chiffre d'affaires réparti entre ses clients SIMENS, ABB, SAMSUNG et SEMIKRON
- Pour la chimie : 11% du chiffre d'affaires entre ARKEMA, AIR LIQUIDE et BAYER
- Pour l'industrie de procédés : 35% du chiffre d'affaires entre SAINT-GOBAIN, Arcelor Mittal et Prysmian Group.

➤ **Classification mondiale**

Pour le secteur Electrical POWER, l'entreprise Mersen est classée au deuxième rang après Schneider pour les composants électroniques de puissance et les fusibles industriels qui font l'objet de notre projet de fin d'études.



**Figure 3 : Classification mondiale Electrical power**

Pour le secteur des matériaux avancés, Mersen est classée au premier rang mondial pour les équipements anticorrosion en graphite, l'application hautes températures et les bails pour les moteurs industriels.



**Figure 4: La classification mondiale de Mersen**

**d) Les actionnaires :**

Mersen a construit des relations de confiance avec les actionnaires basées sur le long terme.

**II. Mersen Tunisie :**

Mersen Tunisie est une entreprise totalement exportatrice qui a été créée en 2002, qui produit les fusibles et les porte fusibles. Elle est sise dans la zone industrielle de M'Ghira. Son capital

humain est de 350 personnes. Le site tunisien est certifié ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

## **1. L'organigramme de Mersen Tunisie (voir annexe n°1)**

Mersen est organisée en départements comme suit :

- Le département achat : C'est un département qui assure l'approvisionnement en matières premières auprès des fournisseurs locaux.
- Le département comptabilité : Il prend en charge les opérations d'achat des consommables et des pièces de rechanges. Il vérifie les données et coordonne les commandes . Il assure également la tenue des comptes.
- Le département Supply Chain : C'est le département qui prend en charge le pilotage des flux entre Mersen et ses collaborateurs . La gestion des flux se fait par flux tendu pour les produits à destination du client final et par flux poussé pour les produits destinés à être stockés dans le magasin ou dans la plate-forme du groupe. Les OFs (ordres de fabrication) générés par le service sont mis sur la ligne de production.
- Le département Production : C'est le département qui prend en charge la concrétisation des OFs émis par l'équipe Supply Chain.
- Le département qualité : C'est le département qui assure le contrôle qualité pour les produits dès la réception jusqu'à l'expédition . Il gère également les réclamations clients. Son personnel réalise des audits internes et prépare le site pour les audits externes .
- Le département RH (Ressources humaines) et HST (Hygiène et sécurité au travail ) : Ce département gère les opérations de paie et de gestion des ressources humaines. Il veille sur le bien-être et la sécurité du personnel via la sensibilisation et l'élaboration des projets d'ergonomie. Il se charge également de réaliser des activités de team building.
- Mersen Academy : C'est le milieu de formation de tous les nouveaux venus à l'entreprise. Il s'agit de leur première enceinte de formation avant de passer à l'apprentissage pratique.

## **2. Le département méthodes et industrialisation :**



Je travaille dans ce département comme un technicien de méthode depuis 10 ans et je m'occupe de la création des nouveaux produits : nomenclature, gamme et identifications (étiquettes d'identifications), ainsi que les chronométrages des temps, le calcul des capacités des lignes, l'équilibrage des lignes, la réalisation des modes opératoires de toutes les lignes. Je suis le pilote de comité de modification interne et externe (je reçois les demandes de modifications des produits ou des plans. Ensuite, je vérifie avec les membres de l'équipe de ce département si ces modifications vont impacter le prix ou le client et surtout je dois défendre cette demande pour qu'elle soit mise en place ). Je pilote des chantiers d'amélioration continue comme nous allons le constater dans ce projet fin d'études sur le lean manufacturing. Le département méthodes et industrialisation prend en charge la précision des gammes opératoires et l'industrialisation de nouveaux produits. Il intervient également dans des chantiers multifonctionnels afin d'améliorer et automatiser les différentes machines. Il est composé par quatre ingénieurs et un technicien méthodes (moi-même) et nous sommes chargés de réaliser ce projet demandé par la direction et de donner des résultats efficaces suite à la mise en place du chantier Hoshin.

### 3. L'organisation de l'usine :

L'usine est composée de 30 lignes de production sous la responsabilité de quatre superviseurs répartis sur deux ZAP (zones autonomes de production) :

- ZAP appareillage qui fabrique les portes fusibles et les accessoires,
- ZAP fusible qui fabrique les fusibles cylindriques et carrés dans laquelle nous avons planifié notre projet.

Le schéma suivant (appelé encore Layout) illustre mieux l'implantation de l'usine

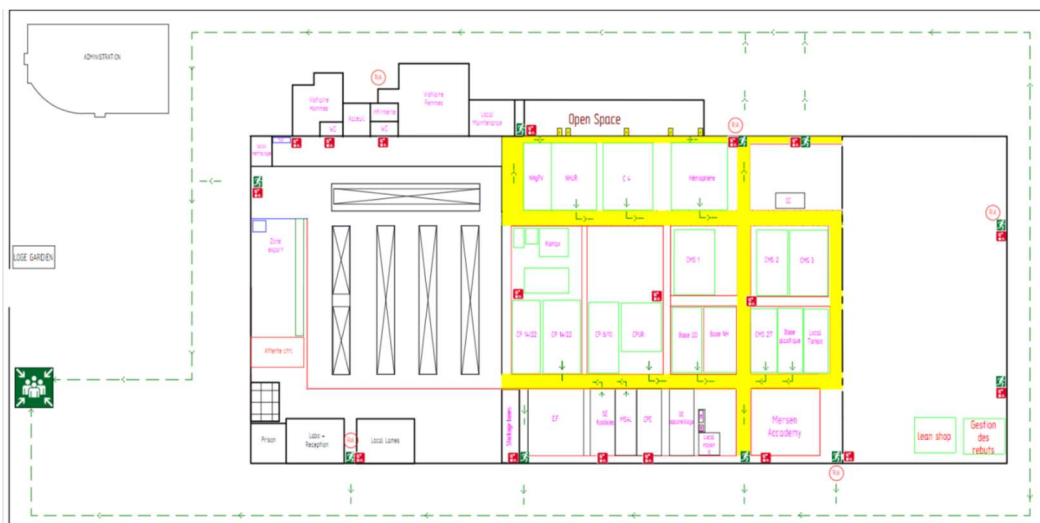


Figure 5: Le layout de l'atelier

## 4. La problématique du projet

La réalisation du bénéfice est un défi que toute entreprise doit relever au quotidien pour garantir sa survie dans un milieu concurrentiel. Vu que le coût de vente est fixé par le marché et la concurrence, l'amélioration de la marge bénéficiaire passe par la maîtrise et la réduction des coûts de production.

L'idée de notre projet est basée sur l'augmentation de la demande des clients de la ligne NHPV qui doit passer de 60.000 fusibles (2018) à 95.000 fusibles (2019).

En outre nous allons voir comment les opérations que subit la matière première pour être transformée en fusible cylindrique sont à faibles valeurs ajoutées, la marge de gain est par conséquent faible. Le coût d'achat de la matière première est nul puisque l'approvisionnement est assuré par Mersen France. Il ne reste à Mersen Tunisie qu'à agir sur ces coûts de production dont la composante principale est le coût de main d'œuvre afin d'améliorer sa marge bénéficiaire.

C'est dans ce contexte que Mersen Tunisie a choisi de lancer le chantier lean manufacturing de la ligne NHPV dont la moindre perturbation augmente les dépenses de l'entreprise et fait disparaître la marge de gain.

Ce projet est un point de départ d'un chantier plus large visant à améliorer les performances de quatre lignes de production de fusibles carrés présentes sur le site tunisien de Mersen ayant les mêmes processus de production et souffrant des mêmes problèmes que la ligne NHPV.

### ✓ Les objectifs du projet

En lançant ce projet, l'entreprise vise à :

- Améliorer l'efficacité de la ligne qui n'est autre que le rapport entre le temps payé par le client et le temps payé par l'entreprise :  
Par exemple, si nous avons payé pour faire 200 pièces d'articles X pendant une heure avec deux opérateurs c'est-à-dire pour trouver l'efficacité de cet article, on doit diviser le temps alloué (temps de gamme) / temps travaillé (temps réel consacré par l'opératrice pour faire la quantité demandée). Nous pouvons dire aussi que l'efficacité d'une entreprise consiste en sa capacité à livrer un produit avec le minimum de ressources financières.
- Améliorer la réactivité face aux problèmes rencontrés sur la ligne.
- Effectuer un chantier 5S en accordant de l'importance au management visuel.

- Rendre la ligne plus flexible
- Augmenter la capacité de la ligne.

Mises à part les difficultés d'exécution, les enjeux du projet doivent être pris en considération en l'élaborant. Les enjeux de ce projet sont les suivants :

- Faire en sorte que les opératrices de la ligne s'approprient le projet.
- Prendre en considération les particularités du produit et du processus en prenant les décisions
- Le niveau d'agrégation des informations au sein de Mersen qui empêche une visibilité claire de la ligne NHGPV
- La résistance au changement
- La précision en élaborant le projet
- Prévoir les problèmes et les anticiper
- Transmettre le savoir et les réflexions développées au cours de ce projet pour faciliter au personnel la généralisation du travail.

Après avoir présenté l'entreprise Mersen à l'échelle internationale et à l'échelle tunisienne, il convient de présenter la ligne du produit NHGPV objet de notre projet de fin d'études. Cette ligne fera l'objet du deuxième chapitre.

# Chapitre2 :

## Présentation de la ligne NHGPV

Dans ce chapitre, nous allons décrire la ligne faisant l'objet de notre projet de fin d'études et ses produits qui sont essentiellement des fusibles carrés.

La ligne NHPV fait partie de l'îlot de production Fusible carré composé de quatre lignes de production. Les produits de la ligne appartiennent à la famille NHGPV, cette ligne a démarré en septembre 2014, avec 42 articles (dont 4 articles les plus demandés par le clients), sept postes de travail et 5 opérateurs.

Le choix de travail sur cette ligne a été motivé par le fait que ce produit à lui seul, représente la plus grande part du chiffre d'affaires de l'entreprise (20%).

### I. Le Layout de la ligne NHGPV :

La ligne NHGPV est composée de sept postes de travail :

- Poste n°1 le tampographie : pour faire le marquage des emplacements des points de soudure sur les couteaux,
- Poste n°2 et n°3 la soudure : pour souder les fusible,
- Poste n°4 le montage : pour monter les fusibles ;
- Poste n°5 ensableuse : pour faire le tassement des fusibles ,
- Poste n°6 bouchage : pour faire le bouchage des fusibles ,
- Poste n°7 R35 et emballage : contrôler les résistances et emballer les pièces.

La ligne en format U et le layout ci-dessous illustrent ces informations :



Figure 6 : Le Layout de la ligne NHGPV

## II. Le processus de fabrication de la ligne NHGPV :

### 1. Les composants d'un produit NHGPV :

Le fusible carré est constitué d'un corps en céramique à l'intérieur duquel on trouve de(s) lame(s) en cuivre ou en argent, émergé(s) dans un isolant (sable) qui assure le refroidissement du fusible en fonctionnement normal et se vitrifie en cas de surtension pour empêcher la propagation de l'étincelle et l'éclatement du circuit ou de l'installation électrique.

La ligne NHPV assure la production de plusieurs variantes de fusibles carrés de taille 1 à 3 à savoir les fusibles à une lame, à deux lames, à trois lames, à 4 lames ou à 5 lames.



Figure 7 : les composants d'un fusible NHGPV

### 2. Le processus de fabrication de la ligne NHGPV :

La fabrication d'un produit NHGPV passe par ces étapes :

- Opération n°1 : marquage des couteaux : l'opératrice fait cette étape pour connaître l'emplacement des points de soudure,
- Opération n°2 : Souder les éléments fusibles ou des lames sur le squelette,
- Opération n°3 : Montage du squelette dans le corps,
- Opération n°4 : Montage du corps assemblé avec le squelette avec les couvercles,
- Opération n°5 : Ensabler les fusibles, chaque type de fusible a un programme spécifique qui est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Le temps de cycle de la machine ensableuse

Taille	Nombre de fusibles	Temps de tassement en minutes
1	12	10
2	8	19
3	8	20

- Opération n°6 : boucher les fusibles par un bouchon
- Opération n°7 : Faire le contrôle de résistance (**voir fonctions d'un fusible carré**)
- Opération n°8 : Coller l'étiquette d'identification du produit sur la pièce,
- Opération n°9 : préparer la boîte de conditionnement et emballer la pièce produit fini,
- Opération n°10 : coller les étiquettes de conditionnement sur la boîte,
- Opération n°11 : Faire le sur conditionnement selon le besoin du client : les ouvrières mettent les boîtes cartons dans la boîte de sur-conditionnement.

La figure suivante illustre ces étapes :

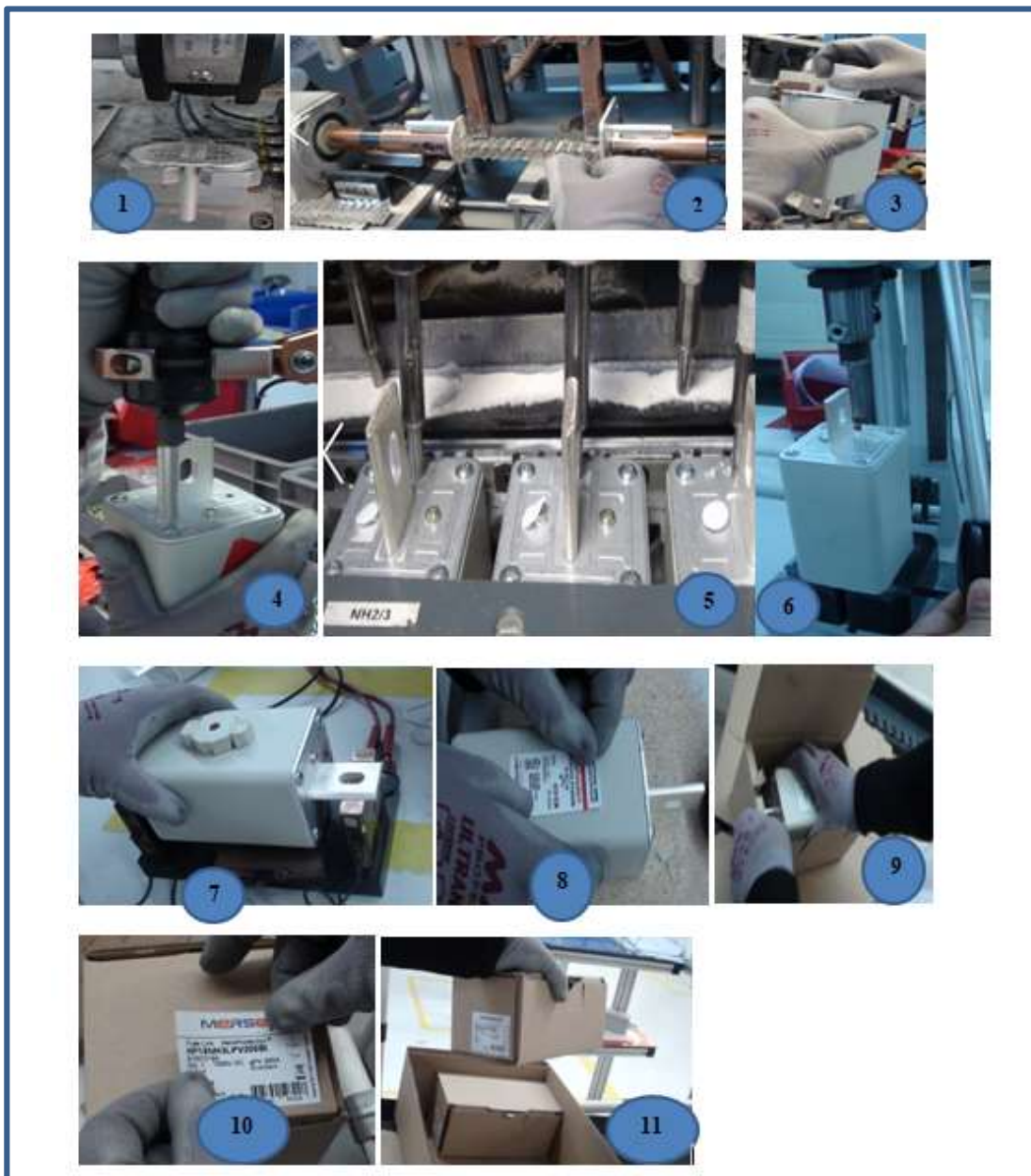


Figure 8 : Les fusibles carrés

### III. Les types de fusibles fabriqués dans la ligne NHGPV:

Le fusible est un élément de protection électrique dont le rôle est de protéger les installations électriques lors d'une surtension ou un court-circuit.

La ligne NHGPV fabrique trois types de fusibles : fusible classe NH gG, Fusible semi-conducteur et Fusible NHGPV, dont les tailles varient de 1 à 3.

#### 1. Fusible classe NH gG:

Le fusible NH est considéré parmi les fusibles enfichables et se compose par des couvercles, des couteaux et la lame. La conception de ce type des fusibles ne peut pas garantir la non-interchangeabilité du courant nominal.



Figure 9: fusible NHgG

Leur manipulation doit être faite par une personne qualifiée.

Les éléments de remplacement du type NHgG sont utilisés pour la protection des équipements et des câbles.

Ils peuvent être utilisés comme protection car ils peuvent interrompre toute surtension du courant de fusion le plus bas à leur capacité.

Ils protègent les installations industrielles des effets électrodynamiques et les appareils électriques.

#### 2. Fusible semi-conducteur :

Les fusibles semi-conducteur sont utilisés pour la protection des équipements électrique de puissance contre tous ce qui est surintensités. Ils sont dédiés pour réduire  $I^2t$  (le pouvoir de coupure qui doit être supérieur au courant du court-circuit),



Figure 10: fusible semi-conducteur

les tensions d'arc lors d'un problème électrique et lors d'un court-circuit.

### 3. Fusible NHGPV ou Fusibles photovoltaïques :

Notre projet porte sur ces types de fusibles de la famille NHGPV<sup>1</sup> photovoltaïque de fondre-liens de HelioProtection de Mersen. Ces fusibles ont été créés et produits pour protéger en particulier les systèmes photovoltaïques. Ces fusibles utilisés pour un but particulier ont des liens carrés d'un fusible de corps pour des buts photovoltaïques. Ils sont dédiés pour protéger les câbles dans un groupe picovolt de chaîne lorsqu'il y a un court-circuit dans le panneau.



Figure 11: fusible NHGPV

Leurs liens de fusibles sont de type sont de type de gPV sont tous les deux conforme aux conditions du CEI 60269-6 et de l'UL 2579.

#### a. Les Fonctions d'un fusible carré :

Nous devons connaître les fonctions d'un fusible pour comprendre l'importance de chaque opération de fabrication. Le fusible doit assurer deux fonctions : Fonction conduction et Fonction coupure.

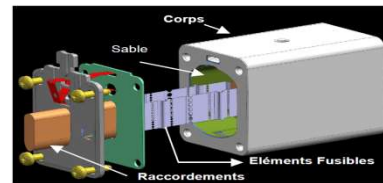


Figure 12: fusible carré

Fonction conduction : le fusible est inclus dans un circuit électrique. Il doit assurer la conduction du courant électrique. Cette conduction est accompagnée de dégagement de chaleur. C'est un phénomène due auquel fonctionnent les ampoules électriques, les cafetières, les radiateurs...

Ce dégagement de chaleur ne doit pas amener à une détérioration prématurée du fusible ni à un endommagement de l'environnement.

Fonction coupure : le fusible doit fondre lorsqu'un courant élevé passe dans le circuit et risque de détériorer plusieurs composants de ce circuit. On "sacrifie" le fusible pour "sauver" les autres composants.

---

<sup>1</sup>NH : c'est la forme en Aleman carré, GPV : c'est la courbe du fusible, G : générale, P : photos, V : voltaïque.



C'est pour cela que nous avons pris un engagement dans notre projet de ne peut pas impacter ces deux fonctions par les changements à faire et surtout au niveau des deux postes soudure et contrôle R35 ou contrôle résistance c'est le poste le plus important dans la ligne.

Qu'est-ce que le contrôle résistance ?

C'est la valeur de la résistance électrique mesurée à la température ambiante est ramenée par calcul à 35°C (R35) et leur but est le contrôle de la résistance électrique des fusibles à la fin de chaîne afin de détecter les pièces présentant des anomalies dans les éléments des fusibles ou dans la soudure de ceux-ci.

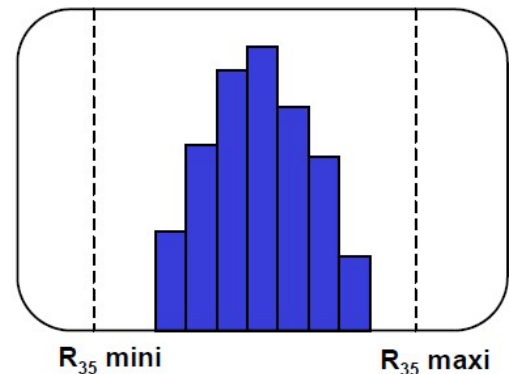


Figure 13: courbe R35

#### b. Le schéma électrique normalisé d'un fusible :

Pour le produit de la ligne NHgpv, il existe deux types de schémas électriques de fusible : avec indicateur et sans indicateur sur lequel nous allons faire notre projet.

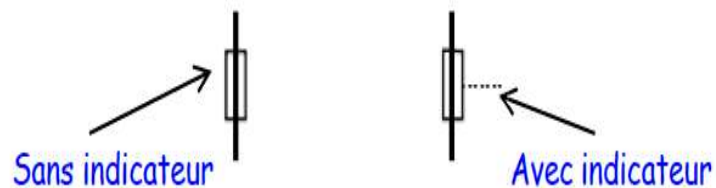


Figure 14 : Le schéma électrique d'un fusible

Après avoir présenté la ligne NHGPV et ses produits, nous allons étudier son état actuel (tack time,7 muda ...) afin de lui appliquer les outils lean adéquats.

Mais il convient tout d'abord de présenter brièvement le lean management et plus particulièrement le lean manufacturing ainsi que les outils que nous allons utiliser dans ce projet de fin d'études.

# Chapitre 3 :

## Etat de l'art des chantiers lean

Dans ce chapitre, nous allons présenter les fondements théoriques et scientifiques qui ont façonné la démarche de l'élaboration du projet. Les notions seront développées dans l'ordre de leur déploiement dans le projet pour des raisons pédagogiques. Afin d'éviter la redondance des idées, quelques notions seront évoquées dans le chapitre suivant où elles seront développées en faisant appel à leur application concrète sur la ligne NHGPV.

### I. L'idéologie SAN GEN SHUGI

Pour mener proprement notre projet lean nous allons suivre cette idéologie:

L'idéologie de San Gen Shugi est un état d'esprit qui peut nous guider.

Leur principes basés sur les trois réels **San** (Trois ), **Gen** ( Réel), **Shugi** ( Principes) ,

Cette idiologie été inventé par Taiichi Ohno<sup>2</sup> , et pour comprendre un problème nous devons voir de quoi il retourne par nous- mêmes c'est pour cela nous devons utiliser ces trois réels :

genbutsu (l'objet réel), genjitsu ( le fait réel ), genba (Le lieux réel), et nous pouvons dire aussi que nous sommes en train de parler des choses réels et concrètes sans les préjugés . Nous avons présenté cette idéologie dans ce chapitre, car nous sommes devant un projet sur une ligne de production autrement dis notre travail sera à 100% sur terrain donc nous devons utiliser les trois réels pour mieux comprendre la réalité et tirés le maximum des informations de l'appart des opérateurs de la ligne concernée.

---

<sup>2</sup> Taiichi Ohno : c'est un ingénieur japonais né le 29-février1912 en chine, reconnu par Toyota et leurs innovations sur l'industrie.

## II. Le lean management

C'est une approche collaborative de management avec une vision flux essentiel du lean manufacturing. Elle est basée sur des supports et des techniques qui permettent de réunir les équipes autour d'un seul but. D'habitude, le lean manufacturing et le lean management doivent aller de pair voire même interférer pour assurer l'atteinte des objectifs et leur maintien à la fin d'un projet donné.

### 1. Les 5S :

C'est une démarche de rangement et de nettoyage japonaise bien structurée. Elle peut être appliquée à plusieurs niveaux d'une entreprise notamment aux usines, aux bureaux et aux entrepôts. Pour mieux diriger et réussir un chantier 5S, il faut mieux qu'il s'inscrive dans le cadre d'un projet dont la vision dépasse l'application du démarche 5S.

#### Les étapes du 5S :

- 1<sup>ère</sup> S (Supprimer):

Enlever de la zone de travail toute objet qui n'a pas sa place,

- 2<sup>ème</sup> S (Situer) :

Faire le rangement de la zone de travail, chaque chose à sa place,

- 3<sup>ème</sup> S (Nettoyer):

l'élimination des choses inutiles (Seiri) et le rangement (Seiton) de la zone de travail = plus facile de le nettoyer,

- 4<sup>ème</sup> S (Standardiser):

Faire un standard de nettoyage et de rangement de la zone de travail,

- 5<sup>ème</sup> S (Maintenir):

Suivre l'application du système 5S .

#### **a. Les défis d'un chantier 5S :**

Le défi majeur d'un chantier 5S est de faire du lieu de la zone de travail (bureau, ligne de production, entrepôt) une zone agréable qui facilite l'exécution des tâches quotidiennes. Il faut faire en sorte également que tout le monde s'approprie le projet 5S et s'engage à le maintenir sans violer le standard 5S.

**b. Au-delà des 5S :** nous pouvons pousser le chantier 5S dans la direction de l'ergonomie et de la sécurité du travail pour assurer le bien-être des bénéficiaires du chantier. Le chantier 5S est également un outil puissant d'élimination des gaspillages, d'amélioration des indicateurs



Figure 15 : L'acronyme 5S

des performances et de la qualité du produit ou de service si son lancement sort d'une étude robuste de l'existant.

## 2. L'ergonomie des postes :

### a. Généralité :

Elle consiste à adapter les postes de travail aux besoins humains de point de vue posture, circulation sanguine, effort musculaire, sécurité et autre, l'amélioration ergonomique du poste ne peut se faire qu'avec le feed-back d'opérateur concernés. Ainsi que l'amélioration de l'ergonomie des postes est coûteuse pour l'entreprise. En contrepartie, elle améliore la productivité notamment quand il s'agit des opérations manuelles. Les opérateurs du poste de travail peuvent ne pas se mettre d'accord sur une posture donnée.

### b. Prévention ergonomique des TMS (troubles musculo-squelettiques) :

la réduction des troubles musculo-squelettiques (TMS<sup>3</sup>) est très difficile . Généralement, beaucoup des facteurs qui fait l'apparition de ces troubles. C'est pour cela, il est important de faire une démarche de prévention durable et efficace qui prendre en compte tous des facteurs.

#### ➤ Organiser le travail

Si le travail est bien organisé le développement de troubles musculo-squelettiques (TMS) seront limités .La façon d'organisation du travail et le développement de la fonction ont une influence sur les conditions physiques de travail, sociales et psychologiques. Pour alléger les taches nous devons travailler sur la gestion du rythme, la rotation des tâches et la variation des positions.

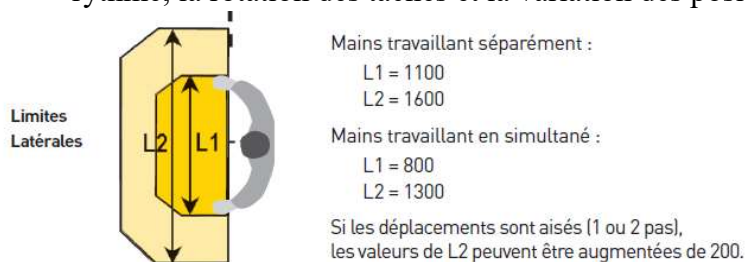


Figure 16 : La position sur le poste de travail

<sup>3</sup> TMS : les troubles musculo-squelettiques (TMS) influent sur les structures autour des articulations et ils surviennent généralement au niveau des membres supérieurs ou du dos. Ces affections touchent les tendons les muscles, les nerfs... Plusieurs facteurs, surtout professionnels, favorisent ces TMS.

### **\*Rotation des tâches**

L'alternance des tâches permet de diminuer les risques due aux contraintes répétées sur les mêmes articulations. La rotation des tâches donne plusieurs avantages:

- Plus de variété de travail et moins de répétitivité;
- La charge unilatérale des muscles et des tendons sont réduit;
- Avec le moindre risque de surcharge;
- Beaucoup de flexibilité dans l'entreprise (plus des polyvalences sur les postes de travail).

Exemple: remplacer les travaux lourds et légers pour permettre aux muscles les plus cherchés de se reposer.

La rotation demande la formation des opérateurs qui mettra en place le système. Il est conseillé pour consulter au préalable les opérateurs et de les informer sur les tout changements, et la nouvelle organisation ne doit être pas imposé.

Il faut tester la nouvelle organisation avant de le dupliquer à toute la société.

D'autre, la rotation des tâches ne représente pas toujours une solution. Car dans le cas ou si la tâche exige la même charge corporelle, ici la rotation n'enlève pas le problème de surcharge et elle mettre l'opérateur devant un risque plus élevé de TMS .

### **\*Extension des tâches**

L'extension des tâches consiste à varier le contenu de la tâche. Leurs avantages sont :

- Un travail moins répétitif, plus humain et moins stéréotypé;
- Un contenu plus riche de la fonction;
- Une grande variété de mouvements;
- Une grande flexibilité dans l'entreprise et une grande identification avec le produit.

D'autre l'extension des tâches s'accompagne par:

- Une formation sur l'analyse des risques de TMS des employés et de la ligne hiérarchique permettant de découvrir les contraintes;
- La mise en place de pauses des récupérations;
- La formation aux gestes et postures pour minimiser le risques;

- La motivation des employés à varier les postures et à se relâché lors des courtes pauses;
- La réduction des cycles de travail très courts: par l'élargir de l'ensemble des tâches, promouvoir leur roulement, sans enlever la charge mentale.

### \*Gestion du rythme de travail

La fatigue musculaire est rattachée aussi aux caractéristiques personnelles de l'employé. Le recours à des moments de récupération franchement choisies est donc utile. Guider son rythme de travail préfère l'autonomie des employés mais encore améliore la santé de instrument, musculo-squelettique et démunie la charge mentale et psychosociale des employés.



Figure 17 : les différentes positions de travail

### \*Poste assis –Normal :

Pour ce type de postes, la hauteur ne doit pas dépasser les 730 mm et la hauteur de chaise doit être entre 400 et 560 mm, en plus nous avons choisi de parler de ce type des postes car c'est identique aux postes concernés par notre projet.

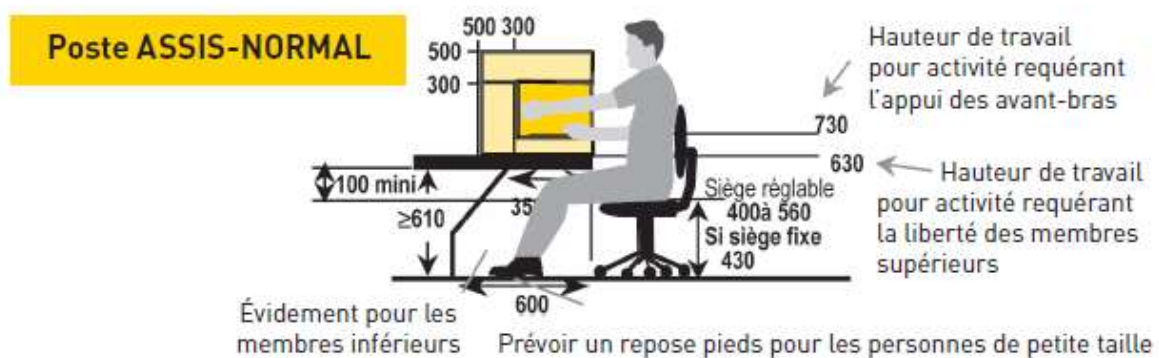


Figure 18 : poste assis-normal

### III. Quelques outils de performance industrielle :

#### 1. L'analyse ABC

C'est un outil des analyses, qui permet de prioriser les actions à poursuivre dans un contexte donné. Elle est utilisée dans certains domaines : le zonage des entrepôts, le classement des articles à approvisionner en priorité, la classification des défauts qualité ou autres. Leur principe est simple : 20% des causes induisent 80% des effets étudiés. Pour diriger l'énergie d'une équipe de travail, nous les fait travailler sur les 20% des causes en priorité.

La courbe des fréquences cumulées est triée dans l'ordre décroissant, est aussi en effet divisée en trois zones :

- Zone A : 80% des fréquences cumulées,
- Zone B : 15% des fréquences cumulées qui suivent,
- Zone C : 5% des fréquences cumulées restantes.

#### 2. Le Cycle PDCA :

Le PDCA est un outil pratique de manipuler des actions et à la conduite de la modification au sein de l'entreprise. Il peut être utilisé dans plusieurs cadres comme le cadre d'un projet ou dans la résolution des problèmes fréquents dans l'entreprise comme la réclamation client. Plusieurs entreprises ne le considèrent pas que comme un outil, mais plutôt un état d'esprit.

- ✓ Plan : à cette phase, plusieurs solutions sont proposées et on finit par garder ceux qui sont les plus proches de la réalité du terrain. Ces solutions doivent être basées sur les trois réalités.
- ✓ Do : Dans un premier temps, un plan d'action est mis en place. Ensuite, il faut élaborer les moyens matériels et humains pour concrétiser le maintien des solutions.
- ✓ Check : Après la mise en place des solutions, en se basant sur les trois réels le suivi doit être maintenu.
- ✓ Act : Cette phase sert à cacher aux problèmes détectés dans la phase précédente Check que nous n'avons pas pu prévoir dans la phase n°1 Plan.

### III. Le lean manufacturing :

C'est une démarche d'élimination des gaspillages mise en place par Toyota à pour but de rattraper le concurrent américain à cette époque avec les tous moyens de bord du Toyota Production System.

Ainsi lorsque nous parlons de lean manufacturing nous devons présenter les types de muda (voir chapitre quatre) ,

Et nous distinguons deux types de mudas :

- Des mudas de type 1 : sur lesquelles ne nous pouvons pas agir.
- Des mudas de type 2 : sur lesquelles nous pouvons agir.

La classification la plus reconnue des gaspillages les répartit en huit catégories :

- La surproduction,
- Les stocks inutiles,
- Les mouvements inutiles,
- Les processus inefficaces,
- Le temps d'attente,
- Le transport,
- Les produits non conformes,
- La sous exploitation des talents humains qui est apparue dans les années 2000.

Ces mudas seront illustrés par des exemples réels dans le chapitre d'exécution de notre projet.

A ces mudas nous ajoutons :

- Les Muris : TMS, Stress...(voir chapitre quatre)
- Les Muras : La variabilité (voir chapitre quatre)

## **IV. La cartographie de chaine de valeurs VSM :**

### **1. La chaine de valeur :**

C'est toutes les opérations avec valeurs ajoutées et sans valeurs ajoutées que le produit subit en traversant un processus donné. Pour la valeur ajoutée est définie par le client.



## 2. La vision flux :

C'est la vision qui est à la fois les flux physiques et ceux informationnels. Toute entreprise ayant l'objectif d'adopter une démarche lean doit rapprocher ses équipes autour de cette vision. En outre, tout personnel de l'entreprise doit s'enlever de la vision traditionnelle où chacun est cloisonné dans leur département concentré sur l'optimisation d'un maillon de la chaîne logistique inclus sans considérer l'influence de cette optimisation sur le reste de la chaîne.

Pour mettre en place cette vision, des cycles VSM sont déclenchés ponctuellement par une équipe pluridisciplinaire qui doit prendre en charge l'amélioration des performances de produits. Tous les membres de l'équipe VSM doivent connaître toute la chaîne de valeurs par laquelle passe la famille du produit.



**Figure 19 : De l'amélioration continue au lean manufacturing**

Cette cartographie de chaîne de valeur permet de comprendre et d'avoir une vision des flux à plusieurs niveaux. Détecter les mudas et soigner à leurs causes fait de la VSM un outil qui simplifie l'emprunt de la voie du lean.

## 3. Le choix de la famille de produits :

Tracer une VSM pour chaque produit est une tâche difficile. Partant d'une vision qui prend en charge le besoin des clients qui s'intéressent à leurs produits uniquement, il choisit impératif une famille de produits avant de tracer une VSM. D'habitude, la famille de produits est constituée de produits qui passent par des étapes similaires du processus.

## 4. Le traçage de la cartographie de l'état actuel

### a. Les préalables à la réussite du traçage de la VSM :

Pour que notre VSM reflète réellement ce qui se passe sur le terrain il faut être patient et prendre le soin de regrouper les informations nécessaires au traçage bien sûr en se basant sur l'idéologie des trois réels. Il faut voir comment apprendre pour observer et poser des questions qui aident à détecter les problèmes et les résoudre.

Avant de faire le traçage, il faut mieux faire un Gemba walk<sup>4</sup> pour avoir une vision sur les flux et se habituer avec le terrain. D'autre une analyse SIPOC<sup>5</sup> est un bon outil pour préparation au traçage de la VSM . Il est conseillé de commencer le Gemba walk à l'envers c'est-à-dire de l'expédition en rebroussant le chemin. En plus cette démarche a deux vertus :

- Avoir la vision la plus proche du client possible sur le produit,
- Faire en sorte qu'il accorde plus d'importance aux détails et stimuler le cerveau.

Encore que le traçage se fasse dans le cadre d'une équipe pluridisciplinaire, le Value stream manager à pour intérêt à tracer la cartographie en utilisant une feuille A3, un crayon et une gomme pour avoir après une vision claire et réel sur le flux avant de les informatiser.

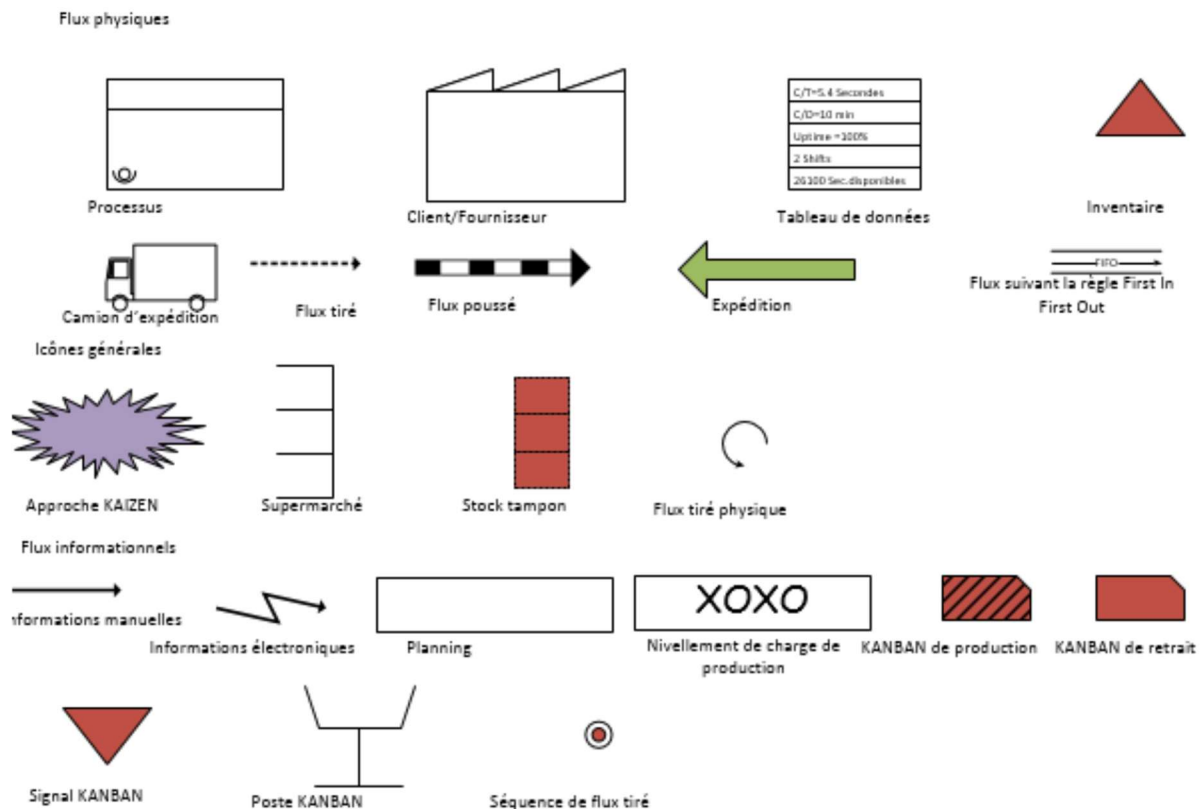
#### **b. Les icônes utilisées lors du traçage de la VSM :**

A partir des éléments recueillis, le premier traçage de la VSM est complété et enrichi. Nous ajoutons les détails apparus et nous commençons à calculer le temps alloué dans chaque étape, stock et encours pour diminuer le lead time total.

---

<sup>4</sup> La marche Gemba : c'est un élément primordial de la gestion lean, leur objectif principal c'est de permettre aux dirigeants d'observer le processus de travail réel à travers le dialogue avec les opérateurs et d'explorer les possibilités des améliorations contenue .

<sup>5</sup> SIPOC :(Suplier Input Process out put customer ) c'est un outil qui donne idée claire sur le processus ,son fonction et ces caractéristiques .



**Figure 20 : Les icônes utilisées lors du traçage d'une VSM**

Avec la mesure que les informations complémentaires sont mis, la cartographie devrait prendre leur forme habituelle. L'illustration ci-dessus n'est pas un appel à utiliser des logiciels ou applications graphiques, le dessin à main suffit à l'analyse et à la communication et il est bien plus Lean que le report au propre à l'aide des outils sophistiqués.

La cartographie complète doit permettre de présenter convenablement les flux et leurs péripéties, aussi que de répondre à toute question concernant les indicateurs les plus usuels et les grandeurs. Le processus global de performance s'apprécie en fonction du ratio temps de valeur ajoutée sur le total Lead time.

### **c. Ce qu'on doit prendre en considération lors du traçage de la carte :**

Nous traduisons les observations sur le terrain nous utilisons ces icônes. Nous pouvons regrouper plusieurs opérations dans un seul processus afin de faciliter la carte notamment lorsqu'il s'agit d'un flux continu. En ce qui concerne le traçage des flux physiques des composants ou des matières premières, il suffit de tracer ceux des principaux composants.

#### **d. Les informations quantifiées de la VSM :**

Le tableau des données de chaque opération contient un ensemble d'informations à savoir :

- ✓ Le temps de cycle (C/T) : C'est le temps qui distinct la sortie de deux pièces d'une étape du processus bien sûr en secondes.
- ✓ Le temps de changement de série (C/O) : C'est le temps de changement de série qui permettant le passage de la production d'un article à celle d'un autre.
- ✓ Uptime
- ✓ Le nombre de shifts

Nous trouvons encore des autres informations quantifiées figurent également sur la carte en l'occurrence :

- ✓ La quantité des encours de la production entre les postes (par jours)
- ✓ Le lead time : C'est le temps de traversée d'un produit à travers un processus. Les limites du processus sont fixées suivant le périmètre du projet et la problématique à traiter.
- ✓ Le nombre des opérateurs
- ✓ La taille des cartons
- ✓ La fréquence de livraison .....

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les éléments scientifiques que nous avons considérés en prenant nos décisions. Le quatrième chapitre est consacré aux démarches d'un chantier Hoshin que nous avons appliqué dans notre projet sur la ligne NHGPV.

# Chapitre 4 :

## Les démarches d'un chantier Hoshin

Nous avons appelé ce chapitre les démarches du chantier Hoshin car nous devons présenter ces derniers avant de démarrer le chantier. Ainsi notre objectif dans ce projet sur le lean manufacturing est d'augmenter la capacité de la ligne NHGPV et selon le standard interne de la société nous devons appeler notre travail par un chantier qui revient au même pour le projet,

Et comme nous allons travailler avec les opératrices, nous avons pensé à créer un standard sur le chantier Hoshin facile à suivre.

### I. Définition du Hoshin :

Le Hoshin : C'est le nom donné au chantier Kaizen<sup>6</sup> dans une cellule de travail pour atteindre le pièce à pièce (enlever les encours entre les postes de travail ) et aussi travailler dans une cellule de travail qui est un arrangement de personnes, machines, matières et méthodes avec les étapes de process placées côte à côte dans l'ordre séquentiel, et par lequel les produits sont traitées idéalement dans un flux continu.

#### 1. Faux flux dans une cellule de travail :



Figure 21 : Le flux dans une cellule de travail

<sup>6</sup> Kaizen : est un mot Japonais, former de deux signes chinois ,Kai(changement) et Zen(meilleur) il se traduit par « amélioration continue ».

Pour connaître l'état de notre flux nous devons vérifier ces différents éléments sur la ligne de production :

\*Si la matière supplémentaire : c'est-à-dire il y a une occupation d'espace, des personnes, et de délai,

\*Si les postes sont rapprochés dans "un module", mais pas dans un vrai flux continu, et Les postes opèrent indépendamment, comme des « îles isolées »

\* Si ils existent des stocks accumulés entre les postes et des opérateurs procèdent par lots, Après l'existence de ces éléments nous pouvons dire que nous sommes devant un faux flux et nous devons travailler pour avoir un vrai flux.

## 2. Vrai flux continu dans une cellule de travail :

Le vrai flux continu se traduit avec ces éléments : Chaque opérateur traite une pièce à la fois à chaque poste de travail (équilibre des postes), avec le minimum de matière (pas des encours des composants), d'espace et des personnes, aussi avec un nombre des opérateurs qui correspond à la demande client (par exemple selon la demande clients nous avons besoin de faire une telle quantité avec les nombres nécessaires des opérateurs pas plus). Ainsi tout ce qui est « anormal » se voit immédiatement et bien sûr avec un petit Lead Time<sup>7</sup>.

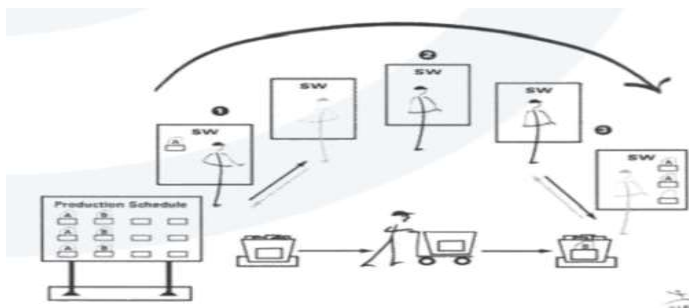


Figure 22 : le vrai flux continu

<sup>7</sup>Lead Time : c'est Le délai indiqué en usine, ou le temps requis entre le passage de la commande et la réception du produit, aussi que toute autre modification pouvant avoir une influence sur la réception des stocks, comme la fréquence de passage de la commande.

## II. La méthodologie d'un chantier Hoshin :

Un chantier Hoshin doit d'abord réduire la variabilité des temps de cycle ( Mura<sup>8</sup> ), Ensuite améliorer l'ergonomie au poste de travail ( Muri<sup>9</sup> ), enfin éliminer les 7 gaspillages(Muda<sup>10</sup> ).

A la fin du chantier nous aurons amélioré la productivité de la ligne. Cependant, la tâche la plus difficile sera de gérer le changement des vieilles habitudes pour avoir des résultats durables avec l'implication des opérateurs qui est la clé du succès.

### 1. Définition du Hoshin :

Hoshin est une méthode rigoureuse de recherche pour l'amélioration de productivité, avec laquelle les services techniques travaillent d'habitude à l'optimisation des temps de cycle, cependant les opérateurs ne peuvent pas travailler sans interruptions dans l'équipe, et pour voir ces interruptions ce n'est pas facile, il faut une méthode rigoureuse.

Hoshin est une façon d'analyser la variabilité des temps de cycles, avec la participation des opérateurs qui connaissent le travail mieux que personne, pour réduire la variabilité qui est toujours plus rapide et moins chère que l'optimisation des temps de cycle.

### 2. Méthodologie du Hoshin :

Dans cette partie, nous allons présenter les étapes à suivre pour faire un chantier Hoshin que nous avons préparé durant la première période de notre projet et nous espérons que nous atteindrons notre objectif avec le suivi de ces 6 étapes qui sont :

1. Analyse du fonctionnement de la ligne,
2. Identification de la demande client (nombre de pièces à produire chaque jour) et définition du takt time,
3. Identification des gaspillages présents sur la ligne,
4. Réduction de la variabilité sur la ligne / Définition de standard par opération,
5. Équilibrage de la ligne
6. Suppression des gaspillages

---

<sup>8</sup> Mura (irrégularité) : toute modification conduisant vers des situations déséquilibrées

<sup>9</sup> Muri (excès) : toute activité impliquant des efforts déraisonnables du matériel ou de l'équipement, du personnel,

<sup>10</sup> Muda (gaspillage) : toute activité dans un processus sans valeur.

## **a. Etape n°1 : Analyse du fonctionnement de la ligne :**

L'étape n°1 est composée par deux parties qui sont la base pour réussir un chantier Hoshin : la description de la ligne et la mesure des temps de cycle ou le chronométrage du temps.

### **❖ Description de la ligne :**

Nous allons faire une description de la ligne concernée par le chantier Hoshin et nous devons passer par ces étapes :

- Prendre des photos de la ligne actuelle (pour montrer l'importance de notre travail),
- Documenter les encours (pour montrer nos défaillances),
- Documenter le nombre d'opérateurs (pour montrer que nous ne sommes pas efficaces),
- Calculer la productivité de la ligne (PPH : pièce par heure) (pour montrer la capacité de la ligne à l'état actuel avant le démarrage du chantier Hoshin et surtout avant la mise en place des actions),
- Documenter l'occupation des m<sup>2</sup> (layout : le plan de ligne) (pour montrer que nous sommes en train d'occuper plus d'espace avec le layout actuel)
- Documenter les besoins clients (pour bien identifier notre objectif)
  - Demande et tendance
  - Qualité and et besoins livraisons
  - Lead time
- Documenter les performances Qualité et Livraison actuelles (pour montrer les effets du chantier Hoshin sur ces performances)

### **❖ Mesure des temps de cycle :**

Le cycle de fabrication d'un produit constitué d'opérations manuelles ne peut-être répétable, l'opérateur pouvant faire parfois des erreurs (mauvaise pièce sélectionnée, pièce qui tombe), ou au contraire réaliser le cycle parfait. L'objectif est de déterminer un temps de cycle réaliste et atteignable en calculant le temps de cycle minimum répétable, et pour faire une mesure efficace du temps de cycles nous avons préparé un standard que nous allons appliquer durant



notre chantier et qui a été validé par toute l'équipe du chantier ainsi que par la direction, et ci-dessous tous les éléments de ce standard :

- Le temps de cycle minimum répétable est le 4ème temps minimum mesuré.  
Pour l'obtenir: retirer les 3 valeurs minimum et prendre la 4eme valeur minimum.
- Le temps de cycle maximum est le plus long temps mesuré pour un cycle
- Calculer également le temps de cycle moyen en divisant le temps total de l'observation des 20 cycles par 20.
- Feuille standard « Mesure des temps de cycle » pour identifier ces temps
- Représenter graphiquement ces temps par opération et par opérateur (si un opérateur réalise plusieurs opérations)
- Etre sur que l'opérateur est expérimenté, l'avertir sur ce qui va être fait
- Définir un point de mesure évident (« TOP ») du cycle (par exemple: poser la pièce dans la boîte, appuyer sur le bouton de départ cycle, ... )
  - Démarrer le chronomètre quand le TOP est atteint et ne plus l'arrêter
  - Chaque fois que le TOP est atteint, renseigner le temps lu sur le chronomètre sur la feuille de mesure des temps de cycle
  - Répéter pendant 20 cycles puis stopper le chronomètre
  - Puis calculer le temps en secondes entre chaque cycle
  - Pendant les 20 cycles, si quelque chose rend un cycle plus long, noter pourquoi sur la partie inférieure de la feuille de mesure des temps de cycle et noter la lettre associée à côté du long cycle ( voir annexe 2)
- Si les temps de cycle sont longs, on peut les mesurer par « éléments de travail (attente, déplacement, ou différentes tâches, mais pas moins de 5 sec par tâche) et les écrire sur les autres lignes.



Courbe 1: exemple Analyse du fonctionnement de la ligne

## **b. Etape n°2 : Identification de la demande client :**

Dans cette étape nous devons d'abord présenter les formules que nous allons utiliser durant notre chantier et qui sont :

Notions de base :

TO = Temps d'Ouverture

- C'est le temps disponible pour faire de la production après avoir enlevé les arrêts programmés

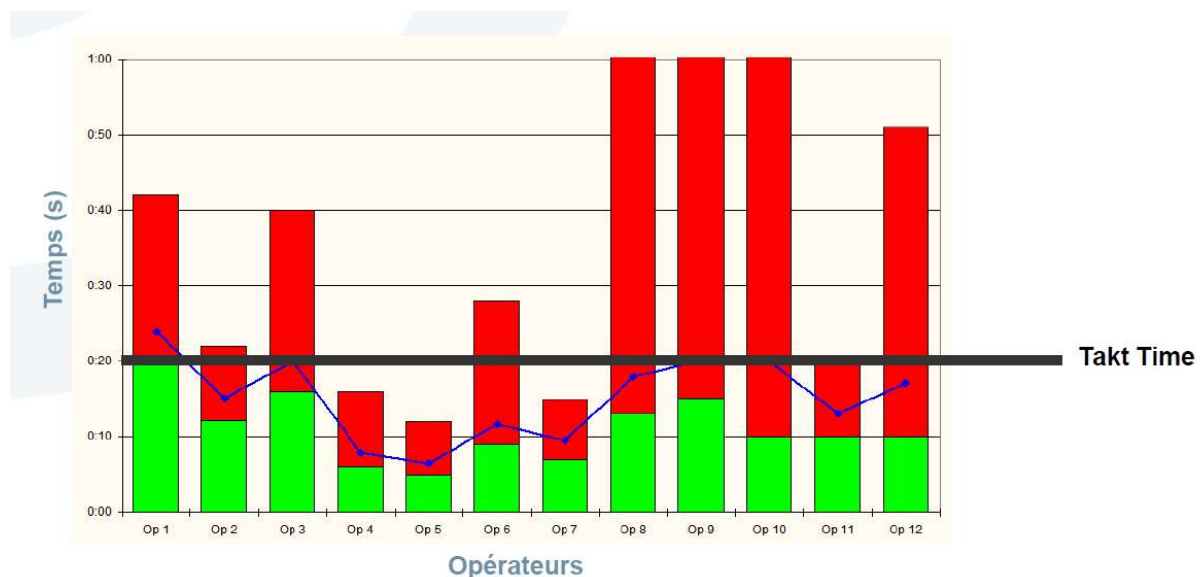
TO = Temps de présence – arrêts programmés (pauses, tps de nettoyage, tps de repas, tps de réunions...)

TT = Takt Time

- C'est le rythme de sortie des pièces pour satisfaire le besoin client et c'est le temps d'ouverture en seconde divisé par le besoin client journalier :

$$TT \text{ (en seconde)} = \frac{TO \text{ (Temps d'Ouverture)}}{\text{Besoin journalier client}}$$

Après le calcul de la capacité de la ligne concernée par le chantier hoshin et le calcul de ces éléments nous devons présenter cette courbe qui montre bien notre situation par rapport à la demande client.



Courbe 2: exemple Identification de la demande client Takt Time

## b. Etape n°3 : Identification des gaspillages:

Comme nous avons vu dans la méthodologie du chantier Hoshin, le gaspillage c'est tout ce qui est sans valeur ajoutée dans la ligne. Afin de mieux éliminer tous ces gaspillages, nous avons préparé un document facile à comprendre par l'opératrice,

<b>Analyse des 7 Gaspillages</b>					
Nom:		Date:		Equipement:	Produit:
Gaspillage	Observation	Données	Localisation dans le process	Cause apparente	
<b>SUR-PRODUCTION</b>	Excédent de produits fabriqués dû à des temps de changement de série trop longs ou à des erreurs de programmation				
<b>STOCK</b>	Matière première, composants ou pièces en-cours de séries ou localisées sur de l'équipement de fabrication				
<b>TRANSPORT</b>	Transport des composants manuellement ou par camion				
<b>DEFAUTS</b>	Pièces non-conformes ou re-travail (fourrisseur ou fabrication interne) nécessitant un retou, un tri ou une rebouche				
<b>OPERATIONS INUTILES</b>	Opération ne contribuant pas à augmenter la valeur ajoutée ou produit, réalisée dans le cycle ou à l'inséquence définie.				
<b>DEPLACEMENTS</b>	Opérateur se déplaçant pendant le cycle et déplaçant des objets manuellement				
<b>ATTENTE ET RECHERCHE</b>	Perte de temps de l'opérateur pendant le cycle ou en attente de support				

Figure 23: Analyse des 7 Gaspillages



Figure 24 : les 7 muda

Nous avons essayé d'expliquer par notre document utilisé les 7 muda :

1-Surproduction : c'est l'excédent de produit fabriqué dû à des temps de changement de séries trop longs ou à des erreurs de programmation,

2-Stock : nous parlons de matière première, composants ou pièces en-cours stockées ou localisées près de l'équipement de fabrication,

3-Transport : c'est le transport des containers manuellement ou par camion,

4-Défaut : nous parlons ici des pièces non-conformes du premier coup (fournisseur ou fabrication interne) nécessitant un rebut, un tri ou une recherche,

5-Opération inutiles : c'est une opération qui ne conduit pas à augmenter la valeur ajoutée du produit réalisé dans le cycle ou à la fréquence définie,

6-déplacement : lorsque l'opérateur se déplace pendant le cycle et déplace des objets manuellement,

7- attente et recherche : c'est la perte de temps de l'opérateur pendant le cycle ou en attente de support.

### **c. Etape n°4: Réduction de la variabilité : Ecriture de standards:**

Comme nous avons vu dans les étapes précédentes, il y a une synchronisation entre ces dernières. Et nous allons remarquer la réduction de la variabilité qui est liée en premier lieu à la suppression des gaspillages.

Il existe deux moyens pour réduire la variabilité dans les temps de cycle :

- La suppression / réduction des gaspillages
- La définition de standards de travail : la définition du standard opératoire se fait d'abord en recherchant la/les meilleures pratiques sur la ligne. Il peut ensuite être amélioré si des modifications de process, ... sont apportées (voir annexe 3)

### **d. Etape n°5 : Equilibrage de la ligne :**

C'est l'étape la plus difficile dans notre chantier car nous allons baser sur tout ce que nous avons vu durant les étapes précédentes (chiffres et donnés). Ensuite, nous allons calculer le contenu de travail et le nombre théorique des personnes. Nous allons vérifier la capacité de la ligne par rapport à la demande client ou par rapport au takt time, et si la ligne n'est pas équilibrée, nous devons faire l'équilibrage bien sûr après la mise en place des actions d'amélioration.

Nous avons essayé de montrer cette étape avec un exemple d'une ligne non équilibrée:

## Notions de base

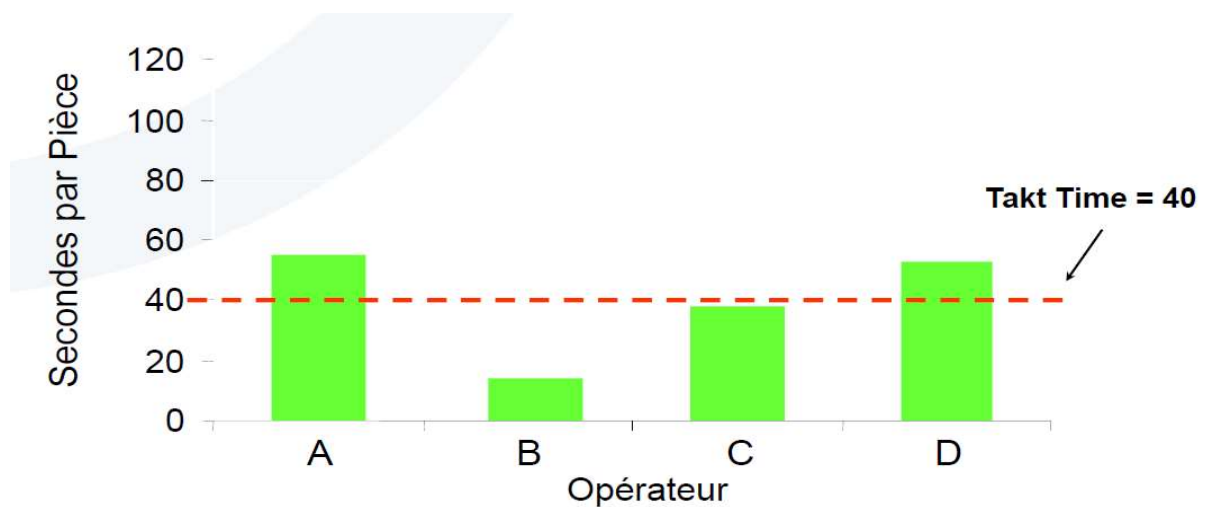
- WC = Work Content (Contenu de travail)
- C'est le temps qu'il faut pour fabriquer un produit

$$\text{Work Content} = \Sigma \text{Minimum Repetable}$$

- Nombre de personnes théorique

$$\text{Nb pers théorique} = \frac{\text{Work Content}}{\text{Takt Time}}$$

- La ligne telle que décrite ci-dessous n'est pas équilibrée:



Courbe 3: exemple d'une ligne non équilibrée

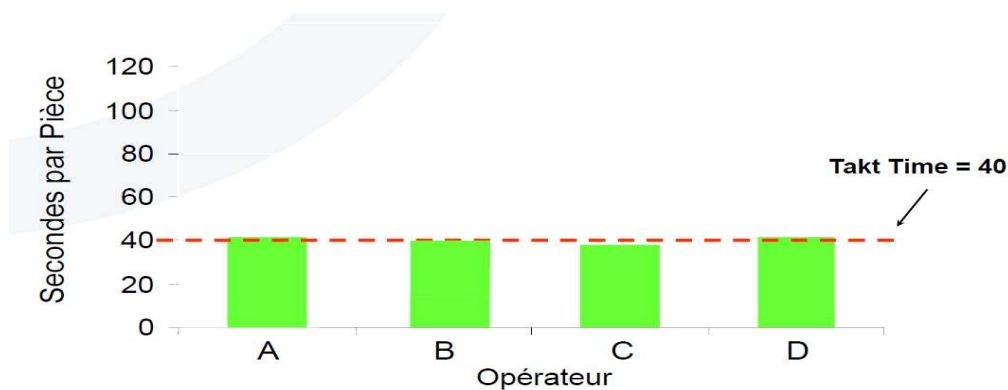
Un takt time de 40secondes par rapport à une capacité de 60 secondes. Comme nous le constatons, il y a deux postes qui dépassent le takt time, donc nous devons utiliser le Takt Time pour équilibrer la ligne (= distribuer la même quantité de travail aux opérateurs) et éviter les encours / attentes.



Courbe 4: exemple d'équilibrage de la ligne

Ici nous voyons que nous sommes en train de faire l'équilibrage entre les postes de travail.

- La ligne est maintenant équilibrée au Takt Time.



Courbe 5: exemple d'équilibrage de la ligne

Nous voyons que tous les postes sont équilibrés et que la capacité de la ligne est inférieure au takt time.

### **e. Etape n°6 : Suppression des gaspillages:**

On applique le système d'approvisionnement frontal + Petit Train et élimine tout ce qui est inutile : Dans cette étape nous allons faire des emplacements des composants par poste pour éliminer le déplacement des opérateurs et les risques TMS.

Avec la présence du train qui fait l'alimentation de la ligne chaque heure.



**Figure 25 : suppression des 7 muda**

### **3. Visuel Chantier sur la ligne :**

A la fin du chantier nous devons présenter un schéma qui montre l'état avant et après de la ligne avec le nouveau standard (voir annexe 4), résumant tout le travail que nous avons effectué.

Dans ce chapitre nous avons présenté le chantier Hoshin, sa méthodologie et les étapes à suivre que nous avons préparées. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter l'exécution de notre projet par le chantier Hoshin sur la ligne NH GPV .

# Chapitre 5 :

## La phase d'exécution du projet

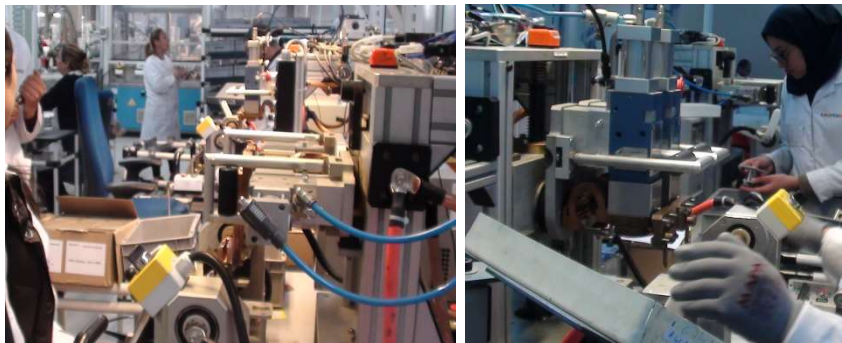
### I. Chantier Hoshin :

Pour réaliser le chantier Hoshin, nous avons choisi l'équipe qui est constituée de 15 personnes y compris le pilote du projet (moi-même) et un animateur. Nous avons affiché à côté de la ligne un tableau qui contient l'objectif du chantier, la situation actuelle de la ligne et les actions à mettre en place. Nous signalons que le principal objectif de notre projet c'est d'augmenter la capacité de la ligne pour répondre aux besoins des clients.

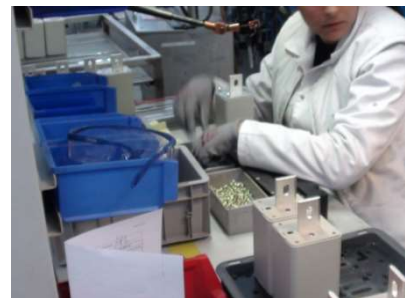
#### 1-Analyse du fonctionnement de la ligne :

- Prendre des photos de la ligne à l'état avant

Les deux postes de soudure qui font la même opération : l'un à côté de l'autre de façon que le poste suivant de montage est un peu loin de la soudeuse n°1



Le poste montage est encombré, avec un outillage de montage pour toutes les tailles (ce qui cause un problème de sécurité)



Pas d'emplacement pour les composants





Beaucoup d'encours entre les postes de travail



Pas de 5S dans la ligne



- Documenter les encours :

Nous avons trouvé comme des encours :

- (1) Entre le poste de tampographie et le poste de soudure n°1 => 100 couteaux marqués, 15 corps taille 3 et 200 lames,
- (2) Entre le poste de soudure n°1 et le poste de soudure n°2 => 15 couteaux marqués, 15 corps taille 3, 100 lames et 3 pièces soudées,
- (3) Entre le poste de soudure n°2 et le poste de montage => 30 couvercles, corps 300 vis, 4 pièces soudées,
- (4) Entre le poste de montage et l'ensableuse => 150 pièces en attente d'ensablage,
- (5) Entre le poste d'ensableuse et le poste de bouchage => 30 pièces en attente de bouchage et 350 bouchons
- (6) Entre le poste de bouchage et le poste de contrôle R35 + étiquetage => 20 pièces attente contrôle R35 et étiquette
- (7) Entre le poste de contrôle R35 + étiquetage et le poste emballage => 15 pièces attente emballage et étiquette conditionnement, deux rouleaux des étiquettes, 50 boites de conditionnement et 50 boites de sur conditionnement.

- Documenter le nombre d'opérateurs :

Nous avons quatre opérateurs dans la ligne NHGPV par roulement et huit sur deux roulement,

- Calculer la productivité de la ligne en nombre de pièces par heure (PPH) :  
Actuellement la ligne est capable de faire **13.48** pièces par heure ,

Car le temps de cycle est 267 secondes c'est-à-dire  $3600/267 \Rightarrow 13.48$  pièces

- Documenter l'occupation des m<sup>2</sup> (layout) :

La ligne NHGPV occupe 41,28 m<sup>2</sup>

La longueur est de 8.6 m et la largeur de 4,80 m

Soit,  $8.6 \text{ m} \times 4.8 \text{ m} = 41,28 \text{ m}^2$

- Documenter les besoins clients

– Demande et tendance : le client une pièce chaque 105 secondes

– Qualité et besoins livraisons : pièces en bon état dans le délai prévu,

– Lead time : Quantité moyenne en stock / demande moyenne par unité de temps

La quantité moyenne en stock est de 100, consommation moyenne =5/heures

$LT=100/5=20$  heures . Une unité se trouvant dans le stock y séjournera en moyenne 5 heures .

- Documenter les performances Qualité et Livraison actuelles :

Actuellement la ligne a 70 articles en retard de livraison

## **2. Mesure des temps de cycle :**

Comme nous avons précisé dans le chapitre 4, pour cette partie, nous avons utilisé une feuille de chronométrage standard pour tous les postes. Nous avons mesuré 20 cycles pour chaque opération et nous allons montrer, dans ce qui suit, le chronométrage poste par poste.

### **a. Chronométrage sur le poste tampographie :**

Pour le poste n°1 nous avons choisi l'opératrice qui est formée sur ce poste et qui travaille depuis trois ans, pour l'analyse du chronométrage. Nous avons intégré une autre opératrice de la ligne avec moi pour qu'elle soit consciente de l'importance du travail à réaliser et parce que le chronométrage est toujours mal jugé par les opérateurs (ils pensent qu'ils doivent faire plus d'efforts pour réaliser la quantité demandée). En tant que pilote du chantier, nous allons essayer de changer leur méthode de travail et augmenter leur productivité.

Sur les 20 cycles nous avons un seul cycle qui été élevé par rapport aux autres car l'opératrice a fait un réglage pour l'outillage de tampographie 2,5 secondes. Pour le temps minimum, nous avons choisi la quatrième valeur la moins élevée, car comme nous avons expliqué dans le chapitre n°4, l'opératrice ne peut prendre le rythme qu'à partir de la quatrième valeur. Donc, avons pris 2 secondes comme temps minimum. Pour le temps moyen nous avons trouvé 2.2 secondes pour cette opération. La feuille de mesure utilisée pour faire le chronométrage de ce jour est illustrée ci-dessous :

Mesure des temps de cycle																								
Produit: S lanes W H G P V (C64 8 684A)										Poste de travail: Tampographie on machine										Implantation: 2 site n°1				
Process: Tampographie										Analyse par: Afej + Amira														
Date: 12/03/2019										Heure: 14:00										Opérateur: Amira				
No.	Opération de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min	Moy	Max
1	Tampographie	2	2.1	2	2.2	2	2.3	2.1	2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.4	2.3	2.4	2.3	2.5	2.3	2	2	2.2	2.5
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attéris																								
OBSERVATIONS																								
a	Reglage outillage																							
b																								
c																								
d																								
e																								

Figure 26 : Chronométrage du poste Tampographie

### b. Chronométrage sur le poste soudure n°1 :

Comme nous avons fait pour le poste n°1, nous avons respecté le standard du chronométrage. Nous avons choisi une opératrice la plus formée sur ce poste pour que nous ayons de vraies valeurs. J'ai fait l'analyse de ce chronométrage avec le superviseur de la ligne.

Sur les 20 cycles, nous avons trouvé cinq temps élevés :

- a. Un cycle de 280 secondes : l'opératrice a fait l'affûtage d'électrode de la soudeuse (c'est un outillage qui fait le point de soudure de la lame ou élément fusible avec le couteaux) et si elle ne fait pas cette opération elle aura des rebuts.
- b. Un cycle de 282 secondes car elle fait un déplacement pour charger son poste du composant (elle a récupéré un bac de 180 corps du stock pied ligne vers son poste).

- c. Deux cycles avec 280 secondes voire 281 secondes car l'opératrice a fait l'affutage d'électrode.
- d. Un cycle avec 286 secondes, l'opératrice a fait un déplacement pour charger son poste par un bac de 15 pièces de coteaux

Nous avons pris comme temps mini le quatrième le moins élevé (272 secondes) avec un temps moyen de 276.25 secondes

- Donc comme première analyse sur ce poste nous constatons bien qu'il y a des tâches intitulées que l'opératrice fait. Nous avons aussi constaté qu'il existe des améliorations à faire en matière de sécurité sur ce poste : la pédale est un peu rigide donc l'opératrice a mal aux pieds au moment de la soudure et si nous trouvons une solution pour ce problème cette dernière pourra faire mieux son travail.

### Mesure des temps de cycle

Produit		Poste de travail		Implantation																				
NITOPV 5 lanes (210486B4)		Soudure 1		poste n°2																				
Process		Analyse par																						
Soudure		Ramzy + A. J.																						
Date		Heure		Opérateur																				
12/03/2019		18h50		Yamena																				
No.	Opération de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min	Moy	Max
1	Point de mesure	280	275	276	277	277	276	276	276	282	272	269	270	281	265	276	276	286	277	277	276	275	276	276
2	Point de mesure																							
3	Point de mesure																							
4	Point de mesure																							
5	Point de mesure																							
6	Point de mesure																							
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attéris																								
OBSERVATIONS																								
a	Affutage électrode	f																						
b	déplacement pour charger le poste des composants	g																						
c	Affutage électrode	h																						
d	Affutage électrode	i																						
e	chargement du poste par les composants	j																						
		k																						

Figure 27 : Chronométrage du poste soudure n°1

### c. Chronométrage sur le poste soudure n°2 :

Ce poste effectue la même opération que la soudeuse précédente mais la seule différence c'est que cette soudeuse est automatique alors que la précédente est manuelle.

Pour ce chronométrage, nous avons suivi les mêmes démarches et sur 20 cycles nous avons trouvé trois temps élevés :

- a. Un cycle de 290 secondes à cause de problème du vis de la soudeuse qui a été fourré,

- b. Un cycle de 283 secondes pendant lequel l'opératrice a fait un affutage pour l'électrode,
- c. Un cycle de 282 de secondes pendant lequel l'opératrice a fait un déplacement pour charger son poste par un bac de 18 corps.

Nous avons pris comme temps mini 277 secondes avec un temps moyen de 279 secondes.

- Comme première analyse sur ce poste, il existe aussi des tâches intitulées. Nous avons remarqué que la hauteur du poste est un peu élevée de telle façon que l'opératrice a mal au dos et n'est pas à son aise sur ce poste.

**Mesure des temps de cycle**

Produit <i>NH 08V 5 lanes (2048684)</i>		Poste de travail <i>Soudure</i>													Implantation <i>poste n°2</i>									
Process <i>Soudure</i>		Analysé par <i>Ramy + A. J.</i>																						
Date <i>12/03/2019</i>		Heure <i>18h50</i>													Opérateur <i>Yamemo</i>									
No.	Opération de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min.	Moy.	Max.
1		280	275	276	277	277	276	276	276	282	272	269	270	281	265	276	276	286	277	277	276	245	279	294
2	Pièce de mesure																							
3	Pièce de mesure																							
4	Pièce de mesure																							
5	Pièce de mesure																							
6	Pièce de mesure																							
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attéris																								
OBSERVATIONS															f									
a	<i>Affutage électrode</i>														g									
b	<i>déplacement pour charger le poste des composants</i>														h									
c	<i>Affutage électrode</i>														i									
d	<i>Affutage électrode</i>														j									
e	<i>chargement du poste par les composants</i>														k									

Figure 28 : Chronométrage du poste soudure n°2

#### d. Chronométrage sur le poste montage :

Sur les 20 cycles de ce poste nous avons trouvé trois cycles élevés :

- a. Un cycle de 53 secondes à cause de vis fourré,
- b. Un cycle de 50 secondes : l'opératrice a fait un déplacement pour récupérer la pièce avant montage du poste de soudure,
- c. Un cycle de 50 secondes : l'opératrice a fait un déplacement pour mettre les pièces montées dans un autre chariot car elle n'a pas suffisamment d'espace dans son poste.

Nous avons pris comme temps mini 46 secondes avec un temps moyen de 47.1 secondes.

- Comme première analyse, ce poste est mal positionné, il est un peu loin du poste avant (soudure) c'est pour cela que l'opératrice fait le déplacement pour récupérer les pièces avant montage. En outre, il existe toujours beaucoup d'encours entre ce poste et le poste suivant.

### Mesure des temps de cycle

Produit		Poste de travail													Implantation									
MATEO 50mm (2x400x40)		Montage (montage)													poste n°4									
Process		Analysé par																						
Date		Opérateur																						
12/01/2019		Hichu																						
No.	Opération de base	1	2	3	4a	5	6b	7	8	9	10	11	12	13	14c	15	16	17	18	19	20	Min	Moy	Max
1	Montage	47	47	46	43	46	50	45	47	46	44	47	47	46	50	46	46	44	46	47	46	46	47	43
2	part de mesure																							
3	part de mesure																							
4	part de mesure																							
5	part de mesure																							
6	part de mesure																							
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attentes																								
OBSERVATIONS												i												
a	vis serrés (changement vis)											g												
b	déplacement dans la pièce après soudure											h												
c	déplacement pour finir la pièce à tacher											i												
d												j												
e												k												

Figure 29 : Chronométrage du poste montage

#### e. Chronométrage sur le poste ensableuse :

Pour le chronométrage de l'ensablage, nous n'avons trouvé qu'un seul temps élevé de 134 secondes à cause de mauvais tassements. Nous avons pris 132 secondes comme temps mini et 133 comme temps moyen.

- Comme première analyse ce poste est lié par un temps de cycle machine qui est de 20 minutes pour faire le tassement de 10 pièces. L'opératrice fait que le chargement des pièces dans la machine et le déchargement avec le contrôle unitaire de niveau de tassement. Cette opération varie entre 2 minutes et 5 minutes.

### Mesure des temps de cycle

Produit: N°11V s le (21048684A)		Poste de travail: Ensemblage										Implantation: poste n°5												
Process: Ensemblage		Analysé par: Ajeff + Rougi																						
Date: 14/03/2019		Heure: 10h30										Opérateur: Anchin												
No	Opération de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min	Moy	Max
1	Ensemblage	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	134	134	134	132	134	134	134	134	134	134	132	132	134
2	Prise de mesure																							
3	Prise de mesure																							
4	Prise de mesure																							
5	Prise de mesure																							
6	Prise de mesure																							
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attentes																								
OBSERVATIONS																								
a	3 prs problèmes Tassement a																							
b																								
c																								
d																								
e																								

Figure 30 : Chronométrage du poste ensablage

### f. Chronométrage sur le poste bouchage :

Pour ce poste, nous avons trouvé que deux cycles sont élevés ; 10 secondes pour récupérer un bouchon, avec un temps moyen de 8.5 secondes et un temps mini de 8 secondes.

- Ce poste l'opératrice a des problèmes au niveau du bras de la presse qui est un peu rigide et qui a causé du mal au niveau du bras de l'opératrice.

### Mesure des temps de cycle

Produit: N°11V s le (21048684A)		Poste de travail: Bouchage										Implantation: poste n°6												
Process: Bouchage		Analysé par: Haneau + Ajeff																						
Date: 14/03/2019		Heure: 14h55										Opérateur: Jannina												
No	Opération de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min	Moy	Max
1	Bouchage	8	8	10	8	9	8	8	10	9	9	9	8	8	7	9	8	8	10	8	8	8	8	10
2	Prise de mesure																							
3	Prise de mesure																							
4	Prise de mesure																							
5	Prise de mesure																							
6	Prise de mesure																							
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attentes																								
OBSERVATIONS																								
a	Bouchons tombés par terre																							
b																								
c																								
d																								
e																								

Figure 31 : Chronométrage du poste bouchage

### g. Chronométrage sur le poste contrôle R35 et emballage :

Sur les 20 cycles, nous avons trouvé trois temps élevés :

- Un cycle de 91 secondes, l'opératrice a fait un déplacement pour charger le poste par des boites de conditionnement,
- Un cycle de 89 secondes ; l'opératrice a fait un déplacement pour charger le poste par des boites de sur conditionnement,
- Un cycle de 88 secondes, l'opératrice a fait un changement d'étiquette.

Nous avons pris comme temps mini 51 secondes, temps moyen 62.1 secondes et temps maxi 91 secondes.

- Ce poste est un peu encombré car il y a plusieurs taches au même endroit ainsi qu'il existe plusieurs taches initiales;

**Mesure des temps de cycle**

Produit: NARV 5 lamer (E1048604A)		Poste de travail: contrôle Final										Implantation: poste n° 7+8+9												
Process: contrôle R35 + Emballage		Analyse par: Roumy + APE																						
Date: 11/03/2019		Heure: 8H										Opérateur: Y. J. J.												
No	Opération de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min	Moy	Max
1	R35 + contrôle + emballage	0	0	90	52	51	88	57	51	91	9	7	89	17	17	89	51	13	88	17	17	51	62.1	91
	Point de mesure			a			b			c			d			e			8					
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
Temps de cycle																								
Temps opératoire hors attentes																								
OBSERVATIONS																								
a	déplacement pour charger les boites																							
b	déplacement pour charger les boites de sur conditionnement																							
c	changement d'étiquette																							
d	montage boîte																							
e	déplacement																							

Figure 32 : Chronométrage du poste contrôle R35 et emballage

### h. Courbe du temps par poste :

- **Les données d'entrée :**

Après le chronométrage et le calcul des temps mini, moyen et maxi pour chaque poste nous avons mesuré :



1- La sommes des temps (maxi, mini et moyen) de tous le postes :

Sommes des temps maxi =435.5 secondes

Sommes des temps myen =392.75 secondes

Sommes des temps mini =377.5 secondes

2- Le temps d'ouverture pour un roulement 7.5 (heures travaillées sans poste) X

$$3600 = 27000 \text{ secondes}$$

3- Work contain = la somme de mini du temps => 377.5 secondes

4- Effectif théorique = work contain / tack time => 377.55/105 = 3.59

5- Moyen pièce par heure => temps de cycle actuel /nombre d'effectif moyen

$$\Rightarrow 138/4 = 6.5$$

• **Présentation du résultat trouvé :**

La figure suivante illustre tous les calculs réalisés durant la première période de la situation actuelle :

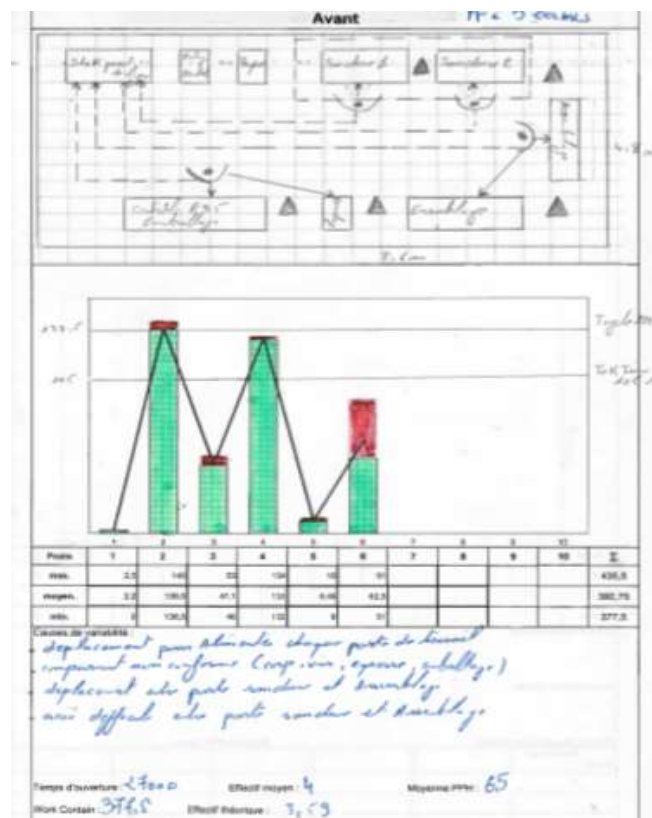


Figure 33 : état avant de la ligne NHGPV

➤ **Layout de la ligne NHGPV :**

Nous avons tracé le layout actuel de la ligne qui montre l'implantation des postes de travail et les déplacements des opérateurs pour récupérer les composants du stock pied de la ligne.

Mais auparavant, il convient d'expliquer le stock pied de la ligne : C'est un stock situé au début de la ligne qui contient tous les composants de la ligne. Les opératrices font des déplacements pour récupérer ces composants. Nous constatons que sur le layout il existe beaucoup de stocks entre les deux postes de soudure, entre le poste montage et le poste ensableuse, entre le poste ensableuse et le poste bouchage et entre le poste bouchage et le poste contrôle final.

L'opératrice du poste montage fait l'opération de montage, marquage et ensablage. Par contre, l'opératrice de contrôle final ne fait que deux opérations : contrôle final et bouchage. Les deux opératrices du poste soudure font des déplacements entre le stock et leurs postes pour faire l'alimentation.

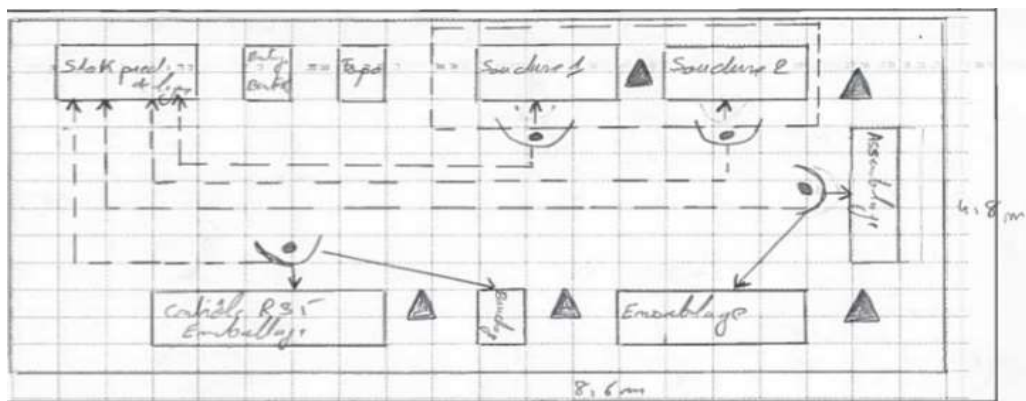


Figure 34: layout avant

➤ **Etat de la ligne NHGPV :**

Nous avons essayé de mieux illustrer cette figure afin de mieux expliquer l'état avant de la ligne. Nous avons six opérations dans la ligne NHGPV avec différents temps, c'est pour cela que nous remarquons sur la courbe du temps que les postes ne sont pas équilibrés et pour cela nous devons travailler sur l'équilibrage de la ligne,

Sachant que nous avons constaté et noté qu'il existe beaucoup de déplacements qui causent les pertes du temps, ainsi que l'implantation de la ligne qui a été mal faite et les méthodes de travail pour chaque poste ne sont pas claires.

=>comme remarque principale nous sommes loin du takt time, notre temps de cycle est 138.5 secondes par rapport au takt time de 105 secondes.

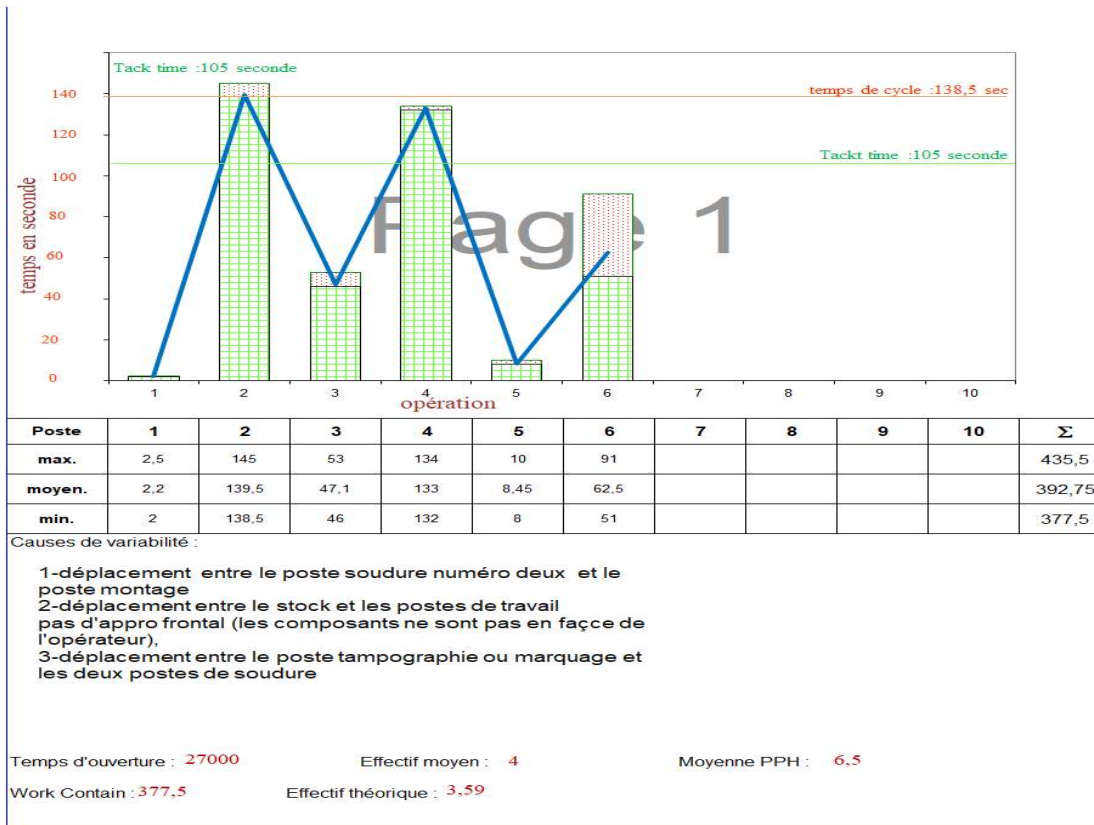


Figure 35 : ligne non équilibrée

- **Poste goulot :**

Comme nous avons montré que les postes de la ligne NHGPV ne sont pas équilibrés et que nous sommes loin du besoin client, donc nous devons trouver les postes goulots de la ligne, et selon notre courbe :

1-Le poste n°1 du marquage avec un temps de 2 secondes n'est pas un goulot par rapport au takt time 105 secondes,

2- le poste n° 2 de la soudure avec un temps de 138.5 secondes est loin du takt time de 105 secondes,

Rappel : nous avons deux machines de soudure et ce temps pour les deux soudeuses

3-le poste n°3 du montage avec un temps de 46 secondes est inférieur au takt time,

4-le poste n°4 d'ensablage avec un temps de 132 secondes est supérieur au takt time ,

Sachant que pour ce poste nous sommes limités par le temps de cycle de la machine qui peut nous donner dix pièces chaque 22 minutes.

5-le poste n°5 du bouchage avec un temps de 8 secondes est très bon par rapport au takt time,

6-le poste n°6 du contrôle R35, emballage et contrôle final avec un temps de 51 secondes qui est inférieur au takt time.

- Suite à cette analyse les postes goulots de la ligne NHGPV sont : le poste n°2 soudure avec un temps de 138.5 secondes et le poste n°4 ensablage avec un temps de 132 secondes.

### 3. La classification des gaspillages :

Cette classification est l'issue de toutes les observations faites sur la ligne NHGPV, lors du calcul de cadence, du suivi des arrêts de la ligne, notre présence quotidienne et des différents chronométrages.

**Tableau 2:** La classification des gaspillages observés sur la ligne NHGPV

<b>Gaspillage</b>	<b>Données</b>	<b>Localisations dans le process</b>	<b>Cause apparente</b>
<b>Surproduction</b>	-dix fusibles soudés, - Cinquante fusibles montés, -trente fusibles ensablés, -vingt fusibles bouchés, -vingt fusibles emballés	Poste Soudure  Poste montage  Poste ensableuse  Poste bouchage  Poste contrôle final	Poste contrôle R35 est en arrêt (suite au changement de la base de données ) et les autres postes continuent à faire sortir les pièces, ce qui cause un cumul des pièces entre les postes .
<b>Stock</b>	-Cinquante couteaux marqués sur le poste soudure n°1, -Un stock énorme des différents	Poste Soudure n°1  Stock pied de la	-Pour faire sortir son rendement sans arrêt l'opératrice a pensé à mettre un stock de couteaux à côté d'elle, - le stock pieds de ligne a

	<p>composants au début de la ligne et il y a des composants que nous avons arrêté de les consommer depuis neuf mois mais ils existent dans ce stock,</p> <p>-Un carton de 20000 bouchons sur le poste bouchage alors que nous n'avons besoin que de 7000 par jour,</p> <p>-7 bidons du sable à côté de l'ensableuse alors que nous avons besoin que d'un bidon par jour,</p> <p>-Un paquet de cinquante boîtes cartons sur le poste emballage alors que cet article n'a jamais tourné depuis six mois,</p> <p>-dix alvéoles des lames (chaque alvéole contient 14 lames) c'est-à-dire</p>	<p>ligne</p> <p>Poste bouchage</p> <p>Poste en sableuse</p> <p>Poste contrôle final</p> <p>Poste soudure</p>	<p>été mis au début de la ligne NHGPV et qui contient tous les composants de la ligne même les obsolètes car nous avons vu avec le gestionnaire de la ligne qu'il y a cinq composants qui sont morts et que l'inventaire du stock n'était pas fait,</p> <p>-Pour le composant du bouchage nous le recevons dans un conditionnement fournisseur de 20000 pièces</p> <p>-le besoin en sable n'était pas bien étudié,</p> <p>-Pas de 5S sur les postes de la ligne NHGPV et surtout le poste contrôle final qui est mal rongé,</p> <p>-A cause d'une nouvelle information de la part de la gestionnaire de la ligne qui a demandé d'arrêter l'article en cours et faire en priorité un autre article demandé en urgence par le client et suite à leur mauvaise</p>
--	---	--	---

	140 lames sur le poste soudure n°2		planification et anticipation, nous voyons qu'elle fait une perturbation sur la ligne avec un stock énorme ...
<b>Transport</b>	L'opératrice de fin de chaîne a récupéré cinq boîtes cartons qui contiennent des produits finis vers la zone export par une transpalette	Entre la ligne NHGPV et la zone export	-A cause de la panne du train qui récupère les pièces de produits finis chaque heure vers la zone export ,
<b>Défauts</b>	-5% de défaut flache lame, -1% de défaut étain à l'envers, - dix vis fourrés, -deux corps casés, -cinq couteaux trous décalés, -deux fusibles Hors balise, - cinq pièces contrôle RX non conformes -dix fusibles mauvais tassement	Poste soudure  Poste soudure Poste montage Poste soudure Poste montage  Poste contrôle R35 Poste contrôle RX  Poste ensableuse	-A cause de la mauvaise méthode de travail par l'opératrice ce qui cause des flashes <sup>11</sup> , -Pour l'étain à l'envers ce sont des défauts fournisseur et que le contrôle réception n'était pas bien fait, -Pour le défaut de vis fourré sur le poste de montage, l'opératrice était en formation et elle n'a pas bien mis les bons paramètres de la visseuse, -Pour le défaut du corps casé et puis ce que la boîte carton du corps pèse 11.5kg l'opératrice récupère à la

<sup>11</sup> Flashes :c'est un type de défaut au niveau du poste soudure .

		<p>main et elle met sur le poste de soudure car elle n'a pas d'emplacement ce qui cause des chutes,</p> <p>-Pour les trous décalés du couteau ce problème est constaté après deux opérations : du marquage et de la soudure c'est-à-dire à chaque fois lorsque nous aurons ce défaut nous jetons la pièce et c'est défaut fournisseur (le contrôle réception n'était pas bien fait),</p> <p>-Pour le défaut de R35, l'opératrice de soudure n°1 est en formation, elle n'a pas bien fait les points de soudure,</p> <p>-Pour le défaut du contrôle RX : l'opératrice de soudure n°1 est en formation, elle n'a pas bien fait la soudure des lames (les lames se touchent et touchent le corps), c'est le défaut le plus dangereux avec le défaut de mauvais tassement, il peut causer une explosion du fusible ,</p> <p>-Pour le défaut de tassement c'est récurant et nous</p>
--	--	---

			sommes en train de voir avec le service recherche et développement pour trouver les causes racines de ce défaut car jusqu'à aujourd'hui nous n'avons pas une réponse claire sur ce problème même pour les autres lignes qui ont le même problème ,
<b>Opérations inutiles</b>	<p>-Visé les couteaux sur l'outillage de soudure,</p> <p>-Affûtage électrode,</p> <p>-changement électrode,</p> <p>-l'opératrice cherche les articles à lancer,</p> <p>-l'opératrice a évacué les composants (vis) de conditionnement fournisseur vers un bac,</p> <p>-l'opératrice du poste soudure réduit la longueur des lames par une pince,</p>	<p>Poste soudure</p> <p>Poste soudure</p> <p>Poste soudure</p> <p>Poste soudure</p> <p>Poste montage</p> <p>Poste soudure</p>	<p>-Pour l'opération de viser les couteaux sur l'outillage une dernière modification été faite sur l'outillage de soudure ce qui cause cette opération,</p> <p>-Pour les deux opérations d'affutage électrode et du changement à cause de mauvaise état des électrodes et de non disponibilité du stock suffisant de ce type des pièces de rechange qui est mal géré par le service maintenance et non l'opératrice qui subit la responsabilité,</p> <p>-A cause de l'absence de la planification claire sur la ligne NHGPV l'opératrice à chaque fois elle cherche les articles à lancer,</p>



	<p>-l'opératrice de montage fait l'identification des pièces qui sont fabriquées par l'opératrice en formation de soudure</p>	<p>Poste montage</p>	<p>-Pour l'opération de l'évacuation des composants : le magasinier n'a pas fait leur boulevau et donc l'opératrice pour débloquer la production elle a fait cette opération même qu'elle intitule,</p> <p>-Pour l'opération de réduction de la longueur de la lame : à cause de mauvais cambrage de la lame chez le fournisseur,</p> <p>-A cause d'apparence des défauts sur la ligne le technicien qualité a demandé de faire cette opération pour l'opératrice en formation</p>
<p><b>Déplacements</b></p>	<p>-Déplacements de l'opératrice de marquage pour récupérer les couteaux,</p> <p>-Déplacements des opératrices de la soudure pour récupérer les corps de stock pied de la ligne et les</p>	<p>Poste marquage</p> <p>Poste soudure</p>	<p>Tous les déplacements sont causés par l'absence d'approvisionnement frontal,</p>

	<p>couteaux marqués du poste marquage, -Déplacement de l'opératrice du montage vers le stock pied de la ligne pour alimenter leur poste -Déplacement de l'opératrice de montage vers le poste de soudure n°1 pour récupérer les pièces à monter, -Déplacements de l'opératrices de montage pour mettre les pièces dans le chariot attendent ensablage, -Déplacement de l'opératrice de montage vers le poste ensableuse , -Déplacement de l'opératrice de montage vers le poste marquage, -Déplacement de l'opératrice</p>	<p>Poste montage</p> <p>Poste contrôle final</p>	
--	--	--	--

	contrôle final vers le poste bouchage et le stock pied de la ligne pour récupérer les composants		
<b>Attente et recherche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Attente de la fin du cycle de l'ensableuse</li> <li>-Pas de pièces à contrôler sur le poste R35,</li> <li>- Attente information sur l'article à lancer après</li> <li>-Fatigue-Pannes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poste contrôle final</li> <li>Tous les postes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-comme nous avons dit avant que pour le poste ensableuse l'opératrice de contrôle final et bouchage doit attendre la fin de cycle de 20 minutes pour 10 pièces,</li> <li>- A cause d'absence de planification claire, les opératrices de la ligne à chaque fois elles attendent les informations,</li> <li>-A cause de non-respect du planning de maintenance préventive sur les machines les pannes sont récurrentes.</li> </ul>

Il existe beaucoup de gaspillages qui peuvent être la grande cause de non équilibrage de la ligne c'est pour cela que nous allons travailler sur la réduction de la variabilité sur la ligne et surtout les définitions de standard par opération.

#### **4.Réduction de la variabilité : Ecriture de standards:**

##### **a. Réduction de la variabilité ou des gaspillages sur la ligne :**

- **Approvisionnement frontal :**

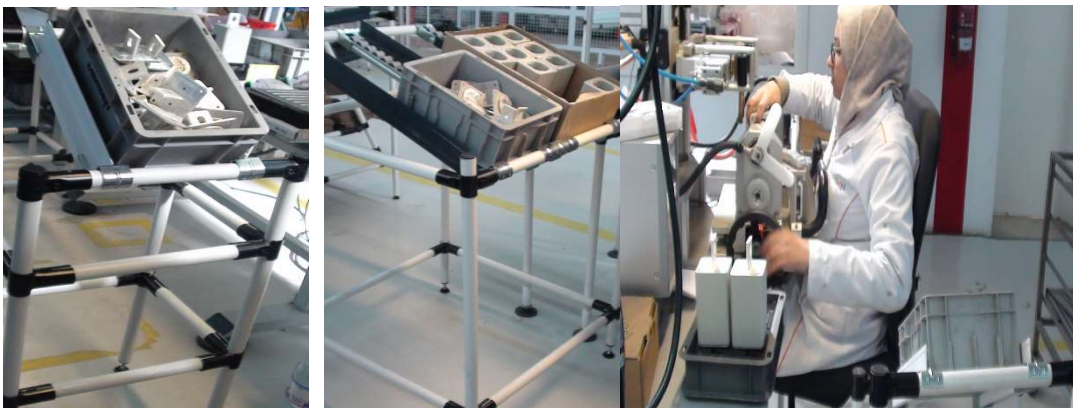
Nous allons faire l'approvisionnement frontal pour chaque poste pour enlever le déplacement des opératrices.

- Pour le poste n°1 de marquage : nous avons mis un emplacement de deux bacs des articles couteaux et couvercles pour une consommation de deux heures (le magasinier fait l'alimentation chaque heure),



**Figure 36 : couteau marqué**

- Pour le poste n°2 de soudure n°1 : nous avons mis trois emplacements pour ces composants => deux bacs de couteaux marqués, deux bacs couteaux montés avec le couvercle et deux cartons du corps,



**Figure 37 : approvisionnement frontal du poste soudure**

- Pour le poste n°3 de montage : nous avons préparé trois emplacements => un pour les petites vis, un pour les grandes vis et un pour les couvercles,
- Pour le poste n°4 de soudure n°2 : nous avons ajouté trois emplacements => deux bacs de couteaux marqués, deux bacs couteaux montés avec le couvercle et deux cartons du corps,
- Pour le poste n°5 d'ensablage nous avons enlevé la quantité supérieure à notre besoin et nous avons fait un emplacement que pour un seul bidon de sable consommation d'un jour (ici nous ne nous pouvons pas mettre un stock de deux heures car nous parlons de sable et nous le stockons dans des bidons)
- Pour le poste n°6 de bouchage => un emplacement pour le bouchon,
- Pour le poste n°7 contrôle R35 et emballage nous avons mis quatre emplacements => un pour les boîtes de conditionnements, un pour les boîtes de sur conditionnement, un pour les coiffes et pour les étiquettes,.

Nous avons fait ce travail après le calcul de notre besoin. Nous avons aussi mis un standard de stock qui ne doit pas dépasser deux heures de consommation. Après, nous avons enlevé le stock pied de la ligne.

➤ **Pièce de rechange :**

Nous avons vu que pour le poste soudure il existe des gaspillages du temps d'affutage des électrodes et de remplacement. Pour cela, nous avons pensé à mettre un emplacement de quatre électrodes pour chaque soudeuse et



Figure 38 : électrode

et nous avons fait des améliorations sur le support de maintien pour gagner plus de temps au moment du changement.

Ainsi pour le poste ensablage, nous avons commandé un testeur spécifique pour la ligne NHPV avec une fixation sur le support d'ensableuse.



Figure 39 : Testeur de niveau du sable

➤ **Planning préventif et mise à jour des bases de données pour le poste R35 :**

Suite aux taux des pannes élevés sur la ligne NHPV qui causent une perte énorme du temps, nous avons exigé avec les services : maintenance, production et logistique un planning préventif sur la ligne NHGPV que nous devons respecter;

Voir le planning ci-dessous.

Par ailleurs, pour la mise à jour des bases de données du poste R35, nous avons mis un planning pour cette action nous devons le faire que pendant les pauses;

➤ **Planning préventif => Tableau Kamishibai<sup>12</sup> :**

Nous avons pensé à la mise en place d'un tableau Kamishibai qui est un outil visuel et simple pour faciliter la mise en œuvre de bonnes routines de travail surtout qu'il n'y a pas de planning de maintenance préventive. Ainsi, cet outil encourage le respect des règles de l'ordre et de la rigueur au travail, le tableau Kamishibai augmente la productivité, la qualité, la santé et sécurité de travail.

---

<sup>12</sup> **Tableau Kamishibai** : le terme de Kamishibai provient de la culture japonaise c'est-à-dire « jeu théâtral en papier ». Le but d'utilisation du tableau Kamishibai c'est de réaliser les contrôles réguliers des actions mise en place et cette méthode de contrôle est appliquée dans tous les secteurs.

Pour lancer cette proposition d'abord nous avons vu avec le responsable maintenance qui a présenté toutes les tâches qui sont considérées comme des préventives de la ligne NHGPV ainsi la fréquence de chaque tâche, ensuite nous avons préparé une carte avec deux faces (face en couleur verte c'est-à-dire que nous sommes dans le délai et la deuxième face en couleur rouge c'est dire que nous sommes en retard sur cette tâche) pour chaque tâche. Enfin nous avons lancé un tableau avec plusieurs colonnes où nous allons mettre des cartes Kamishibai de la ligne NHGPV qui seront affichées sur la ligne afin de vérifier visuellement si le planning préventif de cette ligne est respecté ou non.

➤ Exemple du **Kamishibai** :

Nous avons choisi pour présenter une carte Kamishibai du premier poste de la ligne NHGPV, Le poste tampographie et vu avec le responsable maintenance nous avons besoin de faire une intervention chaque six mois avec une durée d'une heure par le technicien maintenance sur plusieurs éléments qui sont précisés dans la carte.

Cette carte en couleur verte signifie que nous avons respecté le délai de préventive.

Cette carte sera affichée sur le tableau pour contrôler visuellement l'avancement des préventives sur le poste tampographie et les restes des postes de la ligne NHGPV.

Nous avons préparé sept cartes pour toutes la ligne NHGPV renouvelable chaque année ou si une modification est exigée.

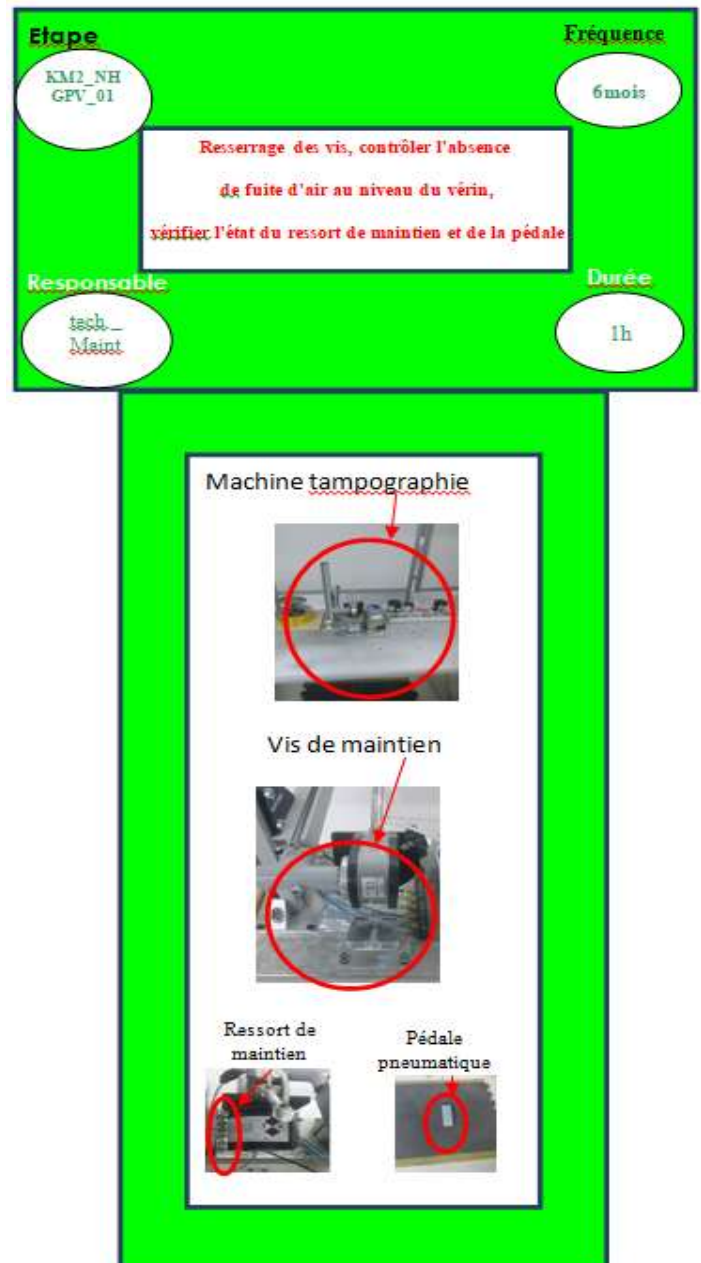


Figure 40 : carte Kamishibai du poste tampographie signifiant le respect du délai

Même contenu pour la deuxième face de la carte Kamishibai du poste tampographie sauf que la couleur en rouge pour constater visuellement que nous sommes en retard préventif et que nous devons diminuer le taux de la panne sur la ligne NHGPV et bien sûr gagner plus de temps pour la production.



Figure 42 : tableau Kamishibai

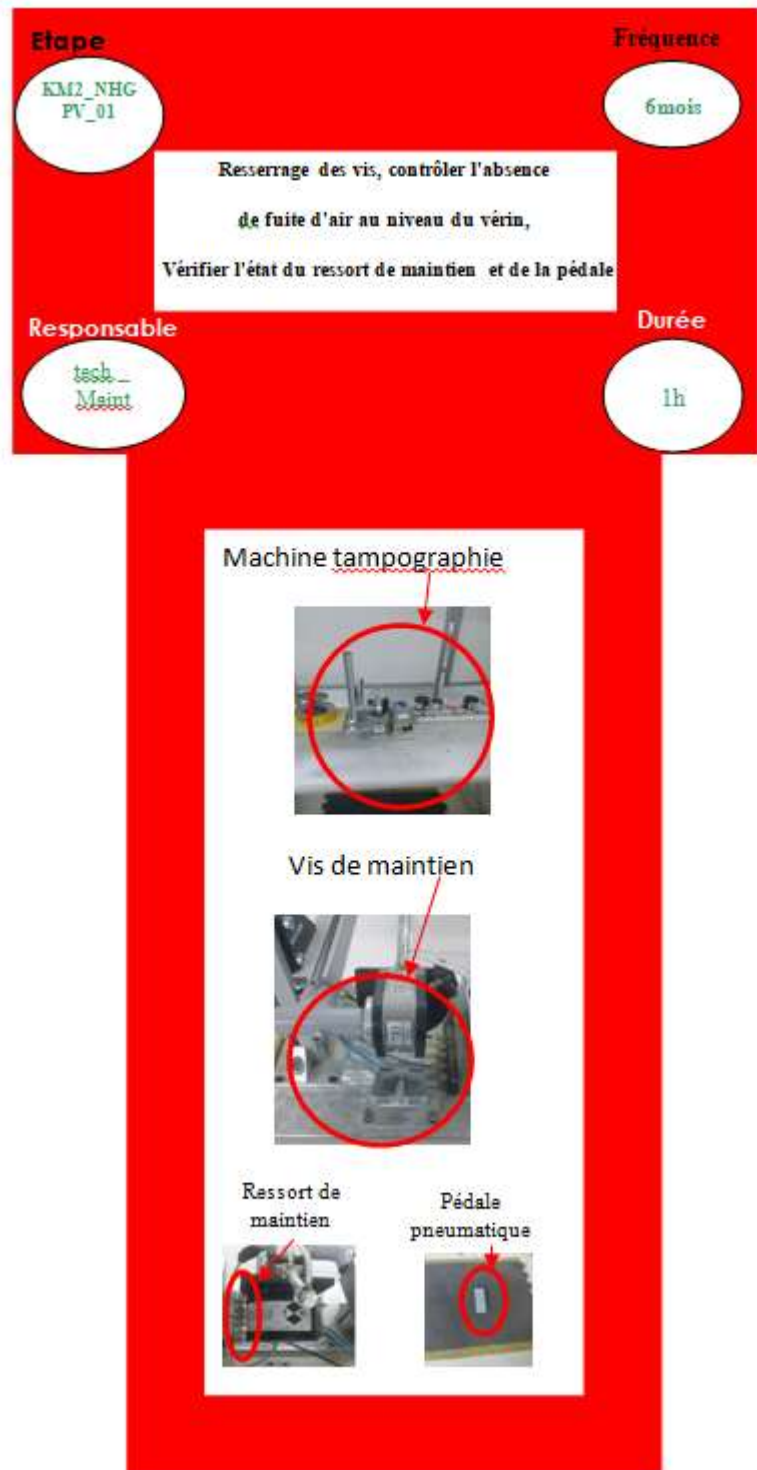


Figure 41 : carte Kamishibai du poste tampographie signifiant le non-respect du délai

### ➤ Les scénarios proposés :

Dans le même cadre de suppression des gaspillages, nous avons proposé plusieurs scénarios sur l'implantation de la ligne pour que nous choisissons ensuite le meilleur.

#### Le scénario n°1 :

Scénario n°1 : flux en format U

1-Nous avons enlevé le stock de pied de ligne et nous l'avons remplacé par l'approvisionnement frontal : de façon que les composants sont accessibles pour les opérateurs avec zéro déplacement.

2-Nous avons mis le poste montage entre les deux soudeuses et en face avec l'ensableuse pour enlever le déplacement entre le poste soudure 1 et le poste montage avec un support des pièces après montage et en attente en sablage de 20 pièces pour les fusibles avec 3 et 4 lames et un autre support de 16 pièces

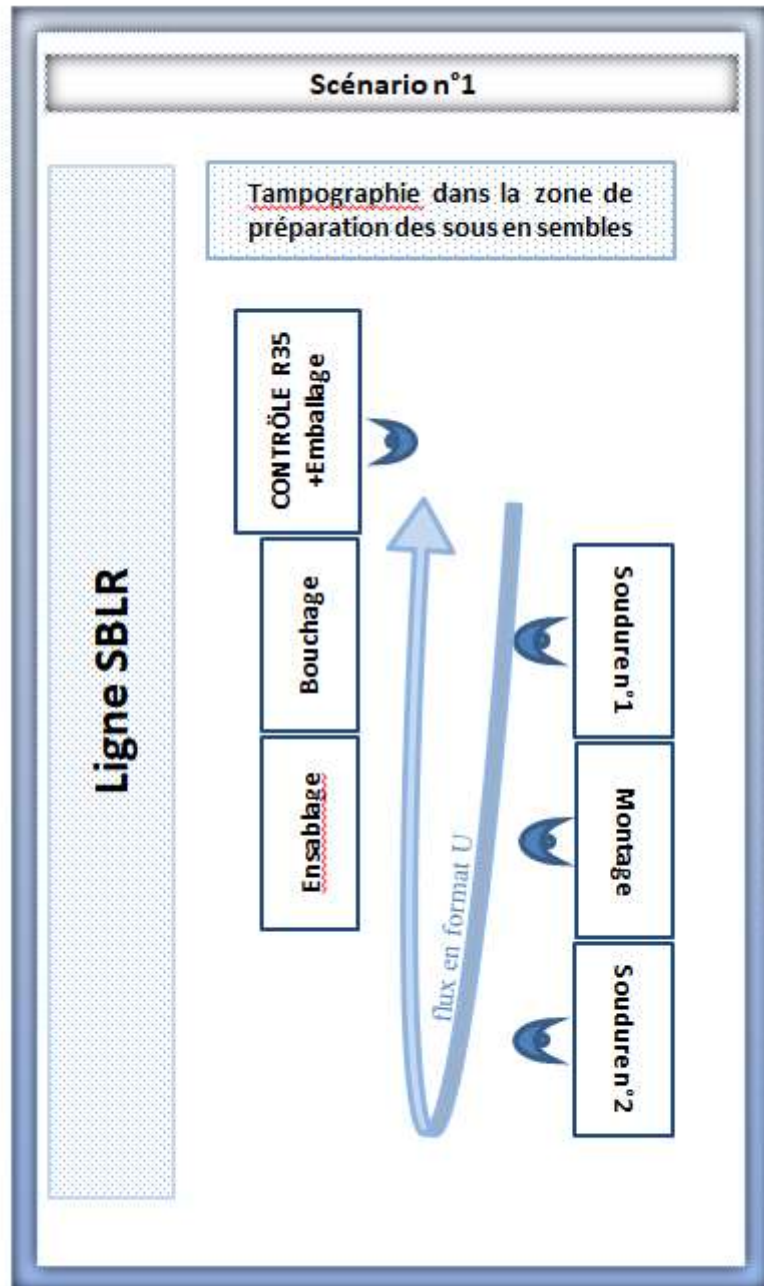


Figure 43 : scénario n°1

pour les fusibles avec 5 lames pour respecter les pièces à pièces.

3- l'opératrice de poste fin de chaîne va faire le bouchage, contrôle R35, emballage et contrôle final.



4-Deux opératrices fixes sur les postes de soudure, une opératrice pour le poste montage qui fait le chargement et déchargement d'ensableuse.

Notre besoin :

1-Avoir des flexo pour approvisionnement frontal (voir annexe n°5),

2-Déplacer la ligne SBLR à côté de la ligne NHGPV pour utiliser l'ensableuse .

### Le scénario n°2 :

Scénario n°2 : flux en format I,

1-Nous avons enlevé le stock pied de ligne et nous l'avons remplacé par l'approvisionnement frontal : de façon que les composants sont accessibles pour les opérateurs avec zéro déplacement.

2- Nous avons mis la ligne en format I (soudure, montage, ensableuse, bouchage et R35 + contrôle final).

3- Nous avons mis le poste tampographie dans la zone sous ensemble géré par des cartes KANBAN<sup>13</sup>,

4- l'opératrice de la soudure est fixe par contre l'opératrice de montage fait l'ensablage et l'opératrice de bouchage fait le contrôle R35 + emballage.

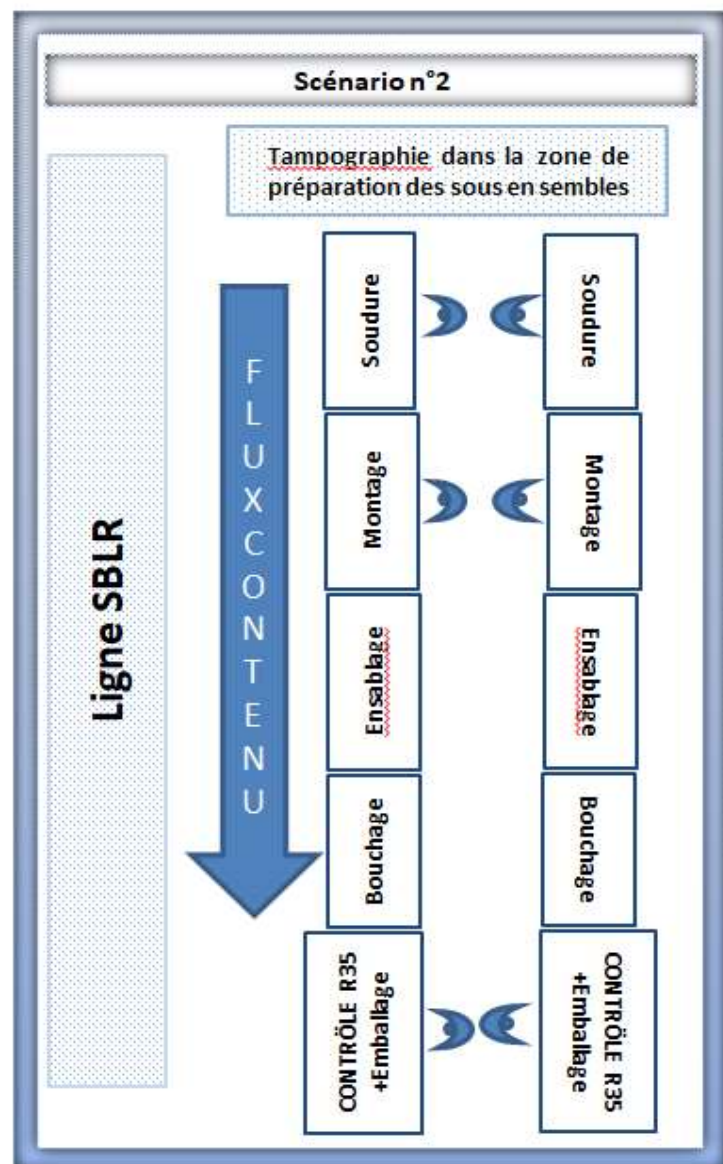


Figure 44 : Scénario n°2

<sup>13</sup>Kanban : est un mot japonais du vocabulaire courant qui signifie « étiquette », elle a été créée en 1950 par Taiichi Ono pour Toyota. Leur objectif est l'optimisation de la production elle se base sur l'approche lean, c'est-à-dire l'amélioration continue des processus sans gaspillages.

Notre besoin :1-Avoir des flexo pour approvisionnement Frontal,

2-Poste montage,

3-Poste ensableuse,

4-Poste bouchage,

5-Poste R35 et contrôle finale.

**Le scénario n°3 :**

Scénario n°3 : flux contenu

1-Nous avons enlevé le stock pied de ligne et nous l'avons remplacé par l'approvisionnement frontal : de façon que les composants sont accessibles pour les opérateurs avec zéro déplacement,

2-Nous avons mis les deux postes soudures en face après le poste montage, ensableuse, bouchage et la fin de chaine de façon continue,

3-l'opératrice de poste fin de chaine va faire le bouchage, contrôle R35, emballage et contrôle final,

4-l'opératrice de montage va faire le chargement et déchargement d'ensableuse,

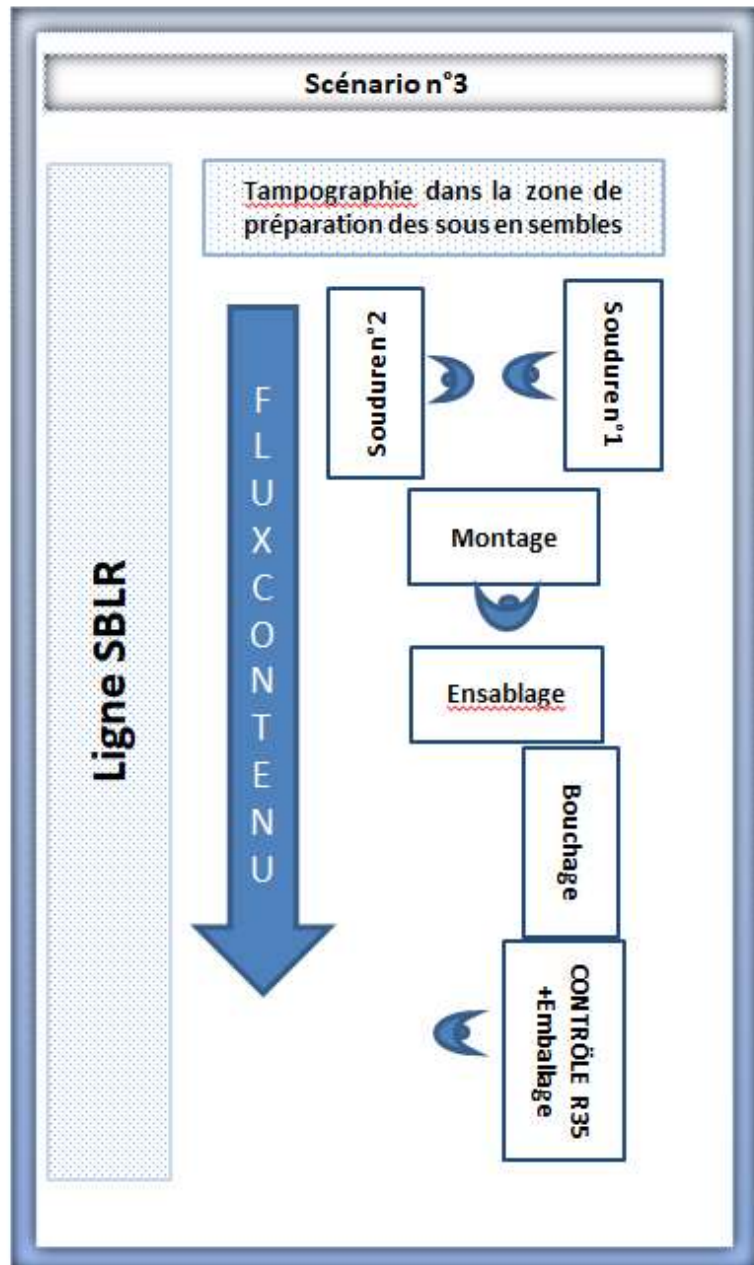


Figure 45 : Scénario n°3

Notre besoin :

1-Avoir des flexo pour approvisionnement frontal,

2-Déplacer la ligne SBLR à côté de la ligne NHGPV pour utiliser l'ensableuse .

**Le scénario n°4 :**

Scénario n°4 : flux contenu

1-Nous avons enlevé le stock pied de ligne et nous l'avons remplacé par

l'approvisionnement frontal : de façon que les composants sont accessibles pour les opérateurs avec zéro déplacement,

2-Nous avons mis le poste tampographie au début de la ligne ,

3-Nous avons mis les deux postes soudures en face après le poste montage, ensableuse, bouchage et la fin de chaine de façon continue,

3-l'opératrice de poste fin de chaine va faire le bouchage, contrôle R35, emballage, contrôle final et tampographie,

4-l'opératrice de montage va faire le chargement et déchargement d'ensableuse,

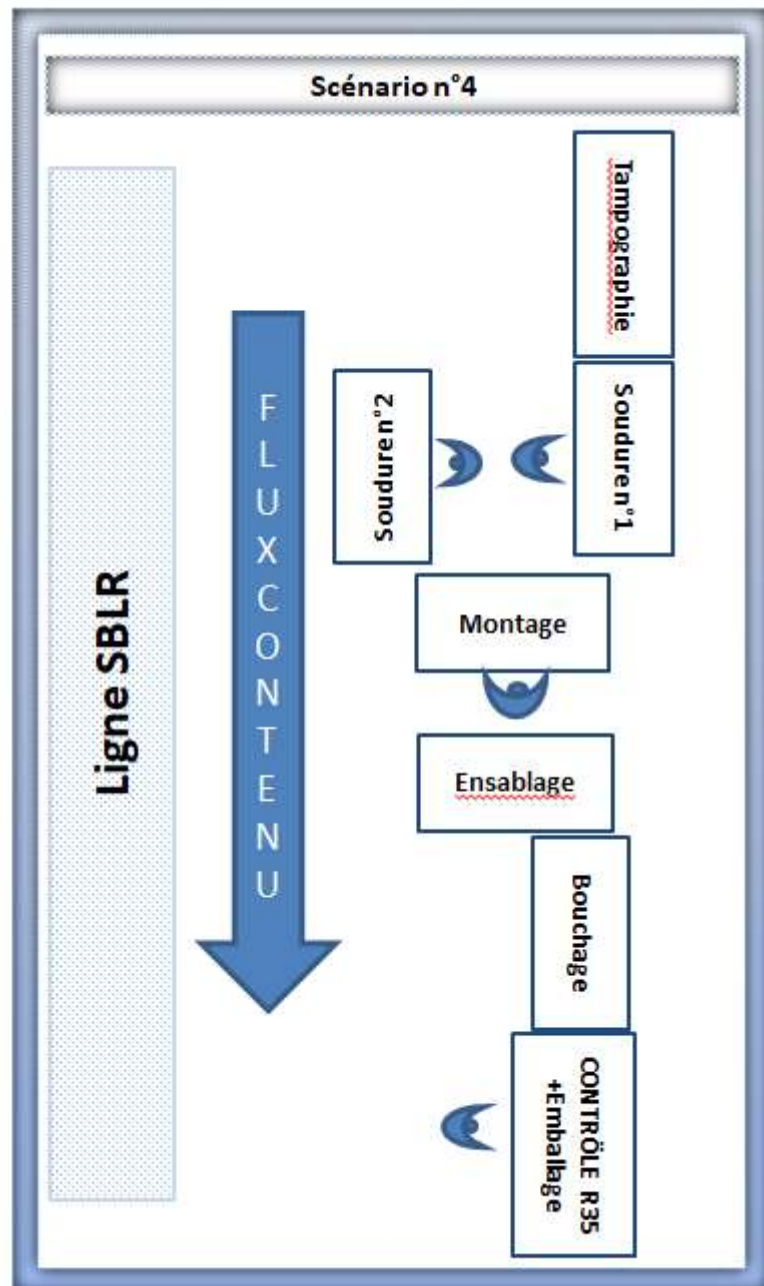


Figure 46 : Scénario n°4

Notre besoin :

1-Avoir des flexo pour approvisionnement frontal,

2-Déplacer la ligne SBLR à côté de la ligne NHGPV pour utiliser l'ensableuse .

**Le scénario n°5 :**

Scénario n°5 : flux contenu

1-Nous avons enlevé le stock pied de ligne et nous l'avons remplacé par l'approvisionnement frontal,

2-Nous avons mis le poste tampographie au début de la ligne,

3-Nous avons proposé deux lignes séparées :

Chaque ligne contient

- poste soudure
- poste montage,
- poste ensableuse commun,
- poste bouchage commun,
- poste contrôle R35 et emballage,

4-l'opératrice de poste fin de chaine va faire le bouchage, contrôle R35, emballage, contrôle final et tampographie,

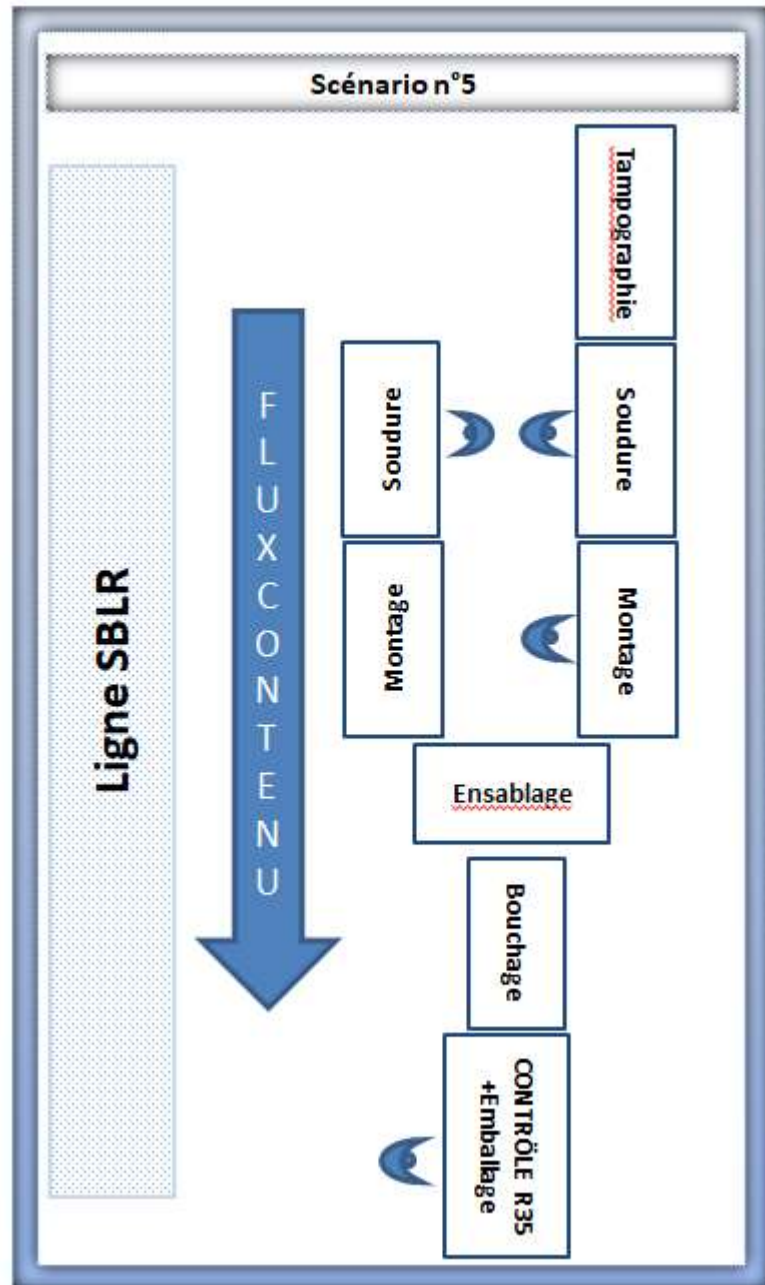


Figure 47 : Scénario n°5

5-l'opératrice de montage va faire le chargement et déchargement d'ensableuse.

Notre besoin :

1-Avoir des flexo pour approvisionnement frontal,

2-Avoir un poste de montage,

3-Déplacer la ligne SBLR à côté de la ligne NHGPV pour utiliser l'ensableuse .

- ✓ Le scénario retenu c'est le scénario n°5 avec un flux contenu et nous avons pensé que c'est le meilleur car avec ce dernier nous pouvons garder le principe du chantier hoshin travail en flux direct et pièce à pièce.



**Figure 48 : Scénario retenu**

➤ **Les actions de sécurité :**

Nous rappelons que la priorité de la société Mersen c'est la sécurité. C'est pour cette raison que nous avons consacré une étude sur les troubles musculosquelettiques (TMS) et par conséquent des actions ont été mis en place.

D'abord nous avons compris qu'il y a un grand problème d'hauteur dans tous les postes de travail de la ligne NHGPV qui dépassent 100cm ainsi que pour les chaises.

Puis selon la nature de tous les postes assis-Normal , nous avons respecté le standard pour la hauteur des postes : ne nous devons pas dépasser 730mm et pour la hauteur des chaises ne nous devons



**Figure 49 : Nouveau poste**

pas dépasser le 560mm, c'est pour cette raison que nous avons commandé des nouveaux postes et chaises qui répondent aux exigences de sécurité.

Ensuite, nous avons constaté que l'organisation des postes avant notre projet oblige l'opératrice à travailler avec les mains séparées et avec un rythme très fort, donc nous avons lancé une enquête détaillée par poste sur le besoin en terme des composants et avec quelle main elle prend ces composants.

Exemple : l'opératrice va prendre le composant X avec la main droite donc nous avons rapproché ce composant côté droit de l'opératrice, et elle va récupérer la composant Y par la gauche alors nous avons mis ce dernier côté gauche et tout ça pour réduire la charge unilatérale des muscles avec moins de risques de surcharge.

Puis, nous avons mis d'autres actions de sécurité comme : l'ajout des nouvelles pédales aux postes tampographie et soudure puisque les ancienness pédales ont été rigides, l'ajout d'un bras de sécurité pour le poste montage et l'achat des lampes pour l'éclairage pour des valeurs de luminosité minimales de façon constante, en lux 120 (nous avons mesuré le niveau d'éclairément par un appareil luxmètre et selon notre milieu de travail nous sommes conformes).

Enfin nous avons fixé un standard sur la ligne NHGPV, chaque opératrice travaille chaque heure sur un poste différent de l'autre pour réduire les fatigues et pour qu'elle donne plus de rendements.



**Figure 50 : Action de sécurité**

## **b. Les 5S :**

Les 5S est l'art de travail c'est pour cela au cours de ce chantier, nous avons accordé une importance particulière à cet outil qui rend le travail agréable.

- **Eliminer** : dans cette phase nous avons éliminé tous les intrus de la ligne à savoir des outils de maintenance, les affaires personnelles des opératrices et tout ce qui n'est pas en relation avec la réalisation de leurs tâches.
- **Nettoyer** : Nous avons effectué un nettoyage poste par poste .
- **Ranger** : Dans cette étape, nous avons essayé de trouver un emplacement pour chaque objet utile à la réalisation de la production tout en éliminant les mudas de déplacement et de recherche d'objets. Nous avons modifié le layout pour minimiser le déplacement. Nous avons également changé le poste pour que l'opératrice puisse trouver tout ce dont elle a besoin à proximité d'elle. Tout positionnement d'un équipement a été validé par toutes les opératrices qui travaillent sur le poste. Tout ce qui les dérangeait a été modifié.
- **Standardiser** : Cette phase sert à pérenniser le projet et imposer le respect des bonnes pratiques. Nous avons standardisé l'état d'un poste rangé et émis un flash sur le 5S (voir annexe n°6),
- **Maintenir et respecter** : Nous avons commencé à travailler sur cette étape depuis la phase ranger : Le fait d'avoir impliqué les opératrices dans cette phase facilitera pour elles le maintien et le respect des standards. Nous avons mis en place un support d'audit 5S qui permettra de détecter les écarts par rapport aux standards et d'agir en conséquence (voir annexe n°7)

## **C. Ecriture de standards:**

Suite à l'étude qui a été lancée sur chaque poste nous avons réalisé un nouveau standard de travail qui nous a généré une nette amélioration au niveaux de la capacité de la ligne, nous allons voir dans la parties d'équilibrage des postes les résultats trouvés après la mise en place de ce standard ainsi que leur bénéfice sur la sécurité.

Nous avons pensé à mettre le nom du superviseur de la ligne sur ce standard parce que c'est le seul garant après sur le respect de ce standard, ensuite nous avons illustré toutes les opérations avec une décomposition des tâches.

Par exemple pour l'opération n°1 de tampographie ou de marquage nous avons essayé de mettre tous les détails du travail, comment l'opératrice prend le composant côté droit par la main droite, et les composants côté gauche par la main gauche et comme ça nous pouvons garantir qu'elle travaille en équilibre avec les deux mains avec un gain du temps.

D'autre part, devant chaque opération nous avons ajouté le temps en secondes avec la somme de ces temps qui donne la capacité de la ligne, plus le takt time pour montrer que nous sommes capables de répondre au client, avec le nombre des équipes nécessaires pour faire cette quantité ainsi l'objectif horaire demandé par la ligne NHGPV ,

Dans la partie dessous de ce standard nous avons dessiné le layout choisi par l'équipe et qui a été mis en place pour répondre à notre objectif qui est d'augmenter la capacité de la ligne NHGPV .

Nous devons, par conséquent respecter ce standard.



Standard de Travail															
Produit : NH3 5LAME		Références	Date : 15/04/2019												
Lot : NHPV		Version : 1	Superviseur: RAMZI												
N°	Opération	Détail	Temps												
1	POSTE MARQUAGE	1- Prendre le couteau du bac ( main gauche) 2-Mettre le couteau dans l'outillage de marquage ( main droite ou gauche) 3-Appuyer sur le pédale 4-Retirer la pièce marquée et le mettre dans un bac ( main droite)	2s												
2	POSTE SOUDURE	1- Prendre la piece marquée (main gauche) 2-Prendre le joint + couvercle ( main droite) 3- Faire le montage du joint couteau et couvercle = S/E ( main droite) 4- Monter le S/E sur la partie droite de soudeuse ( main gauche) 5-Prendre l'élément fusible (lame) ( main gauche) 6-Souder la lame sur le S/E en respectant le nombre de point de soudure ( main droite) 7-Prendre le corps et le faire entrer dans le squelette ( main droite) 8-Démontrer et déposer la pièce soudée dans le bac attente montage ( main gauche)	19,56 s												
3	POSTE MONTAGE	1- Monter la pièce soudée sur l'outillage montage ( main gauche) 2- Monter le couvercle ( main droite) 3-Faire la vissage ( main droite) 4-Deposer la pièce dans le chariot attente en sablage ( main droite)	46s												
4	ENSABLAGE	1- Prendre la pièce du chariot attente en sablage ( main gauche) 2-Mettre la pièce dans le support d'ensableuse ( main droite) 3-Mettre le bus d'ensableuse dans le trou de la pièce ( main droite ) 4-Vérifier le cycle d'ensablage ( main gauche) 5- Attendre le fin de cycle d'ensableuse 6-Faire un test de tassement( main gauche) 7-Enlever la pièce d'en sableuse et la nettoyer ( main droite) 8-Deposer la pièce dans le chariot attente bouchage ( main gauche)	12s												
5	BOUCHAGE	1-Prendre la pièce et le mettre sur l'outillage ( main gauche) 2-Prendre la bouchon et le mettre dans le trou d'ensabla avec un léger appui ( main droite) 3-Faire le bouchage ( main droite) 4-Deposer la pièce bouchée dans la partie attente contrôle R35( main droite)	7,6 s												
6	CONTRÔLE R35	1-Prendre la pièce bouchée et le mettre sur l'outillage R35 ( main gauche) 2-Faire entrer les donnés du fusible (just au démarrage OF ) ( main droite) 3-Tapper sur espace pour lancer le test ( main droite) 4-Coller l'etiquette sortie en parallèle avec le test sur la pièce( main droite) 5- Mettre la pièce sur le poste contrôle emballage ( main droite)	10 s												
7	CONTRÔLE FINALE + EMBALLAGE	1- Prendre la pièce contrôlée R35 ( main droite) 2- Faire le contrôle ( main gauche) 3- Préparer une boîte de conditionnement ( main droite et gauche) 4-Mettre la pièce contrôlée dans la boîte de conditionnement( main droite)	30 s												
Temps de cycle total :			127,16s												
<p>layout Actuel de la ligne NHGPV</p>			<table border="1"> <tr><td>Takt Time</td><td>105</td></tr> <tr><td>Nombre d'équipes</td><td>2</td></tr> <tr><td>Objectif horaire</td><td>17</td></tr> <tr><td>Pièce en attente</td><td>●</td></tr> <tr><td>Mouvement avec pièce</td><td>→</td></tr> <tr><td>Mouvement sans pièce</td><td>- - - →</td></tr> </table>	Takt Time	105	Nombre d'équipes	2	Objectif horaire	17	Pièce en attente	●	Mouvement avec pièce	→	Mouvement sans pièce	- - - →
Takt Time	105														
Nombre d'équipes	2														
Objectif horaire	17														
Pièce en attente	●														
Mouvement avec pièce	→														
Mouvement sans pièce	- - - →														

Figure 51 : Standard de travail

## **5. Equilibrage de la ligne NHGPV :**

Suite aux actions mises en place sur la ligne NHGPV comme les suppressions des gaspillages, le changement des postes de travail et le grand travail qui a été fait sur la sécurité, nous avons lancé une deuxième étude de capacité pour mesurer l'efficacité des actions.

### **a. Capacité de ligne NHGPV après le chantier Hoshin :**

Nous avons lancé un autre chronométrage par poste après la mise en place des actions et l'application du nouveau standard le résultat a été comme suit :

Poste n° 1 : Tampographie, temps mini 2s et temps maxi 2.5s,

Poste n° 2 : Soudure, temps mini 92.5s et temps maxi 105s,

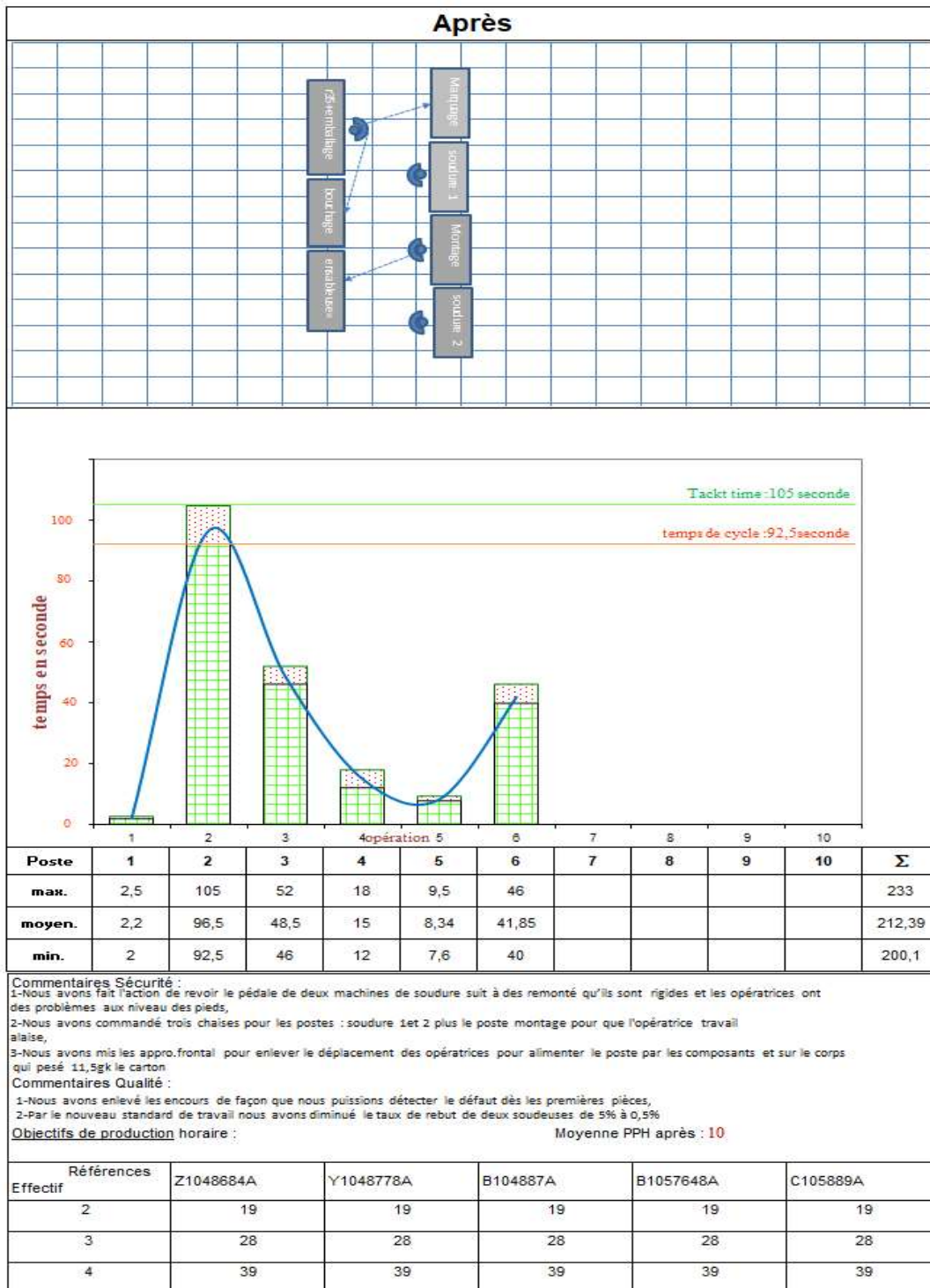
Poste n° 3 : Montage, temps mini 46s et temps maxi 52s,

Poste n° 4 : Ensablage ,temps mini 12s et temps maxi 18s,

Poste n° 5 : Bouchage, temps mini 7.6s et temps maxi 9.5s,

Poste n° 6 : Contrôle R35 +Emballage, temps mini 40s et temps maxi 46s,

Comme nous le constatons sur la courbe ci-après nous sommes au-dessous du takt time mais notre ligne n'est pas équilibrée car il y a le poste n°2 qui est plus chargé que les autres postes donc nous devons distribuer la même quantité de travail sur tous les postes.



**Figure 52 : Etat après de la ligne NHGPV**

Autres constatations :

Nous avons mis cette implantation de la ligne mais il s'est avéré, après, que le flux reste encore pas clair, donc nous allons voir après comme nous avons décidé de le modifier. Nous avons maintenant une visibilité sur la capacité de la ligne par article et par nombre des personnes.

## b. Objectif du chantier Hoshin sur la ligne NHGPV :

Pour faire l'équilibrage de la ligne NHGPV, nous avons regroupé les postes : tampographie +bouchage +contrôle R35 et emballage ensemble et les postes montage et ensablage ensemble mais le seul poste qui reste fixe c'est le poste de soudure.

Avec quatre opératrices nous sommes capables de faire notre objectif : une pièce toutes les 105 secondes voire plus une pièce chaque les 92.5 secondes et n'oublions pas que nous avons proposé dans le scénario choisi n°5 de transférer la ligne SBLR qui a le même process que l'NHGPV, pour utiliser leur ensableuse (puisque au niveau de l'ensableuse NHGPV nous sommes limités par le temps de cycle de la machine, donc nous avons pensé avec ce scénario d'utiliser l'ensableuse de la ligne SBLR).

D'autre part, pour le layout, nous avons mis un layout définitif de la ligne en flux direct à côté de la ligne SBLR .

Donc, nous pouvons dire maintenant que nous avons fait l'équilibrage de la ligne NHGPV et que nous avons atteint notre objectif principal qui est l'augmentation de la capacité de cette ligne .

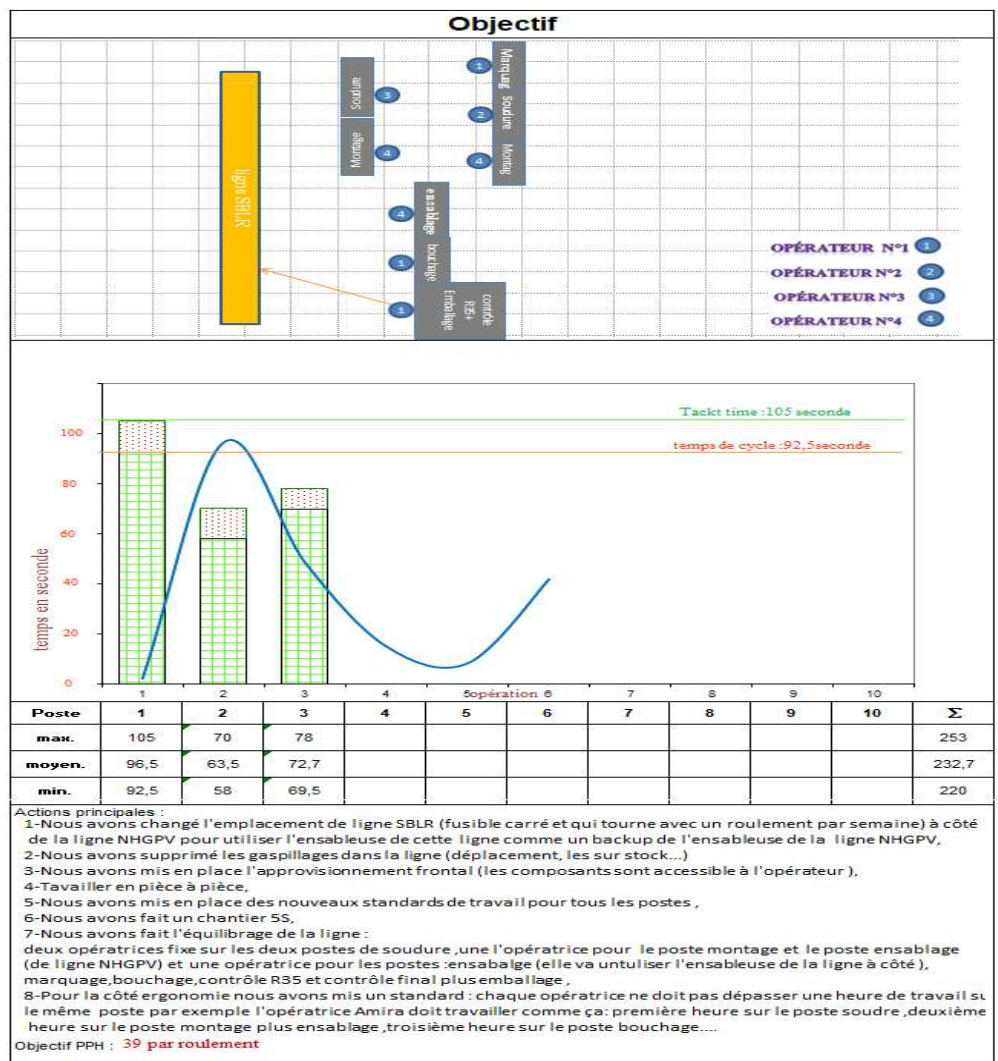


Figure 53 : Objectif du chantier hoshin

### **c. État de la ligne avant et après le projet :**

Nous avons ajouté ce tableau comparatif qui montre bien la nette amélioration après ce projet. Nous voyons bien que suite au chantier hoshin sur la ligne NHGPV et suite au travail en équipe nous avons réussi à créer une nouvelle ligne autonome avec le même nombre des opérateurs, avec 85% d'efficacité, avec zéro poste goulot, avec zéro arrêt non planifié et surtout nous avons atteint notre objectif principal qui est l'augmentation de la capacité de la ligne.

Aujourd'hui nous sommes capables de faire 39 pièces par heure au lieu de 26 pièces avant le chantier et ces chiffres sont démontrés pendant un mois.

### **Tableau 3: La ligne suite aux changements**

<b>Critère de comparaison</b>	<b>Avant le projet</b>	<b>Après le projet</b>
Efficienc	55 %	85%
Cadence horaire	26 pièces	39 pièces
Nombre des opérateurs	4	4
Goulot de ligne	Ensableuse ,soudure	Pas de goulot
Arrêts non planifiés	Moyenne de 7 heures par semaine	0 arrêt non planifié
Nombre des lignes	<b>1</b>	<b>2</b>

### **d. Les gains générés par le projet :**

La chasse aux gaspillages que nous avons mené le long de ce projet va générer des gains en distances parcourues, en matière, en temps, en niveau des stocks et en argent (le but).

Nous pouvons dire qu'aujourd'hui Mersen et suite à ce chantier sur la ligne NHGPV va gagner 6240 euros par jour si le coût d'un fusible est de 32 euros et nous avons augmenté la capacité de la ligne de 26 pièces par heure autrement dit 390 pièces par jour à 39 pièces par heure et 585 pièces par jour c'est-à-dire une augmentation de 195 pièces par jour.

Dans ce chapitre, nous avons présenté la démarche de l'élaboration du projet lean manufacturing de la ligne NHGPV. Nous nous sommes basés sur des données factuelles pour faire un diagnostic correct. Les solutions mises en œuvre sont des hybrides de la théorie et de la particularité du terrain qui ont été concrétisées en adoptant une démarche participative qui inclut tous les intervenants. Nous avons clôturé le chapitre par un bilan de notre mission sur la ligne le jour de la fin du stage. Le maintien de la ligne à ce niveau où la science et la pratique convergent aura des impacts plus positifs sur la ligne dans les jours et mois à venir qui finiront par apparaître au niveau des indicateurs de performances de la ligne.

# Conclusion générale

Dans ce rapport, nous avons détaillé le travail qui a été élaboré sur la ligne NHGPV dans le cadre d'un chantier lean manufacturing. Dans le premier et le deuxième chapitre nous avons familiarisé le lecteur avec notre environnement de travail en présentant l'entreprise d'accueil et la ligne NHGPV. Nous avons ensuite consacré tout le troisième chapitre du projet à la présentation du socle scientifique du projet. Au niveau du quatrième chapitre, nous avons présenté toutes les étapes du raisonnement et de concrétisation du projet. Nous l'avons clôturé par une présentation des impacts du travail élaboré sur la ligne. Au début du projet nous n'avons pas eu l'intention préalable d'utiliser un outil scientifique donné. C'est suite à l'étude de l'existant, que nous avons fait appel aux outils un après l'autre. En se basant sur l'idéologie des trois réels, nous avons quantifié tout ce que nous avons vu pour l'analyser. Nous avons ensuite suivi les étapes du chantier Hoshin. Nous avons pallié aux mudas de production, diminué les encours et fixé de nouveaux objectifs suite à une chrono-analyse par référence de produit. Nous avons lancé un chantier 5S orienté chasse aux gaspillages pour faciliter l'atteinte des objectifs de production. Pour s'assurer de l'exécution des tâches, nous avons mis en place un plan d'actions qui est le levier du passage concret à l'état décrit. En parallèle, nous avons émis des standards pour pérenniser le projet et capitaliser tout le travail qui a été fait.

La ligne NHGPV n'est qu'une parmi plusieurs lignes de production de fusibles carrées. Vu la similarité des produits et des processus, la duplication du projet peut se faire en adoptant la même démarche. Il faut juste faire attention aux particularités des lignes et à la présence des goulots qui décident de tout. La combinaison lean-Hoshin et 5S peut être ensuite appliquée à toutes les lignes de production du site. La période du stage n'est pas suffisante pour témoigner des impacts du projet sur les niveaux des stocks, les indicateurs de performances et le Cash-Flow de l'entreprise. Une chose est sûre c'est que nous avons augmenté la capacité de la ligne NHGPV. La subordination du processus du goulot rendra possible à l'entreprise de prévoir les dates exactes de livraison aux clients ce qui va augmenter sa part de marché.

# Bibliographie

- [1] Baglin G., Bruel O., Kerbache L., Nehme J., Delft C. **Management industriel et logistique, 6ème édition 2013.**
- [2] Goldratt, E, Cox,J. **THE GOAL, second revised edition 1992.**
- [3] Gross,J, Mcinnnis,K. **KANBAN made simple, 2003.**
- [4] Hohmann, C. **Guide pratique des 5S et du management visuel, 2ème édition 2010.**
- [5] Hohmann, C. **Techniques de productivité, édition 2009.**
- [6] Javel, G. **Organisation et gestion de la production, 4ème édition 2010.**
- [7] Margérand,J, Gillet-Joinard,F. **Manager la qualité pour la première fois, 2006.**
- [8] Maurice Pillet, Chantal Martin-bonnefous, Pascal Bonnefous, Alain Courtois ; **Gestion de production 5<sup>ème</sup> édition 2013.**
- [9] Rother M., Shook J. **Learning to see, version1.1 October1998.**
- [10] Womack J., Jones D., **Système lean , 2ème édition 2009 ,édition originale Lean Thinking.**



# Webographie

- [1] <https://www.mersen.com/>
- [2] <http://data0.cd.st/fahmibouhjar/perso/organisation%20scientifique%20de%20travail/chapitre%2010-le%20chronometrage.pdf>
- [3] <http://www.wikilean.com/Articles/Le-Juste-A-Temps/Equilibrage-de-taches>
- [4] <http://www.axsens.com/files/formations/CoeffDP.pdf>
- [5] <http://www.axsens.com/files/formations/TableauJE.pdf>
- [6] [http://www.cetice.u-psud.fr/aunega/gestion\\_flux/co/exercice\\_11.html](http://www.cetice.u-psud.fr/aunega/gestion_flux/co/exercice_11.html)
- [7] [http://jltimin.free.fr/bts\\_mi\\_2012\\_2013/5\\_Les\\_fusibles.pdf](http://jltimin.free.fr/bts_mi_2012_2013/5_Les_fusibles.pdf)
- [8] <https://leansigma.wordpress.com/2008/06/17/san-gen-shugi-2/>
- [9] <http://www.axium-performance.fr/wp-content/uploads/2011/12/Newsletter-32-AP-Le-8eme-Muda.pdf>
- [10] <http://www.wikilean.com/Articles/Lean-Way/3-Les-Muda-Muri-et-Mura>  
[http://industrialisation.pagesperso-orange.fr/Ressources/Ge75026r\\_B\\_fr\\_renaud.pdf](http://industrialisation.pagesperso-orange.fr/Ressources/Ge75026r_B_fr_renaud.pdf)
- [11] [https://www.linkedin.com/pulse/re-translating-lean-from-its-origin-jun-nakamuro?trk=v-feed&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad\\_flagship3\\_profile\\_view\\_base\\_recent\\_activity\\_details\\_shares%3BDT52uUTOuR3q66z3HljgZA%3D%3D](https://www.linkedin.com/pulse/re-translating-lean-from-its-origin-jun-nakamuro?trk=feed&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_profile_view_base_recent_activity_details_shares%3BDT52uUTOuR3q66z3HljgZA%3D%3D)