

Réalisation d'une étude d'optimisation et mise en place du premier pilier de la TPM et des Six Sigma sur une machine de compression de forme sèche

Fatima NIBOUCHE, Tewfik LAMRAOUI
Imadeddine AZIEZ et Djalal TOUATI
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie
fatima.nibouche@g.enp.edu.dz
tewfiql@gmail.com
aziez@gmail.com
djallal.touati@g.enp.edu.dz

Résumé

L'environnement économique fortement concurrentiel a incité les entreprises à améliorer leur performance industrielle. Dans ce contexte, une entreprise pharmaceutique, cherche à améliorer la performance de ses ressources de production ainsi que le système qualité à travers la mise en place de projets d'amélioration continue.

L'objet de ce travail est la contribution à l'amélioration de la performance industrielle par la mise en œuvre de la TPM et des Six Sigma sur la machine de compression de forme sèche FETTE1200. A cet effet, le déploiement de ce projet a permis de lancer 4 actions : Un chantier 5S dans l'atelier de compression, la stratification de la fiche TRS de Compression, un chantier SMED sur la FETTE 1200 et l'amélioration de la qualité d'un produit par la démarche DMAIC.

Mot clés : Amélioration continue, TPM, Six sigma, Performance industrielle, 5S, SMED

Introduction

Le but ultime de toute entreprise manufacturière est une production de qualité, avec la meilleure disponibilité des équipements et une performance maximale.

La TPM et les Six Sigma, démarches visant l'excellence industrielle à travers l'amélioration de l'efficacité de tout processus, tout en réduisant au minimum possible les coûts de production, pourraient être des solutions appropriées pour toute entreprise s'inscrivant dans cette perspective. C'est dans ce contexte, qu'une étude d'optimisation et de mise en place des bases de la TPM (premier pilier « chasse aux pertes ») & des Six Sigma est réalisée sur la machine de compression de forme sèche FETTE 1200, machine stratégique puisque sa contribution dans le volume de production est de plus de 30%.

Le Lean, quelques concepts de base

Le mot « Lean » est un terme anglais qui signifie « mince » ou « maigre ». Ce terme est apparu pour la première fois dans le livre « *la Machine qui a changé le monde* » de James. P. Womack et Daniel T. Jones, chercheurs américains au Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1990. Mais l'origine du Lean revient un peu plus tôt aux années 1970 avec Ohno Taiichi, ingénieur chez Toyota.

En effet, le Lean trouve ses origines dans le « Toyota Production System (TPS) » qui est tout simplement une méthode de rationalisation d'un processus, qui vise la création de valeur maximale (la satisfaction du client) tout en consommant le minimum de ressources et cela par l'élimination des gaspillages (Muda en japonais).

D'après Ohno, les sept gaspillages (muda) d'une industrie sont : La surproduction, les mouvements inutiles, le transport, les attentes, les stocks, les opérations inutiles, et les rebuts/corrections. Un huitième gaspillage a été ajouté plus récemment par **Jeffrey Liker** ; il s'agit des compétences non exploitées.

Le Lean fait appel à des recettes méthodologiques (outils), mais repose essentiellement sur un état d'esprit (Lean thinking). La motivation et les comportements des hommes sont nécessaires à la réussite de ce genre de démarche surtout que le lean n'est pas considéré comme un but mais comme un voyage. La figure 1 présente la pyramide du lean.

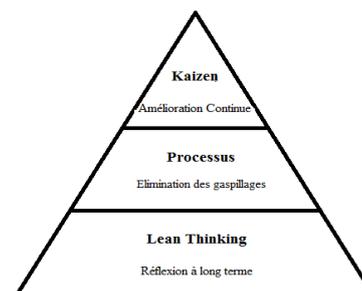


Figure 1 : La pyramide du lean

Le Lean quelques outils de base

Les 5S

C'est une méthode de base du Lean. Il s'agit en effet, d'une méthode d'organisation des postes de travail, qui vise l'amélioration continue des tâches effectuées dans les entreprises. Ceci se

fait à travers l'élimination des gaspillages causés par le désordre, le temps perdu pour trouver un outil ou un équipement libre, des déplacements inutiles, des étapes redondantes ou inutiles,... etc. C'est une des pratiques que doivent adopter les entreprises dans tous les secteurs. Son principe est facile à comprendre et la mise en œuvre ne nécessite pas un savoir-faire ou un investissement important.

Il est cependant, important de remarquer que derrière cette simplicité se cache un outil puissant que peu d'entreprises ont réussi à mettre en place pleinement et correctement pour en tirer tout le bénéfice possible. D'origine japonaise, les 5S est une méthode qui tire son appellation des premières lettres des cinq verbes (en japonais) qui constituent les étapes de la méthode : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.

La traduction de ces derniers en français donne les cinq verbes suivants : trier et débarrasser (Supprimer l'inutile), ranger et ordonner (Situer les choses), nettoyer ((Faire) Scintiller), standardiser (Standardiser (établir des règles) et pérenniser (suivre et progresser) (Hohmann, 2006)

Maintenance Productive Totale (TPM)

La TPM est une méthodologie qui vise à améliorer continuellement l'efficacité et à augmenter la capacité des équipements de production . C'est une démarche globale d'amélioration permanente des ressources de production, une performance qui ne peut pas être séparée des compétences des employés et de l'efficacité de l'organisation et du management. La TPM compte un certain nombre d'objectifs. Les principaux sont présentés dans la figure 2.

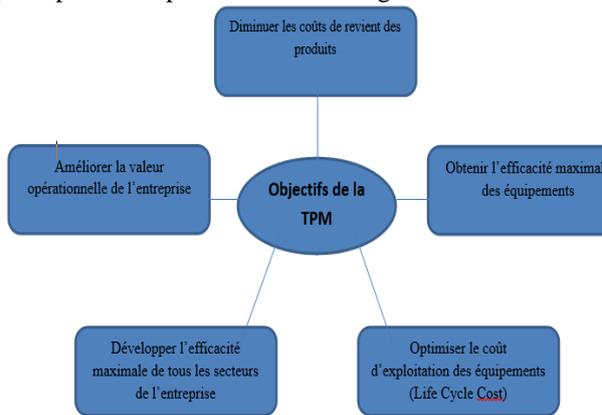


Figure 2 : Objectifs de la TPM (Bufferne, 2006)

La TPM compte un nombre de 8 piliers. La figure3 présente la maison TPM et ses 8 piliers.

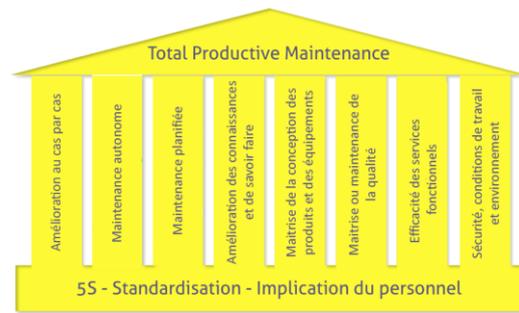


Figure 3: La maison de la TPM (Les 8 piliers)

Le premier pilier de la TPM : (Bufferne, 2006)

Le premier pilier est appelé « Amélioration au cas par cas » ou « Chasse aux pertes » selon l'appellation de la JIPM¹. Ce pilier a pour but de changer le paradigme de management des entreprises, d'un paradigme qui vise le résultat à un autre qui vise la diminution des pertes.

Les causes de pertes d'efficacité

Dans la plupart des industries, il existe toujours un écart entre les prévisions de production et la production réalisée. Cet écart est dû principalement à la perte d'efficacité des ressources de production.

Le taux de rendement synthétique (TRS) est un indicateur qui permet de vérifier à partir des déclarations de production la prise en compte de toutes les pertes ainsi que la quantification de chaque type de perte en termes de temps ou de quantités de pièces perdues. A partir de ces résultats, une analyse ABC du Non TRS est effectuée pour pouvoir lancer un plan d'action visant l'élimination des causes de gaspillage.

Il existe 16 causes de pertes qui sont dénombrées par la TPM. Elles concernent la performance :

- Des équipements,
- De la main-d'œuvre,
- Des matières, outillages et fournitures,
- De l'énergie.

Et ont pour origines :

- Le manque de fiabilité des équipements,
- Les carences de l'organisation,
- Les méthodes et procédés utilisés.

A Single Minute Exchange Of Die (SMED)

SMED est une approche formalisée, utilisée pour réduire le temps de changement de

série. Elle est apparue pour la 1^{ère} fois en 1969 dans le livre « *the SMED system, a revolution in manufacturing* » de Shigeo SHINGO. La finalité de cette méthode est de réussir un changement de série dans un laps de temps inférieur à 9 minutes (Hohmann, 2009).

Les effets du SMED sont :

- La flexibilité,
- L'augmentation de la capacité,
- La minimisation des coûts.

D'un point de vue conceptuel, la méthode SMED se décompose en quatre étapes (SHINGO, 1985).

Stade préliminaire : Opérations internes et externes ne sont pas distinguées (observation des faits).

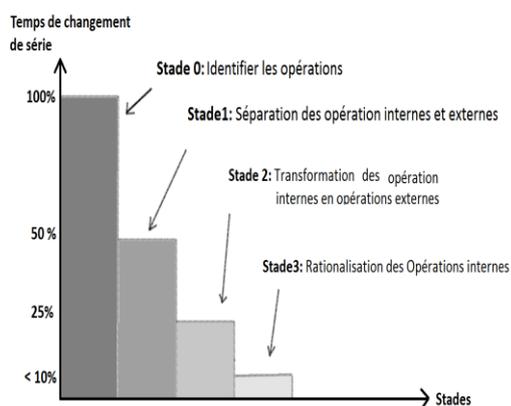
Stade 1 : séparation des opérations internes et externes.

Stade 2 : transformation des opérations internes en opérations externes.

Stade 3 : rationalisation de tous les aspects des opérations.

La figure 4 résume les différentes étapes du SMED, et la contribution de chaque étape dans la réduction du temps.

La puissance de la méthode SMED ne réside pas que dans ses dispositifs (cités précédemment), mais réside aussi et surtout dans l'organisation. Les gains les plus significatifs et les plus faciles à obtenir sont souvent réalisés avant ou après l'opération pure de changement de série (Shingo, 1985).



Les six sigma (Kai & Basem, 2003)

Six Sigma est une méthodologie qui fournit aux entreprises les outils nécessaires pour améliorer la capacité de leurs processus d'affaire. Cette méthodologie a été développée par les ingénieurs de Motorola dans les années 1980. Son

appellation vient de la terminologie statistique : Sigma « σ » qui signifie six fois l'écart type d'une population.

Les buts de cette méthodologie : (Kai & Basem, 2003) sont : la satisfaction du client et la réduction de la variabilité.

La méthodologie Six Sigma utilise les outils statistiques connus. Mais le secret de cette approche, réside dans la manière de son déploiement. C'est la structuration de l'utilisation des outils qui rend l'approche Six Sigma intéressante.

Le déploiement des Six Sigma est piloté par la démarche DMAIC : (Définir, Mesurer, Analyser, Innover/Améliorer, Contrôler)

Définir : (Pillet, 2004)

Cette étape vise à réaliser une charte de projet et un planning de déroulement.

Mesurer : connaître le sigma

Cette étape vise à connaître la variabilité réelle d'un processus.

Analyser :

Le résultat de cette étape est d'identifier une relation entre les variables d'entrée et les variables de sortie et d'identifier les variables clés du processus.

Innover /Améliorer

il s'agit maintenant de mettre en place un plan d'action afin de remédier aux problèmes de chute de capacité.

Contrôler/standardiser

Cette étape veille sur le maintien et la pérennisation des améliorations (réalisées dans l'étape précédente).

Analyse SWOT

La machine de compression de forme sèche FETTE 1200 est conçue pour fabriquer des comprimés ou des préparations pouvant être comprimées et représente un système modulaire de cellule de production de comprimés.

La FETTE1200 est uniquement conçue pour les domaines d'application spécifiés dans les instructions de service, avec les outils, les équipements complémentaires et appareils et périphériques prévus.

La première étape de ce travail a été dédiée à la détection des dysfonctionnements présents dans l'atelier abritant la machine en question. Une partie importante de cette étude a été consacrée au diagnostic en utilisant l'outil de diagnostic « SWOT² ».

² SWOT : S : Strengths, W : Weaknesses, O : Opportunities , T : Threats

Le diagnostic effectué a pris en considération toutes les ressources de production au sein de l'atelier : la main-d'œuvre, la machine et l'organisation. Il a permis l'identification des dysfonctionnements relatifs principalement à l'organisation, à la performance des ressources de production ainsi qu'à la qualité de certains produits.

Le diagnostic qui a été réalisé sur une durée de 75 heures d'observation a précisé un certains nombre d'anomalies dont les plus importantes sont :

- Problèmes dus à l'organisation du poste de travail,
- Problèmes de performance des ressources de production
- Déviations liées à la qualité pour certains produits.
- Des gaspillages de temps engendrés par les changements, les attentes, et les mouvements inutiles immobilisent la machine et pénalisent la production.

En se référant aux résultats du diagnostic, une série d'améliorations a été proposée, dans un premier temps, selon trois axes.

Axe d'amélioration N°1

Pour remédier aux problèmes dus à l'organisation du poste de travail, un chantier 5S a été mené dans l'atelier de compression de la FETTE 1200. Le travail a débuté par la mise en place des 5S au niveau de l'atelier de compression de la FETTE 1200. L'application de cet outil du LEAN a permis d'améliorer les conditions de travail et d'éliminer les temps d'attente et de recherche d'éléments dans l'atelier. Un gain de temps de 48% a été réalisé. Des standards ont été établis. Ces derniers concernent le rangement des outils dans le poste de travail ainsi que l'adoption d'outils de communication et de management visuel.

Axe d'amélioration N°2

Pour améliorer la performance des ressources de production la mise en place du 1^{er} pilier de la TPM a été proposée. Il s'agit de « l'amélioration au cas par cas ». La mise en place de ce 1^{er} pilier de la TPM a suscité tout d'abord l'analyse du TRS et du non-TRS pour déterminer les causes principales de gaspillage de temps au niveau de l'atelier de compression.

L'objectif du TRS a été fixé par le top management à 44% pour l'année 2014. La figure 5 présente le TRS de la FETTE 1200 durant l'année 2014.

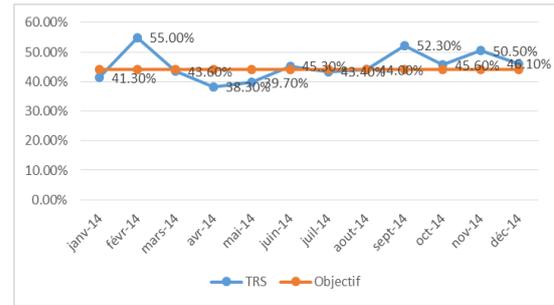


Figure 5: Evolution de TRS de la FETTE 1200 - Année 2014

Bien que l'évolution du TRS soit instable l'objectif de l'année a été atteint. Le TRS global de l'année 2014 est de 44.8%. Voulant bien améliorer le TRS, la direction du site industriel a décidé de lancer des projets d'amélioration continue pour faire face aux causes de non-TRS.

La figure 6 présente la classification ABC des causes des arrêts de la machine de compression de forme sèche la FETTE 1200 pendant l'année 2014. Le pourcentage cumulé du non-TRS est exprimé dans la même figure.

- La classe A représente les 20 % de causes qui provoquent 80% de non-TRS.
- La classe B représente Les causes qui provoquent 15% de non-TRS.
- La classe C représente Les causes qui provoquent 5% de non-TRS.

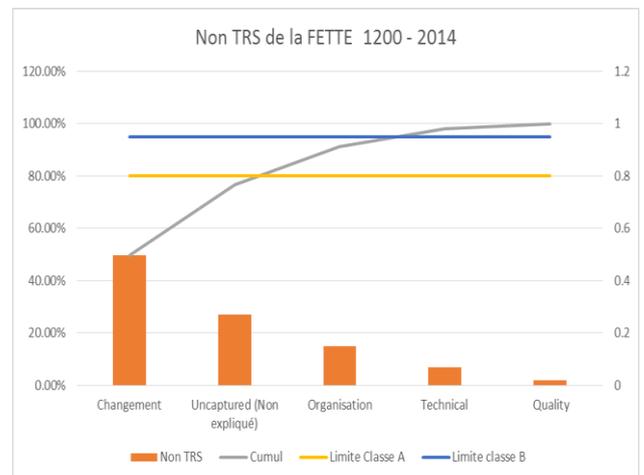


Figure 6: Classification de non-TRS de la FETTE 1200 – Année 2014

Interprétation des résultats de l'analyse ABC

- Les arrêts dus aux changements et ceux qui sont non-expliqués représentent 29.1% des causes d'arrêts, et causent 76.5% de non TRS ;
- Les arrêts dus à l'organisation représentent 33.33% des causes d'arrêts, et causent 14.7% de non TRS ;

-Les arrêts dus aux problèmes techniques et aux problèmes de qualité représentent 37.56% des causes d'arrêts, et causent 8.8% de non-TRS.

- Les arrêts dus aux changements immobilisent le plus la machine de compression FETTE 1200, ce qui explique le manque de flexibilité de la production dans l'atelier.

- L'« Uncaptured » ou les causes d'arrêts non expliquées montrent qu'il existe une insuffisance dans l'identification et l'évaluation des causes de pertes du temps. Ce qui remet en question l'efficacité de la fiche TRS de compression.

Après avoir effectué cette analyse, il s'est avéré que plus de 75% des pertes sont dues aux changements et aux causes de pertes non identifiées. A cette fin, deux actions ont été menées :

La 1^{ère} action concerne la stratification de la fiche TRS afin de prendre en compte toutes les pertes et de quantifier chaque type de perte en termes de temps. Une nouvelle fiche TRS est proposée.

A l'issue des interviews et discussions avec les utilisateurs de la fiche TRS, les points suivants ont été relevés :

- Un chevauchement entre quelques cases,
- Le niveau de détail de quelques opérations insuffisant,
- Manque d'organisation et classification des types de quelques opérations,
- Confusion dans quelques cases,
- Présence de parties vides sur la fiche.

Les améliorations apportées par rapport au contenu de la fiche TRS, prennent en considération les deux points suivants :

- Les 16 causes de pertes d'efficacité définies par la TPM,
- Les 3 composantes du TRS (Performance, qualité, disponibilité).
-

L'objectif de cette étape est d'identifier les causes de pertes par rapport à chaque composante de TRS sur la nouvelle fiche TRS.

Les actions menées pour régler les problèmes identifiés consistent entre autres en :

- L'ajout d'une colonne dans la nouvelle fiche pour les pertes relatives à la non performance.

- La prise en compte des pertes dues à la cadence dégradée en proposant une formule de calcul,
- La suppression des redondances de l'information,
- L'amélioration du niveau de détails,
- L'adoption du système de coche pour quelques rubriques,
- L'adoption d'améliorations relatives à la forme de la fiche TRS (clarté, pertinence).

Pour expliquer la nouvelle fiche TRS, un plan de formation a été préparé en collaboration avec les superviseurs des équipes, le responsable de fabrication et le responsable de production.

La 2^{ème} action consiste à réaliser un chantier SMED sur la FETTE 1200 afin d'augmenter la productivité, la flexibilité de la production et la réduction du temps de changement.

Avant de commencer la démarche, il faudra tout d'abord, prendre en compte les contraintes pharmaceutiques et de sécurité et veiller à les respecter.

- Respect des règles de bonnes pratiques de fabrication (BPF).
- La qualité, la sécurité et l'hygiène restent prioritaires.
- Respect des règles de fonctionnement internes.

Déroulement du SMED

Phase 0 :

L'objectif visé est la mise à jour du mode opératoire et l'obtention d'un temps de changement de format inférieur à 15% du temps global du non TRS, c'est-à-dire la réduction du temps de changement de format de plus de 45 %.

Phase 1 :

Le but de cette étape est d'identifier toutes les opérations du changement de format. Des observations explicitant en détail les conditions réelles de l'atelier et toutes les étapes du déroulement du changement de format ont été relevées.

Phase 2 :

Suite à l'analyse de chaque opération élémentaire identifiée dans la phase précédente, et après avoir déterminé la nature de chaque opération, il devient facile de discerner les opérations internes des **opérations externes** qui sont traitées à ce stade comme des opérations internes.

Le but de cette étape est de séparer les tâches externes des internes. Autrement dit, réaliser les opérations externes en temps masqué.

A ce stade les investissements sont très faibles car les solutions sont plus organisationnelle que technique, par contre les gains obtenus sont spectaculaires.

La figure 7 présente les gains obtenus après la phase 2.

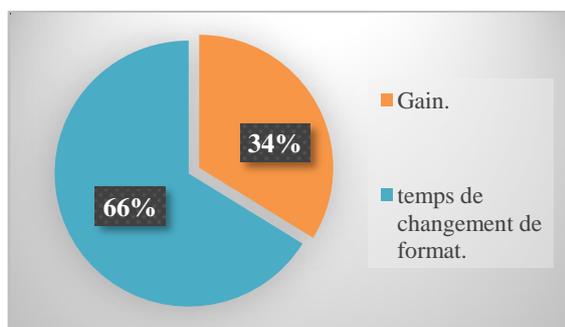


Figure 7 : le gain après la phase2 « séparation ».

Phase 3 :

Les activités qui sont maintenant effectuées en interne peuvent être converties en activités externes en réexaminant leur véritable fonction.

La méthode des 5 pourquoi est un outil efficace pour cette analyse. Cependant cette transformation est plus difficile et plus coûteuse à obtenir par rapport à l'étape précédente où l'amélioration a pu être réalisée uniquement à partir des moyens organisationnels.

En plus, et qui rend cette transformation plus difficile ce sont les contraintes pharmaceutiques et les règles de la bonne pratique de fabrication. La figure 8 présente le nouveau gain après externalisation.

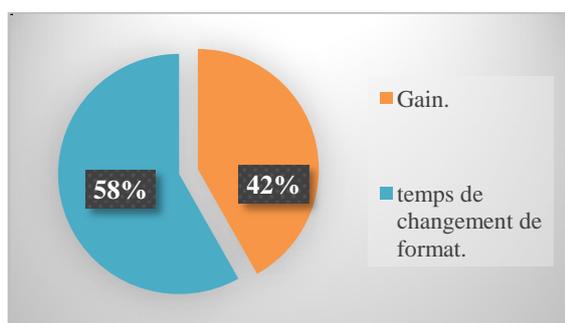


Figure 8: le nouveau gain après « externalisation »

Phase 4 :

Après avoir effectué toutes les opérations externes en temps masqué, et après l'externalisation d'un maximum de tâches internes, il est conseillé de réexaminer à nouveau toutes les opérations internes afin de rationaliser leurs durées. Les actions de cette

étape relèvent quelques fois du long terme et nécessitent des investissements lourds.

Sachant que le meilleur changement est l'absence de changement, le but de cette étape est d'éliminer au maximum les opérations du changement. Si cette élimination n'est pas possible, il faudra chercher une façon afin de réduire les durées.

Après l'examen des opérations internes, trois types d'opérations ont été précisés :

- Les opérations à éliminer : ce sont les tâches qui ont pu être éliminées.
- Les opérations à simplifier : ce sont les tâches dont la durée a pu être réduite. Elles sont indiquées en bleu dans l'annexe
- Les opérations restées intactes : ce sont les tâches qui n'ont pas pu être modifiées.

La durée du changement a été réduite de **73.78%** du temps global du changement.

Cette durée peut être réduite encore une fois à travers la planification.

Cette dernière doit être faite d'une façon à éviter les pauses. Ou bien à travers la duplication de la main d'œuvre afin d'éliminer l'arrêt de l'opération du changement à cause du pause.

La durée du changement de format sans pause est de 03h 38min 44min, avec une réduction de **76.94%** du temps global du changement de format. Ce résultat est présenté sur la figure 9.

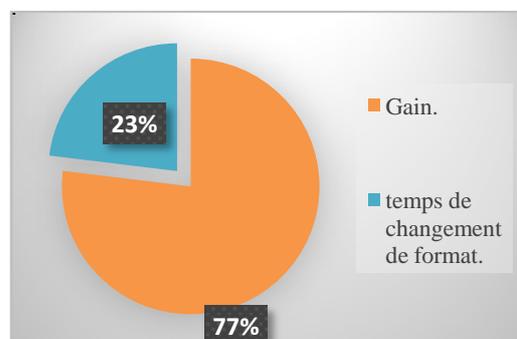


Figure 9: le nouveau gain obtenu

Afin de guider les opérateurs lors d'un changement de format et pour que tous les opérateurs puissent faire les mêmes opérations avec la même efficacité, il est indispensable d'opter pour un mode opératoire qui décrit le déroulement détaillé des opérations effectuées lors du changement de format.

Malgré la réduction très intéressante obtenue, à travers la dernière phase l'objectif du SMED n'est toujours pas obtenu (un temps de changement inférieur à 10min).

Pour atteindre cet objectif, des actions ont été obtenues. Elles concernent entre autres

l'architecture de l'atelier et la séparation des zones poussiéreuses des zones qui nécessitent de rester loin des sources de poussière.

Axe d'amélioration N°3 : Afin de remédier aux déviations liées à la qualité pour certains produits, il a été fait appel à la maîtrise statistique des processus en mettant en place des cartes de contrôle statistique de la qualité.

Dans ce qui suit, la qualité en cours de fabrication sera étudiée selon la démarche DMAIC. L'étude concerne la fabrication d'un produit nommé dans tout ce qui suit « Produit A » dans l'atelier de compression FETTE1200

Définir :

D'après l'analyse du processus de fabrication du « Produit A », il a été constaté une quantité considérable de déchets et un temps important perdu au cours des réglages engendrant des pertes augmentant ainsi le taux de rebut (5%). La masse a été retenue comme paramètre critique, car elle est liée directement au dosage. Comme la teneur en principe actif est homogène dans le mélange, donc la variation de dosage en principe actif est proportionnelle à la variation du poids du comprimé.

Un comprimé avec un poids bas est un comprimé sous dosé en principe actif, un comprimé avec un poids élevé est un comprimé surdosé.

Un dosage conforme en principe actif est reflété par une masse qui doit être conforme aux spécifications suivantes : [0.1590 ; 0.1811] g.

La dureté a été également choisi comme paramètre critique, car les problèmes détectés en aval du processus au niveau des postes 'pelliculage' et 'conditionnement' sont dues essentiellement à la dureté du comprimé.

La dureté doit être conforme aux spécifications suivantes : [7 ; 12] kP.

Ne seront présentés ici que les résultats concernant la masse.

Mesurer

Tous les appareils de mesure sont qualifiés, (la dernière qualification remonte au mois d'avril 2015), ce qui assure que toutes les mesures effectuées sont fiables.

Pour mieux comprendre le comportement du processus, nous avons récolté les données des 3 lots de validation du « Produit A » car c'est sur la base de ces lots que la validation du processus est arrêtée.

Pour les 2 paramètres retenus, l'hypothèse de normalité a été vérifiée. Elle est présentée pour la masse dans les figures 10 et 11.

Masse

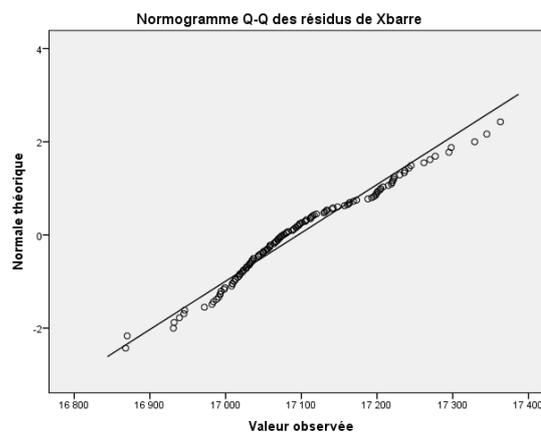
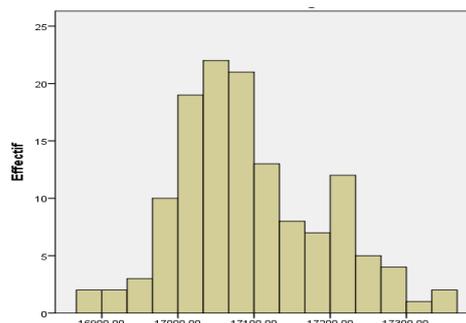


Tableau 1 : Tests de normalité

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Xbarre	,093	131	,007	,972	3	,009

a. Correction de signification de Lilliefors

D'après le test de Shapiro-Wilk : $\alpha=0.972 > 0.05$ (niveau de risque choisi) donc les observations suivent bien une distribution normale.

Analyse :

L'hypothèse de normalité étant vérifiée, nous allons donc élaborer des cartes de contrôle pour chacun des paramètres retenus afin d'analyser la variabilité du processus en terme de masse et de dureté.

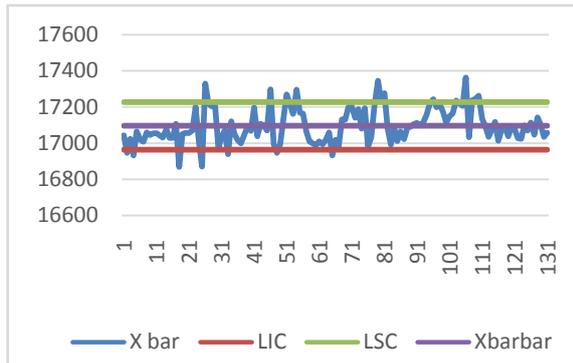


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.12 : carte de contrôle des moyennes (provisoire) avant suppression(Masse)

La figure 12 présente la carte de contrôle des moyennes de la masse avant suppression

La figure 13 présente la carte de contrôle des écarts-types de la masse avant suppression

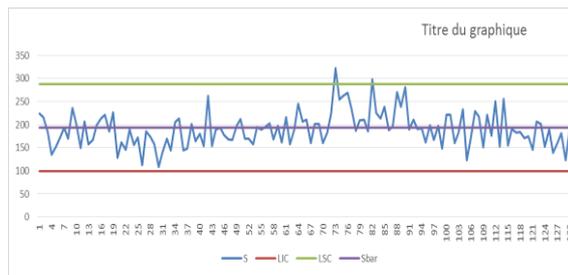


Figure 13: carte de contrôle des écart-types (provisoire) avant suppression(Masse)

D'après la carte \bar{X} et la carte S , nous constatons qu'il y a plusieurs points qui sont en dehors des limites calculées.

Après correction, les figures 14 et 15 ont été obtenues.



Figure 14: carte de contrôle corrigée des moyennes (Masse)

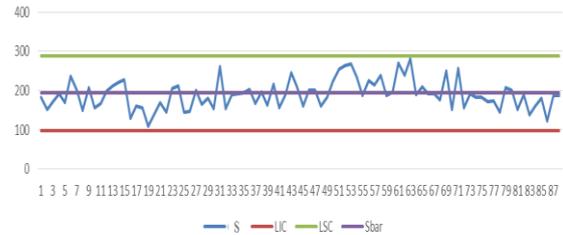


Figure 15: carte de contrôle des écart-types corrigée(Masse)

Nous constatons que tous les points sont à l'intérieur des limites, nous pouvons donc considérer que le processus est sous contrôle avec ces nouvelles limites de contrôle.

Le processus relativement au paramètre masse étant sous contrôle, nous allons procéder à l'estimation de sa variabilité afin de déterminer la capabilité processus selon les spécifications imposées :

Rappelons que l'écart-type empirique du paramètre 'masse'

$$\bar{S} = 195.426966$$

Par conséquent la variabilité est : $\hat{\sigma} = \bar{S}/C_4$ avec $C_4 = 0.9869$

$$\text{Donc : } \hat{\sigma} = 198.021$$

Les spécifications imposées sont : [0.1590 ; 0.1811]
Nous en déduisons que :

- ❖ $C_p = 1.86 > 1.5$
- ❖ $C_{pk} = 1.754 > 1.5$

C'est-à-dire : moins de 100 comprimés défectueux par millions.

Nous concluons que le processus envisagé est tout à fait satisfaisant

Après élimination des sources des causes spéciales, il est indispensable de garantir que le processus ne se dégradera pas, et que ces améliorations restent maintenues. Pour le faire nous proposons les cartes de contrôle suivantes :

Tableau 2: Carte de contrôle Masse

Carte \bar{X} :	Carte S :
LIC = 16935.36	LIC = 99.67
Cible = 17068.25	Cible = 195.42
LSC = 17201.14	LSC = 291.19

Un suivi continu de ces cartes est indispensable pour détecter les dégradations afin d'éliminer leurs causes et pour identifier les améliorations afin de

les pérenniser. Dans ce cas de nouvelles cartes seront conçues afin de pérenniser les nouvelles améliorations et ainsi de suite, jusqu'à atteindre une capacité $C_{pk} > 2$ but de toute démarche Six Sigma.

Conclusion

La présente étude a permis l'amélioration de la performance industrielle de la machine de compression de forme sèche FETTE1200. A cette fin des outils ont été utilisés et ont démontré leur efficacité. Il s'agit de la méthodologie Six sigma, du premier pilier de la TPM et d'outils du lean manufacturing : 5S et Ishikawa.

Bibliographie

1. ANSM, 2015. *Bonnes pratiques de fabrication*, s.l.: L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé.
2. Bufferne, J., 2006. *Le guide de la TPM*. 1e éd. Paris: Edition d'Organisation.
3. Duret, D., 1998. *la qualité en production*. Paris: Edition d'Organisation.
4. Duret, D. & Pillet, M., 2005. *Qualité en production, de l'iso 9000 à Six Sigma*. 3e éd. Paris: Edition d'Organisation.
5. Henry, J. R., 2013. *Achieving Lean Changeover, putting SMED to work*. 1e éd. NewYork: CRC Press.
6. Hohmann, C., 2006. *Guide pratique des 5S pour les managers*. 1e éd. Paris: Edition d'Organisation.
7. Hohmann, C., 2009. *techniques de productivité*. 1 éd. Paris: Editions d'Organisation.
8. Hohmann, C., 2010. *guide pratique des 5S et du management visuel*. 2e éd. Paris: Edition d'Organisation .
9. ISO, 2008. *principes essentiels et vocabulaire*. Paris: ISO.
10. Kai , Y. & Basem, E.-H., 2003. *Desing for SixSigma, a road map for product development*. USA: McGraw-Hill.
11. Leconte, T., 2008. *La pratique du SMED*. 1e éd. Paris: Edition d'Organistion.
12. Montgomery, D. C., 2009. *introduction to statistical quality control*. 6e éd. USA: John Wiley & Sons, Inc.
13. Pillet, M., 2004. *Six Sigma, comment l'appliquer*. Paris: Edition d'Organisation.
14. SHINGO, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing, The SMED System*. 2e éd. Tokyo: Shinguru Dandori.