UNIVERSITÉ TOULOUSE III PAUL SABATIER
FACULTÉ DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

ANNÉE : **2016** **THÈSE 2016 / TOU3 / 2091**

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement
par

CAMPANER Laurie

APPLICATION DES OUTILS LEAN DANS LE CADRE DE L'OPTIMISATION D'UNE LIGNE DE CONDITIONNEMENT

Le 28 octobre 2016

Directeur de thèse : RASSEMUSSE, Claire

JURY

Président : GAIRIN, Jean-Edouard
1er assesseur : CAMPISTRON, Gérard
2ème assesseur : RASSEMUSSE, Claire

PERSONNEL ENSEIGNANT
de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques de l'Université Paul Sabatier
au 1er octobre 2015

Professeurs Émérites

M. BASTIDE R	Pharmacie Clinique
M. BERNADOU J	Chimie Thérapeutique
M. CAMPISTRON G	Physiologie
M. CHAVANT L	Mycologie
Mme FOURASTÉ I	Pharmacognosie
M. MOULIS C	Pharmacognosie
M. ROUGE P	Biologie Cellulaire

Professeurs des Universités

Hospitalo-Universitaires

M. CHATELUT E	Pharmacologie
M. FAVRE G	Biochimie
M. HOUIN G	Pharmacologie
M. PARINI A	Physiologie
M. PASQUIER C (Doyen)	Bactériologie - Virologie
Mme ROQUES C	Bactériologie - Virologie
Mme ROUSSIN A	Pharmacologie
Mme SALLERIN B	Pharmacie Clinique
M. SIÉ P	Hématologie
M. VALENTIN A	Parasitologie

Universitaires

Mme BARRE A	Biologie
Mme BAZIARD G	Chimie pharmaceutique
Mme BENDERBOUS S	Mathématiques – Biostat.
M. BENOIST H	Immunologie
Mme BERNARDES-GÉNISSON V	Chimie thérapeutique
Mme COUDERC B	Biochimie
M. CUSSAC D (Vice-Doyen)	Physiologie
Mme DOISNEAU-SIXOU S	Biochimie
M. FABRE N	Pharmacognosie
M. GAIRIN J-E	Pharmacologie
Mme MULLER-STAUMONT C	Toxicologie - Sémiologie
Mme NEPVEU F	Chimie analytique
M. SALLES B	Toxicologie
M. SÉGUI B	Biologie Cellulaire
M. SOUCHARD J-P	Chimie analytique
Mme TABOULET F	Droit Pharmaceutique
M. VERHAEGHE P	Chimie Thérapeutique

Maîtres de Conférences des Universités

Hospitalo-Universitaires

M. CESTAC P	Pharmacie Clinique
Mme GANDIA-MAILLY P (*)	Pharmacologie
Mme JUILLARD-CONDAT B	Droit Pharmaceutique
M. PUISSET F	Pharmacie Clinique
Mme SÉRONIE-VIVIEN S	Biochimie
Mme THOMAS F	Pharmacologie

Universitaires

Mme ARÉLLANO C. (*)	Chimie Thérapeutique
Mme AUTHIER H	Parasitologie
M. BERGÉ M. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme BON C	Biophysique
M. BOUAJILA J (*)	Chimie analytique
Mme BOUTET E	Toxicologie - Sémiologie
M. BROUILLET F	Pharmacie Galénique
Mme CABOU C	Physiologie
Mme CAZALBOU S (*)	Pharmacie Galénique
Mme CHAPUY-REGAUD S	Bactériologie - Virologie
Mme COSTE A (*)	Parasitologie
M. DELCOURT N	Biochimie
Mme DERAEVE C	Chimie Thérapeutique
Mme ÉCHINARD-DOUIN V	Physiologie
Mme EL GARAH F	Chimie Pharmaceutique
Mme EL HAGE S	Chimie Pharmaceutique
Mme FALLONE F	Toxicologie
Mme FERNANDEZ-VIDAL A	Toxicologie
Mme GIROD-FULLANA S (*)	Pharmacie Galénique
Mme HALOVA-LAJOIE B	Chimie Pharmaceutique
Mme JOUANJUS E	Pharmacologie
Mme LAJOIE-MAZENC I	Biochimie
Mme LEFEVRE L	Physiologie
Mme LE LAMER A-C	Pharmacognosie
M. LEMARIE A	Biochimie
M. MARTI G	Pharmacognosie
Mme MIREY G (*)	Toxicologie
Mme MONTFERRAN S	Biochimie
M. OLICHON A	Biochimie
M. PERE D	Pharmacognosie
Mme PORTHE G	Immunologie
Mme REYBIER-VUATTOUX K (*)	Chimie Analytique
M. SAINTE-MARIE Y	Physiologie
M. STIGLIANI J-L	Chimie Pharmaceutique
M. SUDOR J	Chimie Analytique
Mme TERRISSE A-D	Hématologie
Mme TOURRETTE A	Pharmacie Galénique
Mme VANSTEELANDT M	Pharmacognosie
Mme WHITE-KONING M	Mathématiques

(*) titulaire de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)

Enseignants non titulaires

Assistants Hospitalo-Universitaires

Mme COOL C	Physiologie
Mme FONTAN C	Biophysique
Mme KELLER L	Biochimie
Mme PALUDETTO M.N (**)	Chimie thérapeutique
M. PÉRES M.	Immunologie
Mme ROUCH L	Pharmacie Clinique
Mme ROUZAUD-LABORDE C	Pharmacie Clinique

(**) Nomination au 1er novembre 2015

Il faut toujours viser la lune, car même en cas d'échec, on atterrit dans les étoiles.

Oscar Wilde

Remerciements

Au jury…

***Au Professeur Jean-Édouard GAIRIN**, Président du Jury*

Je vous remercie de l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de présider cette thèse.

***À Claire RASSEMUSSE**, Directrice de Thèse et Membre du Jury*

Merci de m'avoir guidée dans mon stage et pour cette thèse. Je te remercie pour le temps que tu m'as accordé. Merci aussi pour tes conseils, ta gentillesse et ta confiance.

***Au Professeur Gérard CAMPISTRON**, Membre du Jury*

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Je vous en suis reconnaissante.

… À ma famille…

***À mes parents et à mes nouveaux parents,** Laurence et Sam, Marc et Flo*

Papa et maman, de l'eau a coulé sous les ponts depuis mes premiers pas il y a bientôt 26 ans… Je ne pense pas vous l'avoir dit un jour aussi clairement : MERCI pour tout ! Pour l'éducation que vous nous avez donnée, pour le soutien inconditionnel dont vous avez fait preuve et pour tous les efforts consentis pour nous, pour l'amour que vous nous avez porté, tout simplement. Je n'y serais jamais arrivée sans vous. Je vous aime !

Sam, Flo, continuez à rendre mes parents heureux… Ils le méritent tellement !

***À mon frère,** Paul*

Polo, ça fait presque un quart de siècle que tu me supportes maintenant ! Je t'en ai fait voir de toutes les couleurs il me semble (l'inverse est vrai aussi ceci dit). Tu es le meilleur frère que je pouvais avoir ;)

À mes grands-parents, *Hélène et Maurice, Odile et Gervais*

Papi et mamie du nord, on ne se voit pas souvent… Merci pour conserver les liens familiaux et pour tous ces joyeux Noël en famille.

Papi et mamie du sud, merci pour votre soutien et de nous avoir autant gâté depuis toujours ! Un énorme merci pour votre soutien, c'est aussi grâce à vous que j'en suis là aujourd'hui…

À mon Antoine,

Hé oui, tu fais partie de la famille maintenant ;) Merci pour ton soutien depuis 2 ans déjà ! Je suis consciente de ne pas être tous les jours facile à vivre (doux euphémisme) mais tu sais toujours trouver les mots justes… Merci pour tout ce que tu as fait (et continueras à faire) pour moi <3

… Et à mes amis

À tous ceux qui ont contribué à faire de Gien une expérience inoubliable

Un grand merci à Claire, Floriane, Marion, Emilie et FX… Merci pour tous ces bons moments, à la plage (qui l'eut cru !) comme ailleurs… Finalement c'était pas si terrible ! Merci les chatons ;)

Rachid, Christelle, Mathieu et Patrick : merci pour votre accueil chaleureux et pour votre bonne humeur pendant ces 6 mois…

Et à la Pharma Family !

Aux copines du rêve américain bien sûr ☺
À ma sœurette Clairou… Merci pour tout, notamment pour Gainesville ! Ça n'aurait jamais eu lieu sans toi... « A once in a life experience » comme dirait Betty ;)
À Maï, copine depuis le tout début de la toute première année de fac… ça fait un bail ! Merci pour tout !

Claire, Maïlys, Laurie, Karen, ma glomi, Marina, sweetie, Yoan, Morgane, Inès, Mayé… Merci à vous tous pour toutes ces années (ne les comptons pas ^^) remplis des meilleurs moments ! De fêtes (ne les comptons pas non plus), de rigolades, d'encouragements…

À ma binôme, Selma, pour ces années de TP pas toujours faciles… Mais que de bons souvenirs !

Je ne peux pas savoir ce que la fac aurait été sans vous… Mais une chose est sûre : ça aurait été bien triste !

Table des matières

REMERCIEMENTS 4
TABLE DES MATIÈRES 6
TABLE DES ILLUSTRATIONS 8
LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES 10
INTRODUCTION 11

LE LEAN 12

1 L'HISTOIRE DU LEAN 12
1.1 Le programme IMVP 13
1.2 Des débuts de l'industrialisation à la production de masse [2], [5] 13
1.2.1 Le XIXe siècle : la production artisanale 13
1.2.2 La production de masse 14
1.3 L'avènement du lean 16
1.3.1 La naissance du système de production Toyota (TPS) 16
1.3.2 Du TPS au lean 17
1.4 La propagation du lean 17

2 LES PRINCIPES DU LEAN 18
2.1 Définition du lean 18
2.2 Lean thinking : les 5 principes fondamentaux du lean 18
2.2.1 Définir la valeur 19
2.2.2 Identifier le flux de valeur 19
2.2.3 Favoriser l'écoulement du flux 20
2.2.4 Tirer les flux 20
2.2.5 Viser la perfection 21
2.3 Les 14 principes du lean selon Liker 22
2.3.1 La philosophie lean comme fondement 22
2.3.2 Le bon processus produit le bon résultat 23
2.3.3 Ajouter de la valeur à l'organisation en formant les collaborateurs et les partenaires 25
2.3.4 Résoudre les causes racines des problèmes en continu comme moteur d'apprentissage 25
2.4 Les gaspillages 26
2.4.1 Muda 27
2.4.2 Mura 28
2.4.3 Muri 28

3 REPRÉSENTATION DU LEAN 28
3.1 Le toit 29
3.2 Les piliers 29
3.2.1 Juste-à-temps (JIT) 29
3.2.2 Jidoka 30
3.3 Les fondations 32
3.3.1 Kaizen ou amélioration continue 32
3.3.2 Travail standardisé 33
3.3.3 Heijunka ou lissage de la charge de travail 35

4 LES OUTILS DU LEAN MANUFACTURING 37
4.1 Améliorer l'organisation 37
4.1.1 Value Stream Mapping (VSM) 37
4.1.2 5S 40
4.2 Augmenter le rendement industriel 43
4.2.1 Management visuel 43
4.2.2 Taux de rendement synthétique (TRS) 44
4.2.3 Roue de Deming (PDCA) 46
4.2.4 Single Minute Exchange of Die (SMED) 47
4.2.5 Total Productive Maintenance (TPM) 50
4.2.6 Résolution de problème 53

5 AU-DELÀ DU LEAN MANUFACTURING 58
5.1 Les déclinaisons du lean 58
5.2 Six Sigma 59
5.2.1 Méthode des Six Sigma 60
5.2.2 Lean et 6 Sigma 64

6 LES LIMITES DU LEAN 65
6.1 Le lean et la santé 66
6.1.1 Lean et troubles musculo-squelettiques 67
6.1.2 Lean et charge mentale 68
6.2 Le lean et les syndicats 69
6.2.1 Lean = licenciements 69
6.2.2 Responsabilisation des exécutants 69

APPLICATION DE CES OUTILS DANS UNE UNITÉ DE PRODUCTION 71

1 CONTEXTE DU PROJET D'OPTIMISATION DE LIGNE DE CONDITIONNEMENT 71
1.1 Présentation de l'entreprise 71
1.1.1 Le groupe Pierre Fabre : De la santé à la beauté… 71
1.1.2 Le site de Gien 72
1.1.3 L'Unité de Production des Formes Pâteuses 72
1.2 Présentation du projet d'optimisation de la ligne de conditionnement 73
1.2.1 Enjeux 73
1.2.2 Objectif 73
1.2.3 La ligne de conditionnement concernée 73

2 DÉMARCHE D'OPTIMISATION D'UNE LIGNE DE CONDITIONNEMENT 75
2.1 Plan : Situation initiale 75
2.1.1 Changement de format 75
2.1.2 Objectif 75
2.2 Do : Mise en place du SMED 76
2.2.1 Étape 1 – Identifier les opérations externes et les opérations internes 76
2.2.2 Étape 2 – Extraire les opérations internes 77
2.2.3 Étape 3 – Convertir les opérations internes en opérations externes 80
2.2.4 Étape 4 – Rationaliser les opérations internes 80
2.2.5 Étape 5 – Rationaliser les opérations externes 80
2.2.6 Mise en place du 5S 80
2.3 Check : Résultats 81
2.4 Act : Suites à donner et perspectives 81

3 LA CONDUITE DU CHANGEMENT 82
3.1 Comprendre le changement 82
3.1.1 Le dégel 83
3.1.2 Le mouvement 83
3.1.3 La cristallisation 83
3.2 Les résistances au changement 84
3.2.1 Comprendre ces résistances… 85
3.2.2 … pour mieux les gérer : les leviers de la conduite du changement 86
3.3 Pour une conduite du changement réussie 88
3.3.1 Approche globale du processus de conduite du changement 88
3.3.2 Approche concrète du processus de conduite du changement 90

4 RETOUR SUR EXPÉRIENCE CONCERNANT CETTE DÉMARCHE 94
4.1 Ce qui a fonctionné 94
4.2 … Et ce qui peut être amélioré 95

CONCLUSION 97
ANNEXES 98
BIBLIOGRAPHIE 113

Table des illustrations

Figure 1. Chronologie du lean 13
Figure 2. Les 5 principes du lean 19
Figure 3. Courbes de l'offre et de la demande, selon Alfred Marshall 20
Figure 4. Système de flux poussés 21
Figure 5. Système de flux tirés 21
Figure 6. Les 4P de Toyota 22
Figure 7. Objectif de gains du lean 27
Figure 8. Maison TPS (Toyota Production System) 28
Figure 9. Ligne de production classique 30
Figure 10. Ligne de production en flux tirés 30
Figure 11. Système de production sans jidoka 31
Figure 12. Système de production avec jidoka 31
Figure 13. Exemple de l'andon 32
Figure 14. Idéogrammes du kaizen 32
Figure 15. Exemples de simogramme 35
Figure 16. Comparaison entre production traditionnelle et production lissée 36
Figure 17. Exemple de représentation d'une VSM de l'état actuel 38
Figure 18. Exemple de symboles utilisés pour la légende d'une VSM 39
Figure 19. Exemple de représentation d'une VSM de l'état futur 40
Figure 20. Traductions des 5S 41
Figure 21. Résumé de la démarche 5S 41
Figure 22. Exemple d'application du 5S dans un atelier 42
Figure 23. Exemple de tableau de bord d'une ligne de conditionnement 43
Figure 24. Différents temps de production (norme NFE 60-182-2002) 45
Figure 25. Signification du PDCA 46
Figure 26. Démarche du PDCA 46
Figure 27. Représentation de la roue du progrès 47
Figure 28. Illustration des changements désirés suite à l'application du SMED 48
Figure 29. Les 5 étapes d'un projet SMED 48
Figure 30. Répartition des temps par nature d'opération 49
Figure 31. Pyramide des accidents de Heinrich 50
Figure 32. La démarche TPM 51
Figure 33. Questionnement du QQOQCP 54

Figure 34. Exemple d'utilisation des 5 pourquoi 55
Figure 35. Trame d'un diagramme 5M 55
Figure 36. Diagramme de Pareto 56
Figure 37. Exemple de rapport A3 vierge 58
Figure 38. Exemples d'application d'un 5S du lean office 59
Figure 39. Principe de la méthode Six Sigma [38] 61
Figure 40. Carte de contrôle : Variations des résultats 61
Figure 41. Représentation graphique des Six Sigma 62
Figure 42. Les 6 étapes DMAICS de la démarche Six Sigma 62
Figure 43. Les niveaux de pilotage du Six Sigma 63
Figure 44. Structure d'une organisation matricielle 64
Figure 45. Différence entre le lean et le six sigma 65
Figure 46. Influence du lean sur les conditions de travail [41] 66
Figure 47. Répartition du chiffre d'affaires par branche 71
Figure 48. Répartition de l'activité de Pierre Fabre Médicament 71
Figure 49. Remplisseuse avec robot 73
Figure 50. Étuyeuse et encaisseuse 74
Figure 51. Répartition des opérations internes et externes après l'étape 1 76
Figure 52. Récapitulatif des opérations externes (en minutes) 77
Figure 53. Répartition des opérations internes et externes après l'étape 2 77
Figure 54. Utilisation des flexibles et tuyaux 78
Figure 55. Principe d'utilisation du chariot 79
Figure 56. Illustration du modèle de Lewin 83
Figure 57. Les différentes étapes de la mise en œuvre d'un changement 84
Figure 58. Processus de communication en situation de changement 87
Figure 59. La roue du changement selon Kanter 88
Figure 60. Modèle ICAP 91
Figure 61. Projet lancé pendant la phase d'acceptation 92
Figure 62. Projet lancé trop tôt, avant l'acceptation 92
Figure 63. Projet lancé trop tard, après l'acceptation 93

Liste des abréviations utilisées

AQ : Assurance Qualité

DMAICS : Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Standardize

ESSEC : École supérieure des sciences économiques et commerciales

HSE : Hygiène, Sécurité, Environnement

Ipsos : Institut de sondage

JIT = *Just-In-Time* : Juste-à-temps

MIT : Massachusetts Institute of Technology

MOOC = *Massive Open Online Course* : Formation en ligne ouverte à tous

NVA : Non-valeur ajoutée

PDCA : Plan, Do, Check, Act

PFDC : Pierre Fabre Dermo-Cosmétique

PFM : Pierre Fabre Médicament

ppm : partie par million. 1ppm = 0,00001%

QQOQCCP : Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi

R&D : Recherche et développement

SMED = *Single Minute Exchange of Die* : Changement d'outillage rapide

TMS : troubles musculo-squelettiques

TPM = *Total Productive Maintenance* : Maintenance productive totale

TPS = *Toyota Production System* : système de production Toyota

TRS : Taux de rendement synthétique

UP : Unité de production

VA : valeur ajoutée

VSM = *Value Stream Mapping* : Cartographie des flux

Introduction

L'industrie pharmaceutique produit un bien de consommation peu ordinaire : les produits de santé, dont les clients finaux ne sont pas de simples consommateurs mais des patients. Cette particularité engendre des contraintes réglementaires et éthiques supplémentaires par rapport à d'autres secteurs d'activité, afin d'assurer la sécurité du patient.

Mais une industrie ne peut survivre que si elle est économiquement rentable. Or le marché de la santé, comme de nombreux autres secteurs d'activité, est de plus en plus concurrentiel : déremboursement de nombreux médicaments, recherche et développement (R&D) de plus en plus coûteux dont les débouchés sont incertains, mondialisation de la production, augmentation du recours à la sous-traitance…

Il devient de plus en plus crucial pour les industriels de la santé de maîtriser leurs coûts de production, tout en assurant leur mission principale : développer et proposer des traitements aux patients pour leur permettre de vivre plus longtemps et dans de meilleures conditions.

Un ensemble de méthodes de gestion industrielle, regroupées sous le terme de *lean management*, a vu le jour dans l'industrie automobile. Appliqué aux contraintes pharmaceutiques, ce modèle permet d'atteindre ces objectifs de viabilité économique.

Cette thèse s'attachera donc à retracer l'histoire du lean, afin de mieux en comprendre les différents principes et outils. Arrivé dans les années 90 en Europe, le *lean management* est un modèle récent, qui est fondé sur un mode de pensée. Des dérives peuvent donc apparaître lorsque cette philosophie n'est pas partagée ou si le facteur humain n'est pas placé au cœur de ces projets. Nous évoquerons les critiques les plus fréquemment formulées à l'encontre du lean.

Nous verrons ensuite un exemple d'application de ces outils lean dans le cadre de l'optimisation d'une ligne de conditionnement. Cette thèse s'intéressera également à la conduite du changement. Pourquoi aborder ce sujet ? Selon une enquête Ipsos-ESSEC réalisée en 2011, en quinze ans, le nombre de changements a été multiplié par 3 alors que le temps accordé à un projet de changement a été divisé par 2.

Or le lean induit de nombreux changements, aussi bien au niveau opérationnel qu'au niveau organisationnel. La conduite du changement, qui se gère à plusieurs niveaux, joue donc un rôle majeur dans la réussite des projets lean.

Le lean

« Lean » est un terme anglo-saxon qui signifie littéralement « mince », « maigre ».

Les méthodes du *lean manufacturing* sont à la fois des techniques de gestion industrielle et des techniques de gestion des ressources humaines, développées initialement dans le Toyota Production System (TPS). Le lean est symbolisé par le slogan des 5 zéros (zéro stock, zéro délai, zéro défaut, zéro panne, zéro papier) et par le *kaizen*, une démarche participative et continue d'amélioration de la productivité et de la qualité [1].

Nous aborderons en premier lieu l'histoire passionnante de ce concept, dont on trouve des traces dès le XVIe siècle. Cela nous permettra de mieux comprendre le lien entre le lean et Toyota, ainsi que les principes fondamentaux de ces systèmes de production.

Nous verrons ensuite qu'il existe une multitude d'outils, tous appliqués (à différents niveaux) aujourd'hui dans l'industrie, quel que soit son secteur d'activité. Le lean est même sorti de la production pour s'appliquer à tous les services d'une entreprise… Nous présenterons les déclinaisons du lean que l'on retrouve aujourd'hui.

Enfin, nous conclurons cette partie en prenant du recul sur l'ensemble des pratiques et sur les conséquences qu'elles peuvent avoir pour les employés.

Tout au long de cette présentation du lean, nous entendrons par « produit » le résultat (bien et/ou service) de la production d'une entreprise.

1 L'histoire du lean

Les premières traces d'une organisation « lean » sont retrouvées dès le XVIe siècle, à Venise. À cette époque, les vénitiens ont mis au point un chantier naval, l'Arsenal de Venise. Les processus y étaient standardisés et les pièces utilisées étaient interchangeables. Tout cela leur permettait d'assembler une galère en à peine une heure [1].

Malgré ces traces précoces de mise en œuvre des principes du lean, l'origine communément admise du lean se situe en 1991, avec la publication de l'ouvrage *"The machine that changed the world"*, ou en français *Le Système qui va changer le monde* [2]. Cette publication clôt un programme de recherche internationale dans le domaine de l'industrie automobile : le programme IMVP (International Motor Vehicle Program).

Le XXe siècle marque l'avènement de l'automobile et l'essor de la construction automobile. Aujourd'hui appliqué dans une multitude de domaines (industriels, services etc.), les origines du lean se trouvent dans l'industrie automobile.

Explorons l'histoire du lean (résumée dans la *Figure 2* ci-dessous [3]), afin de comprendre dans quel contexte cette approche a vu le jour.

Figure 1. Chronologie du lean

1.1 Le programme IMVP

Le but de ce programme IMVP était de réaliser une étude comparative de l'industrie automobile à travers le monde dans les années 80. Il aura coûté 5 millions de dollars, duré 5 ans et employé une cinquantaine d'experts internationaux. Ce programme a été mené par le MIT (Massachusetts Institute of Technology).

"The machine that changed the world" représente l'aboutissement de ce programme. C'est dans cet ouvrage que l'on trouve pour la première fois le mot « lean ».

Les auteurs y ont révélé qu'une nouvelle méthode d'optimisation d'un système de production entier, des fournisseurs aux ventes, pouvait offrir de grands avantages par rapport aux techniques de production de masse jusqu'alors employées.

Pour mieux comprendre le contexte dans lequel le lean s'est développé, nous présenterons en premier lieu les deux principaux modes de production employés en Occident pendant plus d'un siècle : la production artisanale et la production de masse [4].

1.2 Des débuts de l'industrialisation à la production de masse [2], [5]

1.2.1 Le XIXe siècle : la production artisanale

À cette époque, la construction, automobile notamment, était artisanale. La main d'œuvre était très qualifiée, et utilisait des outils généraux pour fabriquer ce que le client avait exactement demandé, une voiture à la fois.

Les pièces standardisées n'étaient pas disponibles en grande quantité pour permettre d'avoir des cycles de production efficaces. Les produits, en particulier lorsqu'ils sont aussi complexes

que les automobiles, nécessitent beaucoup de personnalisation et de façonnage par l'artisan pour maintenir le niveau de qualité.

Les rendements de ce type de production étaient donc très faibles : l'automobile était alors un produit de consommation réservé aux classes supérieures.

1.2.2 La production de masse

1.2.2.1 Le modèle Ford

Henry Ford a été le premier à identifier les inconvénients de la production artisanale, dont la spécialisation de la main d'œuvre, l'utilisation d'outils généraux ou les faibles volumes de production.

Il a alors imaginé un autre modèle de production, qui a révolutionné le monde industriel du début du XXe siècle : la production de masse.

Dans ce modèle, la main d'œuvre n'est pas qualifiée et elle assemble un grand nombre de pièces standardisées, en réalisant de nombreuses tâches successives courtes. Ce modèle atteint 2 objectifs : avoir une voiture que l'on pouvait fabriquer facilement et agréable d'utilisation pour le client. De plus, presque tout le monde pouvait conduire et réparer la voiture sans chauffeur ni mécanicien.

Ce modèle a connu plusieurs évolutions. La fabrication artisanale de véhicules s'est transformée en fabrication industrielle avec ligne d'assemblage, grâce à l'utilisation de pièces interchangeables. Cela a permis de réduire les coûts et de ne plus avoir besoin de main d'œuvre spécialisée.
Les ouvriers devaient se déplacer pour aller chercher ces pièces avant de les assembler à leur poste de travail sur la ligne de montage. Ces trajets constituaient une perte de temps : il a donc été décidé d'acheminer les pièces jusqu'aux ouvriers qui travaillaient à un poste fixe sur la ligne.
Les ouvriers ont ensuite accompli une seule tâche et se déplaçaient de véhicule en véhicule. Le problème qui s'est alors posé était que les ouvriers qui travaillaient rapidement se trouvaient bloqués par ceux qui étaient plus lents et qui travaillaient avant eux.
Enfin, la ligne d'assemblage est devenue mobile. Les véhicules en cours d'assemblage étaient déplacés d'ouvrier en ouvrier qui étaient à des postes de travail fixes.

Les rendements obtenus par une ligne de montage chez Ford étaient sensiblement supérieurs à ceux obtenus avec un modèle artisanal : le temps de cycle moyen pour un assembleur est passé de 514 minutes en 1901 à 1,19 minutes en 1913. Les coûts unitaires de production ont donc rapidement baissé : l'artisanat ne pouvait plus concurrencer la production de masse.

L'idéologie de Ford est basée sur la division du travail. Les opérateurs réalisaient l'assemblage, pendant que les ingénieurs et le management prenaient en charge l'organisation et l'optimisation des lignes d'assemblage.

Mais la diversification et la division du travail sont allés au-delà de l'usine de production. Au sein de l'entreprise, des services distincts étaient en charge de la conception des véhicules, des pièces techniques et des stratégies marketing. Cette diversification a été à l'origine de conflits internes. En effet, ces services distincts ont pu être confrontés à une divergence d'objectifs.

Cette diversification a également prévalu à l'extérieur de l'entreprise, avec des fournisseurs, des sites de fabrication et des concessionnaires devenus très indépendants les uns des autres. Chacun avait potentiellement des objectifs distincts pour le flux des pièces, des véhicules et des clients à travers la chaîne d'approvisionnement.

1.2.2.2 L'approche de Sloan

Alfred Sloan, contemporain d'Henry Ford, qui travaillait chez General Motors, a créé des structures pour gérer ces intérêts divergents au sein d'une grande entreprise industrielle. Chaque division de la chaîne automobile, y compris l'ingénierie, les composants, l'assemblage et la vente, était gérée de manière à fournir un niveau de performance optimal pour l'ensemble de l'entreprise.

Malgré ces techniques de gestion proposées par Sloan, gérer le fonctionnement d'une entreprise automobile demeurait complexe. Régulièrement, il n'y avait pas ou peu de communication entre les différentes entités, voire même entre les membres du personnel. Chaque service ou opérateur était concentré sur la production des pièces à la productivité et à la qualité requises, sans considération pour les intérêts des entités environnantes.

Ce manque de coordination et de communication a provoqué plusieurs problèmes : stocks importants, problèmes de qualité, de fabrication (liés à la conception).

Des stocks tampons importants étaient nécessaires entre les différentes opérations d'assemblage, en raison des différences entre les cadences des machines. Ces stocks permettaient de maintenir le rythme de production.

Les problèmes de qualité, souvent cachés dans ces stocks tampons, n'étaient découverts qu'en fin d'assemblage. Ces non-qualités nécessitaient de nombreuses reprises.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les problèmes de communication étaient nombreux. D'une part, la conception des produits était indépendante de la production et pouvait déboucher sur des produits difficilement réalisables avec les équipements disponibles. D'autre part, la production et les ventes étaient également déconnectés. L'assemblage des véhicules n'était pas coordonné avec les ventes, ce qui a abouti à des stocks importants de véhicules invendus chez les concessionnaires.

Ce manque de communication a cependant eu peu de répercussions pendant cette première moitié du XXe siècle, étant donné que tous les constructeurs automobiles travaillaient avec des pratiques similaires. Malgré les lacunes que nous venons d'évoquer, la production de masse s'était imposée et était devenue la norme. Il n'y avait donc aucune raison pour ces constructeurs de changer leur mode de fonctionnement.

1.3 L'avènement du lean

1.3.1 La naissance du système de production Toyota (TPS)

La menace pour la production de masse est venue du constructeur japonais Toyota. Le fondateur de Toyota, Toyoda, est allé aux États-Unis étudier la production de masse dans les années 50 afin de s'en inspirer.

Au Japon, les entreprises avaient des contraintes à plusieurs niveaux : capital limité, réglementation du travail stricte et manque d'espace. Tout ceci a incité Toyoda et son directeur de production Ohno à créer une approche alternative à la production de masse. Il s'agit du Système de Production Toyota (ou TPS pour *Toyota Production System*).

Ohno a constaté que la clé pour maintenir l'efficacité, la qualité et l'écoulement du flux était d'avoir une vue d'ensemble des processus. Les gaspillages qui en découlaient en termes de coût, de temps et d'effort ont été critiqués par les ouvriers semi-qualifiés de Toyota.

L'un des meilleurs exemples d'élimination des gaspillages est la réduction du temps de changement d'outillages. Pour réduire ces temps, Ohno a inventé des systèmes d'outillages flexibles, qui ont réduit ces temps de changement d'outils d'un jour à 3 minutes. Grâce à cela, Toyota était en mesure de produire des petits lots de pièces. Il leur a également été possible d'éliminer des stocks importants de pièces identiques, générées par la production de lots de grande taille.

Les ouvriers de Toyota ont également été responsabilisés, habilités pour apporter des modifications et améliorer le système au fur et à mesure de l'apparition des problèmes.
Tous les stocks tampons entre les processus et les fournisseurs ont été réduits ou éliminés pour tendre vers un flux continu. Cette technique est qualifiée de livraison en flux tendu, ou « Juste-à-Temps ».
La fragilité de ces processus a permis de traiter rapidement les problèmes de fabrication à l'origine des non-conformités, qui étaient auparavant détectés en fin de montage. En conséquence, la qualité des produits finis était excellente, sans avoir besoin de retouche comme c'était le cas chez les constructeurs occidentaux.

L'efficacité et la qualité des usines de Toyota sont alors devenues la norme à travers le monde, grâce à la réduction des gaspillages et à l'amélioration continue.

La communication était vitale pour maintenir le système de production lean. L'information sur la production circulait sans encombre entre la production et les services techniques, ce qui a permis aux ingénieurs de comprendre à quel point leurs décisions pouvaient impacter le processus de fabrication. Des ingénieurs mieux informés étaient ensuite moins susceptibles de concevoir des produits dont la fabrication était impossible. L'amélioration continue dès la conception a permis à Toyota d'améliorer encore la qualité de ses produits.

La production et les ventes ont également coopéré : un dysfonctionnement à une extrémité de la chaîne peut mener à de fortes variations de la disponibilité des pièces ou des commandes de véhicules. L'offre et la demande devaient être stables pour maintenir le système de production lean sans stocks tampons.

Grâce à des relations privilégiées avec les fournisseurs, les leçons et les bonnes pratiques du lean apprises chez Toyota ont circulé librement dans toute la chaîne logistique.

La pression sur les coûts et les problèmes de qualité ont été résolus conjointement par Toyota et leurs fournisseurs dans l'intérêt de maintenir l'intégrité du système. Concernant les ventes, Toyota a constitué un service commercial proactif qui a noué des contacts étroits avec les clients. Ces contacts ont été basés sur des relations de type familial, qui ont renforcé les ventes par fidélité à la marque. Quand la demande diminuait, les opérateurs étaient affectés au département des ventes pour faire la publicité des véhicules.

Toyota s'est basé sur l'orientation client et la flexibilité du travail pour assurer la longévité de l'ensemble de ce système de production.

1.3.2 Du TPS au lean

Le lean est l'approche qui dérive du Toyota Production System. Les notions de standardisation, de flux et même de valeur basée sur les attentes du client sont des notions connues bien avant les années 40. Le mot « lean » n'est quant à lui apparu qu'à la fin des années 80 [6]. Son usage a été généralisé dans « *The Machine that Changed the World* » [2].

Cette vision globale de gestion des processus de production est basée sur plusieurs concepts forts. Nous allons en donner un bref aperçu : ils seront détaillés plus loin (*2 Les principes du lean*).

La chasse aux gaspillages devrait être un objectif essentiel de toutes les opérations de production.
Les techniques d'amélioration continue utilisées par des ouvriers qualifiés et responsabilisés assurent une productivité élevée et la qualité du produit. Si elle est menée jusqu'au bout, l'amélioration continue peut permettre d'atteindre une qualité parfaite du premier coup.
Plus que tout, une forte communication est essentielle pour que ce système fonctionne. Les liens entre fournisseurs et constructeurs, entre ingénieurs et opérateurs de production, entre revendeurs et constructeurs automobiles, entre clients et concepteurs doivent être utilisés efficacement.

1.4 La propagation du lean

Utilisant l'efficacité et la qualité inhérentes à la production lean, des entreprises japonaises comme Honda, Nissan et Toyota ont gagné des parts de marché notables aux États-Unis. Après avoir perçu cette menace des fabricants lean, les constructeurs automobiles américains ont résisté à l'entrée du Japon sur le marché américain. Cependant, ils n'ont pas réussi à exclure les véhicules japonais du marché et ont eu des difficultés pour rivaliser avec le haut niveau de qualité japonais.
Par conséquence, les constructeurs occidentaux ont été amenés à mettre en œuvre certaines techniques du *lean manufacturing*.

Les progrès des constructeurs automobiles occidentaux ont été plutôt lentes pendant les premières décennies, et ils n'ont pas réussi à rattraper l'avance prise par le japonais Toyota. Ce modèle a d'ailleurs porté ses fruits : en un demi-siècle, Toyota est devenu le premier constructeur automobile mondial devant l'américain General Motors (en 2007).

Le lean présente l'avantage d'être applicable en dehors de l'environnement industriel japonais ou du secteur de la construction automobile. L'application des leçons apprises par le lean peut être profitable à toutes les entreprises industrielles, et même des entreprises de service.

2 Les principes du lean

2.1 Définition du lean

Avant d'approfondir les principes du lean, commençons par définir ce qu'est le lean.

De nombreuses définitions existent. Toutes ces définitions ont en commun 3 notions clés [1] :

- Se concentrer pour délivrer la meilleure valeur à ses clients
- Faire plus avec moins
- S'assurer que la qualité, la sécurité ou la stabilité de l'entreprise sur le long terme ne sont pas compromises quand on fait 'plus avec moins'

Le lean est un *« système qui vise à générer la valeur ajoutée maximale au moindre coût et au plus vite, ceci en employant les ressources juste nécessaires pour fournir aux clients ce qui fait de la valeur à leurs yeux »* [7].

La notion de valeur ajoutée est essentielle : il s'agit de produire ce pour quoi le client est prêt à payer. C'est une approche qui se concentre sur la satisfaction des besoins des clients car c'est lui qui permet à l'entreprise de perdurer dans le temps. Ce système est organisé selon un certain nombre de règles et est soutenu par une boite à outils et méthodologies [7].

On considère que tout ce qui n'est pas valeur ajoutée et ne garantit pas la sécurité et la stabilité de l'entreprise et du personnel est une perte, donc une cible d'élimination [1].

2.2 Lean thinking : les 5 principes fondamentaux du lean

Le lean est une démarche qui peut être synthétisée en 5 principes [1] [5] [8] [9] [7] (voir *Figure 2* ci-dessous).

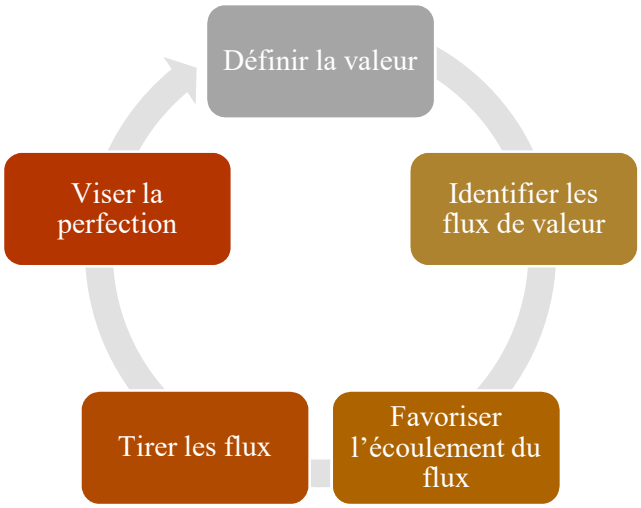


Figure 2. Les 5 principes du lean

2.2.1 Définir la valeur

Il s'agit de spécifier ce qui crée de la valeur aux yeux du client.

Le concept clé du *lean thinking* est la valeur. Elle est définie par la capacité de livrer exactement le produit qui correspond aux attentes du client en un minimum de temps entre la commande et la livraison de ce produit, à un prix approprié [10]. La valeur d'un produit est une notion indépendante du prix de vente : on s'intéresse à la valeur perçue par le client.

En se basant sur les attentes du client, on peut diviser les activités en 2 catégories :

- Activités à valeur ajoutée

Elles contribuent directement à produire ce que le client attend. Le client est prêt à payer pour ces opérations.

- Activités à non-valeur ajoutée

Elles ne contribuent pas directement à produire ce que le client attend.

On considère uniquement ce qui est produit en étant « bon du premier coup ». Toute opération de retraitement est ainsi considérée comme une opération à non-valeur ajoutée, comme gaspillage, comme nous le verrons par la suite (*2.4 Les gaspillages*) [1].

2.2.2 Identifier le flux de valeur

Il s'agit de comprendre la chaîne de valeur utilisée pour délivrer de la valeur au client, c'est-à-dire d'identifier les enchaînements des opérations qui permettent de produire ce qui satisfait le besoin du client [7].

Lors de cette étape, on identifie les opérations à valeur ajoutée et les opérations à non-valeur ajoutée, qui sont considérées comme sources de gaspillage. L'objectif est de réduire au maximum ces activités à non-valeur ajoutée.

On utilise principalement l'outil d'analyse des processus appelé *Value Stream Mapping*, ou VSM. L'objectif de la cartographie est d'identifier la chaîne de valeur ainsi que toutes les sources de perturbation de cette chaîne. Elle permet également d'identifier les goulots ainsi que de les situer dans le processus [7].

2.2.3 Favoriser l'écoulement du flux

Cela revient à s'assurer que les opérations qui créent de la valeur ajoutée s'enchaînent harmonieusement et sans interruption. Favoriser l'écoulement du flux revient à éliminer les goulots, les retards, les détours, les temps d'attente et de retraitement [1].

L'écoulement du flux est favorisé par les actions suivantes [7] :

- Éliminer les gaspillages, ou les limiter au maximum (*2.4 Les gaspillages*)
- Instaurer un flux pièce-à-pièce
- Se focaliser sur l'ajout de valeur plutôt que sur les ressources et leur organisation
- Réorganiser les processus et revoir les pratiques afin d'harmoniser le flux (retours en arrière, retouches, boucles, arrêts, déchets)

L'image d'une une rivière est fréquemment utilisée pour illustrer cette étape. En effet, l'eau s'écoule plus facilement dans une rivière rectiligne que s'il y a de nombreux méandres. L'eau s'écoule plus vite si le lit de la rivière est sans obstacles.

Par analogie, le flux de production doit s'écouler harmonieusement comme une rivière, selon un processus rectiligne, sans interruption ni retours en arrière. Favoriser l'écoulement du flux revient à retirer les obstacles plutôt que rajouter de l'eau si des obstacles encombrent son cours.

2.2.4 Tirer les flux

On distingue plusieurs configurations de l'économie, en se basant sur la loi de l'offre et de la demande (voir *Figure 3* ci-dessous [11]).

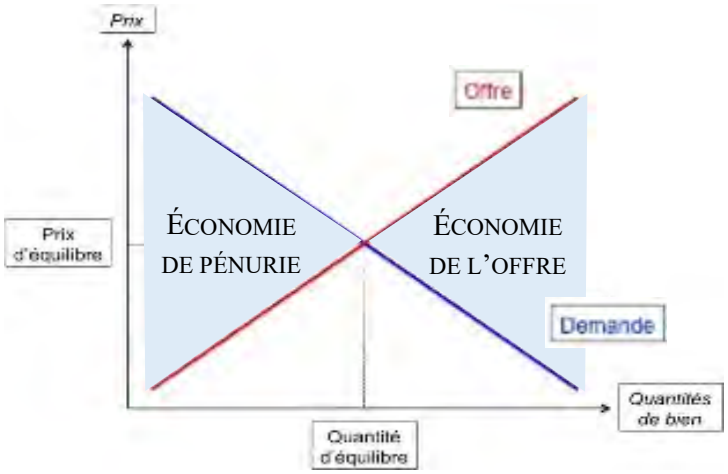


Figure 3. Courbes de l'offre et de la demande, selon Alfred Marshall

Dans une économie de pénurie, basée sur la demande, les produits sont mis sur le marché sans tenir compte des attentes du client. Dans une telle configuration, la demande est très supérieure à l'offre donc le client ne choisit pas son produit et se contente de l'offre disponible. Le produit est « poussé » sur le marché : il trouvera acquéreur [7]. La *Figure 4* ci-dessous illustre ce principe [12].

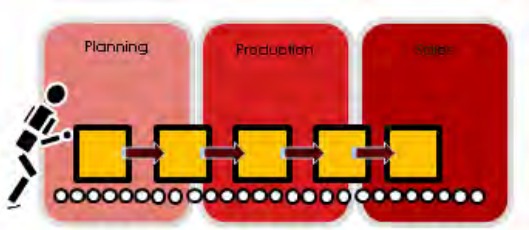


Figure 4. Système de flux poussés

Au contraire, dans une économie d'offre, le client choisit son produit car c'est l'offre qui est supérieure à la demande. C'est la configuration actuelle du marché, qui est très concurrentiel, et ce quel que soit le secteur d'activité. C'est le client qui « tire » la production : la production est initiée par la passation de commande [7] (cf. *3.3.1 Kaizen ou amélioration continue*).

La demande du client pilote, déclenche le processus de production (cf. *Figure 5* ci-dessous [12])**.**

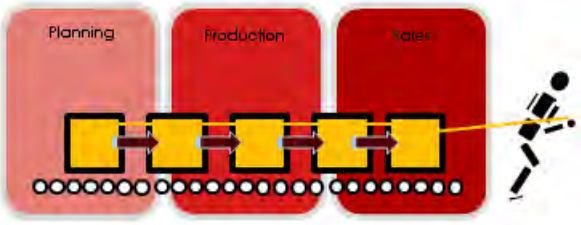


Figure 5. Système de flux tirés

Tirer les flux revient donc à faire en sorte que chaque poste de travail ne produise que ce qu'il vient de consommer.

2.2.5 Viser la perfection

Un processus parfait est inatteignable : il désigne un processus dénué de tout gaspillage et qui ne générerait que de la valeur ajoutée. Sachant ceci, il est tout de même possible de définir un processus idéal qui s'en rapprocherait.

Il réunirait les caractéristiques suivantes [7] :

- Délivrer sans défaut, c'est-à-dire délivrer uniquement des produits conformes aux attentes du client
- Capable de délivrer à l'unité (taille de lot produite = 1)
- Capable de délivrer à la demande, la version demandée
- Délivrer immédiatement
- Produire sans aucune sorte de gaspillage
- Produire dans un environnement qui assure la sécurité des employés, tant au niveau physique que professionnel et émotionnel

Obtenir un tel processus est une démarche itérative : lorsqu'on arrive à ce niveau, on peut recommencer un cycle en repartant au premier principe, tout en continuant les actions d'amélioration en cours [1]. L'environnement d'une entreprise est en constante évolution : il faut donc s'adapter constamment à ces évolutions tout en prenant en compte les différents principes que nous venons d'évoquer.

Les opportunités d'éliminer des gaspillages, d'apporter de nouvelles améliorations apparaissent au fur et à mesure de la démarche lean. Ce dernier principe inscrit la démarche lean dans une dynamique de progrès permanent.

2.3 Les 14 principes du lean selon Liker

Les 5 principes fondamentaux du lean que nous venons de décrire sont génériques. D'autres auteurs ont pris le parti de proposer des principes plus opérationnels. Les principes les plus fréquemment exposés sont ceux de Liker, élaborés à partir du modèle Toyota.

La méthode Toyota peut être décryptée, résumé en 14 principes, que nous allons à présent exposer [7], [13]. Ceux-ci sont regroupés en 4 fondement, les 4P (cf. *Figure 6* ci-dessous).

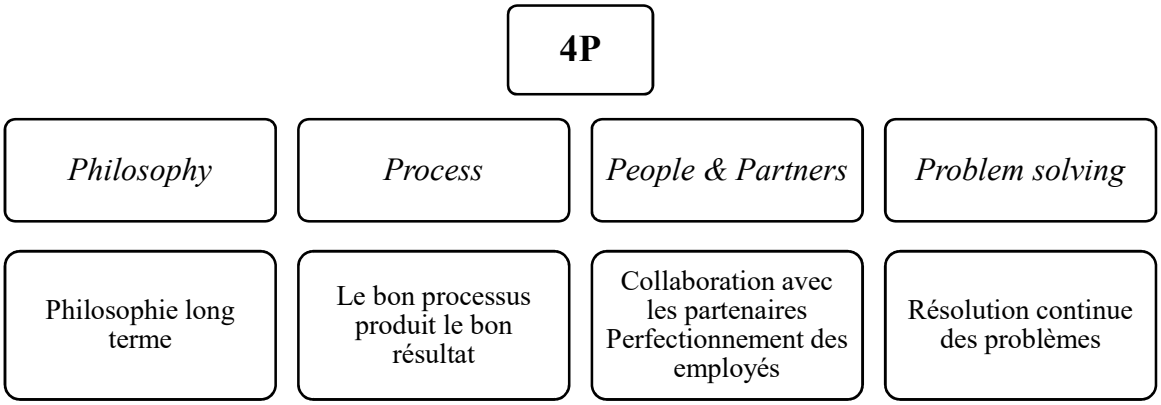


Figure 6. Les 4P de Toyota

2.3.1 La philosophie lean comme fondement

> Principe n°1 : *Fonder les décisions managériales sur une philosophie à long terme, même si cela affecte la réalisation des objectifs financiers à court terme*

Ce principe permet de bâtir une vision à long terme et à définir vers quel but l'entreprise veut tendre. Il rappelle que pour atteindre l'excellence industrielle, il faut engager des moyens sur le long terme et mobiliser l'ensemble des parties prenantes.

Même dans un contexte de crise, ce principe rappelle qu'il est important de ne pas privilégier des objectifs financiers à court terme, sous peine de ne pas obtenir de résultats durables. Ceux-ci ne sont possibles que grâce à une compréhension profonde des causes et origines des problèmes de l'entreprise.

2.3.2 Le bon processus produit le bon résultat

Principe n°2 : *Organiser un processus en flux en continu (pièce par pièce) pour mettre au jour les problèmes*

Les stocks masquent les problèmes, notamment les problèmes de qualité. En effet, un stock peut être considéré comme une quantité de produits en attente. Un produit défectueux est détecté lorsqu'on l'utilise, c'est-à-dire lorsqu'il a traversé le stock. Le délai de détection d'un défaut correspond au temps de traversée du stock.

Dans un stock important, on ne s'aperçoit des pièces non-conformes que tardivement. Le défaut n'ayant pas été détecté rapidement, d'autres pièces non-conformes ont été produites entre temps. Plus ce délai de détection est long, plus il est difficile de remonter à l'origine du défaut (changement de lot, de matière, des paramètres…).

Réduire les stocks permet donc d'être plus réactif aux problèmes de qualité.

En réduisant les stocks, on tend les flux qui deviennent très sensibles aux perturbations. Pour qu'un tel système fonctionne, il faut donc limiter la variabilité, anticiper les dysfonctionnements et résoudre les problèmes dès leur apparition.

Principe n°3 : *Utiliser des systèmes tirés pour éviter la surproduction*

Un système en flux tirés ne produit que sur demande explicite du client. Cela permet de répondre strictement à ses attentes.

Ce n'est pas le cas avec un système en flux poussés, puisque la production est planifiée selon l'anticipation des besoins du client. Or toute prévision comprend par définition des incertitudes : une prévision est inexacte. La surproduction est alors stockée, sans que l'entreprise soit certaine de l'utiliser par la suite.

Principe n°4 : *Lisser la charge de travail* (cf. *3.3.3 Heijunka ou* lissage de la charge de travail)

En théorie, une entreprise qui fonctionne en flux tirés devrait pouvoir satisfaire pleinement la demande variable des clients. Or dans la réalité, la variabilité de la demande provoque une variabilité des processus, qui est un type de gaspillage.

Principe n°5 : *Créer une culture de résolution immédiate des problèmes, de « bon du premier coup »*

Le coût d'une non-qualité augmente exponentiellement avec le délai de détection du défaut : plus la découverte est tardive, plus les coûts induits seront importants. En effet, la pièce en cours de production devient plus complexe et prend de la valeur à chaque opération.

Un problème qui apparaît une fois doit être définitivement résolu. Si ce n'est pas le cas, c'est que seuls les causes symptomatiques du problème ont été corrigées. Cela est du gaspillage et n'apporte rien à l'entreprise, puisqu'elle devra réengager des ressources pour recommencer les mêmes actions.

Principe n°6 : *La standardisation des tâches et des processus est le fondement de l'amélioration continue et de la responsabilisation des employés*

La standardisation signifie « figer les pratiques » alors que l'amélioration continue est au contraire un processus dynamique. Ces 2 notions ne sont toutefois pas incompatibles : le standard permet de stabiliser les pratiques avant de pouvoir les améliorer.

Dans un premier temps, il faut élaborer le standard selon les meilleures pratiques connues.

Dans un deuxième temps, il faut observer les tâches et processus selon le standard afin de corriger tout écart par rapport à celui-ci. Cette observation permet d'identifier les difficultés et les écarts « positifs ». Ces écarts représentent l'opportunité d'amélioration du standard.

Principe n°7 : *Utiliser des contrôles visuels afin qu'aucun problème ne reste caché*

La maîtrise de la qualité suppose que le temps qui s'écoule entre la détection d'un défaut et l'action corrective correspondante soit le plus court possible. Ce laps de temps sera d'autant plus court que le défaut est visible.

Les conditions de base de ce principe sont les 5S et le management visuel (cf. *4 Les outils du lean manufacturing*). Les 5S visent à rendre l'environnement propice à un travail efficace, en éliminant tout ce qui est inutile à la production pour améliorer les conditions de travail. On peut alors introduire des moyens de management visuels simples pour contrôler rapidement la production en cours (avancement, écarts, anomalies). *L'andon* fait partie de ces moyens et est couramment utilisé (*3.2.2 Jidoka*).

Principe n°8 : *Utiliser uniquement des technologies fiables, éprouvées, qui servent les collaborateurs et les processus*

Ce principe favorise l'amélioration continue à partir de solutions éprouvées, qui sont connues et maîtrisées. L'introduction d'une nouvelle technologie représente une prise de risque pour l'entreprise : rien ne garantit que les problèmes que l'on cherchait à régler seront résolus. D'autant que les améliorations liées à l'organisation et au facteur humain sont importantes, parfois insuffisamment explorées en raison de leur caractère imprévisible.

Une nouvelle technologie expose à plusieurs risques, parmi lesquels :

- Ne jamais atteindre la performance nominale annoncée par le fabricant une fois l'équipement installé
- Augmentation de la variabilité, due au délai nécessaire pour maîtriser le nouvel équipement
- Gestion complexifiée d'un parc de machines hétérogènes (pièces de rechange et besoins en maintenance différents par exemple)

2.3.3 Ajouter de la valeur à l'organisation en formant les collaborateurs et les partenaires

Principe n°9 : *Former des responsables qui connaissent parfaitement le travail, vivent la philosophie et l'enseignent aux autres*

Au Japon, les dirigeants sont longuement formés, à de nombreux postes, avant de se voir confier des responsabilités. Cela leur permet de connaître l'ensemble des métiers du groupe.

Ce principe préconise de former les dirigeants de l'entreprise plutôt que de les « acheter ». Généralement, un changement de dirigeant implique une rupture avec l'activité de son prédécesseur : les projets en cours sont souvent stoppés ou réorientés. Cela nuit à la pérennisation des progrès accomplis, à la mobilisation et à la motivation du personnel et plus largement à la cohérence des actions.

Ce principe est difficilement applicable dans les faits car il suppose réunir des conditions contraignantes : le prédécesseur doit être capable d'enseigner la philosophie du lean, il faut allouer le temps nécessaire à cette formation et trouver un candidat qui accepte ce mode de fonctionnement.

Principe n°10 : *Former des individus et des équipes exceptionnels qui appliquent la philosophie de l'entreprise*

Ce principe découle en quelque sorte du principe précédent vers les échelons de management inférieurs.
Le facteur humain est essentiel pour atteindre l'excellence industrielle. La meilleure technologie ne sera utile que si elle est mise en œuvre correctement par un personnel compétent et motivé, qui partage les objectifs de l'entreprise. L'entreprise doit donc apporter un soin particulier au choix de ses employés et à leur formation.

Principe n°11 : *Respecter son réseau élargi de partenaires et de fournisseurs en les encourageant et en les aidant à progresser*

Le XXIe siècle est marqué par la globalisation. Le succès d'une entreprise ne se limite plus à son organisation interne. La performance industrielle doit prendre en compte l'ensemble des maillons de la chaîne logistique (ou *supply chain*).

La relation entre une entreprise et son fournisseur sous forme de partenariat sera bénéfique aux 2 parties, alors qu'une relation donneur d'ordre – fournisseur ne sera satisfaisante pour aucune des 2 parties.

2.3.4 Résoudre les causes racines des problèmes en continu comme moteur d'apprentissage

Principe n°12 : *Aller sur le terrain pour bien comprendre la situation*

Les informations rapportées concernant un problème sur le terrain peuvent présenter 2 biais. Si elles sont issues de rapports, tableaux de bord, etc., les informations sont strictement objectives sans aucun élément contextuel qui pourrait les éclairer. Au contraire, si c'est une personne qui

rapporte ces informations, elles sont subjectives, issues de ressenti mais ne sont pas basées sur des éléments factuels.

Aller sur le terrain permet de se rendre compte de la situation et de la réalité du terrain.

> Principe n°13 : *Décider en prenant le temps nécessaire, par consensus, en examinant toutes les options en détail. Appliquer rapidement les décisions.*

Ce principe insiste sur l'intérêt de la résolution de problèmes, en groupe. La diversité des participants permet d'aboutir à une solution qu'un seul individu n'aurait pas imaginé. Le consensus est nécessaire pour éviter toute opposition et pour aligner les parties prenantes sur cette solution.

L'outil phare de ce principe est le PDCA. La phase de préparation et de planification ne doit pas être négligée, comme c'est souvent le cas. Cette phase permet d'analyser le problème et ses causes avant de le corriger. Des actions correctrices hâtivement mises en œuvre ne permettent pas de résoudre durablement les problèmes.
En revanche, une fois le plan d'actions décidé, sa mise en œuvre doit se faire sans attendre.

> Principe n°14 : *Devenir une entreprise apprenante grâce à la réflexion systématique et à l'amélioration continue (kaizen)*

Une entreprise apprenante est une organisation qui est ouverte à l'expérimentation, qui en tire des leçons et construit ainsi une connaissance propre au fil du temps.

Cet apprentissage est favorisé lorsque l'entreprise est en phase d'amélioration continue (cf. *3.3.1 Kaizen ou amélioration continue*) ou dans un contexte de résolution de problème. Les connaissances ainsi acquises sont transmises dans les standards de travail.

La réflexion systématique est une autocritique réalisée à la fin d'un projet, d'un chantier d'amélioration continue ou une résolution de problème. Cette réflexion porte l'analyse du processus employé lors de ce projet, afin d'en vérifier *a posteriori* la pertinence (définition et pertinence des objectifs, mise en œuvre des solutions, résultats…).

2.4 Les gaspillages

Les gaspillages sont des activités qui consomment des ressources sans apporter de valeur, dans l'ensemble des processus de l'entreprise [14]. Ils engendrent donc des pertes, tant financières que de temps. L'objectif est donc de réduire au maximum ces opérations à non-valeur ajoutée.

La chasse aux gaspillages est la recherche de ces activités afin de les éliminer.

Le lean permet d'obtenir des gains significatifs, en diminuant les gaspillages. Il est irréaliste de vouloir supprimer l'intégralité des gaspillages, certains d'entre eux sont « nécessaires ». Il s'agit par exemple des obligations liées à la réglementation, ou aux limites de la technologie utilisée, qui ne peut pas être changée.

L'objectif de gains peut alors être fixé comme étant la suppression des gaspillages et la minimisation des gaspillages « nécessaires », comme résumé dans la *Figure 7* ci-dessous [15].

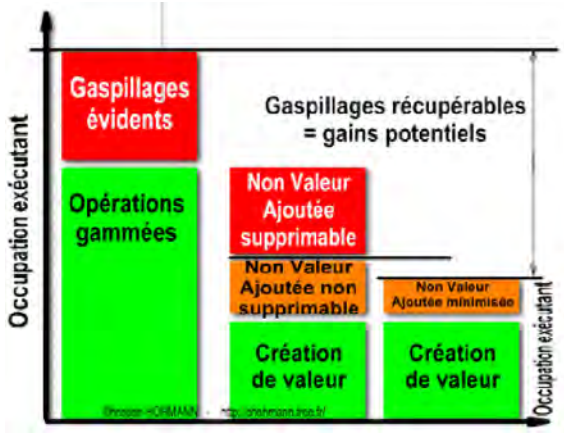


Figure 7. Objectif de gains du lean

Trois formes de gaspillages ont été identifiées : muda, mura, muri. On retrouve généralement l'ensemble de ces gaspillages dans un processus.

2.4.1 Muda

Le terme « muda » désigne toute activité n'ajoutant aucune valeur pour le client. Les muda sont également appelés *gâchis* ou *activités à non-valeur ajoutée* [1].

Les muda induisent une augmentation des coûts de revient, du temps de cycle du produit ou du service.

On dénombre 7 muda [7], [16] :

- Gaspillages provenant de la surproduction

Tout ce qui est produit en avance (donc non encore vendu) est considéré comme de la surproduction. Cela nécessite de la trésorerie puisqu'il faut payer toutes les ressources nécessaires à la production sans en récolter les fruits.

- Gaspillages provenant des temps d'attente
- Gaspillages dus aux pièces défectueuses (non qualité)
- Gaspillages dus aux stocks inutiles.
- Gaspillages occasionnés par les transports
- Gaspillages dans les processus de fabrication (process et méthodes inadaptés)
- Mouvements inutiles

On distingue 2 types de muda [1].
Les muda de type 1 sont définis comme étant des gaspillages essentiels, nécessaires.
Les muda de type 2 désignent les pertes réelles, qui n'ajoutent aucune valeur pour les clients et dont l'entreprise n'a pas besoin. Ce sont ces muda que l'on cherche à éliminer.

2.4.2 Mura

Le terme « mura » désigne les variations des processus dues à des déséquilibres. Les mura sont également appelés *irrégularité* ou *variabilité* [1].

Les sources de variabilité sont nombreuses. Elles influent sur les caractéristiques du produit, qui s'éloignent des standards définis. La production ne correspond pas à ce qui était attendu, en termes de qualité, de coûts, de délais... La variabilité est donc source de gaspillage.

Les standards de travail, la répétabilité et la reproductibilité des moyens de mesure, la capabilité des moyens de production sont des moyens utilisés pour quantifier puis réduire ces variabilités [7].

2.4.3 Muri

Le terme « muri » désigne le fait d'exercer une pression excessive sur le personnel, le matériel ou les équipements. Ce sont les *surcharges* ou le *déraisonnable* [1].

Il s'agit d'employer des moyens humains ou matériels surdimensionnés par rapport au besoin ou au résultat attendu [7].

3 Représentation du lean

Les principes du TPS sont souvent représentés sous la forme d'une maison (ou d'un temple). Elle est appelée la « maison Toyota » ou « maison lean », illustrée ci-après.

On trouve de nombreuses représentations du TPS dans la littérature. Cette représentation a été construite à partir de différents modèles et des principes que nous avons évoqués précédemment.

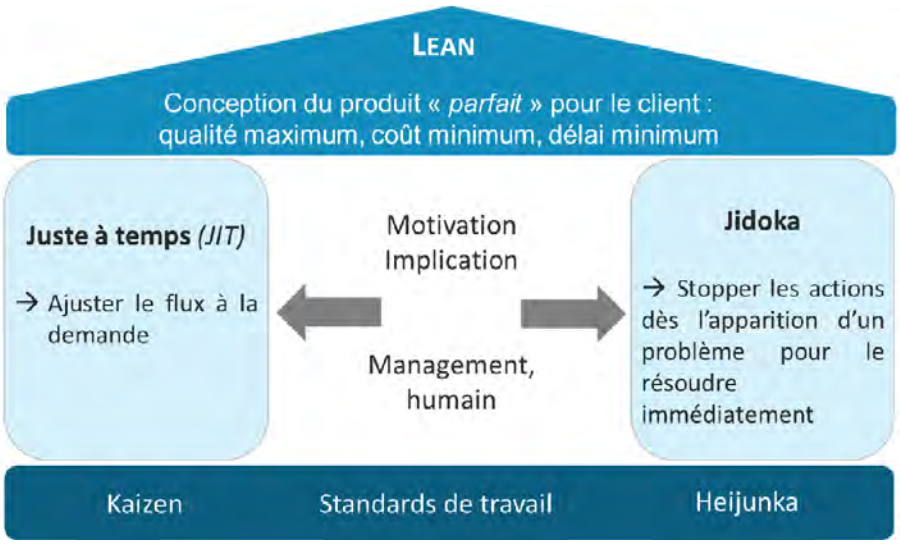


Figure 8. Maison TPS (Toyota Production System)

Visitons sans plus tarder cet édifice.

3.1 Le toit

Le toit de la maison représente l'objectif général du TPS, puis par la suite du lean : concevoir un produit « parfait », selon le triptyque classique « Qualité, coût, délai ».

On entend par là un produit avec une qualité irréprochable pour le client, qui représente un coût minimum pour l'entreprise et livré dans un délai minimal. On y ajoute parfois la notion de sécurité maximum pour les employés et de morale : la production se fait dans le respect de la philosophie lean.

3.2 Les piliers

Ce toit est solidement maintenu par 2 piliers :

- *Juste-à-temps* (ou JIT) : concept qui prône la production de ce que le client a besoin, quand il en a besoin et dans les quantités dont il a besoin
- *Jidoka* : concept selon lequel la qualité devrait être construite pendant le processus

3.2.1 Juste-à-temps (JIT)

Le JIT est un système de production qui vise à satisfaire le client en termes de qualité, de coût et de délai, tout en minimisant les ressources nécessaires [14]. Il s'agit donc de produire uniquement ce que l'on est sûr de vendre et d'ajuster le flux à la demande.

On peut le résumer ainsi : apporter au bon endroit la bonne pièce au bon moment dans la quantité juste nécessaire [16]. Le juste-à-temps va donc permettre de réduire les encours de production.

Le JIT poursuit 4 objectifs [17] :

- Diminuer les stocks, en particulier les stocks d'encours
- Réduire les coûts engendrés par les réglages et les stocks
- Diminuer le *lead time* pour diminuer les délais de livraison
- Augmenter la flexibilité, qui permet d'ajuster la production à la demande.

Un système de production classique consiste en une organisation en « îlots métiers », qui regroupe des machines de même type (cf. *Figure 9* ci-dessous [12]).

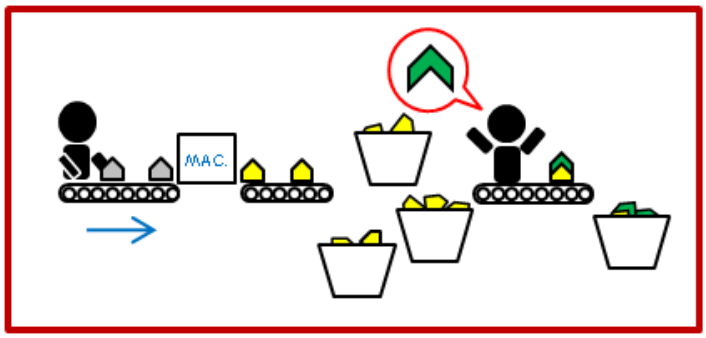


Figure 9. Ligne de production classique

Ce type de production produit par lots importants, ce qui conduit à un stock d'encours de production entre les processus nécessitant de fait des surfaces importantes. Les déplacements entre ces îlots sont nombreux. Tout ceci concourt à l'allongement du temps d'écoulement (*lead time*, voir *4.1.1 Value Stream Mapping (VSM)*) [14].

Le juste-à-temps permet de réduire ces ressources grâce à une organisation des équipements en flux selon l'ordre des opérations et de tendre (ou tirer) les flux (cf. *Figure 10* ci-dessous [12]).

Ce concept repose notamment sur les notions de lissage de la production, de l'utilisation du système kanban, et de la réduction des temps de changement de série.

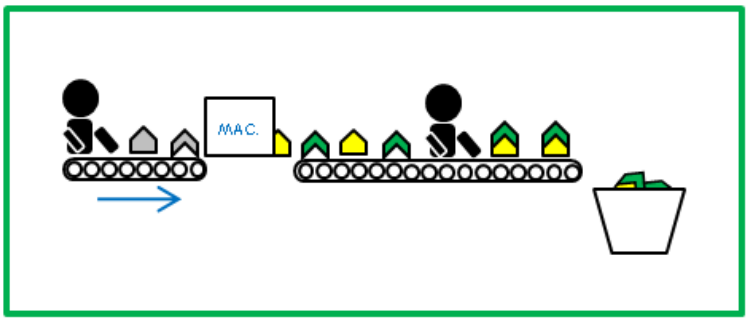


Figure 10. Ligne de production en flux tirés

3.2.2 Jidoka

Le *jidoka* peut être traduit par « autonomation » ou « auto-activation », ce qui signifie « automatisation intelligente » [14].

C'est un système qui permet à la machine de détecter l'apparition de défaut et de s'arrêter automatiquement pour éviter la transmission du défaut aux étapes suivantes du processus.

Le *jidoka* poursuit un double objectif [14], [16] :

- Séparer le travail de l'homme de la machine, pour la rendre autonome : les contrôles sont effectués par les machines elles-mêmes

- Empêcher la production de pièces non conformes, en réagissant immédiatement en cas d'apparition d'un défaut, en arrêtant la production si nécessaire

Lorsque le *jidoka* n'est pas mis en place (cf. *Figure 11* ci-dessous [12]), des pièces défectueuses sont produites. Leur détection nécessite l'intervention de l'opérateur.

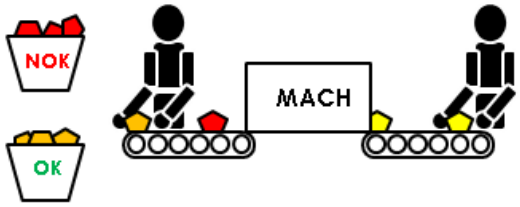


Figure 11. Système de production sans jidoka

À l'inverse, lorsque ce système est mis en place (cf. *Figure 12* ci-dessous [12]), la machine signale la présence d'une non-conformité grâce à *l'andon*. L'intervention de l'opérateur n'est donc plus requise pour la détection de la non-conformité, et le processus ne produit plus de pièces défectueuses. Ainsi, l'opérateur peut prendre en charge d'autres opérations et ne s'occuper de cette machine que lorsqu'elle produit des pièces non conformes.

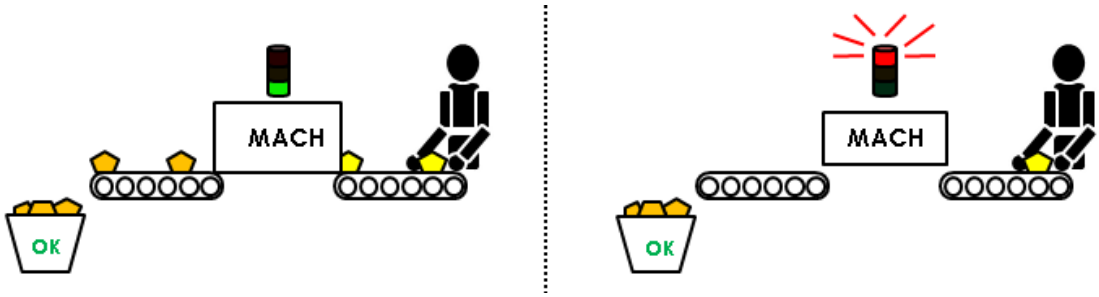


Figure 12. Système de production avec jidoka

L'autonomation permet ainsi de réduire les pertes en stoppant la production dès le premier défaut. Cependant, cela ne permet pas d'éviter que le défaut réapparaisse, d'où la nécessité de mettre en place une démarche de résolution de problème (recherche des causes racines et mise en œuvre des actions préventives et curatives qui en découlent).

L'arrêt de la production ne constitue pas une fin en soi : il vise plutôt une intervention rapide des acteurs de terrain pour rechercher la cause racine du défaut pour qu'il ne se reproduise plus. Le jidoka permet donc d'assurer la qualité dans le processus.

Le *jidoka* englobe toutes les étapes de la signalisation du défaut (*andon*) jusqu'à l'éradication définitive du défaut [14].

L'*andon* désigne l'ensemble des systèmes lumineux qui permettent de visualiser l'état de fonctionnement d'une machine ou d'un process. C'est un contrôle visuel qui signale l'apparition d'un défaut. L'opérateur ainsi alerté peut entamer une démarche de résolution de problème. Si le problème n'est pas résolu pendant le *takt time* (voir *4.1.1 Value Stream Mapping (VSM)*), la ligne est arrêtée jusqu'à la clôture de cette démarche [14], [16].

Ce concept a été inventé par le fondateur de Toyota, lorsqu'il a inventé dans les années 80 un métier à tisser avec arrêt automatique lorsqu'un fil se cassait [7].

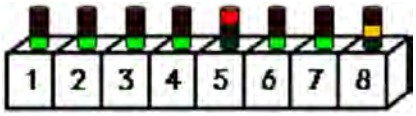


Figure 13. Exemple de l'andon

3.3 Les fondations

Ces 2 piliers reposent sur des fondations, qui représentent les 4 outils fondamentaux du lean :

- L'utilisation du *heijunka* pour éliminer les inégalités
- Le travail standardisé
- Le management visuel et les 5S
- La philosophie de la méthode Toyota : elle comprend plusieurs principes et pratiques, résumés par Jeffrey Liker [13]

3.3.1 Kaizen ou amélioration continue

Le mot *kaizen* est l'association de 2 idéogrammes japonais, qui signifie « Amélioration continue » (cf. *Figure 14* ci-dessous).

Le *kaizen* désigne les petites améliorations faites pas à pas par les opérationnels, sans gros moyens mais régulièrement. C'est un processus de progrès permanent, collectif et peu coûteux aussi bien qu'un état d'esprit qui illustre le 5ème principe fondamental du lean : la quête de la perfection [9], [14].

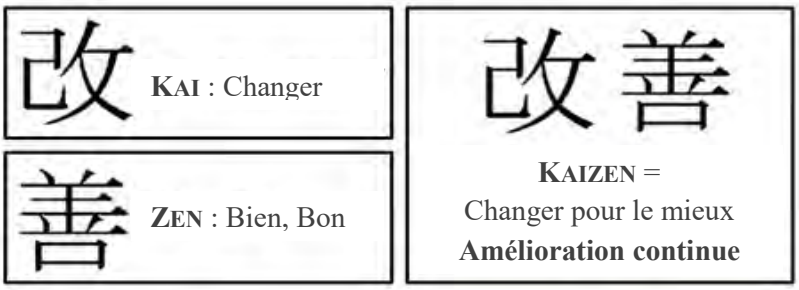


Figure 14. Idéogrammes du kaizen

L'objectif du *kaizen* est d'améliorer les processus en éliminant systématiquement les muda. Les performances sont donc améliorées en termes de qualité, de coût et de délai.

C'est une démarche participative : les collaborateurs de terrain sont impliqués dans la résolution de problèmes et dans l'amélioration des conditions de travail pour atteindre les objectifs de performance. Elle permet l'adhésion du personnel à cette démarche et le renforcement de la culture de l'entreprise. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, le lean est basé sur la satisfaction du client, et par extension, de toutes les parties prenantes. L'amélioration continue est donc essentielle pour pérenniser la satisfaction des parties prenantes [14].

Les améliorations impliquées sont petites, le rythme de progression est donc assez lent. Pour obtenir des résultats plus rapidement, la direction peut appuyer la mise en place d'améliorations rapides et ciblées au travers de chantiers *kaizen*, ou « chantier *Hoshin* ». C'est ce qu'on appelle la démarche *Kaizen Blitz*. L'inconvénient est que modifier l'environnement de travail des acteurs de terrain en quelques jours ne leur permet pas de s'approprier ce nouvel environnement.

La mise en œuvre d'un chantier *Kaizen* comporte 3 étapes [14] :

- La préparation, qui dure environ une journée.

L'objectif de cette phase est de définir le périmètre du chantier, de constituer le groupe (pluridisciplinaire) de participants et d'organiser la logistique de déroulement du chantier. C'est également à ce moment que sont fixés les objectifs et les indicateurs pour les mesurer.

- La partie « intensive » dure 3 à 5 jours consécutifs.

Pendant cette phase, le groupe de travail analyse la situation de départ : il identifie le(s) problème(s) et recherche les causes racines (cf. *4.2.6 Résolution de problème*). Il propose ensuite des pistes d'amélioration avant de mettre en place certaines de ces propositions pour éradiquer les causes racines. Lors de cette étape, les nouveaux standards de travail sont définis et le plan d'action PDCA est élaboré pour la suite des opérations.

- Le suivi, qui nécessite plusieurs jours non consécutifs.

Le suivi du chantier permet de finaliser, de stabiliser et de consolider la nouvelle situation obtenue grâce au *Hoshin*. Ces journées permettront de finaliser le plan d'actions, de surmonter les obstacles survenus en cours de route et de former les opérateurs de la zone.

Ce chantier *kaizen* doit servir de tremplin pour faire évoluer l'environnement de travail physiquement : ces changements seront utiles pour la communication réalisée à propos de ce chantier.

3.3.2 Travail standardisé

Le travail standardisé consiste en l'exécution d'une séquence d'opérations selon la meilleure de façon de procéder, décrite dans des standards.
Ces standards de travail décomposent les étapes et tâches des processus de production, qui représentent la meilleure façon de procéder en ciblant l'amélioration du *takt time* (voir *4.1.1 Value Stream Mapping (VSM)*), la séquence et le flux matière (matières et produits) [18], [19].

En français, le travail standardisé renvoie avant tout à la part humaine de l'exécution d'une tâche. L'expression anglaise *standardized work* englobe quant à elle une notion plus large : moyens, outils, pièces, méthodes, temps imparti… [7].

Les standards de travail permettent de répondre à plusieurs objectifs [16] :

- De productivité : le personnel utilise la méthode optimale
- De sécurité et de qualité : le personnel respecte les procédures qui ont été établies en tenant compte de ces aspects
- De flux : les flux sont synchronisés sur la demande, ils sont donc harmonisés.

On peut résumer ainsi l'objectif du travail standardisé : « assurer que la même tâche est exécutée avec les mêmes moyens, de la même manière pour toutes les unités produites par n'importe quel exécutant » [7].

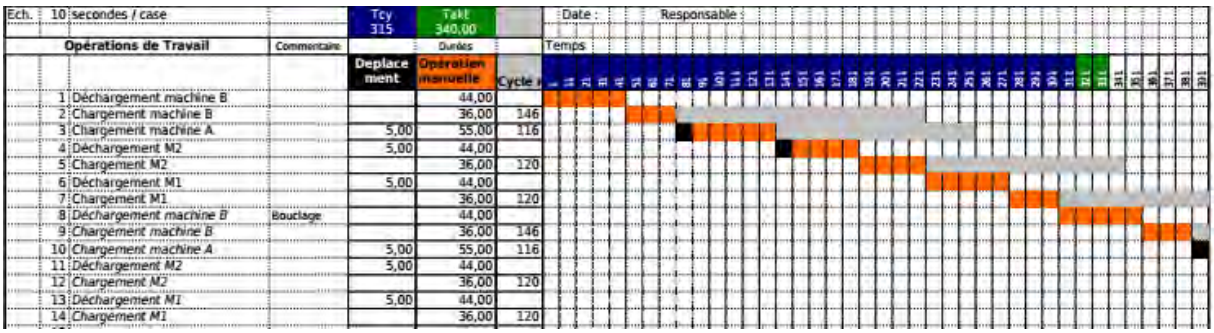
Les opérations de chaque étape de production sont décomposées et leur temps de réalisation est comparé au *takt time*. Ainsi, on peut visualiser aisément les opérations dont la durée est supérieure au *takt time*, qui doivent être réduites. C'est également l'occasion de supprimer les gaspillages et les étapes inutiles, avant de répartir le plus équitablement possible la charge de travail entre les opérateurs[18].

Généralement, les opérateurs utilisent des méthodes de travail différentes, propres à chacun. Dans ce cas, le résultat du processus est imprévisible, et les améliorations apportées par le *kaizen* ne seront pas forcément appliquées. La standardisation permet alors de minimiser les variations introduites par les opérateurs, donc de garantir la répétabilité des performances des opérations. Ainsi, les variations qui pourraient diminuer ces performances sont éliminées [19].

Grâce à cette standardisation, les anomalies sont visibles. On peut alors en déterminer les causes racines afin de les éradiquer. Elle permet donc également de réduire les gaspillages, de faciliter la résolution de problèmes et d'améliorer la productivité [19].

La standardisation du travail assure une amélioration et empêche les retours en arrière. Elle comporte [9] :

- Un mode opératoire, qui détaille les opérations, leur enchaînement, le temps qui leur est alloué etc.
- Un plan de situation du poste, qui reprend la séquence des opérations de déplacement des opérateurs
- Un simogramme, graphique qui représente l'enchaînement des opérations dans le temps (cf. *Figure 15* ci-dessous).



OPERATION	DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILLAGES	TEMPS en Cmin Tt	Ttm	Tm	Tz
1	Prendre et monter pièce dans montage	Montage d'usinage			60	
2	Fermer carter de protection	FRP02M20			10	
3	Appuyer sur départ cycle				5	
4	Usiner pièce		150			
5	Ouvrir carter de protection				10	
6	Démonter pièce du montage				30	
7	Poser pièce sur desserte				10	
8	Nettoyer montage (les appuis avec soin)	Montage de contrôle			10	
9	Contrôler pièce	FRP02C20				
		TOTAUX	150		135	80

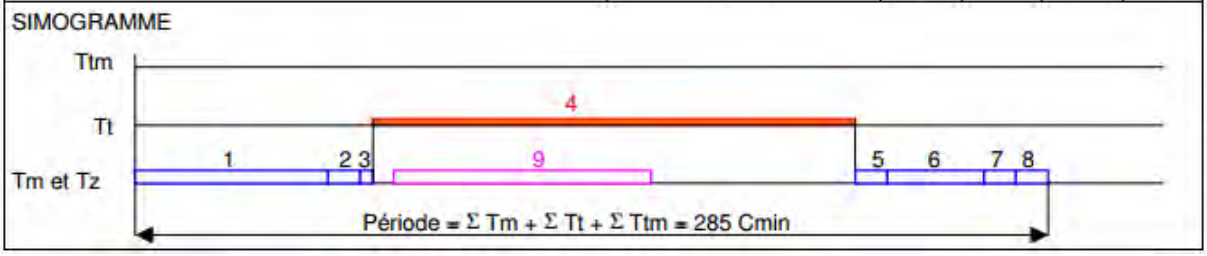


Figure 15. Exemples de simogramme

Il est important que les supports utilisés soient visuels. Pour cela, on peut y intégrer des schémas, photos, pictogrammes (cf. *4.2.1 Management visuel*). La présence de ces repères facilite la compréhension de ces documents. Ceci est primordial étant donné que les standards ainsi mis en place servent de support à la formation des nouveaux opérateurs [18].

Enfin, pour une bonne adhésion et une application de ces documents, il est important que les acteurs de terrain soient associés à la conception et à la rédaction de ces documents, ainsi qu'à leur révision régulière qui permet de les maintenir à jour.

3.3.3 Heijunka ou lissage de la charge de travail

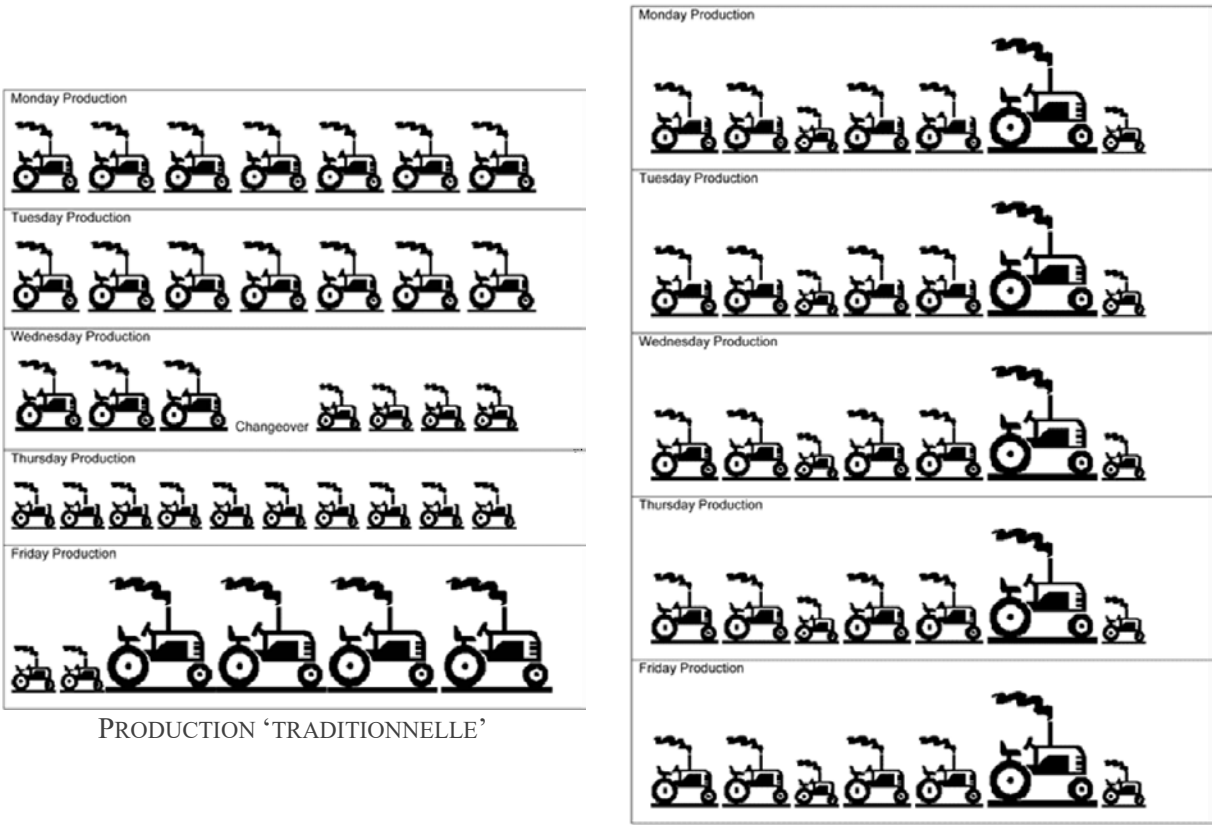
Le lissage de la production consiste à séparer les variations de la demande des capacités de production.

Le *heijunka* a pour objectif de limiter les stocks de produits finis et de générer un flux continu de produits. Cela permet de réguler les besoins en ressources (main d'œuvre, machines, matières) et de tirer le flux [14].

Le *heijunka* est un système basé sur le management visuel de la production. Le principe est de fragmenter la demande en plus petites quantités, réparties sur des temps plus courts, puis à les lisser [7].

À partir des prévisions de vente ou d'un historique, le volume de production prévisionnel est fractionné : il doit être régulier. La taille des lots est fortement diminuée : les changements de séries sont plus fréquents. Le *heijunka* est donc étroitement lié à cette problématique de temps de changement de série, que nous traiterons plus loin (*4.2.4 Single Minute Exchange of Die (SMED)* et *Application de ces outils dans une unité de production*) [14].

La *Figure 16* ci-dessous [20] illustre la différence en termes d'organisation d'une production hebdomadaire, entre un fonctionnement traditionnel et le *heijunka* [8].



PRODUCTION 'TRADITIONNELLE'

PRODUCTION LISSÉE

Figure 16. Comparaison entre production traditionnelle et production lissée

Une fois le programme de production lissé, l'entreprise peut optimiser son équilibre de charge et de capacité [17].

4 Les outils du *lean manufacturing*

Le *lean manufacturing* est un modèle de gestion de production dont l'objectif est d'être au plus près de la demande client tout en éliminant tout gaspillage [21].

Pour mettre en place un tel modèle, de nombreux outils sont à disposition. Nous allons à présent en découvrir certains, les plus couramment déployés dans les entreprises. Ils sont regroupés en 2 catégories : ceux qui permettent d'améliorer l'organisation d'une part, et ceux qui permettent d'augmenter le rendement industriel d'autre part.

4.1 Améliorer l'organisation

4.1.1 Value Stream Mapping (VSM)

VSM est l'abréviation de l'anglais *Value Stream Mapping*, ce qui signifie par « cartographie des flux » ou encore « cartographie de la chaîne de valeur ». On peut le trouver également le nom de *Material and Information Flow Analysis* (MIFA).

C'est un outil indispensable de l'analyse des processus, qui décrit le flux physique et le flux d'information associé.

- *Objectif*

Le premier objectif de la VSM est de visualiser les flux physiques et les flux d'informations existants, de la matière première au produit fini. Cet outil permet de mettre au jour les dysfonctionnements et les potentiels d'amélioration, et permet ainsi de définir un flux au plus juste.
Le flux de valeur est l'ensemble des activités mises en œuvre pour réaliser et livrer un produit, que ces activités soient à valeur ajoutée ou non [9], [14].

L'autre objectif de la VSM est de s'adapter au rythme du client, en calant la cadence de production sur la demande client [22].

- *Méthodologie* [14], [22]

Une VSM se réalise en 4 étapes, que nous allons commenter.

Préparer

Le prérequis à cette démarche est le regroupement des produits en familles de produits.

Lors de cette phase de préparation, la famille de produits concernés par la VSM est sélectionnée. Le périmètre de la VSM et l'équipe en charge de cette étude sont également définis. L'organisation logistique du projet et la communication associée sont déterminées au préalable.

L'observation et la collecte de données sont réalisées sur le terrain et l'équipe comprend des acteurs de terrain. Ainsi, la cartographie représente les opérations telles qu'elles sont effectivement réalisées et non telles qu'elles sont prévues dans les procédures.

Cartographier l'existant

Pour réaliser cette cartographie, il faut choisir quelques pièces représentatives puis les suivre sur l'ensemble du périmètre défini. On relève ensuite les flux physiques et les flux d'information, ainsi que les dysfonctionnements et les muda. L'analyse est réalisée de l'aval vers l'amont.

Avec toutes ces informations, on est en mesure de tracer cette cartographie de l'état actuel, qui dont un exemple est présenté sur la *Figure 17* [22].

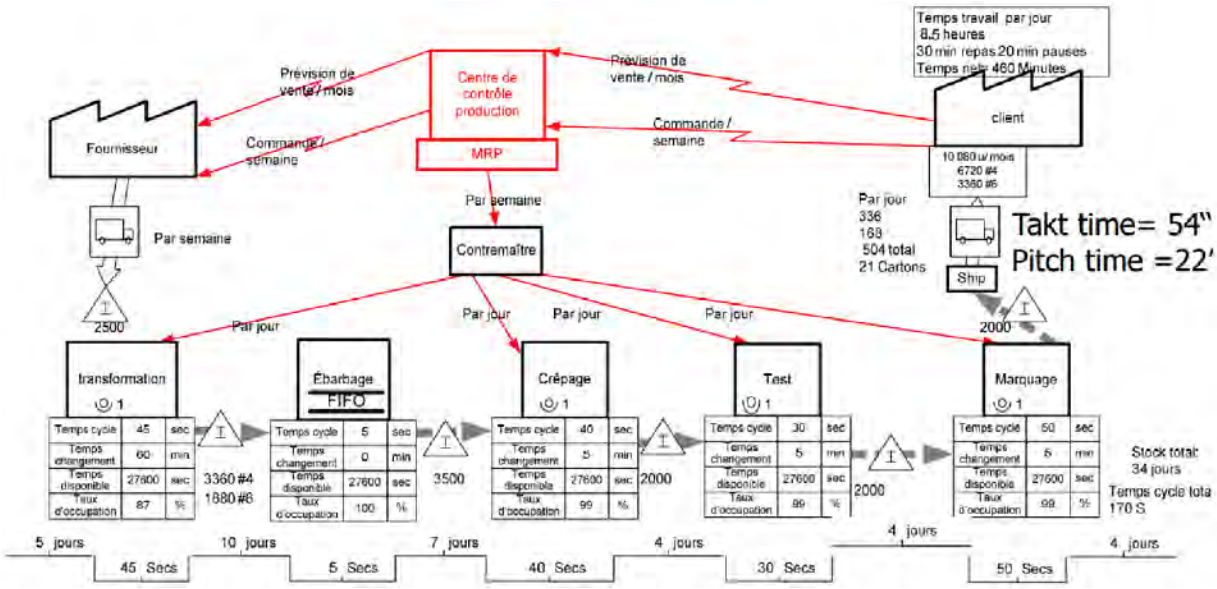


Figure 17. Exemple de représentation d'une VSM de l'état actuel

La lecture de ce type de diagramme est facilitée par des conventions de représentation internationales [9] (cf. *Figure 18* ci-après, d'après [22]).

En plus des flux physiques, des flux d'information, des dysfonctionnements, la ligne de temps est renseignée. Elle permet de distinguer les temps à valeur ajoutée (VA), soit les temps d'exécution des temps à non-valeur ajoutée (NVA), soit les temps d'attente.

On calcule habituellement le taux de valeur ajoutée, qui correspond au ratio entre la somme des temps à VA et le temps de traversée, le *lead time*. Le lead time est la somme des temps à VA et des temps à NVA. Il est fréquent que ce taux ne dépasse pas 2% avant toute action d'amélioration [7].

D'autres indicateurs sont également renseignés/ calculés : le *takt time* et le *pitch time*. Le *takt time* correspond à la cadence du cycle de fabrication du processus étudié. Le *pitch time* est obtenu en multipliant le *takt time* et le nombre d'unités d'unités produites par le processus.

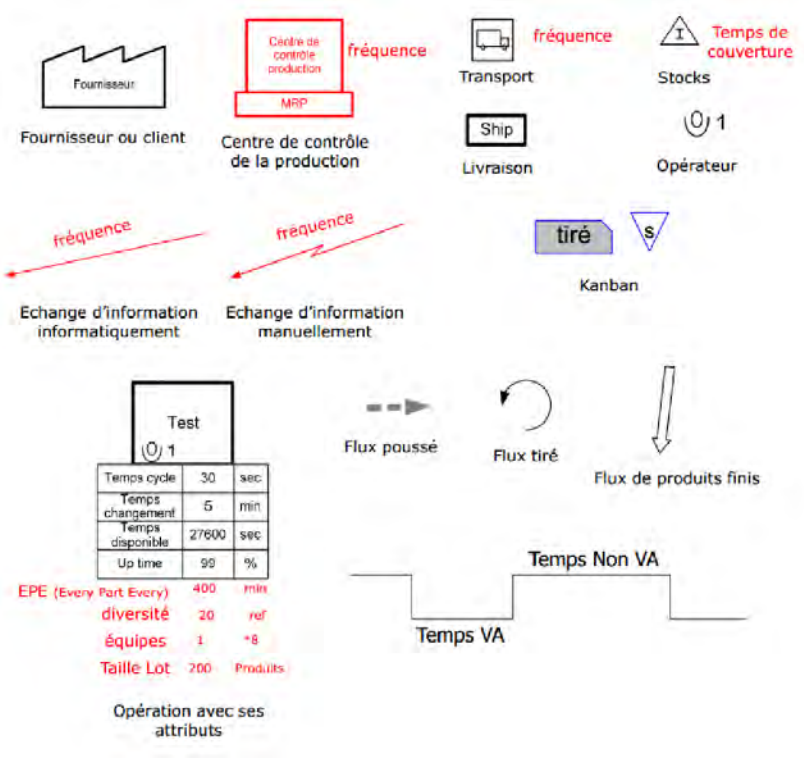


Figure 18. Exemple de symboles utilisés pour la légende d'une VSM

Réaliser la cartographie cible

Une fois la cartographie de l'état actuel établie, l'étape suivante est l'élaboration d'une cartographie dite « idéale ». On y conçoit un modèle idéal, sans dysfonctionnement, en tenant compte toutefois des technologies et des connaissances disponibles. La différence entre ces 2 cartographies fournit un plan d'actions pour l'amélioration des processus [9].

La carte de l'état actuel permet d'identifier les problèmes. Il faut ensuite appliquer les principes du juste-à-temps à ce processus.

À cette étape, il faut donc évaluer la capacité de production nécessaire pour répondre à la demande, pour créer un flux de production continu (suppression des stocks entre opérations à VA). On détermine ensuite comment contrôler la production grâce au *takt time*, avec la gestion des stocks et la mise en place des flux tirés [22].

La *Figure 19* ci-dessous présente la cartographie de l'état futur du processus présenté au paragraphe précédent [22].

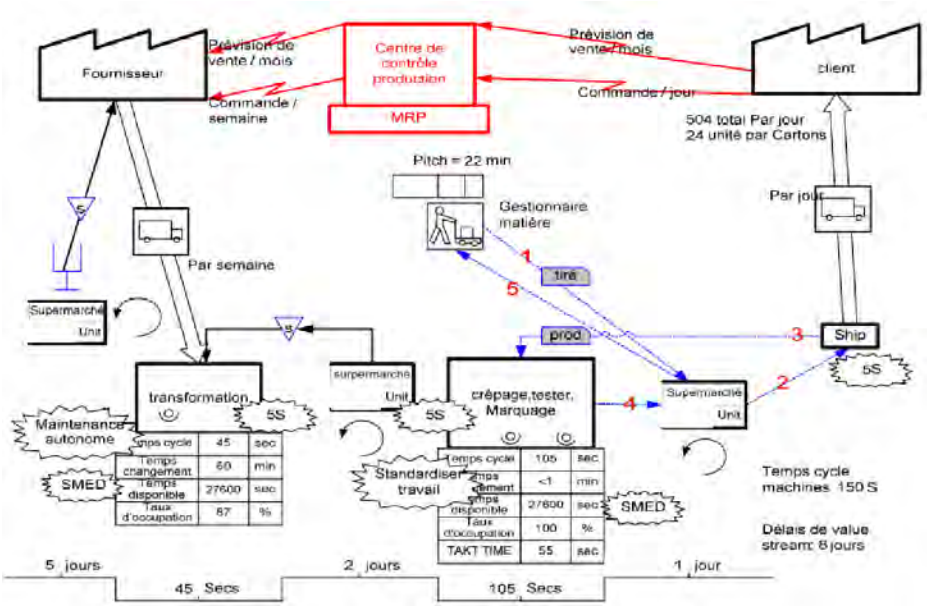


Figure 19. Exemple de représentation d'une VSM de l'état futur

Construire le plan de déploiement

Une fois les gisements d'amélioration identifiés, il faut déterminer quelle méthode d'amélioration sera la plus appropriée. Cette phase consiste en la sélection des chantiers lean à déployer pour atteindre la cible.

Tous les chantiers ne pourront pas être menés en même temps. Dans un premier temps, il faut donc les prioriser selon leur impact et les contraintes (de temps, de ressources, etc.).

La deuxième phase de cette étape correspond au déploiement des chantiers sélectionnés : élaboration du plan d'actions puis implantation des actions déterminées.

Dans la durée, il faut suivre les améliorations et consigner les nouvelles performances pour que les améliorations apportées soient durables.

4.1.2 5S

Le premier de ces outils est le « 5S ». Ils constituent un pilier du lean.
Les chantiers d'amélioration continue doivent être entrepris dans une zone propre et ordonnée : les 5S constituent donc le point de départ de ces chantiers [16].

Le sigle « 5S » provient de la première lettre des 5 verbes d'action japonais qui résument cette démarche. On peut le traduire par 5 verbes commençant par la lettre S ou par 5 verbes dont l'acronyme est ORDRE (cf. *Figure 20* ci-dessous) [14].

JAPONAIS	TRADUCTIONS FRANÇAISES	
SEIRI	Supprimer l'inutile	Ôter l'inutile
SEITON	Situer	Ranger
SEISO	(faire) Scintiller	Décrasser pour détecter les anomalies
SEIKETSU	Standardiser	Rendre évident
SHITSUKE	Suivre	Enraciner les bonnes pratiques

Figure 20. Traductions des 5S

- *Objectif*

L'objectif est d'organiser les postes de travail pour améliorer les conditions de travail des collaborateurs sur le terrain. Cela passe par la construction d'un environnement de travail fonctionnel, notamment grâce à des règles précises sur les méthodes de travail les plus efficaces [23].
Les améliorations et les gains sont attendus sur la qualité, la productivité, la sécurité, la motivation, les coûts et sur les conditions de travail des opérateurs [18].

- *Méthodologie*

Les 5 S constituent un moyen mnémotechnique pour appliquer cette méthode, même si les 5 étapes ne se déroulent pas dans un ordre chronologique. Cette méthode peut être résumée comme suit :

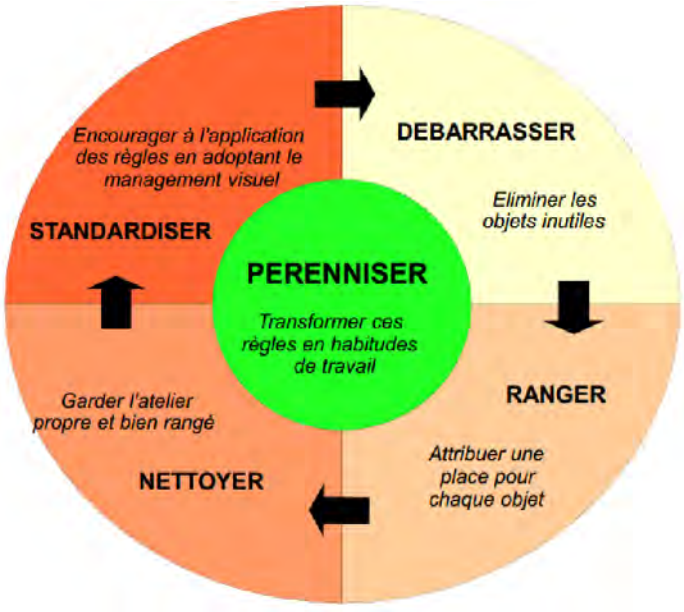


Figure 21. Résumé de la démarche 5S

On déploie en premier lieu les 3 premiers S pour débarrasser et nettoyer le poste de travail.
Les 2 S suivants sont ensuite déployés avec la mise en œuvre de standards de travail et des audits et inspections, qui permettent pérenniser la démarche et de suivre dans le temps les progrès et éventuelles dérives.

Dans cette démarche, on met en œuvre chacun des 5S. Nous allons à présent détailler les 5 différentes étapes, qui correspondent à chacun des 5S [14], [23].

Seiri – Supprimer l'inutile, débarrasser

Dans cette première étape, tout ce qui se trouve sur le poste de travail est trié. Il est débarrassé de tout ce qui est inutile et ce qui est rarement utilisé est stocké à l'écart, pour ne conserver que ce qui est strictement nécessaire à la production. Tout ce qui est inutile ou conservé « au cas où » est donc éliminé.
Garder uniquement l'essentiel permet également de limiter les risques d'accident au poste de travail et de gagner en efficacité puisqu'il n'est plus encombré.

Seiton – Situer, ranger

Cette étape consiste à ranger de façon ergonomique tout ce qui a été conservé lors de l'étape précédente, plus ou moins près du poste de travail selon la fréquence d'utilisation.
« Une place pour chaque chose, chaque chose à sa place ». Cela garantit l'efficacité (où et comment ranger), la qualité et la sécurité (comment ranger).

Seiso – faire Scintiller, nettoyer

Les machines sont nettoyées en profondeur lors de cette étape, pour mettre en évidence les dégradations et les sources de salissure. L'objectif est d'éliminer ces sources de salissure pour que les machines restent propres.

Seiketsu – Standardiser, organiser

Lors de cette étape, on s'attache à définir des règles précises afin que tout soit maintenu en ordre. Cela permet de pérenniser le travail effectué lors des 3 premiers S, ainsi que de repérer des anomalies de fonctionnement afin de les corriger.
Pour cela, il faut identifier, étiqueter, adopter des codes couleurs et définir des standards visuels.

Shitsuke – Suivre et faire évoluer

Enfin, instaurer la rigueur permet de développer une discipline collective pour faire perdurer les améliorations apportées par ce chantier : promouvoir l'esprit d'équipe, acquérir de nouvelles habitudes, mettre en œuvre des dispositifs anti-erreurs. Cette étape n'intervient pas à la fin de la démarche mais est un état d'esprit à conserver tout au long de la démarche.

La *Figure 22* ci-dessous illustre les résultats que l'on peut obtenir dans un atelier avec le 5S [24].

Figure 22. Exemple d'application du 5S dans un atelier

4.2 Augmenter le rendement industriel

4.2.1 Management visuel

Le management visuel repose sur l'utilisation d'indications visuelles qui garantissent le bon déroulement des opérations. Le management visuel permet d'appréhender rapidement une situation et d'identifier rapidement le standard utilisé selon les situations [17].

Le management visuel englobe l'ensemble des consignes, rédigées de manière explicite, en privilégiant les représentations graphiques [14].

Le management visuel répond à deux objectifs [16]–[18] :

- Communiquer en temps réel la performance sur les lignes.

Les affichages en zone de production sont standardisés et comportent des indicateurs de performance. Cette communication inclut une réunion opérationnelle quotidienne pour « faire le point ». La participation des opérateurs et leur adhésion est ainsi renforcée.

- Visualiser au maximum les standards de travail, qui sont explicites : il ne doit pas y avoir de place pour une interprétation des documents.

Cela permet de visualiser rapidement les écarts potentiels par rapport à ces standards. Le management visuel vise ainsi à optimiser les processus, éliminer les gaspillages et assurer le niveau de qualité requis.

Figure 23. Exemple de tableau de bord d'une ligne de conditionnement

Les 5S, *l'andon* ou encore les tableaux de bord (avec les rapports A3 notamment) représentent des outils de management visuel largement utilisés [17]. La *Figure 23* ci-dessus représente un exemple de tableau de bord sur une ligne de conditionnement. Il reprend les indicateurs de performance qu'il a été décidé de suivre en termes de qualité, de productivité, d'organisation et de sécurité. Il comporte également une partie dédiée aux projets d'amélioration continue [25].

Il ne faut pas confondre management et communication visuel. La communication visuelle désigne uniquement la diffusion ou la mise à disposition d'informations. Le public qui reçoit cette information peut être passif, il n'est pas impliqué. Le management visuel, quant à lui, un système qui non seulement informe mais qui engage le public ciblé à agir [26].

4.2.2 Taux de rendement synthétique (TRS)

Le taux de rendement synthétique (TRS) est un indicateur couramment utilisé pour mesurer la performance d'un équipement. Il permet de mesurer l'importance des aléas de production, c'est-à-dire les arrêts de production, les pannes et micro-arrêts, les écarts de cadence (ralentissements) [23].

- *Définitions*

Le TRS permet d'apprécier la productivité des équipements. Précisons en premier lieu ce terme. La productivité est définie par la relation :

$$Productivité = \frac{Quantité\ de\ pièces\ bonnes\ effectivement\ produite}{Quantité\ de\ pièces\ bonnes\ théoriquement\ réalisable}$$

La quantité de pièces théorique est calculée en conditions idéales (absence d'aléas de production, réglages parfaits, pas de non-qualité, personnel formé…). Ces conditions ne sont jamais réunies et il faut tenir compte de l'ensemble de ces contraintes. Un objectif de productivité de 100% est inatteignable [9].

Le TRS correspond au ratio entre le temps réellement utile d'utilisation réelle de l'équipement de production et le temps utilisé. Un vocabulaire spécifique est employé pour désigner les différents types de temps sur un équipement de production. Ils sont présentés dans la *Figure 24* ci-dessous [27].

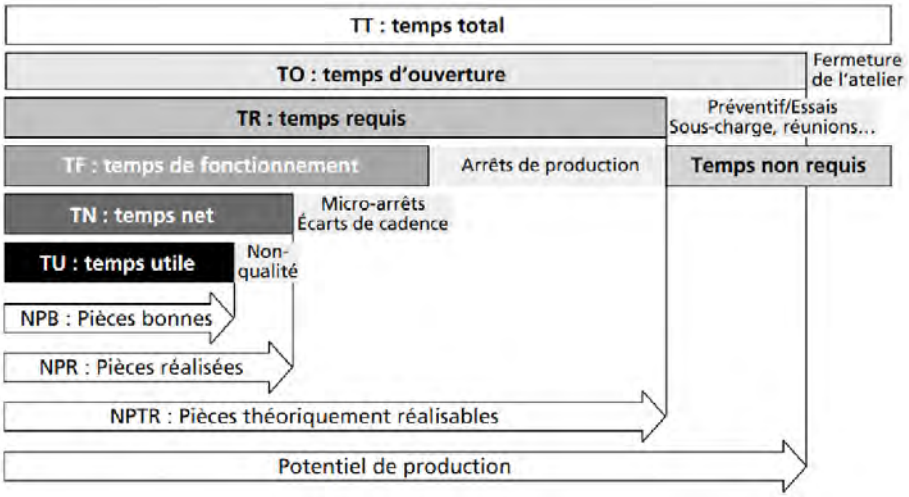


Figure 24. Différents temps de production (norme NFE 60-182-2002)

- *Méthode de calcul*

Plusieurs méthodes de calcul peuvent être utilisées, selon les informations aisément accessibles dans l'entreprise. La plus courante est la suivante :

$$TRS = \frac{Nombre\ de\ pièces\ fabriquées\ bonnes}{Temps\ requis \times Cadence\ nominale}$$

Plus le TRS est bas, moins l'équipement est performant. Pour améliorer la productivité (et donc le TRS), il est donc nécessaire de diminuer les aléas de production, ainsi que la production de produits finis non conformes (non-qualités).

Il est intéressant de suivre cet indicateur à intervalles réguliers. En quelques minutes, la revue du TRS quotidienne permet de corriger rapidement les dérives. L'exploitation du TRS peut également être plus approfondie et avoir lieu mensuellement. Dans ce cas, le suivi permet d'engager des actions d'amélioration, grâce à une analyse plus poussée des causes majoritaires d'aléas de production ou de non-qualités [23].

Certaines entreprises font le choix de suivre un autre indicateur de productivité : le taux de rendement global (TRG). Celui-ci est plus strict que le TRS puisqu'il considère que théoriquement, l'équipement aurait pu produire pendant la totalité du temps d'ouverture. On obtient donc des taux plus faibles qu'avec le TRS, d'où peut-être une utilisation moins généralisée.

4.2.3 Roue de Deming (PDCA)

La roue de Deming, aussi appelée, PDCA désigne une démarche d'amélioration continue en 4 étapes qui correspondent à l'acronyme formé par 4 verbes d'actions anglais (cf. *Figure 25* ci-dessous [23]).

ANGLAIS	TRADUCTION FRANÇAISE
PLAN	Planifier, préparer
DO	Déployer, déléguer, faire
CHECK	Contrôler, vérifier
ACT	Anticiper, adapter, consolider

Figure 25. Signification du PDCA

- *Objectif*

L'objectif du PDCA est de générer un esprit d'amélioration continue. Il est utilisé également dans la démarche de résolution de problème (cf. *4.2.6.5 Rapport A3*).
La roue de Deming permet de visualiser l'avancement d'un plan d'actions, pour atteindre les objectifs fixés.

- *Méthode*

La *Figure 26* (d'après [18], [23], [28], [29]) résume les différentes étapes de cette démarche.

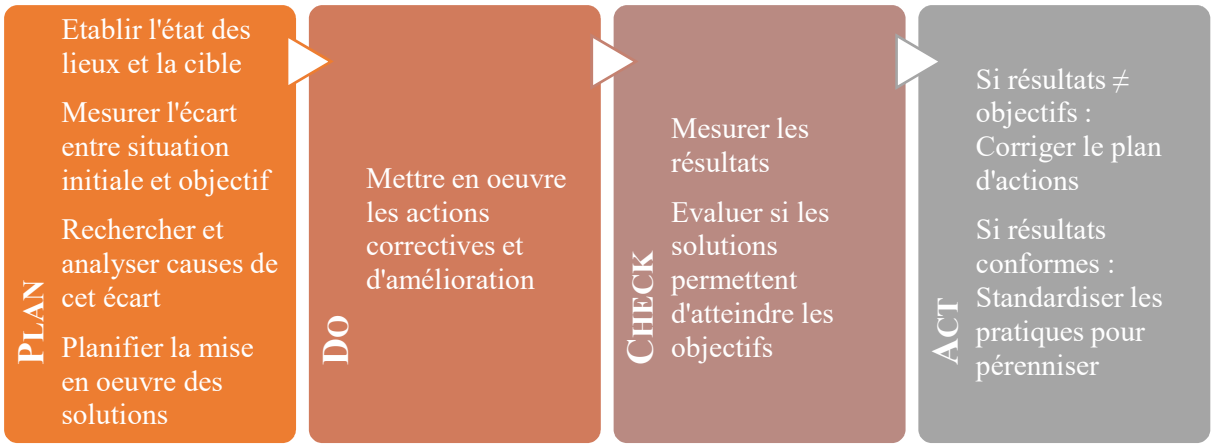


Figure 26. Démarche du PDCA

Les 4 phases du PDCA sont habituellement représentées sous la forme d'une roue : la roue de Deming, ou roue du progrès. Ces phases représentent les 4 quadrants de cette roue (cf. *Figure 27* ci-dessous [23]).

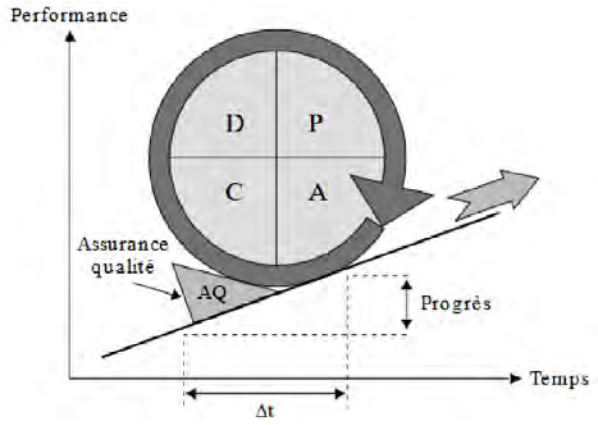


Figure 27. Représentation de la roue du progrès

La rotation de la roue permet de gravir la pente du progrès, qui correspond à l'écart entre la situation initiale et la cible.

Lorsque les 4 étapes ont été suivies, la roue a réalisé un tour complet (Δt). Il faut alors pérenniser les résultats obtenus et empêcher la roue de revenir à la situation initiale : on place donc une cale. Cette cale est matérialisée par l'Assurance Qualité au travers des standards de travail ou encore des nouveaux paramètres que cette démarche a permis de découvrir [28].

4.2.4 Single Minute Exchange of Die (SMED)

SMED est l'abréviation de l'anglais *Single Minute Exchange of Die*, qui peut être traduit par : « changement d'outil en moins de 10 minutes » ou encore « changement d'outillage rapide ».

C'est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié [30].

- *Définitions* [30]

Le *temps de changement d'outillage* (ou série ou format) est le temps écoulé entre la dernière pièce bonne d'une série et la première pièce bonne de la série suivante, à cadence nominale.

Il y a 2 types d'opérations lors d'un changement de format :

- Les *opérations internes*, qui doivent être effectuées lorsque la machine est arrêtée.
- Les *opérations externes*, qui peuvent être effectuées lorsque la machine fonctionne.

- *Objectif*

L'objectif du SMED est de diminuer les temps de changement de série drastiquement, avec un investissement minimum.

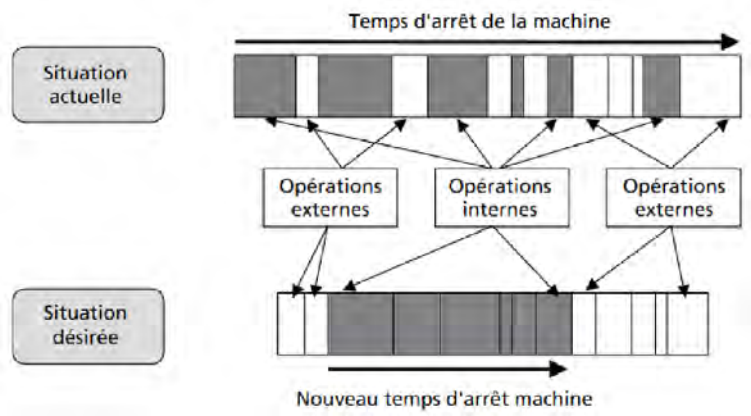


Figure 28. Illustration des changements désirés suite à l'application du SMED

➢ *Méthodologie*

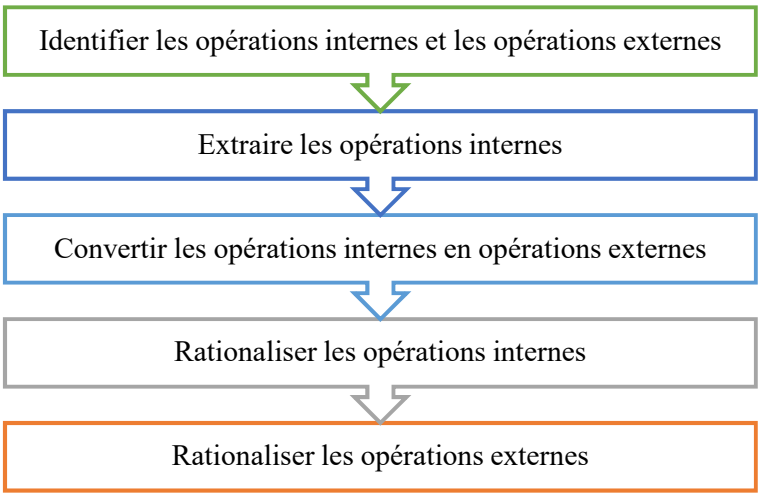


Figure 29. Les 5 étapes d'un projet SMED

La *Figure 29* ci-dessus présente les 5 étapes nécessaires pour mener à bien ce type de projet.

Les différentes opérations génériques d'un changement de série sont les suivantes [31] :

- Préparation et vérification de l'environnement, des machines, des outils, de la matière : la présence et le bon fonctionnement des éléments utilisés lors du changement de série sont vérifiés.
- Montage et démontage des pièces et outillages : cette étape inclut le démontage des pièces de la série précédente et le montage des pièces de la série suivante.
- Centrage, positionnement et réglage : cette étape correspond au positionnement des outillages et au réglage de paramètres divers (température, pression, intensité, etc.)
- Essais et ajustements : cette phase aboutit à la production des premières pièces de la série suivante. Elle permet de vérifier que les réglages sont corrects et permettent de produire des pièces conformes. Si ce n'est pas le cas, il faut procéder à des réajustements avant de réitérer les contrôles. Malgré les apparences, c'est l'étape la plus longue d'un changement de format.

Le temps nécessaire à la réalisation de chaque étape est inégalement distribué entre les opérations, mais on peut en faire une moyenne (cf. *Figure 30* ci-dessous [31]). Cette information est importante lorsqu'on initie un chantier SMED, comme nous le verrons par la suite.

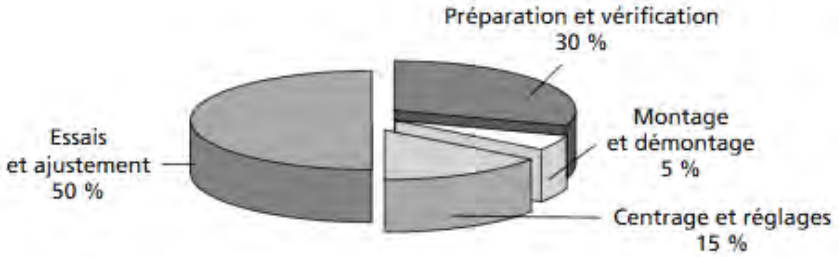


Figure 30. Répartition des temps par nature d'opération

Une fois familiarisé avec les opérations d'un changement de série, nous allons maintenant aborder la méthode à utiliser pour atteindre l'objectif fixé.

Identifier les opérations internes et les opérations externes

Pour commencer un SMED, il faut observer les opérations afin de les identifier et de les analyser [31].

Extraire les opérations internes

Une fois les opérations identifiées, il faut séparer les opérations externes afin qu'elles soient extraites du changement de format [31].

Chaque opération identifiée lors de l'étape précédente est classée :

- Dans les opérations internes si elle peut être réalisée machine arrêtée
- Dans les opérations externes si elle peut être réalisée machine en marche

Convertir les opérations internes en opérations externes

Lors de cette étape, un maximum d'opérations internes est converti en opérations externes [31].

Rationaliser les opérations internes

Une fois qu'il reste un nombre limité d'opérations internes, il faut réduire le temps de ces opérations : il faut supprimer les opérations inutiles et réorganiser puis optimiser les opérations restantes [31].

Rationaliser les opérations externes

Enfin, lorsque le temps de changement de format est optimisé, il faut réorganiser et optimiser la préparation du changement de format [31].

4.2.5 Total Productive Maintenance (TPM)

La TPM est un outil d'amélioration des performances (productivité et fiabilité) des équipements de production. La maintenance productive totale joue un rôle très important dans le lean.

Elle permet d'atteindre l'objectif de diminution des gaspillages en agissant soit directement sur les causes racines de pannes pour éviter qu'elles ne se reproduisent, soit de manière préventive pour éviter la survenue de ces pannes, qui pénalisent la productivité.

- *Définitions*

On distingue plusieurs catégories d'arrêts des machines [23] :

- Les arrêts graves, qui durent plus d'une journée, surviennent plusieurs fois par an.
- Les arrêts importants, qui durent plusieurs heures, surviennent plusieurs fois par mois.
- Les arrêts mineurs, qui durent moins d'une heure, surviennent plusieurs fois par semaine.
- Les micro-arrêts, qui durent moins de 5 minutes, surviennent plusieurs fois par jour et, contrairement aux autres types d'arrêts, ne nécessitent pas l'intervention des services de maintenance.
- Les dysfonctionnements n'entraînant pas d'arrêts mais qui peuvent ralentir la production ou être à l'origine de la production de produits finis non conformes.

Les actions menées dans le cadre de la TPM visent la suppression des anomalies (micro-arrêts et dysfonctionnements) pour éviter la survenue de pannes, en se basant sur la loi de Heinrich (cf. *Figure 31* ci-dessous). D'après cette loi, il y a un ratio constant entre accident grave, accident mineur et incident [32].

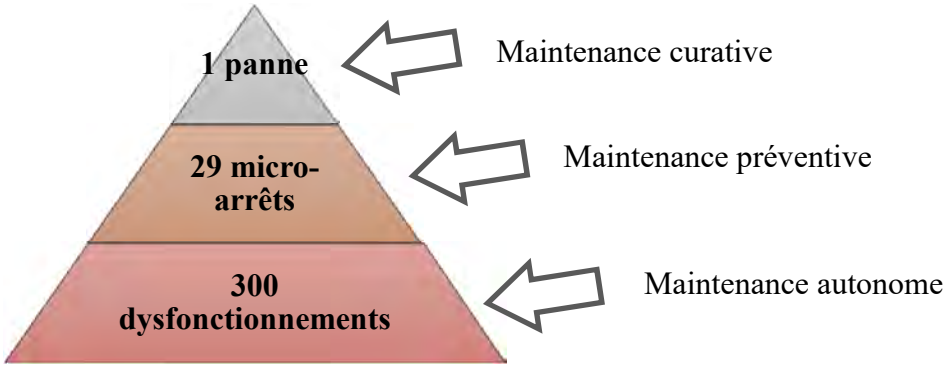


Figure 31. Pyramide des accidents de Heinrich

Si on applique ce principe aux anomalies, cela signifie qu'une panne a été précédée de 29 micro-arrêts, qui ont eux-mêmes été précédés de 300 dysfonctionnements. Ainsi, pour éviter la survenue d'une panne, il faut agir sur les causes des dysfonctionnements et des micro-arrêts qui se produisent en amont.

➢ *Objectifs*

Cinq objectifs ont été identifiés [32] :

- Obtenir l'efficacité maximale des équipements. Elle est mesurée par le taux de rendement synthétique.
- Diminuer les coûts de revient des produits, en agissant sur les surcoûts directs (gaspillage de matière première, d'énergie…) et indirects (stock, heures supplémentaires…).
- Optimiser le coût d'exploitation des équipements en augmentant la durée de vie des équipements et en réduisant leurs coûts d'exploitation.
- Améliorer la valeur opérationnelle de l'entreprise.
- Développer l'efficacité maximale de tous les secteurs de l'entreprise. L'amélioration des performances des équipements ne repose pas uniquement sur les services de production et de maintenance : les modes opératoires doivent être adaptés, les services supports (informatiques, administratifs) doivent apporter une valeur ajoutée.

➢ *Méthodologie : Les 8 piliers de la maintenance productive totale*

La TPM est basée sur 8 piliers, que l'on peut regrouper selon 2 axes stratégiques : améliorer la performance du système de production et obtenir les conditions idéales.

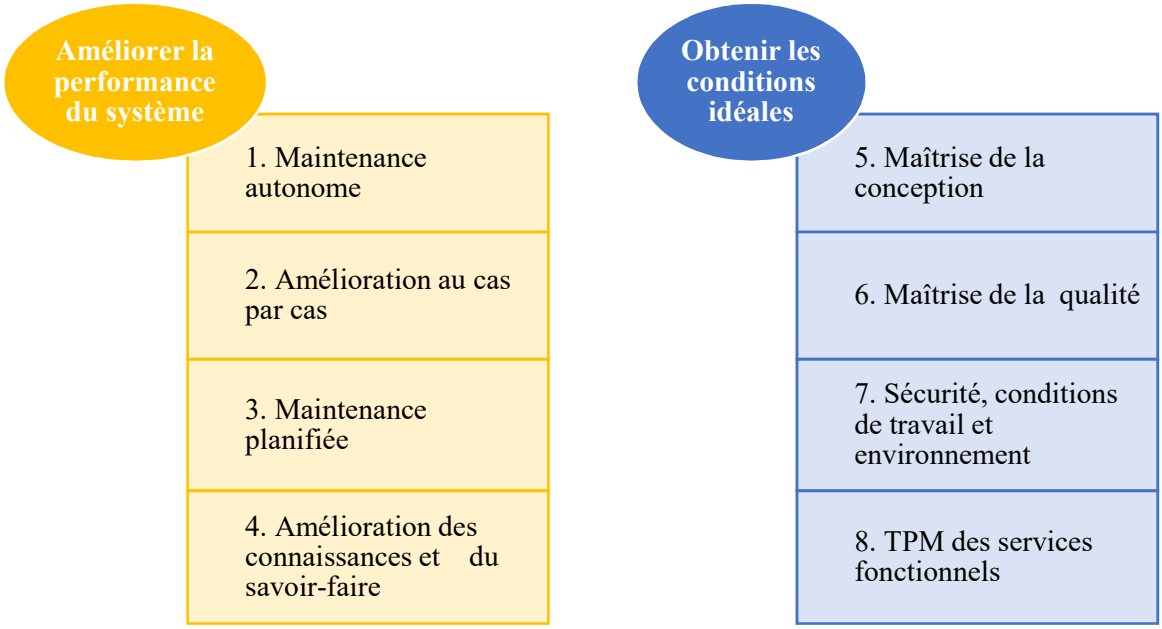


Figure 32. La démarche TPM

Nous allons maintenant détailler ces 8 piliers.

- *Pilier n°1 : Maintenance autonome, ou gestion autonome des équipements*

L'objectif de ce pilier est de responsabiliser les opérateurs : ils doivent être garants de la qualité des équipements qu'ils utilisent et être à même de détecter les dysfonctionnements le plus précocement possible.

- *Pilier n°2 : Amélioration au cas par cas*

Cette étape concerne l'élimination de toutes les sources de perte de productivité.

- *Pilier n°3 : Maintenance planifiée*

La maintenance planifiée permet de prévenir les défaillances naturelles, dues à l'usure de l'équipement.

- *Pilier n°4 : Amélioration des connaissances et du savoir-faire des opérateurs et des techniciens de maintenance*

Cette amélioration doit passer par l'élaboration de standards, qui reprennent les connaissances acquises des 3 premiers piliers.

- *Pilier n°5 : Maîtrise de la conception (des équipements et des produits)*

Lors de l'acquisition de nouveaux équipements, l'application de ce pilier va permettre de choisir des équipements fiables, faciles d'utilisation et à entretenir pour simplifier les tâches des opérateurs et des techniciens.

- *Pilier n°6 : Maîtrise de la qualité*

Ce pilier correspond à l'élimination des sources de variabilité sur les 5M (Matière, Moyens, Méthodes, Milieu, Main d'œuvre).

- *Pilier n°7 : Sécurité, conditions de travail et environnement*

On obtient de meilleurs résultats lorsque les conditions de travail sont plus favorables, d'où ce dernier pilier.

- *Pilier n°8 : Application de la TPM dans les services fonctionnels*

La démarche TPM ne doit pas s'appliquer qu'aux services de production et de maintenance, mais elle doit être globale et toucher les services supports (par exemple en diminuant ou en simplifiant les tâches administratives pour augmenter l'efficacité des services de production).

4.2.6 Résolution de problème

Nous avons cité plusieurs fois la résolution de problème dans les paragraphes précédents. Nous allons maintenant détailler ce que l'on entend sous le terme générique de résolution de problème.

Les outils détaillés permettent de résoudre un problème spécifique en appliquant les outils les plus adaptés. L'objectif est de faire en sorte que ce problème ne réapparaisse plus par la suite.

Cette démarche comporte les étapes suivantes :

1. Observer la situation, décrire le problème : QQOQCCP
2. Comprendre les causes du problème
    a) Rechercher les causes racines : diagramme d'Ishikawa, 5 pourquoi
    b) Classer les causes possibles : diagramme de Pareto
    c) Sélectionner les causes les plus probables
3. Concevoir : rechercher les solutions possibles
4. Décider : retenir les solutions les plus efficaces
5. Agir (planifier les solutions retenues, puis les mettre en œuvre et enfin vérifier leur efficacité par le biais d'indicateurs)

Pour que l'utilisation de ces outils soit efficace, quelques principes doivent être respectés [16].

Pour que leur analyse soit pertinente, le groupe de travail doit être constitué par des personnes qui sont concrètement confrontées au problème sur le terrain. Les managers, même avec la meilleure volonté, ne peuvent pas connaître les subtilités du terrain. Une résolution de problème menée avec une équipe qui identifie les mauvaises causes ne peut pas atteindre son objectif.
Cette résolution doit être menée là où le problème est survenu. De nombreux paramètres ne sont pas pris en compte lorsque le groupe n'est pas directement confronté à la réalité du terrain.

La résolution doit être enclenchée dès la détection du problème. Cela permet de collecter toutes les données nécessaires à l'utilisation des outils que nous allons détailler et de ne pas passer à côté de détails importants qui seraient rapidement oubliés par les opérateurs.
Le travail qui suit est basé sur ces données de terrain et non sur les données théoriques (gammes, dossiers techniques, plans…). Dans un deuxième temps, les écarts entre ces données peuvent être comparés. Cela permet d'éviter les écueils dus à la subjectivité et au ressenti des opérateurs, ce qui pourrait biaiser l'étude des causes racines du problème.

4.2.6.1 QQOQCP

Le QQOQCP permet de décrire précisément une situation, une cause ou une idée.

C'est un outil qui permet à un groupe de travail de se questionner pour caractériser une situation ou une idée de manière la plus exhaustive possible. QQOQCP est l'acronyme des questions auxquelles cet outil doit permettre de répondre [23] :

- « *Qui ?* » : Qui est concerné ? (Parties prenantes, intervenants…)
- « *Quoi ?* » : De quoi s'agit-il ? (Projet, situation, tâche, problématique…)
- « *Où ?* » : Où cela s'est-il produit ? (Lieu, ligne, poste de travail…)
- « *Quand ?* » : À quel moment ? (Moment de détection, fréquence, durée…)
- « *Comment ?* » : Comment se manifeste l'objet de la description ? (Méthodes, modes opératoires, procédures…)
- « *Pourquoi ?* » : Quelles en sont les causes ? (Raisons, objectifs, buts…)

Figure 33. Questionnement du QQOQCP

La réponse à chacune de ces questions doit être autant que possible quantifiée. On répond donc à la question « *Combien ?* » à chaque étape du raisonnement. Cela permet de décrire les moyens, le matériel, les ressources. C'est pour cette raison qu'on peut parfois retrouver cet outil sous le nom de QQOQCPC.

Cet outil peut être appliqué à de nombreux problèmes, comme cela a été le cas lors de mon stage pour un problème d'étanchéité des tubes produits (cf. *Annexe 1 - QQOQCP appliqué à une problématique qualité*).

4.2.6.2 5 pourquoi

Cet outil permet de rechercher les causes racines (ou « root causes ») d'un problème.

De même que le QQOQCP, c'est un outil qui permet à un groupe de se questionner sur un dysfonctionnement ou sur une situation. La cause racine est obtenue lorsqu'après plusieurs cycles de questionnement, le groupe de travail n'est plus en mesure d'agir sur la cause trouvée [23]. On estime qu'il faut environ 5 itérations pour identifier la cause fondamentale de la problématique.

Cet outil peut être utilisé en préventif. Dans ce cas, un brainstorming peut être utilisé. Il peut également être utilisé dans le domaine du curatif. Dans ce cas, il faut prendre en compte les causes réelles.

La *Figure 34* ci-dessous illustre cette méthode en l'appliquant à une situation simple de la vie courante : « Maurice est en retard » [23].

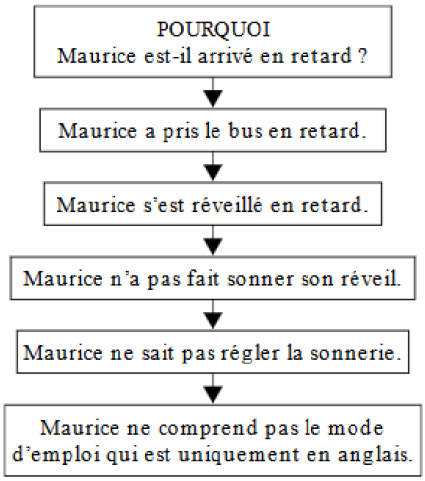


Figure 34. Exemple d'utilisation des 5 pourquoi

Cet outil est moins facile d'utilisation qu'il n'y paraît. Le problème peut également être multifactoriel et complexe, tel que le problème qualité évoqué dans le paragraphe précédent. Il faut alors se limiter aux causes sur lesquelles le groupe de travail peut agir (cf. *Annexe 2 - 5 pourquoi appliqué à une problématique* qualité).

4.2.6.3 Diagramme d'Ishikawa (5M)

Le diagramme d'Ishikawa, ou diagramme 5M, est un diagramme de causes à effets en forme d'arêtes de poisson (cf. *Figure 35* ci-dessous). C'est un outil visuel de résolution de problème, qui permet de visualiser le rapport entre un problème (l'effet) et ses causes possibles [18].

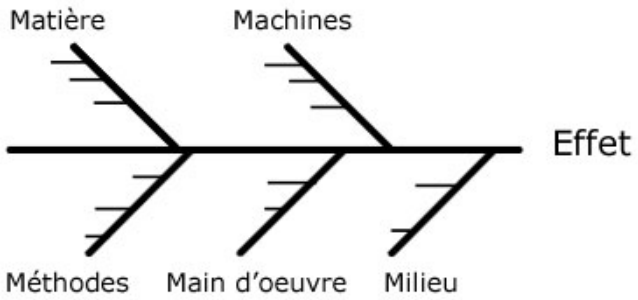


Figure 35. Trame d'un diagramme 5M

Les causes potentielles d'un effet sont classées en 5 familles :

- *Main d'œuvre* : compétences, organisation, motivation
- *Matériel* : machines, équipements, outillages, SI
- *Milieu* : infrastructure, contexte, environnement
- *Matière* : matières et pièces fournies
- *Méthode* : standards, règles de fonctionnement, procédures

On peut avoir recours au diagramme d'Ishikawa au cours d'une phase de résolution de problème pour en déterminer les causes ou pendant la mise en place d'un projet pour faire ressortir les axes de travail et les priorités [18].

Lorsqu'un problème a de nombreux composants, le diagramme d'Ishikawa peut ne pas suffire pour remonter jusqu'aux causes racines (cf. *Annexe 3 - Diagramme d'Ishikawa à une problématique qualité*) : il faut rechercher une analyse plus en profondeur avec le 5 pourquoi.

Certaines composantes peuvent parfois être ajoutées à ces 5 familles :

- *Management* : Méthodes d'encadrement, style de commandement, délégation, organigramme imprécis…
- *Moyens financiers* : budgets alloués, coûts…

On parle alors de diagramme 7M ou 8M.

4.2.6.4 Pareto

M. Vilfredo Pareto, sociologue et économiste italien, a mis en évidence que 20% des habitants possédaient 80% des terres en Italie. Cette observation a été faite également à propos de divers sujets [1]. La « loi des 20/80 », qui stipule que 20% des causes potentielles génèrent 80% des effets, a été générée à partir de cette observation.

Le diagramme de Pareto est un outil d'analyse, de communication et de prise de décision basé sur cette loi. Il permet de déterminer l'importance relative de différentes causes, par ordre décroissant d'importance [23]. Les causes sont représentées sous la forme d'un histogramme de distribution, dans un ordre décroissant. Le cumul de ces causes est également représenté [9] (cf. *Figure 36* ci-dessous [33]).

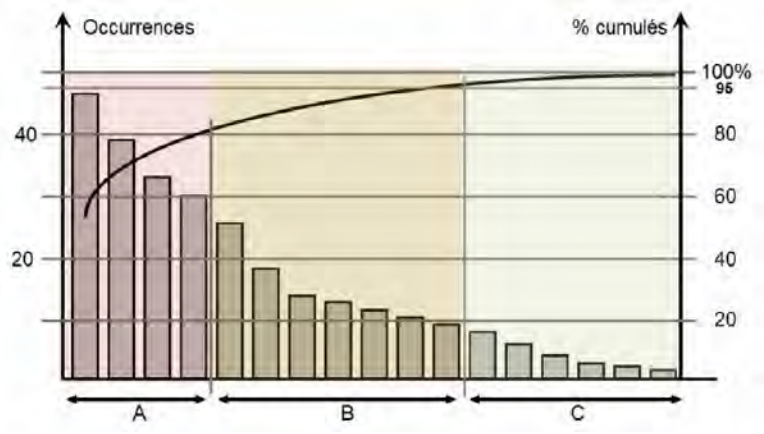


Figure 36. Diagramme de Pareto

Cette loi étant empirique, il ne faut pas chercher à retomber exactement sur ces proportions. Elles peuvent varier dans la pratique, comme nous pouvons le constater sur un exemple d'application à la problématique qualité sus-citée (cf. *Annexe 4 - Diagramme de Pareto appliqué à une problématique qualité*).

Ce diagramme est parfois également appelé « courbe ABC ». Par convention, l'ensemble des causes qui provoquent 80% de l'effet auquel on s'intéresse est appelé classe A. Les causes qui accumulent les 15% suivants forment la classe B. Les causes résiduelles restantes constituent la classe C [9].

Un diagramme de Pareto permet de rapidement mettre en évidence les principales causes essentielles parmi les nombreuses causes potentielles. On peut ainsi déterminer rapidement ce qui est important ou non et élaborer un plan d'actions pertinent. Cela permet également de quantifier les gains que l'on peut obtenir en traitant ces causes principales.

Cet outil est utilisé pour la résolution de problème, mais aussi pour la gestion des stocks (on parle alors d'analyse ABC) ou encore la gestion de pièces de maintenance (les plus utilisées seront stockées proches des machines tandis que les moins utilisées pourront être stockées au magasin).

4.2.6.5 Rapport A3

Le rapport A3 est un outil structuré qui permet de présenter un projet (d'amélioration continue par exemple) et son avancement ou encore de restituer une démarche de résolution de problème.

Il représente un support de communication efficace puisqu'en une page de format A3 il synthétise les différents points clés de ce projet. Dans ce document, on retrouve donc la description et l'analyse du problème (ou du projet), les actions à mettre en œuvre ainsi que le plan d'actions associé [7], [14]. Dans un souci d'intelligibilité et de place disponible sur le document, les graphiques et supports visuels sont privilégiés au texte.

On peut trouver différents modèles de ce type de document, notamment lorsqu'ils sont adaptés à l'entreprise (cf. *Annexe 5 -Exemple de rapport A3*). Cependant, la structure du rapport suit la même logique, quelle que soit l'entreprise ou le secteur d'activité.

La structure d'un rapport A3 est la suivante (cf. *Figure 37* ci-dessous [9]) : une première partie pour décrire le problème synthétiquement et exhaustivement, et une deuxième partie pour structurer la mise en œuvre des résultats et les conclusions du projet [7]. Ce document suit la logique PDCA, que nous avons déjà évoquée.

Le rapport A3 peut être utilisé à tous les niveaux de management de l'entreprise. Au niveau d'une organisation qui utilise le « A3 management », la stratégie globale est synthétisée dans des « A3 stratégiques ». Ces derniers sont ensuite déclinés en cascade jusqu'au premier niveau de management. Ainsi, les activités de terrain sont directement liées à la stratégie de l'entreprise [14].

Date dernière mise à jour	TITRE				
Personne en charge					
Présentation synthétique du contexte et situation de départ	Plan, graphiques				
Attentes, objectifs	Causes identifiées – actions lancées	KPI – mesure ?	Date limite	Qui ?	Statut
Mesures conservatoires en attendant solution ?	Conclusion – standardisation			Validation	
				Nom	
				Date	

Figure 37. Exemple de rapport A3 vierge

5 Au-delà du *lean manufacturing*

On différencie le lean management et le *lean manufacturing*. Le lean management désigne la démarche globale de gestion de l'entreprise, qui invite l'ensemble des parties prenantes à réfléchir, agir et s'adapter ensemble pour être compétitif. Le *lean manufacturing* (ou lean production) quant à lui est une déclinaison du lean management, dont le périmètre se limite aux activités de production (d'un bien ou d'un service) [18].

5.1 Les déclinaisons du lean

La démarche du lean est très orientée industrie. Mais de nombreux concepts sont applicables dans les processus de service dits administratifs, c'est-à-dire pour lesquels le service peut être considéré comme une ligne d'assemblage avec des matières premières en entrée et des livrables définis en sortie [34].

Quel que soit le service concerné, l'objectif reste le même que dans la production : satisfaire le client en termes de qualité, coût et délai de ses services. Les problématiques liées au facteur humain sont également inchangées : résistance au changement, changement des comportements…

Les différents types de gaspillages identifiés dans le *lean manufacturing* peuvent être adaptés aux services supports. Des exemples sont présentés en *Annexe 6 - Gaspillages adaptés du lean manufacturing aux services supports* [7], [18].

- *Lean Office*

Le lean office désigne l'application du *lean manufacturing* dans les bureaux (industries tertiaires). Il peut également être appliqué dans les services supports d'une entreprise industrielle et prend alors le nom de ce service.

Le lean office s'appuie sur les mêmes outils, comme par exemple le 5S (la *Figure 38* [24], [35] montre un exemple d'application possible des 5S dans un bureau), la VSM.

Figure 38. Exemples d'application d'un 5S du lean office

- *Lean R&D*

Le *lean R&D* s'applique au service de Recherche & Développement, et plus précisément à la phase de développement. On parle aussi de *lean engineering*.

- *Lean IT*

Le *lean IT* s'applique au secteur des systèmes d'information (secteur informatique).

On trouve également des adaptations du lean production aux services ressources humaines ou encore aux services d'achats, financiers…

5.2 Six Sigma

Le Six Sigma est une approche statistique des processus. Née à la fin des années 80 chez Motorola, la méthodologie Six Sigma a ensuite été appliquée avec succès dans des entreprises telles que General Electric, Sony ou Texas Instruments. Les programmes Six Sigma, à l'instar d'autres programmes de mangement de la qualité, promeuvent la proactivité à la réactivité [36].

L'objectif de cette méthode est de maîtriser et de réduire les causes de variabilité dans les processus, grâce à la mesure et aux outils de la maîtrise statistique des procédés [7].

5.2.1 Méthode des Six Sigma

Le principe des Six Sigma peut être résumé comme un enchaînement de 4 postulats [29].

Tous les processus ont une variabilité.
Toutes les variabilités ont au moins une cause.
Si les causes sont peu nombreuses et connues on peut définir les moyens de les contrôler.
Si le contrôle est efficace, les défauts sont limités.

Nous allons à présent aborder quelques concepts fondamentaux pour mieux comprendre cette méthode [29], [37].

- *Une philosophie de la qualité tournée vers la satisfaction client*

Le Six Sigma a pour objectif de concilier un objectif qualité (satisfaction du client) et un objectif économique (profitabilité).

Ces objectifs paraissent simples à concilier : des clients plus satisfaits permet d'assurer puis de conquérir des parts de marché. Il faut être vigilant à ne pas tomber dans 2 écueils : développer des options ou services qui ne correspondre pas aux attentes du client, ou, à l'inverse, développer un produit qui y répond mais dont les coûts sont trop importants par rapport aux bénéfices.

- *Réduire la variabilité dans les processus : « La variabilité est l'ennemi de la qualité »*

On retrouve 4 sources primaires de variabilité contre lesquelles il faut lutter pour atteindre le niveau de qualité Six Sigma :

- Une conception sensible aux perturbations extérieures, qui n'est donc pas suffisamment robuste
- Des matières premières instables
- Une capabilité des processus insuffisante
- Des standards de travail inadaptés

La *Figure 39* ci-dessous résume la démarche de réduction de la variabilité dans les processus.

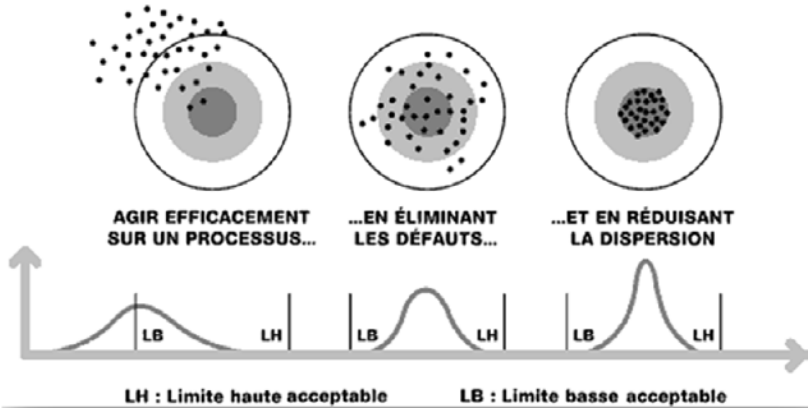


Figure 39. Principe de la méthode Six Sigma [38]

Réduire la variabilité est une tâche complexe. L'utilisation d'outils statistiques (plans d'expérience, analyse de variance) couplés à une démarche de résolution de problème sont nécessaires pour y parvenir.

La méthode DMAIC, développée plus loin, permet de guider le parcours pour obtenir cette réduction.

- *Mesurer le niveau de qualité*

Sigma représente l'écart-type à la moyenne σ des données en statistiques. Il correspond à la dispersion des données autour de la moyenne. Six Sigma est l'étendue de la différence entre une limite supérieure et une limite inférieure.

Lorsqu'on contrôle la production (par exemple la longueur du pas de vis pour un atelier de production de vis), on réalise des cartes de contrôle (cf. *Figure 40* [29]) pour tracer la variabilité du processus.

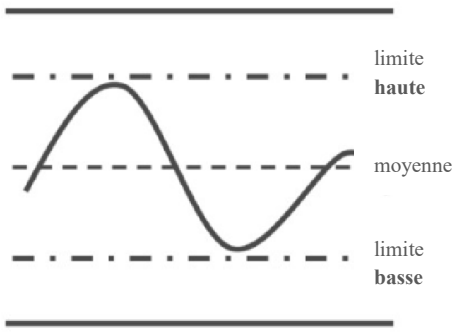


Figure 40. Carte de contrôle : Variations des résultats

La variabilité d'un processus suit une loi normale, représentée par la courbe de Gauss présentée ci-dessous [29]. On obtient 6 sigma lorsqu'on intègre 3 écarts-types de part et d'autre de la moyenne. Le nombre de sigma est la capabilité du processus, appelée « le *z* du processus ».

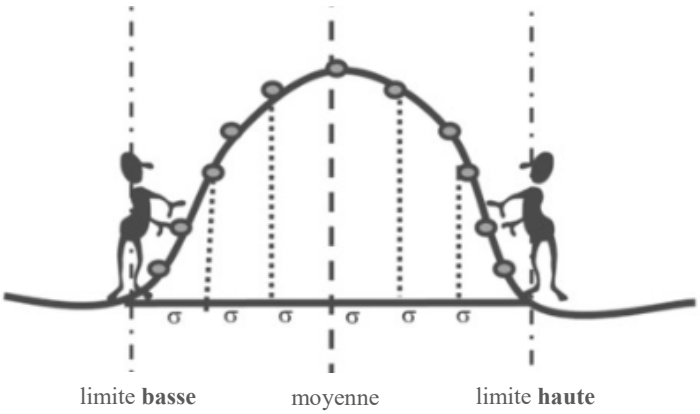


Figure 41. Représentation graphique des Six Sigma

Cette méthodologie a été introduite dans l'industrie électronique. Au vu du grand nombre de composants d'une pièce, la fiabilité doit être maximale. Le Six Sigma vise un taux de non-conformité de 3,4 ppm, soit 0,00034% [7].

- *Réduire la variabilité sur les produits : la méthode de résolution de problème DMAIC*

Le moteur du Six Sigma est la méthode DMAIC. Elle constitue le guide qui permettra d'atteindre cette réduction de la variabilité.

Le processus Six Sigma se décline en 6 étapes (DMAIC), résumées dans la *Figure 42* (d'après [36]). Il faut valider que les objectifs d'une étape soient atteints avant de passer à l'étape suivante. Cela se fait lors d'une revue de fin d'étape, entre les responsables du projet.

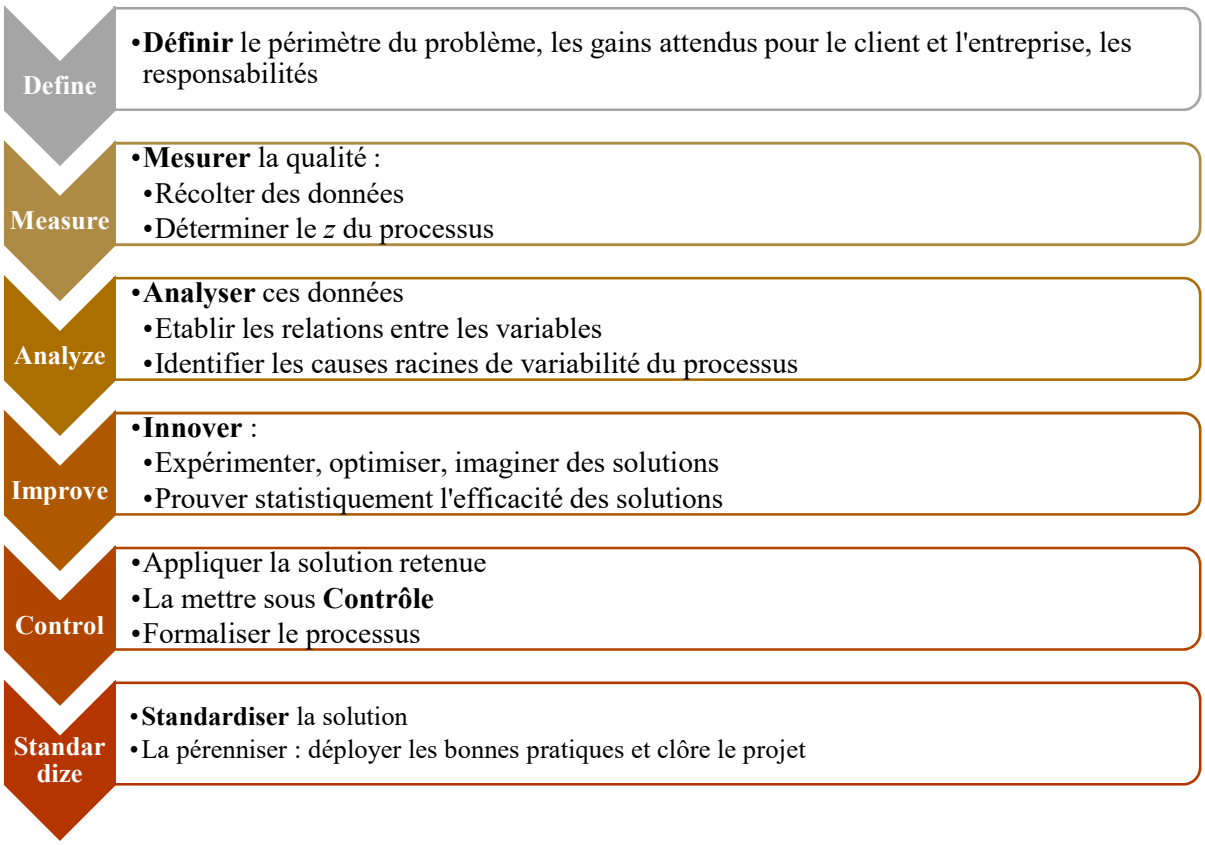


Figure 42. Les 6 étapes DMAICS de la démarche Six Sigma

➢ *Organiser les compétences*

Pour mettre en œuvre les Six Sigma, le personnel doit être formé et l'attribution des rôles aux personnes qui conduisent le changement doit être claire.

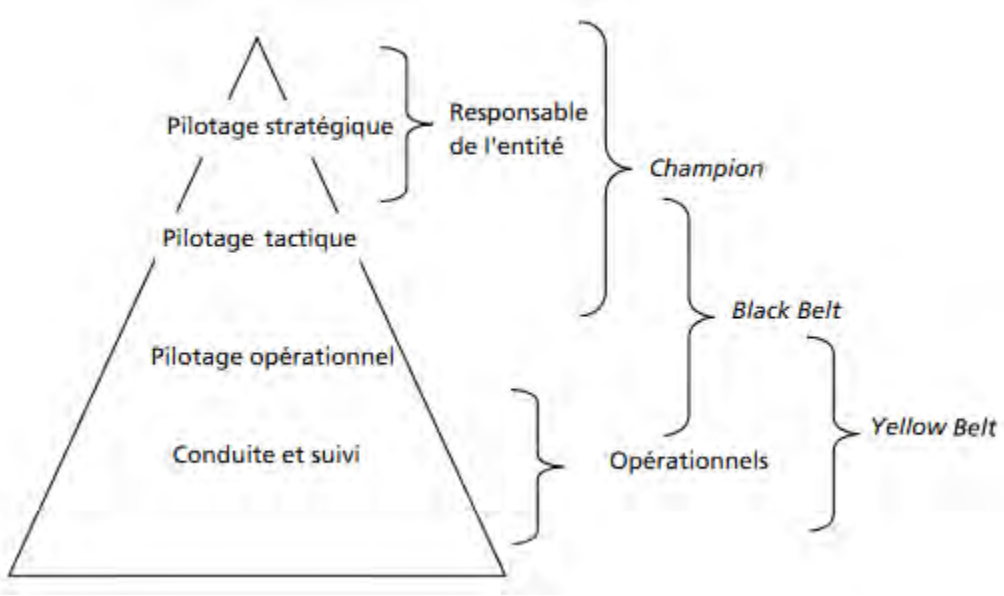


Figure 43. Les niveaux de pilotage du Six Sigma

On peut parfois trouver les grades de *Belt* peuvent être remplacés par les termes d'équipiers, pilote, coach. Ces grades correspondent à différents niveaux de compétence dans le Six Sigma, reconnus par une certification internationale.

On distingue plusieurs niveaux de pilotage du Six Sigma (cf. *Figure 43* ci-dessus).

- Pilotage stratégique

La mise en place du Six Sigma doit partir d'objectifs stratégiques de l'entreprise, notamment en termes de coûts, de performance, de satisfaction client. Le pilotage stratégique vise à donner une vision claire sur la façon d'atteindre ces objectifs, grâce aux moteurs du progrès.

- Pilotage tactique

Il assure la traduction des décisions stratégiques au niveau opérationnel. Il vise à choisir les chantiers Six Sigma et à octroyer les ressources nécessaires aux équipes pour conduire ces chantiers.

- Pilotage opérationnel

Le pilotage opérationnel consiste à conduire les chantiers Six Sigma, notamment grâce à la méthode DMAIC.

- Conduite et suivi

Cette phase réside en l'application des décisions issues du DMAIC. Elle implique les opérationnels du processus concerné.

➢ *Un mode de management par projet*

Le Six Sigma implique la gestion de nombreux projets en parallèle. Cette gestion doit être formalisée pour éviter que ces projets ne dépassent les prévisions en termes de coûts et/ou de délais ou soient un échec.

Cette organisation par projet requiert l'utilisation d'une structure matricielle (cf. *Figure 44* ci-dessous [22]), qui n'établit pas de lien hiérarchique entre les équipes et le chef de projet. Ces équipes sont renouvelées à chaque projet et sont dotées d'objectifs clairs, de délais, de budgets et de priorités précis.

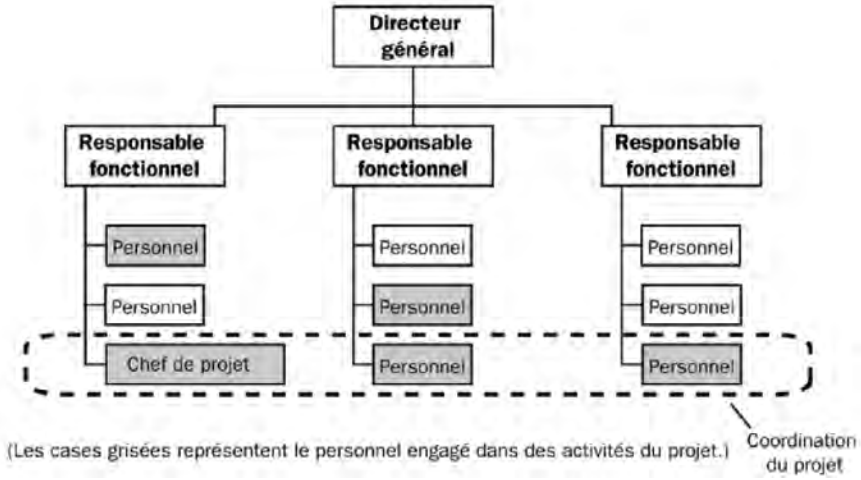


Figure 44. Structure d'une organisation matricielle

5.2.2 Lean et 6 Sigma

Le lean et le Six Sigma sont 2 approches dont l'objectif est similaire. Elles sont complémentaires, mais présentent des différences, que nous allons énoncer.

5.2.2.1 Différences entre lean et Six Sigma

Le Six Sigma s'appuie sur un outil statistique pour surveiller et améliorer les processus de production en diminuant la variabilité et la non-qualité. Le flux de communication du Six Sigma est à sens unique, du haut vers le bas de la pyramide managériale [18].

Le lean est un processus dynamique qui se déploie à tous les niveaux de l'entreprise. Le flux de communication est à double sens.

La *Figure 45* ci-après (selon [29]) reprend les différences principales qui existent entre ces 2 approches.

LEAN	SIX SIGMA
PDCA	DMAIC
Amélioration continue Amélioration par percée	Amélioration par percée
Approche globale	Approche par projets
Compréhension des outils de base facile (accessible à tous)	Compréhension des outils de base complexe (lié à la statistique)
Approche factuelle, avec des données de terrain	
Pas de système d'accréditation reconnu	Système d'accréditation payant et mondialement reconnu
Approche statistique au sein de l'outil de maîtrise statistique des processus	Approche statistique complète

Figure 45. Différence entre le lean et le six sigma

5.2.2.2 Synergie LSS

Malgré leurs différences, les 2 méthodes forment un couple : le « Lean Six Sigma », ou LSS.

Le lean permet d'optimiser les flux. Le Six Sigma permet d'obtenir une qualité élevée avec une faible variabilité. On cherche donc à combiner la vitesse du lean avec la qualité Six Sigma [7].

Le lean traite de la réduction de la variabilité (*mura*) à travers la chasse aux gaspillages, mais l'accent est souvent mis sur les gaspillages traditionnels (*muda*), plus facilement identifiables à un faible niveau de maturité lean.

6 Les limites du lean

Les entreprises mettent en place une démarche lean avant tout pour répondre à une problématique d'amélioration de la performance industrielle. Cependant, comme nous venons de l'exposer, les conditions de travail des opérateurs sont une des attributions du lean.
La place centrale donnée aux opérateurs est le point commun du lean et des démarches de prévention des risques professionnels [39].

Mais lorsque la démarche de recherche de performance est poussée trop loin, on peut assister à des dérives importantes qui justifient les critiques que nous allons présenter.

Comme toute théorie, cette approche est perfectible. Les limites du lean sont d'autant plus visibles que l'application des principes est biaisée. Les premières critiques ont été émises par un journaliste japonais qui s'était fait embaucher dans une usine Toyota. Elles sont exposées dans son ouvrage « *Toyota, l'usine du désespoir* », publié en 1973 [29].

Les « anti-lean » sont souvent médecins, ergonomes ou partenaires sociaux, proches du milieu syndical. Ces réactions sont plus fréquentes lorsque les outils du lean sont utilisés à l'extrême, en oubliant les *muri*, les gaspillages qui concernent notamment l'humain [29]. Les mêmes reproches peuvent être adressés à toutes les déclinaisons du lean : des excès comparables peuvent être observés dans des bureaux ou dans un atelier de production…

Les principales critiques de ce système concernent les problèmes de santé qu'il peut engendrer pour les employés. Ce sont les critiques auxquelles nous accorderons le plus de temps.

6.1 Le lean et la santé

Les problématiques d'hygiène, sécurité et environnement (HSE) sont de plus en plus pris en compte dans les entreprises. Il est donc important de considérer les risques potentiellement engendrés par le déploiement du lean dans les entreprises.

Comme nous venons de le voir, l'objectif du lean est d'améliorer les processus. Pour y parvenir, il cherche à augmenter la productivité en diminuant les coûts et les délais et à améliorer la satisfaction au travail en développant l'autonomie et la participation du personnel.

Mais ce modèle peut présenter des risques pour la santé et la sécurité au travail s'il rend impossible la remise en question du travail, la participation effective des opérateurs ou la transparence sur les actions et les objectifs [40] ...

Les risques majeurs identifiés du lean concernent le rythme de travail et la charge mentale, qui sont intensifiés. Cela pourrait alors aboutir à une recrudescence de troubles musculo-squelettiques (TMS) et de risques psychosociaux [41].

Aucune étude n'a jusqu'à présent été menée concernant le lien spécifique entre ces problématiques et la mise en œuvre du système lean. Malgré l'absence de preuve scientifique irréfutable, nous allons nous y intéresser.

Figure 46. Influence du lean sur les conditions de travail [41]

Toute la théorie développée autour du lean repose sur l'humain. Un déploiement partiel, uniquement basé sur la dimension technique (mise en place des outils) ne peut pas être un succès. Il faut tenir compte des aspects psychologiques, managériaux pour améliorer les performances et les conditions de travail [41].

Un déploiement incontrôlé du système lean présente des risques de pénibilité physique et de surcharge mentale, lorsqu'ils sont fondés sur une rationalisation trop poussée des moyens, une trop forte augmentation des contraintes organisationnelles, une trop grande exigence en termes de réactivité ou de flexibilité, ou encore si la participation des opérateurs aux décisions n'est pas réelle.

La prévention de ces risques passe par une démarche ergonomique préalable puis continue, par une conduite du changement et par une adaptation des styles de management [41].

6.1.1 Lean et troubles musculo-squelettiques

Le lean, de par la lutte contre toute forme de gaspillage, est à l'origine d'une intensification du travail et d'une sur-sollicitation physique, liée à des gestes rapides et répétitifs sans temps mort. Or ces temps participent à la récupération physique en cassant la monotonie des gestes répétitifs, et sont donc nécessaires [7], [41].

Une mise en œuvre réussie des principes lean devrait au contraire permettre d'améliorer les conditions de travail et en réaménageant l'environnement de travail de façon plus ergonomique, notamment grâce à l'étude et au rééquilibrage des postes de travail [7].

Les conséquences du lean sur les gestes de travail peuvent être importantes. Si on ne tient pas compte de la diversité des opérateurs (de leurs capacités selon leur âge ou de leur morphologie), l'organisation des postes de travail peut être trop standardisée : la marge de manœuvre dans la gestuelle est réduite. Or la répétition de gestes contraints, non décidés par les opérateurs eux-mêmes, est un facteur d'altération du sens du travail et donc de sa performance [40], [41].

Pour éviter l'apparition (ou une recrudescence) de ces TMS, l'ergonomie des postes de travail doit donc faire l'objet d'une attention particulière au cours du déploiement des outils lean.
En effet, ce déploiement commence généralement par la mise en œuvre des 5S pour optimiser les postes de travail. S'il faut tenir compte des suggestions des opérateurs, il ne faut pas uniquement se baser sur ces suggestions, sous peine de passer à côté d'éléments ergonomiques. Pour prendre en compte ces considérations, il est important d'associer, autant que possible, la médecine du travail à cette démarche [7].

La démarche ergonomique devrait idéalement intervenir en amont d'un projet lean. Un groupe de travail ergonomique est constitué en parallèle au groupe lean. Les ergonomes vont mener un travail d'observation du travail réel, puis, sur cette base, élaborer des outils d'objectivation des situations critiques et de leurs causes. Ensuite, la démarche va consister à rechercher des solutions conjuguant valorisation des facteurs humains et performance professionnelle et à définir des indicateurs d'évaluation [40].

Cette collaboration devrait se poursuivre tout au long du suivi des améliorations des postes de travail, pour traiter les problèmes remontés par les opérateurs et pour éviter les erreurs [7].
Dans la pratique, le service de médecine du travail n'est pas souvent associé à la mise en œuvre d'un projet lean, pour diverses raisons. De plus, il n'y a pas toujours d'ergonomes dans les entreprises.

Il ne faut pas non plus négliger d'adapter autant que possible les nouveaux modes opératoires et standards de travail à la diversité des opérateurs [7].

Les éléments d'ergonomie et de sécurité peuvent être à l'origine de contraintes qui provoquent une diminution des performances instantanées mais qui seront bénéfiques sur le long terme. Lorsque ces éléments sont pris en compte, il faut être vigilant à leur application car parfois des opérateurs les ignorent en raison de leur effet négatif sur les performances instantanées [7].

6.1.2 Lean et charge mentale

L'opérateur supporte une charge physique et mentale dans son travail. La charge physique est assez facile à définir et à mesurer. En revanche, les exigences et les pressions psychologiques exercées sur le personnel sont difficiles à apprécier objectivement. Cela est dû au fait que de multiples facteurs et leurs interactions interviennent, ce qui rend la charge mentale difficile à définir et à mesurer.

Une surcharge mentale peut être à l'origine de RPS. Elle est provoquée par des conditions de travail stressantes, un sur-engagement dans le travail ou un sentiment d'instrumentalisation [41], [42].

La chasse aux gaspillages et le respect des standards de travail établis recentrent l'attention des opérateurs sur les opérations à valeur ajoutée. Les aléas de production sont progressivement réduits et le flux s'écoule de manière plus fluide, avec moins d'interruptions. Le personnel ressent alors une intensification et une accélération du travail et donc un besoin accru de concentration [7].

Plusieurs études ont été menées afin de déterminer si l'augmentation de la charge mentale était réelle ou une généralisation de perceptions individuelles. Il en ressort qu'il n'est pas possible de conclure quant à cette interrogation, en raison de l'hétérogénéité de la perception des personnes interrogées [43].

Le lean est également à l'origine des contraintes cognitives, en augmentant le nombre de tâches mentales des opérateurs. En effet, les aléas doivent être traités en urgence pour augmenter la flexibilité de la production. Ces situations peuvent créer des situations stressantes pour les opérateurs.

Néanmoins, ce modèle laisse de la place à l'initiative et à la participation des opérateurs, qui peuvent de ce fait se sentir valorisés, satisfaits de leur travail. Lorsque l'entreprise déploie une démarche lean dans son intégralité, ceci est de nature à améliorer la motivation et la satisfaction au travail des opérateurs, et ce, malgré un renforcement de la charge mentale [41].

Les échanges entre les opérateurs sont nécessaires au lien social : il faut donc éviter que la quantification de toutes les tâches (chronométrage) n'aboutisse à la suppression intégrale des moments d'échanges et de déplacements. Il faut également éviter que les outils d'autocontrôle ne conduisent à l'isolement du travailleur [41].

6.2 Le lean et les syndicats

Les revendications anti-lean des syndicats portent en partie sur la santé des salariés, que nous venons d'aborder longuement.

Les craintes qu'ils expriment s'orientent essentiellement sur l'intensification du travail, qui vient d'être traitée, les licenciements associés au lean et la responsabilisation, voire la culpabilisation des exécutants. Pour terminer ce tour d'horizon des critiques du lean, nous nous arrêterons brièvement sur ces notions [7].

6.2.1 Lean = licenciements

De (trop) nombreux exemples attestent de cette équation. Les licenciements ne constituent pas un objectif du lean. En effet, la stabilité du personnel est un atout pour l'entreprise : elle permet de limiter la variabilité liée aux pratiques individuelles et de profiter de l'expérience du personnel qu'elle a formé.

Mais il permet de révéler de nombreux dysfonctionnements et gaspillages, qui étaient jusqu'alors compensés par une main d'œuvre additionnelle. La suppression de ces gaspillages met donc en évidence l'excédent de main d'œuvre. En effet, le lean est souvent utilisé non pas comme un moyen d'absorber une croissance d'activité avec le même effectif, mais comme moyen de redresser une entreprise déjà en difficulté.

6.2.2 Responsabilisation des exécutants

L'entreprise prend la responsabilité de l'exécution des processus. Or cette critique met en avant que cette approche se focalise sur la qualité du travail effectué par l'opérateur et par son comportement. Les syndicats dénoncent que la hiérarchie met en cause les opérateurs et non les processus en cas de dysfonctionnement : l'entreprise est déresponsabilisée.

Il peut paraître paradoxal que certains syndicats critiques tiennent ce discours. Ils semblent vouloir cantonner les opérateurs à des exécutants, sans prise sur l'organisation de son exécution, ce qui rejoint le fordisme, contre lequel ces syndicats se sont battus au XXe siècle.

Il est important de garder un œil critique face aux prises de position des syndicats. Certaines interviews ou déclarations expriment une vision plutôt caricaturale du lean et semblent faire part d'une opposition à la direction plutôt qu'au lean [44].

Nous conclurons cette revue des critiques en rappelant la synthèse de l'INRS dans son étude sur le *lean manufacturing* et les conditions de travail « *Dans le cas où une entreprise est consciente [des] points de vigilances et qu'elle adopte une vision globale de la performance sur le long terme, la mise en place d'une démarche lean ou de certains de ses outils peut devenir une opportunité pour aborder et améliorer les aspects de santé et de sécurité au travail* » [39].

Le lean a beaucoup évolué depuis sa naissance dans les années 80. Il englobe une multitude d'outils, qu'il est facile de détourner. Ces dérives expliquent probablement les critiques qui sont parfois émises. En occident, le lean a souvent été copié, mais sans une compréhension profonde des principes fondamentaux de cette philosophie, cela reste un échec.

Sans oublier que le lean est basé sur l'amélioration continue, constituée par définition d'une succession de petits changements. Le personnel doit donc constamment s'adapter, et les managers doivent en permanence lutter contre les résistances au changement afin de faire évoluer les pratiques durablement.

La tendance actuelle est l'intégration fonctionnelle, autrement connue sous le nom de *monozukuri*. Il s'agit d'organiser les équipes autour des processus redéfinis et non des fonctions plus classiques. Aujourd'hui, la notion de « production » est de moins en moins limitée au seul fait de produire. La maintenance fait désormais partie intégrante de la production. Le périmètre des responsables de production a également évolué pour intégrer les méthodes industrielles, jusqu'à l'industrialisation voire parfois le développement [16].

Application de ces outils dans une unité de production

1 Contexte du projet d'optimisation de ligne de conditionnement

1.1 Présentation de l'entreprise

1.1.1 Le groupe Pierre Fabre : De la santé à la beauté…

Les laboratoires Pierre Fabre ont été fondés en 1962 par M. Pierre Fabre, pharmacien d'officine dans le Tarn (Castres).

Le chiffre d'affaires du groupe s'élevait en 2015 à 2,2 milliards d'euros. Cette entreprise emploie actuellement près de 13 000 collaborateurs à travers le monde.

Son domaine d'expertise est la recherche, le développement et la production d'actifs d'origine naturelle et biologique. L'activité du groupe est divisée en 2 branches : Pierre Fabre Médicament (PFM) et Pierre Fabre Dermo-Cosmétique (PFDC), dont la répartition est indiquée dans la *Figure 47* ci-dessous.

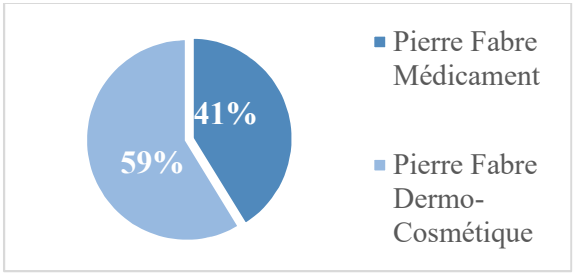


Figure 47. Répartition du chiffre d'affaires par branche

L'ensemble des sites de production de PFM et PFDC sont sous statut d'établissement pharmaceutique. Ils produisent des principes actifs d'origine végétale, biologique ou synthétique ainsi que des formes galéniques diverses telles qu'injectables et cytotoxiques, sucres cuits pharmaceutiques ou encore médicaments sous formes sèches, pâteuses et liquides.

- **Pierre Fabre Médicament**

C'est le 2ème laboratoire pharmaceutique privé français. 221 millions d'unités ont été produites en 2015. Cette branche est structurée comme suit :

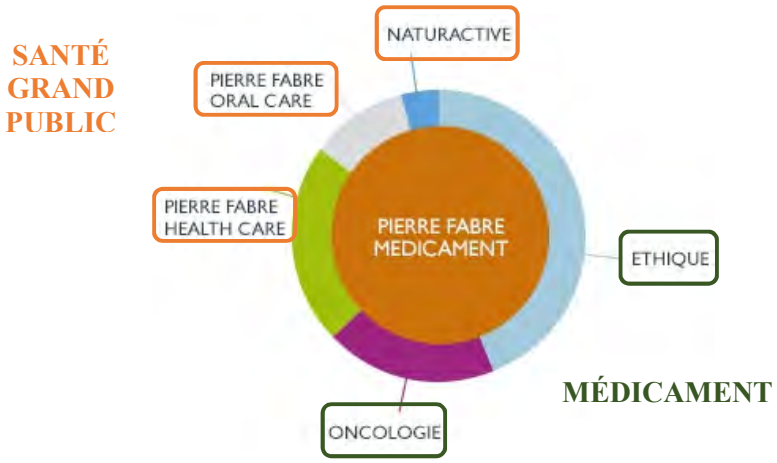


Figure 48. Répartition de l'activité de Pierre Fabre Médicament

D'une part, le marché de la Santé grand public (Consumer Health Care, santé familiale) regroupe les gammes Pierre Fabre Health Care (médicaments OTC), Pierre Fabre Oral Care (produits de santé bucco-dentaire) et Naturactive (marque de produits de santé naturelle, phytothérapie, aromathérapie et compléments alimentaires).

D'autre part, le marché des médicaments regroupe la gamme dédiée à l'oncologie et les médicaments éthiques dans les domaines de la santé féminine, urologie, cardiologie, diabétologie, pneumologie, allergologie, rhumatologie, neuropsychiatrie.

- **Pierre Fabre Dermo-Cosmétique**

C'est le 2ème laboratoire dermo-cosmétique mondial. 318 millions d'unités ont été produites en 2015.

La dermo-cosmétique se situe à mi-chemin entre les médicaments dermatologiques et les cosmétiques. Elle regroupe 10 marques : Pierre Fabre Dermatologie, Eau Thermale Avène, Ducray, A-Derma, Klorane, Elancyl, Galénic, René Furterer, Darrow (Brésil) et Glytone (États-Unis).

1.1.2 Le site de Gien

Le site de production Pierre Fabre Médicament de Gien assure la totalité de la production pharmaceutique du groupe, à l'exception des injectables (produits à Pau) et des sucres cuits (produits à Aignan). 146 millions d'unités ont été produites en 2015.

L'activité de ce site est divisée en 3 unités de production qui assurent la fabrication et le conditionnement de 3 formes galéniques : sèches (gélules, comprimés, sachets), pâteuses et liquides. Les spécialités produites ont le statut pharmaceutique, dispositif médical et dermo-cosmétique.

1.1.3 L'Unité de Production des Formes Pâteuses

Cette unité de production (UP) assure la fabrication et le conditionnement de crèmes, pommades, gels et dentifrices.

31 millions d'unités ont été produites en 2015. L'objectif est de produire 46 millions d'unités en 2016, soit une augmentation de 50% de l'activité.

Cette augmentation est due au projet TANDEM. Il consiste en une réorganisation stratégique, qui vise à centraliser à Gien les activités pharmaceutiques qui étaient auparavant assurées sur plusieurs sites. Il concerne l'ensemble des 3 unités de production mais nous nous concentrerons sur l'UP des Formes Pâteuses.

3 lignes destinées au conditionnement de dentifrice ont été transférées sur le site de Gien en fin d'année 2015. Une ligne haute cadence a également été acquise, et une ancienne ligne démontée. Au total, l'UP compte désormais 10 lignes de conditionnement.

1.2 Présentation du projet d'optimisation de la ligne de conditionnement

1.2.1 Enjeux

Le démarrage d'une nouvelle ligne de conditionnement dans un site de production génère toujours des difficultés techniques. Il est difficile de toutes les anticiper et cela provoque des dysfonctionnements pouvant mener à des retards plus ou moins importants.

Dans le cadre du projet TANDEM, ces problèmes ont été démultipliés car, comme nous l'avons vu, il s'agit du démarrage non pas d'une mais de 4 lignes de conditionnement. Ces difficultés ont conduit à une réorganisation temporaire du travail sur ces lignes, de façon à rattraper le retard accumulé au cours des 6 premiers mois.

L'enjeu principal de ce projet est de limiter les pertes financières occasionnées par ces retards. Il faut donc augmenter les capacités de production de l'UP pour atteindre l'objectif de 46 millions d'unités produites en 2016.

1.2.2 Objectif

L'optimisation de la ligne concernée doit permettre de diminuer de 40% le temps de changement de format en 6 mois.

L'objectif est d'atteindre 60% de diminution de temps de changement de série en 9 mois.

1.2.3 La ligne de conditionnement concernée

Le projet d'optimisation porte sur les temps de réglages de la ligne de conditionnement robotisée haute cadence. Cette ligne est la première de ce type dans l'UP.

Les différentes étapes de conditionnement d'un produit pâteux est résumé ci-après (cf. *Annexe 7 - Plan de la ligne de conditionnement robotisée* et *Figure 49*).

Figure 49. Remplisseuse avec robot

Figure 50. Étuyeuse et encaisseuse

Les enjeux sur cette ligne sont multiples.
De nombreux formats différents sont produits sur cette ligne : ils sont au nombre de 16.
C'est une ligne haute cadence : elle produit 200 boîtes par minute de production à cadence nominale.
De plus, on rencontre régulièrement des aléas de production liés à la récence de la ligne :

- Démarrage de la ligne moins performant que prévu, ce qui a généré des retards de production
- Documentation à créer : cela prend du temps, il manque encore des modes opératoires (même si la majorité des documents nécessaires est formalisée)
- Formation des équipes à finaliser car beaucoup de turn-over entre les lignes de conditionnement, avec une grande proportion d'intérimaires

Les gains de temps sur les changements de format seront donc significatifs et auront un fort impact sur les performances de cette ligne car les changements de série sont nombreux.

Des réglages non robustes peuvent provoquer des dysfonctionnements (en particulier du point de vue de la qualité) au redémarrage de la production. Ces aléas sont à traiter pendant le SMED [31].

2 Démarche d'optimisation d'une ligne de conditionnement

Nous allons poursuivre une logique de PDCA pour traiter de la mise en œuvre de l'optimisation de la ligne de conditionnement.

2.1 Plan : Situation initiale

2.1.1 Changement de format

Nous avons vu les étapes d'u changement de format précédemment. Adaptées au changement de série sur une ligne de conditionnement, voici les étapes nécessaires :

- Vide de ligne : nécessaire pour éviter la contamination croisée entre des produits différents. Tout ce qui concerne le produit de la série précédente est retiré de la ligne (articles de conditionnement, étiquettes de cartons et palettes, dossier de lot).
- Nettoyage de la ligne
- Préparation des pièces de format, des outils nécessaires au changement de format
- Démontage des pièces du format précédent (sur les machines)
- Montage des pièces du format suivant
- Mise aux cotes de tous les points de réglages
- Réglages des différents paramètres (température, pression, etc.)
- Essais avec articles de conditionnement. C'est la phase qui prend le plus de temps : elle peut représenter plus de la moitié du changement de série [31].

Le temps de changement de série est très variable sur la ligne observée : il varie d'une équipe (8h) à plus de 3 équipes (24h). Il faut généralement 12 à 15 heures pour réaliser l'ensemble des étapes précédentes.

Un changement de format peut prendre entre **7h** et **21h**, celui que j'ai observé a duré 12h. C'est le temps de référence que j'ai utilisé pour le projet.

2.1.2 Objectif

L'objectif de ce projet est d'améliorer l'organisation des changements de série, pour arriver à un objectif de 7h à la fin du mois d'août (à la fin de mon stage) et de 5h à la fin de l'année.

Un changement de format devrait durer 7h en fin de semaine 35 et 5h en fin de semaine 52.

L'objectif a été fixé en se basant sur les gammes internes à l'entreprise. Il a été prévu qu'un changement de format soit réalisé en 5h.

Cette diminution des temps de changement de format ne doit pas permettre de faire des changements de format plus fréquents. Elle doit permettre de récupérer de la capacité de production, pour recoller au mieux au planning de production prévisionnel et diminuer les retards.

2.2 Do : Mise en place du SMED

À partir de ce constat, j'ai déployé la méthodologie SMED, en suivant les étapes précédemment citées.

2.2.1 Étape 1 – Identifier les opérations externes et les opérations internes

Pour commencer un SMED, il faut observer les opérations afin de les identifier et de les analyser [31].

Pour réaliser cette identification, j'ai réalisé plusieurs observations sur le terrain (observations séquentielles d'un changement de format et un changement de série complet), accompagnées d'un relevé chronométré des opérations.
J'ai également filmé les étapes nécessaires à un changement de format par machine de la ligne de conditionnement : remplisseuse, étuyeuse, encaisseuse.

Les observations chronométrées ont permis une analyse au niveau macro du changement de format. Les films réalisés ont donné lieu à une analyse plus détaillée du mode opératoire de changement de format (cf. *Annexe 8 - Grille d'analyse de vidéo : exemple de la remplisseuse*).

Il ressort de ces différentes observations qu'il n'y a pas de problèmes techniques : la ligne est de conception récente, elle est optimisée pour un changement d'outillage rapide. En revanche, l'organisation générale d'un changement de série ne semble pas optimale. Il y a donc *a priori* peu d'investissements à prévoir. Il s'agit surtout d'une réorganisation des ressources de l'UP.

Il n'y a pas de problèmes techniques, mais des problèmes d'organisation.

La synthèse de ces analyses aboutit à un total de 61 opérations identifiées (cf. *Annexe 9 - Inventaire des opérations d'un changement de format après étape 1*).

La répartition entre opérations internes et opérations externes est la suivante :

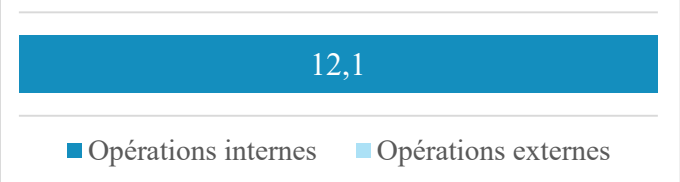


Figure 51. Répartition des opérations internes et externes après l'étape 1

61 opérations sont effectuées lors d'un changement de format sur la ligne concernée. Il y a 100% d'opérations internes.

Deux types d'opérations peuvent être effectués sur les opérations internes pour les externaliser : l'extraction et la conversion.
L'extraction des opérations internes ne demande pas d'investissement : c'est l'étape 2.
La conversion nécessite un investissement : c'est l'étape 3.

2.2.2 Étape 2 – Extraire les opérations internes

Une fois les opérations identifiées, il faut séparer les opérations externes afin qu'elles soient extraites du changement de format [31].

Chaque opération identifiée lors de l'étape précédente est classée dans les opérations internes ou dans les opérations externes selon qu'elle peut être réalisée machine arrêtée ou en marche.

Selon cette analyse (cf. *Annexe 10 - Inventaire des opérations d'un changement de format après étape 2*), on peut extraire 8 opérations externes :

7	laver les flexibles	E	250
8	laver la pompe	E	
11	remonter la pompe de la remplisseuse	E	140
13	préparer les outils nécessaires pour la remplisseuse	E	3,09
14	préparer les pièces de format de la remplisseuse	E	
36	préparer les outils nécessaires pour le secondaire	E	5,56
37	préparer les pièces de format du secondaire	E	14,69
-	déplacements pièces de format & outils	E	26,32
		total	439,66

Figure 52. Récapitulatif des opérations externes (en minutes)

La répartition entre opérations internes et opérations externes est la suivante :

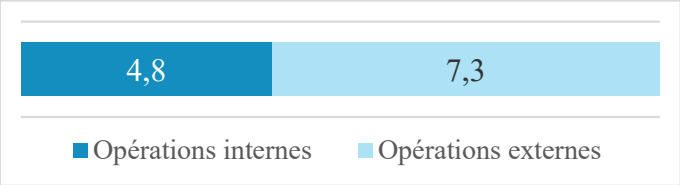


Figure 53. Répartition des opérations internes et externes après l'étape 2

Les 8 opérations externes correspondent à plus de 7h de changement de format.
Il y a 40% d'opérations internes et 60% d'opérations externes après extraction.

Ces opérations externes peuvent être regroupées en 3 axes d'améliorations :

- Pompe de la remplisseuse
- Tuyaux inox et flexibles
- Préparation des pièces de format & outils

Je vais à présent détailler les actions à mettre en œuvre pour externaliser ces opérations.

2.2.2.1 Pompe de la remplisseuse

Une pompe est utilisée dans la remplisseuse. Cette pompe est en contact avec le produit. Elle doit être nettoyée après utilisation et désinfectée avant chaque utilisation.

Le nettoyage de la pompe se fait en parallèle de celui des tuyaux inox et des flexibles. Le remontage de cette pompe se fait en 1h, voire 2h lorsque les opérateurs sont en cours de formation.

Le nettoyage de la pompe, des tuyaux inox et des flexibles prend 4h. Le remontage de la pompe prend de 1h à 2h.

Pour éviter cette perte de temps, la pompe avait été commandée en doublon. Il était prévu que le doublon soit remonté en temps masqué.

Or cette organisation n'a pas pu être mise en place dès la mise en service de la ligne. À mon arrivée dans l'UP, le doublon n'était pas utilisé car il manquait des pièces.

J'ai donc réalisé l'inventaire des pièces manquantes avec un opérateur. Il manquait essentiellement de la visserie, ainsi qu'une purge. Cette pièce n'était pas prévue en double à l'origine car elle n'avait pas été identifiée comme critique. La pièce est actuellement en commande.

L'exploitation du doublon de la pompe a été partiellement mise en place (en attendant la réception de la purge). La désinfection et le remontage de la pompe se fait désormais en temps masqué pendant la production du lot précédent, sous réserve d'aléas techniques dans l'UP qui limiteraient le nombre d'opérateurs disponibles.

2.2.2.2 Tuyauterie

Dans la majorité des cas, le produit est différent avant et après changement de format (cf. *Figure 54* ci-dessous).
Les flexibles sont dédiés à un produit : on utilisera donc un flexible différent entre le lot précédant le changement de format et le lot suivant. Le lavage immédiat des flexibles n'est donc pas obligatoire.
Les tuyaux inox ne sont pas dédiés à un produit. Le lavage immédiat des tuyaux inox est obligatoire avant remontage.

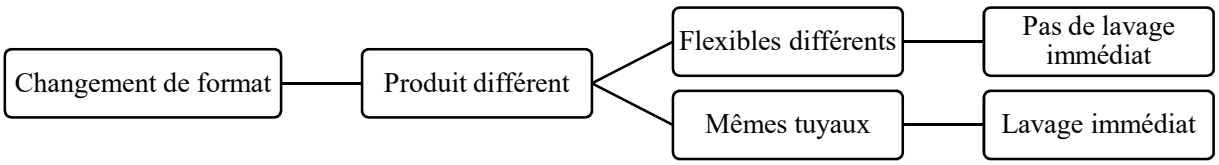


Figure 54. Utilisation des flexibles et tuyaux

Le lavage de la tuyauterie est manuel. Il nécessite 2 opérateurs.

On peut envisager le lavage des flexibles en temps masqué pendant la production du lot suivant. Le lavage des tuyaux inox doit être immédiat. Pour s'affranchir de cette contrainte, des doublons de ces tuyaux inox ont été fabriqués. De même que pour les flexibles, il est alors envisageable de les laver en temps masqué sur le lot suivant.

Cette solution n'a pas été envisagée à cause d'une contrainte liée au produit. Les produits conditionnés sont pâteux : ils peuvent sécher après quelques heures à l'air libre (rappelons qu'un changement de format prend régulièrement plus de 10h et que la tuyauterie est le premier élément à être démonté dès la fin du lot précédent).

On aurait alors réalisé l'extraction d'une opération interne mais sa rationalisation (cinquième étape du SMED) aurait été plus compliquée car le temps de cette opération aurait augmenté.

Une laverie est en cours d'aménagement depuis le début de l'année 2016. L'objectif est de dédier une pièce au lavage des pièces en contact avec le produit (pièces des remplisseuses, pompes etc.) et de la tuyauterie.
La solution envisagée pour le lavage de la tuyauterie est une machine à laver industrielle. Ceci nécessite un investissement : c'est une conversion. Ce projet sera détaillé plus loin (*2.2.3 Étape 3 – Convertir les opérations internes en opérations externes)33*.

2.2.2.3 Préparation des pièces de format et outils

Les pièces de format et les outils nécessaires au changement de série ne sont pas préparés en temps masqué. Ceci engendre des déplacements inutiles pendant le changement de format entre les armoires de stockage des pièces de format, la caisse à outil de l'opérateur et la machine qu'il règle.

Un opérateur perd 50 minutes à cause de la non-préparation des outils et pièces de format.

La solution imaginée est un chariot (cf. *Figure 55* ci-dessous). L'opérateur peut ainsi faire suivre ce chariot pendant le changement de série et y déposer les pièces du format précédent.

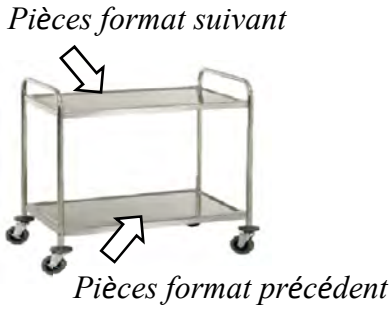


Figure 55. Principe d'utilisation du chariot

Les pièces de format ne sont pas en contact avec le produit : elles ne sont pas lavées entre 2 utilisations. L'utilisation d'un chariot de ce type ne pose donc pas de problème de contamination croisée entre 2 produits.

Il existait des modes opératoires et des fiches de réglages disponibles sur ligne. Il n'y avait pas de documents synthétiques qui permettent de préparer les pièces et outils nécessaires en amont. J'ai donc rédigé des fiches récapitulatives avec les références des pièces de format selon le

produit et les outils nécessaires pour chaque équipement de la ligne : remplisseuse d'une part et étuyeuse / encaisseuse d'autre part (cf. *Annexe 11 - Exemple de fiche récapitulative pièce de format – outils*).

Cette solution a été mise en place. Les fiches récapitulatives sont disponibles sur ligne. Les opérateurs les utilisent en association au chariot avant chaque changement de format, sous réserve d'aléas techniques dans l'UP qui limiteraient le nombre d'opérateurs disponibles.

La mise en œuvre des solutions présentées engendre des gains potentiels de 5h à 6h. Ceci correspond à l'objectif du projet fixé à 7h en fin de semaine 35.

2.2.3 Étape 3 – Convertir les opérations internes en opérations externes

Lors de cette étape, un maximum d'opérations internes est converti en opérations externes [31].

À ce stade du SMED, seule une opération est concernée par cette étape : le lavage de la tuyauterie.
Il s'agit du projet d'aménagement de la laverie, évoqué précédemment. Une machine pour laver la tuyauterie permettrait d'améliorer la reproductibilité du nettoyage, ainsi que de gagner du temps lors des changements de série.

L'investissement dans une machine à laver industrielle avait été décidé avant mon arrivée. Un appel d'offre a été lancé et un fournisseur sélectionné en 2015. Des essais devaient être réalisés chez le fournisseur pour valider le nettoyage fin juillet 2016. Ils ont été repoussés au mois de septembre pour des raisons techniques.

2.2.4 Étape 4 – Rationaliser les opérations internes

Une fois qu'il reste un nombre limité d'opérations internes, il faut réduire le temps de ces opérations : il faut supprimer les opérations inutiles et réorganiser puis optimiser les opérations restantes [31].

2.2.5 Étape 5 – Rationaliser les opérations externes

Enfin, lorsque le temps de changement de format est optimisé, il faut réorganiser et optimiser la préparation du changement de format [31].

2.2.6 Mise en place du 5S

La réorganisation de l'atelier en 2015, avec un « déménagement » des lignes de conditionnement, a impacté le rangement de l'UP. Les repères mis en place lors de précédentes implantations de 5S ont été modifiés. Les retards de production importants ont monopolisé l'énergie des équipes et le 5S n'a pas été réinstauré dans l'atelier.

Des audits 5S avaient été initiés en 2015. Ils ont été réalisés sur des lignes qui ne faisaient pas partie du projet TANDEM. De plus, ils n'ont pas fait l'objet d'un suivi régulier depuis.

Préalablement à la mise en place progressive des 5S, nous avons réalisé un audit 5S (cf. *Annexe 12 - Résultats de l'audit 5S en juin 2016*).

Cette grille d'audit est interne à l'entreprise. Elle permet de juger le niveau de maturité d'une ligne de conditionnement sur les 5 étapes, grâce un score sur 31 points. Plus le score est élevé, plus la ligne est engagée dans une démarche 5S.
Les résultats de cet audit servent de base de comparaison avec les audits suivants.

La ligne a obtenu un score de 13/31 au premier audit 5S réalisé.

2.3 Check : Résultats

Ce SMED n'est pas terminé. Les 2 premières étapes du SMED ont été réalisées avec succès, la 3ème étape est initiée. Les étapes 4 et 5 de rationalisation des opérations internes et externes n'ont pas encore été réalisées.

À la fin du mois d'août, un changement de format est réalisé en 10h.

La documentation est à jour sur cette ligne. Les opérateurs ne sont pas tous affectés à une ligne : il y a de la formation en permanence (surtout pour les intérimaires). Ceci peut expliquer l'écart au prévisionnel.

L'ensemble des actions prévues a été mis en place. Seule l'action impliquant un investissement important (machine à laver) est en cours de déploiement.

Un chantier 5S a également été initié, assez tardivement. Il n'est donc pas mature : seules les 2 premières étapes sont commencées. Les armoires de stockage sont rangées. Les standards sont en cours de rédaction.

2.4 Act : Suites à donner et perspectives

Un technicien de maintenance en cours de formation prendra le relais de ce projet dès le mois de septembre. Je lui ai donc présenté mon travail pour qu'il puisse continuer le SMED et atteindre l'objectif de 5h pour un changement de format.

Pour la réussite de ce projet, il est important d'insister sur l'organisation de l'UP avec le détachement d'opérateurs en temps masqué pour réaliser les opérations externes. Cela n'est pas encore ancré dans les pratiques : c'est un point de vigilance pour la longévité du SMED.

Comment atteindre l'objectif de 5h en fin d'année 2016 ?

Le temps de gamme défini à 5h a été fixé en condition optimale. C'est-à-dire que les opérateurs présents sont formés, le mode opératoire est optimisé et les actions d'amélioration initialement prévues sont mises en place (pompe et tuyauterie en doublon, opérateurs disponibles pour réaliser les actions en temps masqué).

Même si l'objectif de changement de format en 7h n'est pas atteint en semaine 35, il est encore possible de respecter le temps de gamme (5h) d'ici la fin de l'année 2016. La documentation

est à jour. Il faudra mettre l'accent sur la formation des opérateurs en s'appuyant sur les documents existants.

Les solutions concernant la préparation des pièces de format et les outils pourront être déployées sur d'autres lignes.

Le fournisseur de machine à laver industrielle devrait être en mesure de livrer une machine adaptée aux besoins de l'UP suite aux essais réalisés en septembre.

Les autres lignes de conditionnement en bénéficieront également : une diminution des temps de changement d'outillage devrait être observée sur l'ensemble des lignes dès son installation.

Le chantier 5S sera mené à terme courant septembre grâce au technicien amélioration continue d'une autre UP (en attendant le recrutement d'un technicien amélioration continue dans l'UP des Formes Pâteuses).

Enfin, un projet d'acquisition d'une deuxième ligne à haute cadence robotisée est en cours. Les actions menées sur cette ligne devraient être déployées dès l'arrivée de la nouvelle, afin d'instaurer d'office les méthodes de travail les plus efficaces. De plus, l'installation de cette ligne représente une occasion de mener un chantier 5S « limité » aux 2 derniers S (standardiser et faire progresser) pérenne.

3 La conduite du changement

Qu'est-ce que le « changement » ? Qu'est-ce que la résistance au changement et comment la gérer ? Quelles sont les étapes nécessaires à une conduite du changement réussie ? Nous allons tenter de répondre à ces questions dans les pages qui suivent.

3.1 Comprendre le changement

Le processus du changement a été défini par Kurt Lewin, pionnier dans la psychologie sociale, il a introduit le concept de dynamique des groupes. L'un de ses apports majeurs a été de proposer un modèle du processus de changement en 3 phases, que nous allons développer [45], [46]. Elles sont résumées dans la *Figure 56* ci-dessous [46].

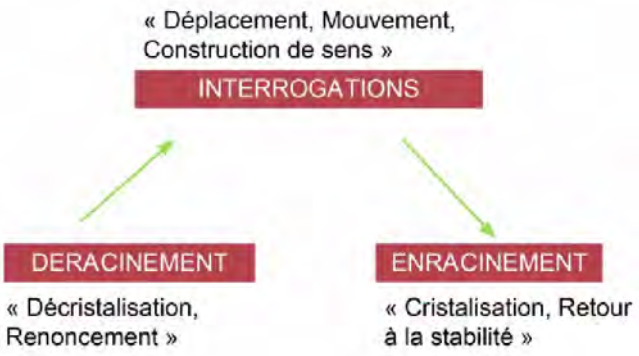


Figure 56. Illustration du modèle de Lewin

3.1.1 Le dégel

La première phase est le *dégel*, parfois trouvée sous le nom de *légitimation* ou encore de *décristallisation* [47].

L'objectif du dégel est de désagréger les normes du groupe, grâce à la discussion. Cela favorise l'abandon des repères, des comportements et des pratiques, pour motiver les individus du groupe à changer. De ce renoncement résulte une incertitude qui peut être ressentie comme positive ou négative selon les collaborateurs.

L'insatisfaction de la situation actuelle déclenche un déséquilibre, qui va générer des mécanismes d'inconfort, d'anxiété et d'insécurité psychologique. Ainsi, la décristallisation favorise la prise de conscience, du besoin de changer les comportements actuels, au profit de nouveau comportement.

3.1.2 Le mouvement

La deuxième phase est le *mouvement*, *appropriation*, ou encore *déplacement*.

Elle correspond à une phase de transition, pendant laquelle le groupe expérimente de nouvelles pratiques pour passer de la situation initiale à la situation cible.

On observe fréquemment pendant cette phase de nombreuses interrogations, qui traduisent des doutes ou une faible motivation pour changer. Ce cheminement, la communication avec leur manager, permettent de donner du sens au processus. Cet échange permet une diminution des forces de résistance.

3.1.3 La cristallisation

La troisième et dernière phase est la *cristallisation*.

Cette phase permet d'établir les nouvelles normes en intégrant les nouvelles habitudes au quotidien : elle représente la concrétisation du changement par un retour à la stabilité. Le nouvel état est alors considéré comme la norme.

3.2 Les résistances au changement

On peut définir la résistance au changement comme « *la peur des personnes à opérer ce changement, c'est la difficulté qu'elles ont à se projeter* ». Elle désigne à la fois un obstacle, un frein au changement mais aussi le fait d'avoir peur du changement.
Le changement engendre un double phénomène d'abandon de l'existant et d'effort d'apprentissage. Cela peut créer, même si ce n'est pas toujours le cas, des phénomènes de routine, qui font que les personnes refusent le changement quand on leur propose [46].

Une personne passe systématiquement par plusieurs phases pour s'approprier le changement (cf. *Figure 57* ci-dessous [48]).

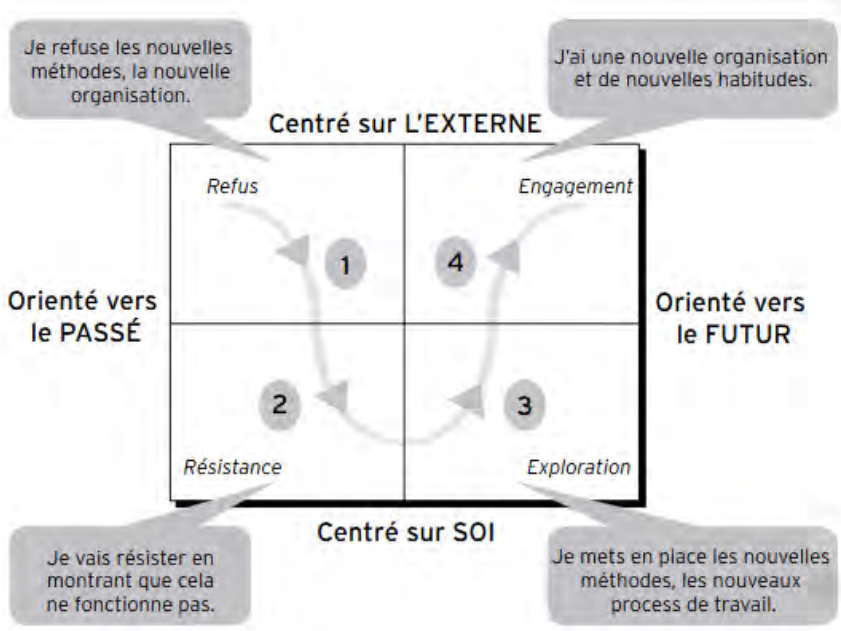


Figure 57. Les différentes étapes de la mise en œuvre d'un changement

Ces différentes phases sont les suivantes :

- *Phase de déni ou de refus*

Elle correspond au refus systématique du changement par les collaborateurs. La mise en œuvre des différents leviers permet normalement de dépasser cette phase et de passer à la phase suivante.

- *Phase de résistance*

Dans cette phase, 3 catégories de personnes résistantes émergent : les opposants silencieux, les opposants exprimés et les opposants négociateurs. Leurs objectifs sont de faire échouer le changement pour revenir à la situation initiale ou négocier le prix du changement.

Selon les personnalités, la forme de l'opposition peut prendre plusieurs formes comme par exemple le silence, agressivité ou démonstration que le changement ne peut pas avoir lieu. Il est possible de rencontrer une opposition même lorsque le changement est mis en place. Cela peut alors se traduire par un ralentissement du travail ou encore un absentéisme plus élevé.

- *Phase d'exploration, perspective d'avenir*

Cette phase arrive lorsque l'encadrement a réussi à gérer le changement et lorsque la réflexion du collaborateur a mûri. L'attitude des collaborateurs est alors plus positive et ils mettent en place les transformations. Ils ne sont plus en opposition systématique et s'engagent progressivement, même si le besoin de soutien est important pour surmonter leurs incertitudes et passer à la phase suivante.

- *Phase d'engagement ou implication*

C'est la phase finale : les collaborateurs adhèrent totalement aux transformations qui ont été réalisées, et ils l'appliquent au quotidien. Le retour en arrière n'est alors plus envisageable (contrairement aux phases précédentes).

3.2.1 Comprendre ces résistances…

Les personnes résistent au changement pour des motifs prévisibles [45], [46] :

- La peur de l'inconnu

Le changement génère de l'incertitude. Selon leur personnalité, le fait de ne pas savoir ce qui les attend peut rendre certaines personnes anxieuses, ou plus réticentes au changement.

- La peur de perdre l'existant

Le changement impacte l'organisation mais il peut aussi impacter les relations hiérarchiques, les ressources, les tâches à effectuer. Les personnes bien établies dans les entreprises ont beaucoup à perdre (même si ce n'est pas l'objet du changement) et montrent parfois les plus fortes résistances.

- La peur du changement des habitudes

La routine, au sens des habitudes quotidiennes de travail, est souvent appréciée du personnel. Remettre en cause les standards puis apprendre de nouvelles normes demande de l'énergie, ce qui peut être à l'origine de confusion et d'incertitude.

- La peur de perdre son identité

Le changement représente la perte d'une identité collective par les collaborateurs, qui vont en créer une nouvelle. Cette période de transition est difficile à gérer car les collaborateurs doivent construire une nouvelle identité, mais ils s'accrochent dans le même temps à l'ancienne, qui représentait jusqu'alors le cadre.

Pour Kotter, professeur à la Harvard Business School ayant étudié la dynamique des groupes, les changements se font plus dans l'attitude adoptée par les individus et les managers que dans les projets. Il en a conclu que les motifs de résistance au changement étaient les suivants [46] :

- L'intérêt individuel : une personne aurait tendance à se concentrer davantage sur son propre intérêt que sur l'intérêt collectif au cours d'un processus de changement
- Le manque de confiance de l'individu envers la direction ainsi que sa méconnaissance des objectifs du changement. En s'appuyant sur des expériences passées, il aura tendance à résister.

- La peur de ne pas être capable de développer les compétences et les comportements que le management attend.

En conséquence, la résistance au changement peut s'exprimer sous 3 principales formes [45] :

- La fuite : pas d'implication dans le changement, évitement de toute interaction avec le projet voire désinvestissement
- La négociation : mobilisation d'arguments rationnels pour contester le changement
- L'opposition : réactions plus ou moins violentes d'opposition dans les actes et les paroles, de manière directe (colère…) ou indirecte (implication pour démontrer l'absence d'améliorations due au changement).

Ces différents motifs et ces stratégies peuvent tout à fait coexister chez un individu.

3.2.2 … pour mieux les gérer : les leviers de la conduite du changement

Gérer les résistances au changement requiert la mobilisation de stratégies habituellement utilisées pour la gestion des conflits : communication, accompagnement, participation, imposition. Une fois que la nature et l'origine de ces résistances sont comprises, la technique adaptée à l'individu peut être mobilisée [45].

Les résistances au changement constituent une source d'optimisation et d'amélioration des projets lorsque des stratégies de résolution sont mises en place. Au contraire, elles ont des effets négatifs sur le projet si rien n'est fait. Avant même de mettre en place de telles stratégies, il faut impliquer l'ensemble des acteurs du projet, qu'elles présentent ou non des résistances.

Nous allons à présent aborder les stratégies de gestion de ces résistances.

3.2.2.1 Communication

La communication consiste à produire des messages avec des média à destination des parties prenantes pour leur bonne compréhension du projet et sa réalisation. Ces messages forment la connaissance du projet de changement [46]. Ne pas adhérer à un projet peut venir d'un manque d'informations, par exemple concernant les objectifs du changement [45].

La stratégie de communication est amenée à évoluer selon le niveau de résistance des collaborateurs (cf. *Figure 58* ci-dessous [48]).

Niveaux	Attitudes du salarié	Objectifs du manager	Stratégies de communication du manager
5	Engagé actif	Être référent et récompenser	Je conforte sa position
4	Engagé passif	Le rendre actif	Je dynamise, je cherche l'accord
3	Hésitant	Faire réussir et lui donner confiance	Je soutiens, je le valorise
2	Opposant négociateur	Obtenir un accord	Je négocie un accord
1	Opposant exprimé	Identifier les bénéfices secondaires et les freins au changement	J'écoute
0	Opposant silencieux	Connaître sa position	Je suscite la discussion

Figure 58. Processus de communication en situation de changement

3.2.2.2 Participation de tous

Inclure l'ensemble des personnes impactées par le changement permet de prendre en compte tous les avis et les remarques. Les acteurs du projet sont ainsi tous impliqués. Cela leur permet de mieux comprendre les enjeux du projet et de participer en apportant leurs compétences et leur réflexion sur leurs motifs d'insatisfaction.

3.2.2.3 Soutien

Comme nous l'avons vu, des angoisses liées à l'incertitude peuvent provoquer une résistance. Dans ce cas, il est important d'accompagner ces personnes pour les aider à surmonter ces angoisses. Quitte à ce que cela dépasse le contexte professionnel

Ces 3 premières techniques favorisent le dialogue et l'échange entre les collaborateurs.

3.2.2.4 Imposition

En dernier recours, il est possible d'imposer les solutions retenues par le groupe.

L'ensemble de ces stratégies constituent des leviers du changement, illustrés dans la roue du changement de Kanter, auteur reconnue pour son approche des changements organisationnels qui s'appuie sur les managers et les leaders. Le changement est un phénomène sans début ni fin, qui peut être relancé. C'est pour cette raison qu'il est représenté sous le modèle d'une roue. Ce modèle est présenté dans la *Figure 59* et repose sur 10 principes [46].

Ces 10 leviers s'organisent de façon chronologique, dans une suite d'étapes qui commence par le travail en commun et se termine par le contrôle et le suivi.

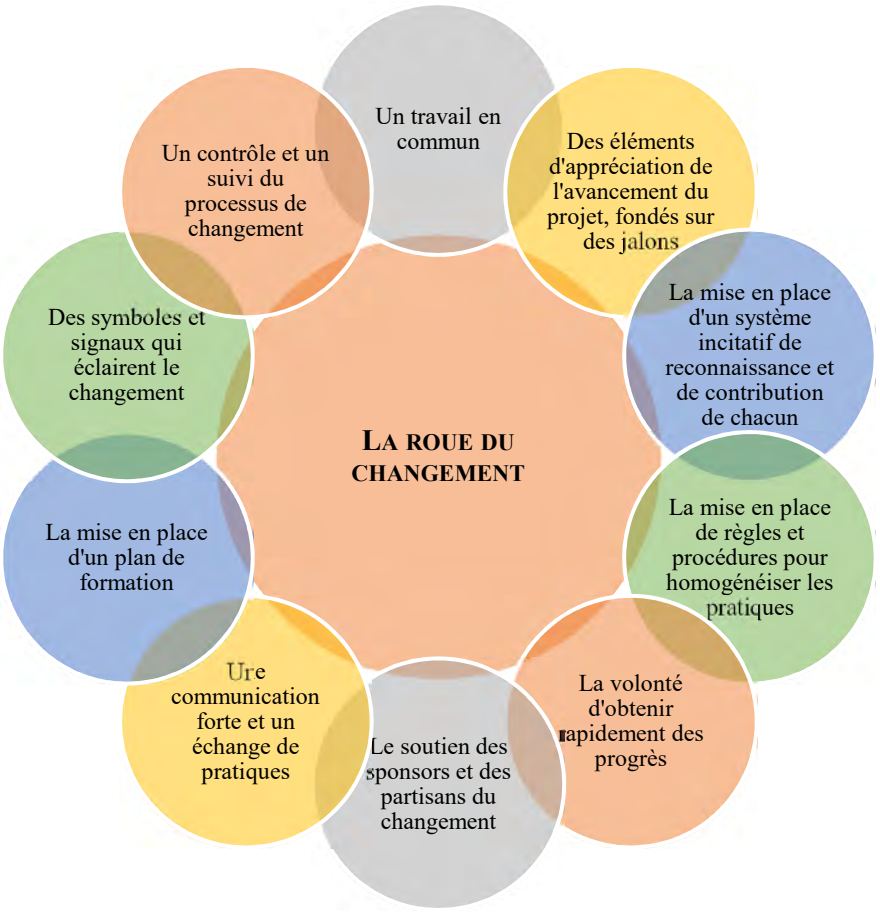


Figure 59. La roue du changement selon Kanter

Le facteur humain étant nécessaire à la réussite de tout projet, il faut lui accorder la place et l'attention qu'il mérite au cours d'un projet.

3.3 Pour une conduite du changement réussie

3.3.1 Approche globale du processus de conduite du changement

70% des efforts de changement dans les organisations échouent faute d'une approche globale [49]. Kotter, considéré comme une autorité en termes de leadership et de management du changement, a analysé les causes d'échec de projets de changement. Chaque projet est unique, mais il a identifié 8 étapes pour conduire le changement avec succès [46], [49]. Nous allons dès maintenant découvrir ces étapes, organisées de façon chronologique.

3.3.1.1 Créer un sentiment d'urgence

Les collaborateurs peuvent ne pas reconnaître lorsqu'une situation requiert un changement, ou du moins ne pas être convaincus de sa nécessité. Créer un sentiment d'urgence permet aux individus de prendre conscience de cette nécessité de changer.

S'ils ne ressentent pas cette urgence, les collaborateurs risquent de résister au changement aux premières difficultés rencontrées. Ce sentiment d'urgence permet donc d'assurer une

mobilisation suffisante des individus autour de l'idée d'un changement bénéfique. Cette étape conditionne la réussite des changements en conditionnant l'engagement des individus.

Celui-ci peut être engagé par exemple en communiquant sur des menaces potentielles ou réelles, en élaborant des scénarii catastrophes pour l'avenir de l'entreprise si rien ne change ou encore en faisant intervenir des parties prenantes.

3.3.1.2 Former une coalition

Selon Kotter, aucun manager ne peut conduire le changement seul : il doit s'appuyer sur une coalition. Il s'agit d'un groupe de personnes acquises à la cause du projet, avec des domaines d'expertise variés et complémentaires.

La première mission de cette coalition est de maintenir le sentiment d'urgence et ainsi de continuer à propager l'idée d'un changement nécessaire.

3.3.1.3 Développer une vision ambitieuse et réaliste

Pour mobiliser les individus, le leader doit proposer une vision ambitieuse et réaliste, qui les inspire, les rassure et les motive. Cette vision doit donc fournir les bases de la stratégie à venir de l'entreprise et se décliner en objectifs atteignables.

Ainsi, le groupe sera en mesure de fournir l'énergie nécessaire à son engagement dans le changement.

3.3.1.4 Communiquer cette vision

Cette vision doit être communiquée et partagée pour que le changement soit enclenché. Le leader doit alors capter l'attention des individus, grâce à un effort particulier de communication et de dialogue. C'est son engagement qui fait la différence.

La communication renforce le sentiment d'urgence et porte sur la vision ainsi que les résultats obtenus au cours du projet pour entretenir la dynamique du groupe.

3.3.1.5 Lever les obstacles

Les opérationnels et leurs managers peuvent mener à bien le changement grâce à la levée des obstacles. Celle-ci peut conduire à la prise en compte des personnes résistantes au changement ou encore à l'évolution d'éléments tels que processus ou structure de l'organisation.

Les premiers résultats sont dévoilés, les obstacles progressivement levés, ce qui permet d'étendre la dynamique de changement qui s'est enclenchée.

3.3.1.6 Engager des actions

Engager les premières actions permet de changer la vision des collaborateurs et d'améliorer leur représentation de la future organisation. Durant cette phase, les initiatives des collaborateurs sont encouragées, afin de s'approprier le changement.

Le changement commence à s'opérer lors de cette étape. Il faut alors marquer les premiers résultats visibles (même s'il ne s'agit que de résultats intermédiaires) pour maintenir la mobilisation du groupe.

Grâce à ces résultats qui peuvent être généralisés, les collaborateurs peuvent apprécier le changement de manière factuelle.

3.3.1.7 Accélérer le changement

Bien que nécessaires, les résultats à court terme ainsi obtenus ne suffisent pas. Accélérer le changement permet de le consolider. Pour entretenir la dynamique de changement, on peut par exemple lancer de nouveaux projets selon un rythme soutenu.

3.3.1.8 Pérenniser le changement

C'est à ce stade qu'on peut étendre le changement à d'autres domaines et amorcer le processus d'amélioration continue. Initier des projets permet de consolider la nouvelle organisation. Les nouvelles pratiques sont ancrées dans les standards, les modes opératoires, les procédures et la routine.
La pérennisation ne peut se faire qu'à la fin du changement, en s'appuyant sur les nouvelles pratiques et les succès des étapes précédentes.

À la fin de ce processus, le changement devient la nouvelle norme et l'habitude du groupe.

3.3.2 Approche concrète du processus de conduite du changement

Nous allons à présent aborder les différentes étapes rencontrées sur le terrain lors d'un projet impliquant un changement [46], [47].

3.3.2.1 Diagnostic

Le diagnostic doit idéalement avoir lieu le plus en amont possible d'un projet afin d'être en mesure de prévoir des actions et de ne pas subir les situations.

De plus, pour obtenir l'adhésion des opérationnels (directement impactés par le changement), il est important qu'ils comprennent la nécessité de changement. Ils doivent être associés à la définition du problème et à la recherche de solutions. Ainsi, lorsqu'ils ont compris les failles de la situation actuelle, ils comprendront la nécessité de changement.

Cette phase consiste à comprendre une situation de changement afin de déterminer les meilleures actions d'accompagnement de celui-ci. Elle permet de comprendre ce qu'on appelle l'invisible social. Il s'agit de notions importantes, telles que les valeurs, le système culturel, les résistants. L'analyse des résistances au changement est entreprise à ce moment.

Pendant le diagnostic, tous les éléments qui permettent de caractériser un changement sont recueillis, afin de déterminer quelles seront les meilleures actions à envisager pour l'accompagnement et la réalisation de ce changement. Des outils tels que cartographies (du changement, des acteurs), analyses d'impact ou diagnostics socio-organisationnels peuvent être utilisés.

Après la phase de diagnostic, on va passer dans une phase dite d'action avec différents leviers.

3.3.2.2 Pilotage

Le changement est un phénomène qui est difficilement perceptible pendant qu'il a lieu, on remarque la différence entre une situation initiale et une situation finale. Lorsque l'on est en charge d'un tel projet, il est toutefois nécessaire de savoir si les actions menées produisent des résultats ou pas, c'est-à-dire de savoir si les gens changent.

Pour suivre cela, il faut donc suivre des indicateurs. Or le changement est au service d'un projet, lui-même au service d'une activité opérationnelle. Ces 3 notions permettent de bâtir les indicateurs de pilotage du changement.

On trois niveaux de pilotage du changement :

- Les indicateurs *de l'activité*, qui sont nécessaires pour suivre l'activité de l'entreprise au cours du projet (comme par exemple le TRS).
- Les indicateurs de *gestion de projet*, qui portent généralement sur 2 variables : les délais et les coûts. Ces indicateurs permettent donc de suivre l'avancement du projet ainsi que le suivi du budget alloué (par tâche et plus globalement au niveau du projet).
- Les indicateurs de *conduite du changement*, qui permettent de déterminer si le changement est en cours et si les actions entreprises mènent bien au résultat escompté. Pour cela, le modèle ICAP est utilisé (cf. *Figure 60* ci-dessous).

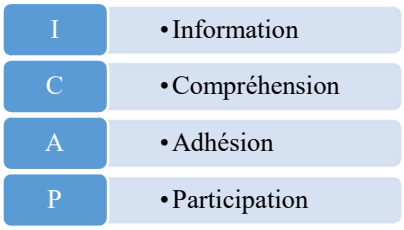


Figure 60. Modèle ICAP

Un taux d'information, un taux de compréhension, un taux d'adhésion et un taux de participation sont déterminés grâce à un questionnaire réalisé auprès des personnes impactées par le changement. Ces questionnaires sont diffusés à intervalles de temps réguliers (tous les 3 à 6 mois), pour visualiser l'évolution de ces indicateurs dans le temps.

Le projet peut être suivi par une démarche de type PDCA. En effet, on peut trouver une corrélation entre la gestion de projet et la conduite du changement.

Un projet doit être lancé en tenant compte de sa maturité, selon les phases précédemment décrites. Un non-respect du rythme peut avoir des conséquences néfastes quant au succès du projet, comme illustré ci-après.

La période optimale pour lancer un projet est la phase d'acceptation. On observe alors une efficacité maximale (cf. *Figure 61*).

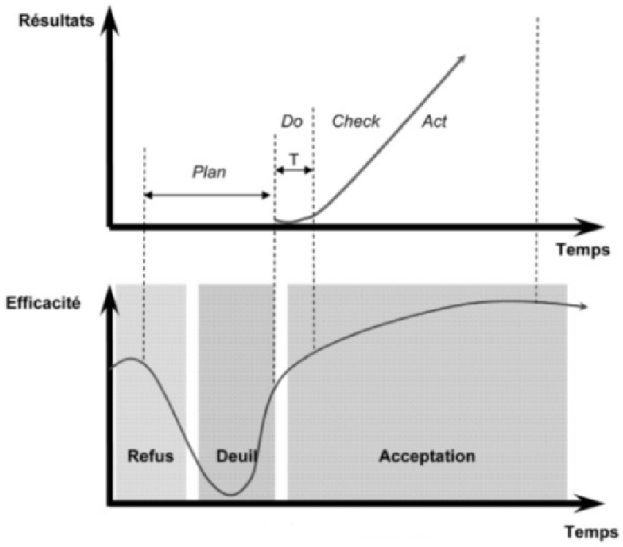


Figure 61. Projet lancé pendant la phase d'acceptation

En revanche, si le projet est lancé avant cette phase d'acceptation, on observe une adoption de la nouvelle organisation, rapidement délaissée suite aux premiers résultats négatifs. Une phase est alors nécessaire pour relancer la motivation des collaborateurs et l'analyse des causes de non atteinte des performances (cf. *Figure 62*).

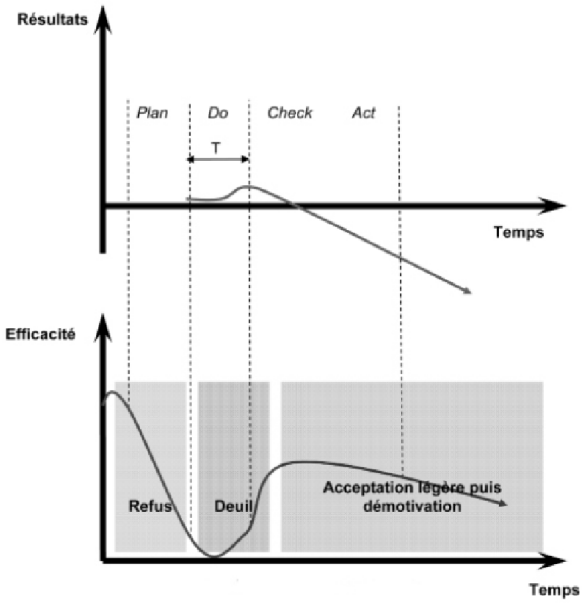


Figure 62. Projet lancé trop tôt, avant l'acceptation

Enfin, un projet lancé trop tard, lorsque les gens n'y croient plus, sera également un échec (cf. *Figure 63*).

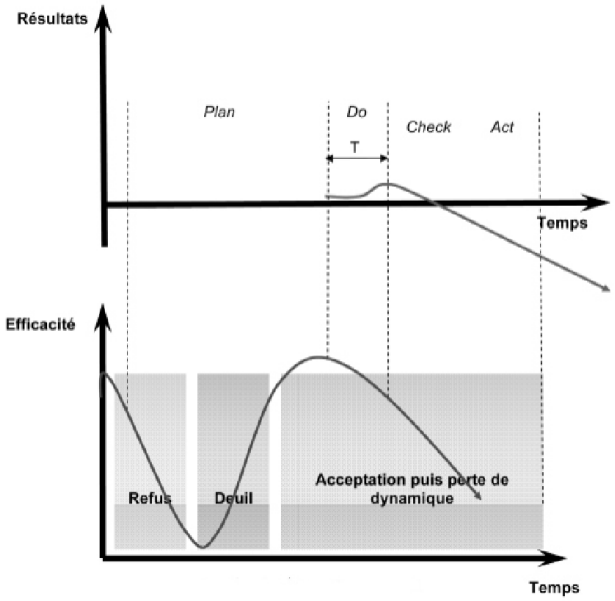


Figure 63. Projet lancé trop tard, après l'acceptation

La transition est la phase cruciale du processus de changement. Elle nécessite du temps, des ressources, et surtout de l'empathie pour soutenir et accompagner l'adaptation du personnel touché [48].

3.3.2.3 Pérennisation

La formation est un élément clé du changement : elle permet de délivrer le « comment » réaliser le changement sur le terrain. Pour pérenniser le changement et ancrer les nouvelles pratiques, il faut former le personnel, et donc définir un plan de formation.

Quatre étapes doivent être respectées pour la création d'un plan de formation : la définition des besoins, la définition du contenu de la formation, l'animation de la formation puis son évaluation (à chaud à l'issue de la formation ou à froid, après un laps de temps plus important).

L'accompagnement est également primordial. L'accompagnement est une action opérationnelle, qui peut être assimilé à du tutorat, sur une petite équipe.

On le définit comme étant l'ensemble des actions menées de manière ciblée sur des petits effectifs pour leur apprendre la notion de changement ou pour les accompagner dans cette notion de changement. L'accompagnement gère un ensemble de petites actions selon les besoins des collaborateurs sur le terrain. Elle se différencie en cela de la formation et de la communication, qui gèrent une action pour l'ensemble du personnel.

Un processus de changement mal conduit peut avoir de nombreuses conséquences [48].

Un changement, tel qu'une réorganisation, impacte l'entreprise pendant environ 6 mois après sa réalisation. Comme nous l'avons évoqué, les collaborateurs doivent faire preuve d'engagement et de motivation pendant la période de transition car ils doivent assurer la réalisation des tâches quotidiennes et la mise en place des actions requises par le changement. Un processus mal conduit peut mener à une diminution des performances et de l'engagement des collaborateurs impactés.

Seules 50% des entreprises ayant initié des changements atteignent les objectifs qu'elles s'étaient fixés. La moitié des entreprises ne les atteint donc pas et enregistre des pertes. En effet, les coûts économiques, financiers et humains engendrés par ce projet constituent un investissement déficitaire.

Le facteur humain est le premier facteur de réussite d'un projet. S'il est négligé, il peut y avoir un impact psychologique pour les collaborateurs, plus ou moins important selon la personnalité.

4 Retour sur expérience concernant cette démarche

Tout projet est perfectible. Faire des erreurs est le meilleur moyen d'apprendre, à condition d'en tirer les conséquences.
Voici à présent un retour d'expérience dont l'objet est de synthétiser les points forts de ce projet d'optimisation, ainsi que les axes d'amélioration identifiés.

4.1 Ce qui a fonctionné…

Mener ce projet a été très enrichissant. En effet, cette démarche a permis de mettre en œuvre de nombreux outils méthodologiques.

La première phase a consisté en une phase de recueil de données et d'observation sur le terrain, afin d'appréhender au mieux les différentes composantes du projet. Elle a abouti à une vision de la situation initiale objective grâce à des indicateurs. Ceci permet de fixer l'objectif du projet.

La phase suivante a concerné la planification de ce projet, avec la détermination des actions à mener, des parties prenantes et des jalons. Le planning initial a été modelé au cours du temps, pour réagir au mieux aux contraintes de la production (aléas). Ce projet est transversal, il a donc nécessité des collaborations avec des interlocuteurs d'origine différente (service AQ, production, maintenance) : il a donc fallu s'adapter à la disponibilité des collaborateurs.
La mise en œuvre des actions planifiées vient ensuite, avec le suivi régulier de la réalisation de ces actions.

Une bonne intégration dans l'équipe opérationnelle a facilité le recueil des informations tout au long du projet. La communication ainsi instaurée a permis de lever certaines incompréhensions

ou attitudes non propices au changement. Les opérationnels ont également été impliqués autant que possible lors de l'ensemble de ces étapes, pour renforcer leur implication dans l'évolution du projet et conserver son dynamisme. Cette collaboration a également permis de confirmer la représentativité et la réalité des données utilisées.

Avec un accompagnement méthodologique, une démarche de résolution de problèmes concernant une problématique qualité récurrente a été menée grâce aux connaissances techniques indispensables des opérationnels.

Ce projet a tenté d'intégrer au mieux les préconisations concernant l'ergonomie, la santé et la sécurité des personnels, qui sont considérés comme prioritaires [50]. Ainsi, l'ergonomie des solutions envisagée a été validée avec les utilisateurs finaux, au contact quotidien des équipements : opérateurs de production et techniciens de maintenance.

4.2 … Et ce qui peut être amélioré

La littérature dénombre six sources potentielles d'échec à l'instauration d'une culture lean [8]:

- Manque d'investissement de la direction de l'entreprise
- Manque d'autonomie des équipes opérationnelles
- Manque de communication au sein de l'entreprise
- Inertie de l'organisation
- Manque d'intérêt au sujet du lean
- Crainte des employés de perdre leur travail car le principe de base du lean est de produire plus avec moins de main d'œuvre.

Ces causes, couplées aux leviers de la conduite du changement, livrent une grille d'analyse du projet pour en identifier les points faibles *a posteriori*.

L'implantation de plusieurs lignes est un projet d'envergure, qui provoque de nombreux bouleversements et peut insécuriser le personnel quant aux changements que cela implique. Un contexte aussi particulier accroit la difficulté d'accompagnement du changement pour la hiérarchie. Si les enjeux stratégiques ont globalement été compris, il semble que la déclinaison de cette stratégie en objectifs atteignables n'ait pas été suffisamment approfondie. Il semble que l'adhésion au projet n'ait pas été maximale au cours de ce projet d'optimisation. Cela devrait être provisoire, et lié à la difficulté d'atteindre les objectifs fixés initialement. La performance industrielle ayant une tendance à la progression, il est probable que la motivation des collaborateurs s'améliore progressivement.

La culture d'entreprise est amenée à évoluer au fil du temps. L'application du *lean manufacturing* est intimement liée à cette philosophie au sein de l'entreprise. Cet aspect est parfois délaissé, d'où l'inexistence d'un sentiment d'appartenance à une organisation dont on partage les valeurs qui a contribué au succès du TPS.

Nous avons vu que la communication était essentielle pour la réussite d'un changement. Le projet d'optimisation de la ligne de conditionnement implique le changement du *modus operandi* des opérateurs, et une réorganisation des tâches entre la maintenance et la production. La communication transversale entre management et collaborateurs de production et maintenance pourrait avoir été négligée au profit d'une communication orientée vers les opérationnels.

Le pilotage de ce projet s'est concentré sur les indicateurs de performance industrielle, au détriment parfois des indicateurs du changement. Ces indicateurs sont plus complexes à mettre en place en raison de l'accessibilité des informations nécessaires pour établir un taux d'adhésion par exemple. La mise en place de ce type d'indicateurs demande des compétences et une expérience de gestion du changement.

Des états d'avancement et des jalons plus réguliers auraient peut-être permis une gestion plus régulière du projet, et auraient offert une plus grande transparence pour les collaborateurs. Le temps imparti était court : un semestre paraît peu pour passer par l'ensemble des phases du changement.

La phase de pérennisation, qui implique notamment la formation des collaborateurs, n'a pas été approfondie. Les documents déployés ont suivi le circuit classique de la gestion électronique des données. Bien que les opérationnels aient été associés à leur rédaction, il n'y a pas eu d'attention particulière portée au déploiement des document et à leur application.

Les efforts ont porté principalement sur des problèmes d'organisation, en adoptant la méthodologie utilisée pour la mise en place de solutions techniques. Cet exemple démontre que la prise en compte du facteur humain dans tout projet est indispensable : une expertise technique, bien que nécessaire, ne suffit pas au succès d'un projet.

Conclusion

Nous venons d'aborder des aspects théoriques de concepts intimement liés : le *lean management* et la conduite du changement. Le lean est basé sur l'amélioration en continu de l'entreprise : il implique donc une gestion du changement en permanence. Les concepts de conduite du changement permettent de donner une grille d'analyse des comportements afin d'obtenir le meilleur de chaque projet.

Un exemple d'application de ces notions a été détaillé. Il souligne que quel que soit le niveau de connaissances théoriques, ce n'est jamais aussi tranché dans la pratique. Seuls les retours d'expérience permettant d'analyser les succès et les échecs de chaque projet permettent au fil du temps de prendre du recul et d'améliorer ses pratiques.

Il est toutefois capital de garder à l'esprit que le facteur humain est essentiel : toute entreprise repose sur ses salariés. Il faut donc prendre en compte l'aspect psychologique qu'impliquent le changement, ainsi que les conditions de travail : comme le veut l'adage populaire, « Q*ui veut aller loin ménage sa monture* ».

Le manager a un rôle déterminant à jouer dans la conduite de ces projets. Il a un rôle d'accompagnement, de soutien, de mobilisation de ses collaborateurs pour piloter au mieux les projets dont il a la charge et obtenir des résultats qui s'inscrivent dans la durée.

Le lean représente un panel d'outils et de méthodes dont les impacts peuvent faire la différence. À condition d'être utilisés dans le respect des principes de base pour éviter les dérives.

Le lean évolue avec le monde industriel. Les entreprises sont de plus en plus organisées autour de processus plutôt que d'îlots métiers. Le lean suit cette évolution et tend de plus en plus à être étendu aux autres processus que la production, qui elle-même englobe des activités telles que maintenance, méthodes industrielles.

L'industrie occidentale a encore une marge de progression importante pour instituer une « culture lean » durable plutôt que de mener une succession de projets sans connexion apparente. Ceci prendra du temps mais c'est à la condition d'intégrer l'ensemble des composantes du lean, et en particulier les aspects liés à la gestion du facteur humain, que les performances industrielles et les conditions de travail des personnels pourront être améliorées de façon durable.

Annexes

Table des annexes

Annexe 1 - QQOQCP appliqué à une problématique qualité 99

Annexe 2 - 5 pourquoi appliqué à une problématique qualité 100

Annexe 3 - Diagramme d'Ishikawa à une problématique qualité 101

Annexe 4 - Diagramme de Pareto appliqué à une problématique qualité 102

Annexe 5 - Exemple de rapport A3 103

Annexe 6 - Gaspillages adaptés du lean manufacturing aux services supports 104

Annexe 7 - Plan de la ligne de conditionnement robotisée 105

Annexe 8 - Grille d'analyse de vidéo : exemple de la remplisseuse 106

Annexe 9 - Inventaire des opérations d'un changement de format après étape 1 107

Annexe 10 - Inventaire des opérations d'un changement de format après étape 2 108

Annexe 11 - Exemple de fiche récapitulative pièce de format – outils 109

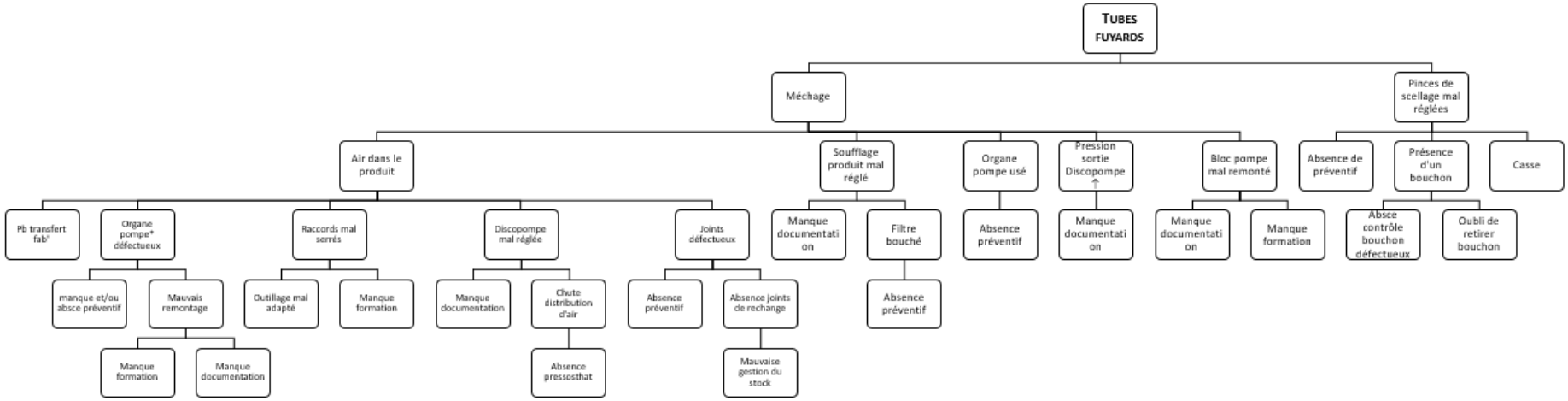
Annexe 12 - Résultats de l'audit 5S en juin 2016 111

Annexe 1 - QQOQCP appliqué à une problématique qualité

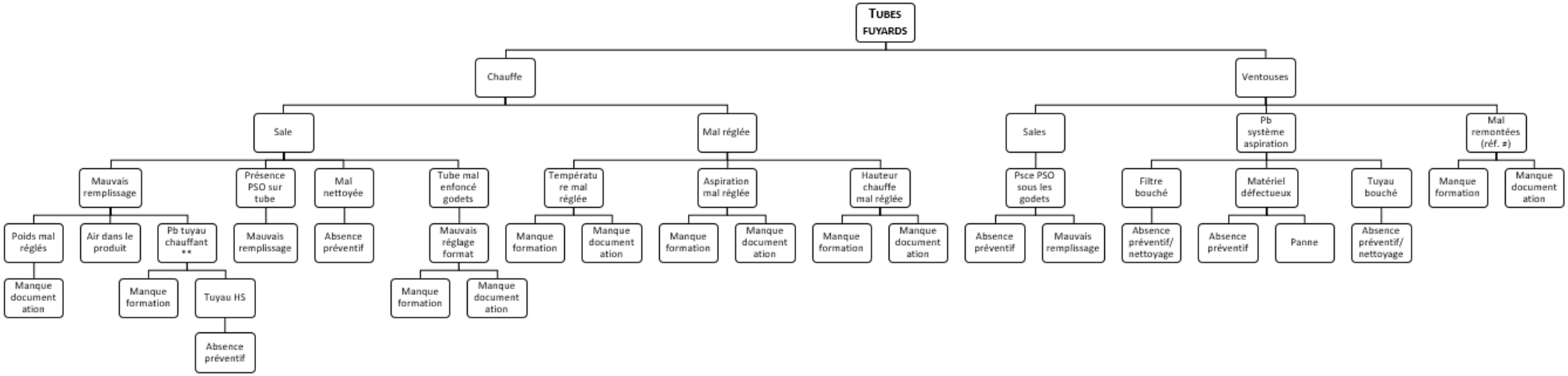
Pierre Fabre Médicament	**RÉSOUDRE UN PROBLÈME**	**N° 1**
Animateur : SLCAM	**Service :** Conditionnement Formes Pâteuses	**Date :** S17
Titre :	**Tubes fuyards**	

POSER LE PROBLÈME	
Quoi	*De quoi s'agit-il ? Quel est l'état de la situation ? Quel est le problème ?* Des tubes sont mal soudés ou pas soudés (tubes ouverts) → fuite de produit (les tubes sont fuyards)
Qui	*Qui est concerné ? Qui a le problème ? Responsable, équipe, acteur...* - Le personnel sur ligne : détecte le problème - Les techniciens de maintenance : trouvent l'origine du problème et effectuent les réglages - Le chef de secteur - La qualité : présence d'un risque pour le patient, traçabilité - Le responsable de production
Où	*Où le problème apparait-il ? Dans quel lieu ? Sur quelle machine ? A quel poste ? ...* - Atelier de conditionnement des formes pâteuses - Lignes OPA, OPB, OPX - Remplisseuse
Quand	*Quand le problème a-t-il été découvert : date, durée, fréquence, depuis combien de temps* - Au cours des contrôles manuels d'étanchéité : o au démarrage de la production (après un format) o lors des pesées toutes les 30min o par le conducteur de ligne toutes les heures (contrôle marquage, AC, étanchéité) o ponctuellement et aléatoirement en cours de production - S'il y a du produit sur la machine, les convoyeurs etc. car le tube est ouvert
Comment	*De quelle manière intervient le problème ? ... moyens, matériel, procédure,...* Le tube est enfoncé dans un godet, de l'air est soufflé pour enlever les résidus de poussière éventuels. Le tube est rempli puis de l'air est soufflé pour que le remplissage soit net. Ensuite le haut du tube est chauffé (il y a un anneau froid pour que le reste du tube ne fonde pas). Puis les pinces de scellage serrent le tube → soudure. Le tube est éjecté s'il y a un défaut, sinon il est placé sur le convoyeur qui va jusqu'à l'étuyeuse. Pas de procédure spécifique pour la recherche de fuyards, pas de standardisation de la force exercée sur les tubes lors des contrôles d'étanchéité. Contrôles renforcés au démarrage d'un produit.
Combien	*Combien de fois cela s'est-il produit ? Quelles sont les conséquences ? Gêne, Qualité, Temps, Sécurité...* 615 heures de tri, soit ~ 19 200 €. 12 produits sont concernés sur les 3 matières de tubes. 6 produits en tubes plastique pour 258h de tri & 5 produits en tubes laminé pour 213h de tri. Sécurité : risque de brûlures si pb de chauffe Qualité : perte de PSO et de PF, produits non conformes Perte de temps : tri qualité, vide de ligne et nettoyage, rédaction d'une fiche de déviation Problèmes logistiques de rapatriement de palettes dans l'atelier pour le tri

Annexe 2 - 5 pourquoi appliqué à une problématique qualité

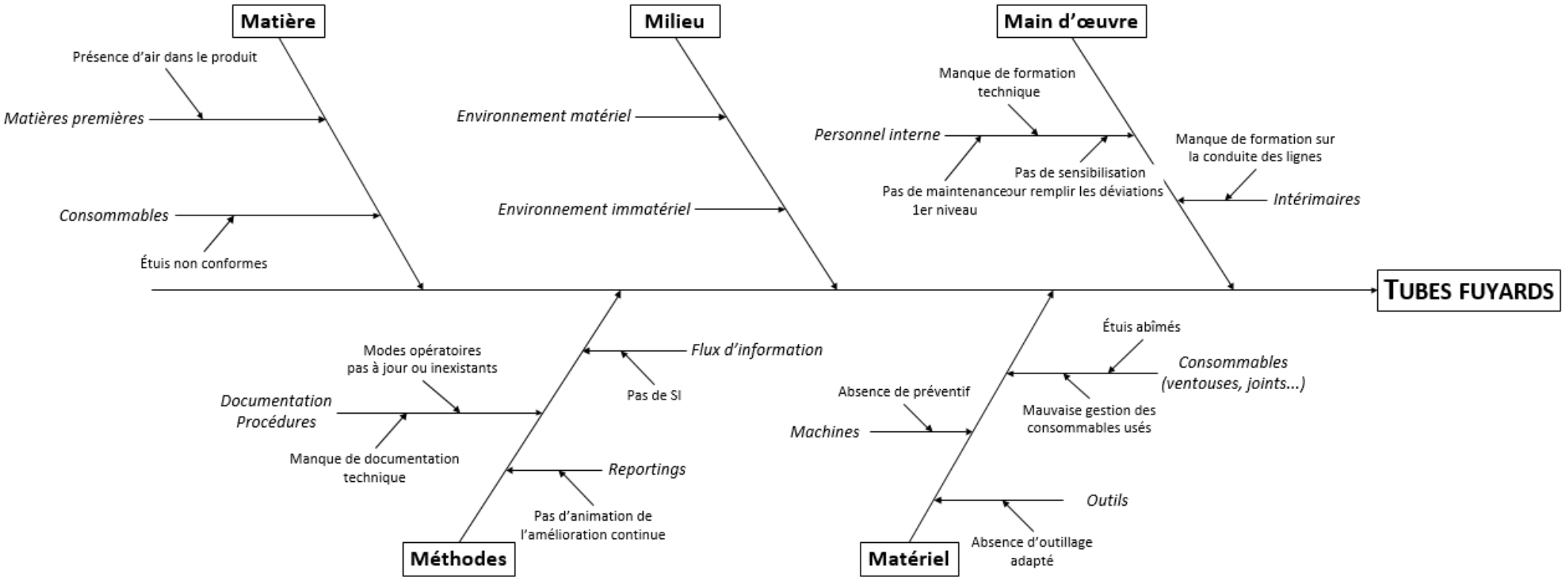


* *Pompe de remplissage ou Discopompe*

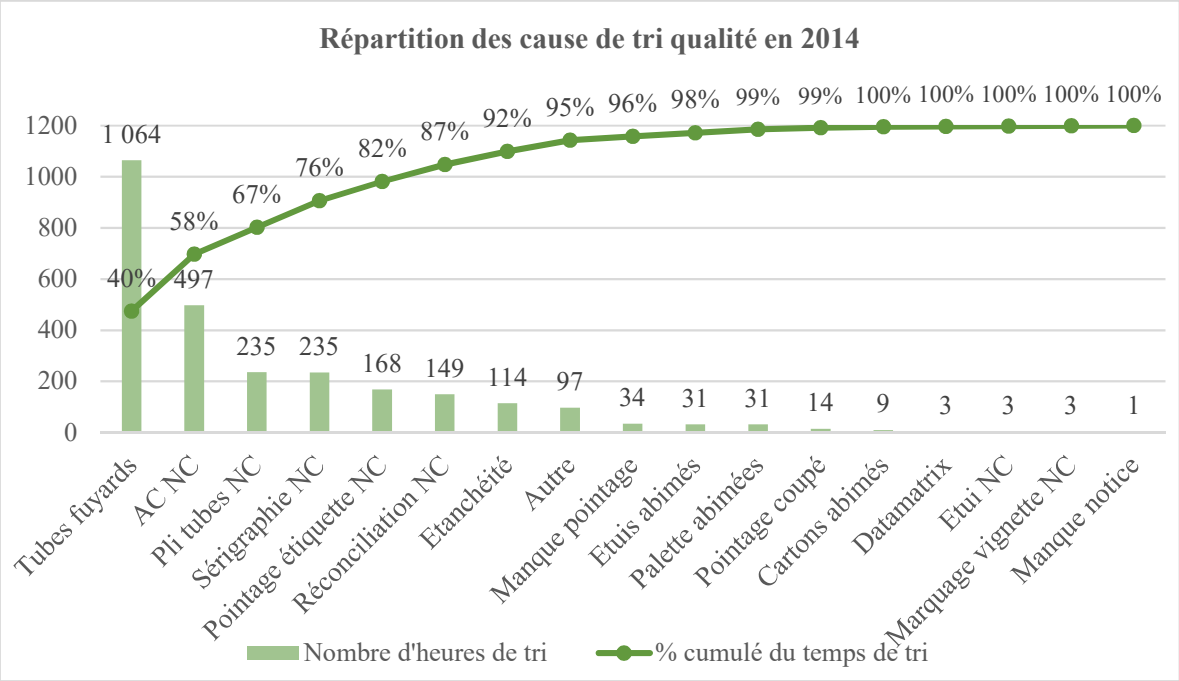


** *Tuyaux chauffants nécessaires pour certains produits devant être chauffés en raison de leur viscosité*

Annexe 3 - Diagramme d'Ishikawa à une problématique qualité



Annexe 4 - Diagramme de Pareto appliqué à une problématique qualité



Annexe 5 - Exemple de rapport A3

Pierre Fabre

A3 – Résolution de problème

Titre	Ouvert le	MAJ le	Établi par	Coach :	Client :

Contexte

Situation actuelle

Objectif

Causes racine

Contre-mesures

N°	Actions	Resp	Date	Obj.	Valid

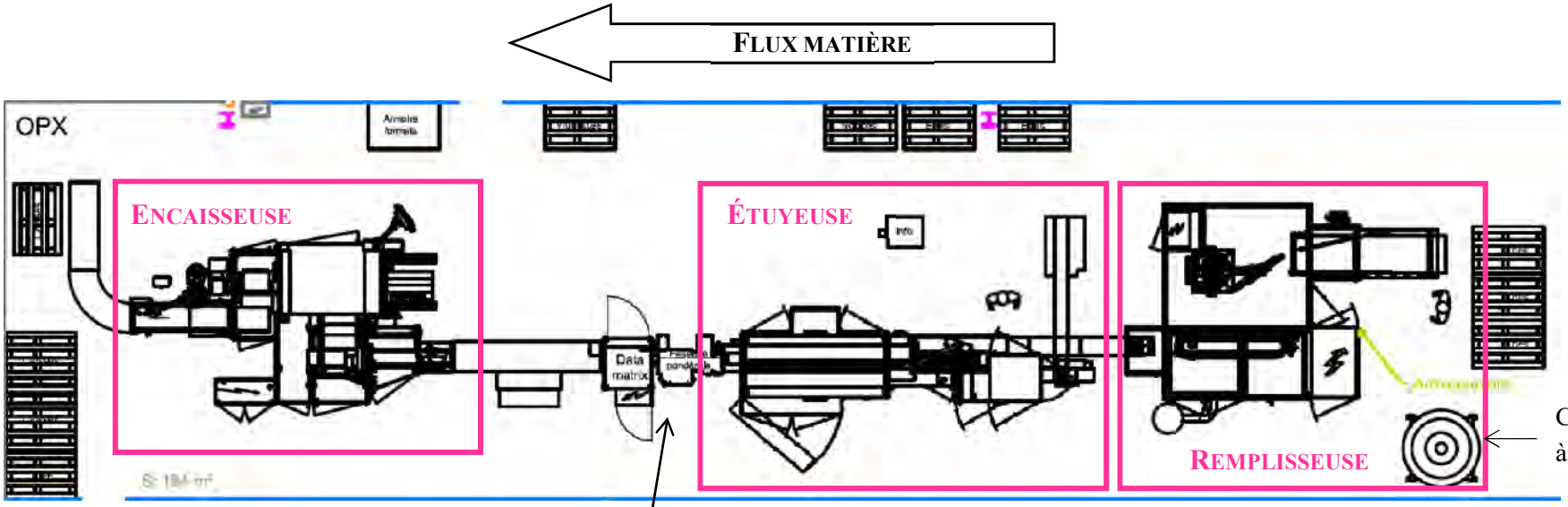
Résultats

Points ouverts – Prochaines actions

Annexe 6 - Gaspillages adaptés du *lean manufacturing* aux services supports

		LEAN OFFICE	***LEAN ENGINEERING***	***LEAN IT***
MUDA	*Surproduction*	Trop d'emails dans la messagerie	Tâches inutiles dues à un manque de coordination, de mutualisation des pratiques, des documents et/ou des connaissances	Développement de fonctionnalités inutiles pour le client
	Attente	Informations Signature	Tâches en amont non terminées Problème de synchronisation Contraintes de formalisation de la validation	Ressources indisponibles, tâches en amont en retard Spécifications incomplètes
	Non-qualité	Recommencer le travail suite à des erreurs	Tâches recommencées à cause d'erreurs, d'incompréhension	Débogage, retouches en phase de développement
	Stocks inutiles	Archivage ou classement de documents papiers ou numériques	Encours de tâches en attente Pièces et prototypes Dossiers	Portefeuille de projets Retards dans les tâches et/ou les projets
	Transports	Déplacement inutile d'informations, documents ou fichiers électroniques	Transferts électroniques (messages, dossiers…) Localisation géographique des équipes	Transferts de données entre équipes, parfois avec un décalage horaire
	Processus	Méthodes inadaptées	Spécifications trop rigides Gestion des projets rigide avec un séquencement des phases	Tests, validations
	Mouvements inutiles	Aménagement des bureaux Allers-retours inutiles	Recherche d'informations, de documents, réunions	Changements de priorité Affectations sur des projets non planifiées
MURA	*Variabilité*		Hétérogénéité des pratiques, des systèmes	
MURI	*Excès*		Contraintes de gestion de projet Spécifications trop contraignantes par rapport aux besoins du client Délais inadaptés	

Annexe 7 - Plan de la ligne de conditionnement robotisée



ENCAISSEUSE

Les étuis remplis sont mécaniquement mis en caisse. Puis un opérateur dispose la caisse sur une palette, qui sera expédiée.

ÉTUYEUSE

Les tubes sont introduits dans des étuis avec la notice correspondante.

REMPLISSEUSE

Le produit arrivé conditionné en vrac. Il est mis en tubes.

TRIEUSE PONDÉRALE

La conformité du poids de tous les étuis conditionnés est vérifiée par une trieuse pondérale.

DATAMATRIX

Un code Datamatrix est imprimé sur l'étui, pour garantir sa traçabilité.

Annexe 8 - Grille d'analyse de vidéo : exemple de la remplisseuse

Site	PFMP
Ligne	OFX
Produit	Arthrodont protect
Date	lundi 25 avril 2016

Optimisation changement de format

Only input into yellow cells

Etape	Priorité	Tâche à réaliser	Commentaires	Personnes	Présent Durée tâche	Interne	Externe	Parallèle	Eliminer	Simplifier	Difficulté de faire la tâche Ergonomie
1		Préparer les outils et pièces à changer		1	3,09	0,00	-3,09				
2		Démonter outil du robot du format précédent + monter la nouvelle pièce	Aller chercher nouvelle pièce avant de commencer (2,5')	1	6,77	3,52	-2,57		-0,68		0,00
3		Régler fixation tasse (ou changement de la pièce : prendra probablement + longtps)	Interruption avec Mathieu (2')	1	3,18	1,18			-2,00		0,00
4		Régler guide convoyeur		1	0,33	0,33					0,00
5		Régler hauteur contrôle tube		1	0,40	0,40					0,00
6		Changer les porte-tubes	respecter l'ordre des voies de remplissage au remontage	1	1,22	0,72			-0,50		0,00
7		Changer les rondelles de soufflage et les cônes (diam. cônes)		1	1,62	1,20			-0,42		0,00
8		Régler espacement entre les 2 bagues élévation soufflage		1	1,47	1,47					0,00
9		Régler hauteur cône	outil non préparé à l'avance : retour à l'atelier	1	2,38	0,70	-1,53		-0,15		0,00
10		Régler distance de détection (et hauteur de détection)	prévoir "+ bac pour mettre pièces de l'ancien format sans se déplacer	1	1,63	1,63					0,00
11		Régler hauteur de pompe	préparer la clé spéciale (s'assurer qu'elle est là) avant chgt format	1	5,85	2,30			-3,55		0,00
12		Régler course des pistons (compteurs oranges arrière machine)	(interruption Norden, idem étape 10)	1	2,93	0,93			-2,00		0,00
13		Régler débit d'air		1	0,75	0,75					0,00
14		Changer marquage tubes	préparer les pièces dans l'armoire avant chgt format + penser cartons	1	12,92	11,03			-1,89		0,00
15		étape 14		1	3,92	3,70	-0,22				0,00
16		Régler un truc à l'arrière de la machine		1	4,57	4,57					0,00
17		Régler les goupilles de l'éjecteur (pick & place + rejet de tube)	nouvelles pinces de P&P : refaire tous les réglages avec AC car pas de cotes	1	2,15	1,45	-0,45		-0,25		0,00
18		Régler pinces ?		1	1,75	1,75					0,00
19		Régler goupilles de l'éjecteur (rejet de tube ?)		1	4,12	3,42			-0,70		0,00
20		Régler porte tube vertical		1	0,88	0,88					0,00
21		Régler rail déflecteur		1	2,33	2,03			-0,30		0,00
				Minutes	64,26	43,96	-7,86	0,00	-12,44	0,00	
				Percent	100%	68%	-12%	0%	-19%	0%	
										Difficulty Factor =	0,00
										Median =	0,00

Annexe 9 - Inventaire des opérations d'un changement de format après étape 1

N°	Opération	Interne (I) Externe (E)	Temps	
			élémentaire	cumulé
1	vide de ligne	I	48	48
2	faire le bilan du lot précédent	I		48
3	débrancher la cuve	I	6	54
4	démonter les flexibles	I	19	73
5	débrancher la pompe de la remplisseuse	I	5	78
6	démonter la pompe de la remplisseuse	I	33	111
7	laver les flexibles	I	250	361
8	laver la pompe	I		361
9	enlever les godets	I	3	364
10	remplacer les godets	I		364
11	remonter la pompe de la remplisseuse	I	140	504
12	monter la pompe de la remplisseuse sur ligne	I	5	509
13	préparer les outils nécessaires pour la remplisseuse	I	3,09	512,09
14	préparer les pièces de format de la remplisseuse	I		512,09
15	changer outil robot	I	6,77	518,86
16	régler table ou la changer	I	3,18	522,04
17	régler guide convoyeur	I	0,33	522,37
18	régler hauteur contrôle tube	I	0,4	522,77
19	changer porte tubes	I	1,22	523,99
20	changer rondelles de soufflage et cônes	I	1,62	525,61
21	régler espacement entre 2 bagues élévation soufflage	I	1,47	527,08
22	régler hauteur cône	I	2,38	529,46
23	régler distance et hauteur de détection	I	1,63	531,09
24	régler hauteur de pompe	I	5,85	536,94
25	régler course des pistons	I	2,93	539,87
26	régler débit d'air	I	0,75	540,62
27	changer marquage des tubes	I	16,84	557,46
28	régler éjecteur	I	4,57	562,03
29	régler goupilles de l'éjecteur (P&P, rejet tube)	I	2,15	564,18
30	régler pinces	I	1,75	565,93
31	régler goupilles de l'éjecteur (rejet tube)	I	4,12	570,05
32	régler porte tube vertical	I	0,88	570,93
33	régler rail déflecteur	I	2,33	573,26
34	essais avec AC	I	10	583,26
35	changer bobine	I	5	588,26
36	préparer les outils nécessaires pour l'étuyeuse	I	0,57	588,83
37	préparer les pièces de format de l'étuyeuse	I	4	592,83
38	régler magasin à étuis	I	11,88	604,71
39	régler guide de levage des étuis	I	4,27	608,98
40	régler bras d'aspiration	I	0,43	609,41
41	régler longueur des étuis, pliage rabats gauche	I	1,13	610,54
42	régler rails de guidage, pliage rabats gauche	I	2,18	612,72
43	régler rails de guidage suspendus et brosse	I	2,65	615,37
44	régler rails de guidage, pliage rabats gauche (inversé)	I	2,4	617,77
45	régler pliage rabats à pattes gauche	I	1,43	619,2
46	régler position roue de prise étuis	I	0,8	620
47	régler rails de guidage rabats droite	I	1,97	621,97
48	régler pliage rabats latéraux	I	1,07	623,04
49	régler gaufrage droite	I	0,17	623,21
50	régler rail de guidage, pliage rabats droite	I	1,6	624,81
51	régler pliage rabats à pattes droite	I	1,28	626,09
52	chaînes de tubes	I	0,52	626,61
53	chaînes de feuillets	I	0,32	626,93
54	chaînes des étuis	I	0,67	627,6
55	régler chaîne de tubes	I	0,1	627,7
56	régler chaîne de feuillets	I	1,28	628,98
57	régler alimentation et pliage des feuillets	I	1,7	630,68
58	régler rails de guidage des feuillets	I	1,57	632,25
59	régler capteur de luminance	I	1,16	633,41
60	régler lecture code étui	I	0,16	633,57
61	essais avec AC	I	50	683,57
-	dépassement des temps de pause	I	17	700,57
-	déplacements pièces de format & outils	I	25	725,57

Annexe 10 -Inventaire des opérations d'un changement de format après étape 2

N°	Opération	Interne (I) Externe (E)	Temps		Type
			élémentaire	cumulé	
1	vide de ligne	I	48	48	
2	faire le bilan du lot précédent	I		48	
3	débrancher la cuve	I	6	54	
4	démonter les flexibles	I	19	73	
5	débrancher la pompe de la remplisseuse	I	5	78	
6	démonter la pompe de la remplisseuse	I	33	111	
7	laver les flexibles	E	250	361	Extraction Conversion
8	laver la pompe	E		361	Extraction Conversion
9	enlever les godets	I	3	364	
10	remplacer les godets	I		364	
11	remonter la pompe de la remplisseuse	E	140	504	Extraction
12	monter la pompe de la remplisseuse sur ligne	I	5	509	
13	préparer les outils nécessaires pour remplisseuse	E	3,09	512,09	Extraction
14	préparer les pièces de format de remplisseuse	E		512,09	Extraction
15	changer outil robot	I	6,77	518,86	
16	régler table ou la changer	I	3,18	522,04	
17	régler guide convoyeur	I	0,33	522,37	
18	régler hauteur contrôle tube	I	0,4	522,77	
19	changer porte tubes	I	1,22	523,99	
20	changer rondelles de soufflage et cônes	I	1,62	525,61	
21	régler espacement entre 2 bagues élévation soufflage	I	1,47	527,08	
22	régler hauteur cône	I	2,38	529,46	
23	régler distance et hauteur de détection	I	1,63	531,09	
24	régler hauteur de pompe	I	5,85	536,94	
25	régler course des pistons	I	2,93	539,87	
26	régler débit d'air	I	0,75	540,62	
27	changer marquage des tubes	I	16,84	557,46	
28	régler éjecteur	I	4,57	562,03	
29	régler goupilles de l'éjecteur (P&P, rejet tube)	I	2,15	564,18	
30	régler pinces	I	1,75	565,93	
31	régler goupilles de l'éjecteur (rejet tube)	I	4,12	570,05	
32	régler porte tube vertical	I	0,88	570,93	
33	régler rail déflecteur	I	2,33	573,26	
34	essais avec AC	I	10	583,26	
35	changer bobine	I	5	588,26	
36	préparer les outils nécessaires pour l'étuyeuse	E	0,57	588,83	Extraction
37	préparer les pièces de format de l'étuyeuse	E	4	592,83	Extraction
38	régler magasin à étuis	I	11,88	604,71	
39	régler guide de levage des étuis	I	4,27	608,98	
40	régler bras d'aspiration	I	0,43	609,41	
41	régler longueur des étuis, pliage rabats gauche	I	1,13	610,54	
42	régler rails de guidage, pliage rabats gauche	I	2,18	612,72	
43	régler rails de guidage suspendus et brosse	I	2,65	615,37	
44	régler rails de guidage, pliage rabats gauche (inversé)	I	2,4	617,77	
45	régler pliage rabats à pattes gauche	I	1,43	619,2	
46	régler position roue de prise étuis	I	0,8	620	
47	régler rails de guidage rabats droite	I	1,97	621,97	
48	régler pliage rabats latéraux	I	1,07	623,04	
49	régler gaufrage droite	I	0,17	623,21	
50	régler rail de guidage, pliage rabats droite	I	1,6	624,81	
51	régler pliage rabats à pattes droite	I	1,28	626,09	
52	chaînes de tubes	I	0,52	626,61	
53	chaînes de feuillets	I	0,32	626,93	
54	chaînes des étuis	I	0,67	627,6	
55	régler chaîne de tubes	I	0,1	627,7	
56	régler chaîne de feuillets	I	1,28	628,98	
57	régler alimentation et pliage des feuillets	I	1,7	630,68	
58	régler rails de guidage des feuillets	I	1,57	632,25	
59	régler capteur de luminance	I	1,16	633,41	
60	régler lecture code étui	I	0,16	633,57	
61	essais avec AC	I	50	683,57	
-	dépassement des temps de pause	E	17	700,57	Extraction
-	déplacements pièces de format & outils	E	25	725,57	Extraction

Opérations internes Opérations externes

Annexe 11 -Exemple de fiche récapitulative pièce de format – outils

Outils et pièces de format
Changement de format remplisseuse NORDEN

	Format	1	2	3	4
	Produit	Clarelux Gé	Pansoral (plastique)	Locapred 0,1%	Pansoral (alu)
Porte-tubes		GA-88900-19150	GA-88900-19130	GA-88900-19131	GA-88900-19131
Alimentation robot	Outil du robot	PA-21966-50	PA-21966-257	PA-21966-252	PA-21966-151
	Fixation table	PA-21185-301	PA-21185-303	PA-21185-303	PA-21185-301
Contrôle bouchon	Roulette de soufflage	GA-50585-5014	GA-50585-5014	GA-50585-5014	GA-50585-5014
	Cône	GA-5780-F771	GA-5780-F774	GA-5780-F774	GA-5780-F771
Injection tube et orientation	Cône de centrage	GA-6567-F977	GA-6567-F979	GA-6567-F979	GA-6567-F979
Station air chaud (laminé & plastique)	Anneau de refroidissement	-	GA-81401-32180	GA-81401-33180	-
	Support	-	GA-58498	GA-58498	-
	Base	-	GA-81400-21900A	GA-81400-21907A	-
	Anneau de chauffe externe	-	-	GA-81398-1241	-
Dispositif Pick & Place	Goupille éjecteur	GA-8502-F2	GA-8502-F2	GA-8502-F3	GA-8502-F2
	Pinces	GA-25606-1002	GA-25606-1002	GA-25606-1004	GA-25606-1002
Rayet de tube	Goupille éjecteur	GA-8502-F2	GA-8502-F2	GA-8502-F3	GA-8502-F2
	Rail déflecteur	GA-51337-15	GA-51337-16	GA-51337-16	GA-51337-16

Outils

Pierre Fabre Médicament

Outils et pièces de format
Changement de format étuyeuse NORDEN / encaisseuse CERMEX

		Format	1	2	3	4
		Produit	Clarelux Gé	Pansoral (plastique)	Locapred 0,1%	Pansoral (alu)
Magasin étuis			PA-4319-24	PA-4319-24	PA-4319-24	PA-4319-24
			PA-4319-25	PA-4319-25	PA-4319-25	PA-4319-25
Levage des étuis	Guide		PA-4037-84	PA-4037-84	PA-4037-84	PA-4037-84
	Guide		PA-3799-50	PA-3799-50	PA-3799-50	PA-3799-50
Roue de prise étuis	Bras d'aspiration		PA-7943-32140	PA-7943-32140	PA-7943-32140	PA-7943-32140
Poussoir			PA-8181V-F1316	PA-8181V-F1316	PA-8181V-F1316	PA-8181V-F1316
Tôle transfert produits			1/1	1/1	1/1	1/1
Trémie d'encaissage			2/1	2/1	2/1	2/1
			3/1	3/1	3/1	3/1
Poussoir transfert caisses			**4/1**	**4/1**	**4/1**	**4/1**
Nez de pliage rabats verticaux			5/1	5/1	5/1	5/1
Plateau empileur			**6/1**	**6/1**	**6/1**	**6/1**
Guide à l'empileur bord réglable			**7/1**	**7/1**	**7/1**	**7/1**
Poussoir encaissage			8/1	8/1	8/1	8/1
Poussoir transfert produits			**9/1**	**9/1**	**9/1**	**9/1**
Guide à l'empileur bord fixe			**10/1**	**10/1**	**10/1**	**10/1**

Outils

Manivelle

Annexe 12 -Résultats de l'audit 5S en juin 2016

AUDIT 5S : Conditionnement Formes Pâteuses - - JUIN 2016

Auditeur : CRAS 2CAM

Atelier : Conditionnement Formes Pâteuses

Date : juin 2016

Equipement : OPL

Consigne : 0 : l'objectif n'est pas atteint / 1 : l'objectif est atteint

S1 = DEBARRAS			
N°	Items	Score (1 ou 0)	Commentaires
1	Les voies de circulation sont-elles encombrées par des choses inutiles?	1	
2	Y a-t-il sur le lieu de travail des machines ou autres équipem^t (mobilier, matériel de mesure) inutilisés ?	0	
3	Absence sur le lieu de travail de matières, articles, palettes, produits de nettoyage ou de pièces inutiles pour la production en cours?	1	
4	Absence de clefs, outils, accessoires ou articles similaires inutilisés ou peu utilisés à proximité du poste de travail?	0	imprimante
5	Absence de procédures, d' instructions ou d'affiches inutiles?	0	
	TOTAL sur 5	0,00	

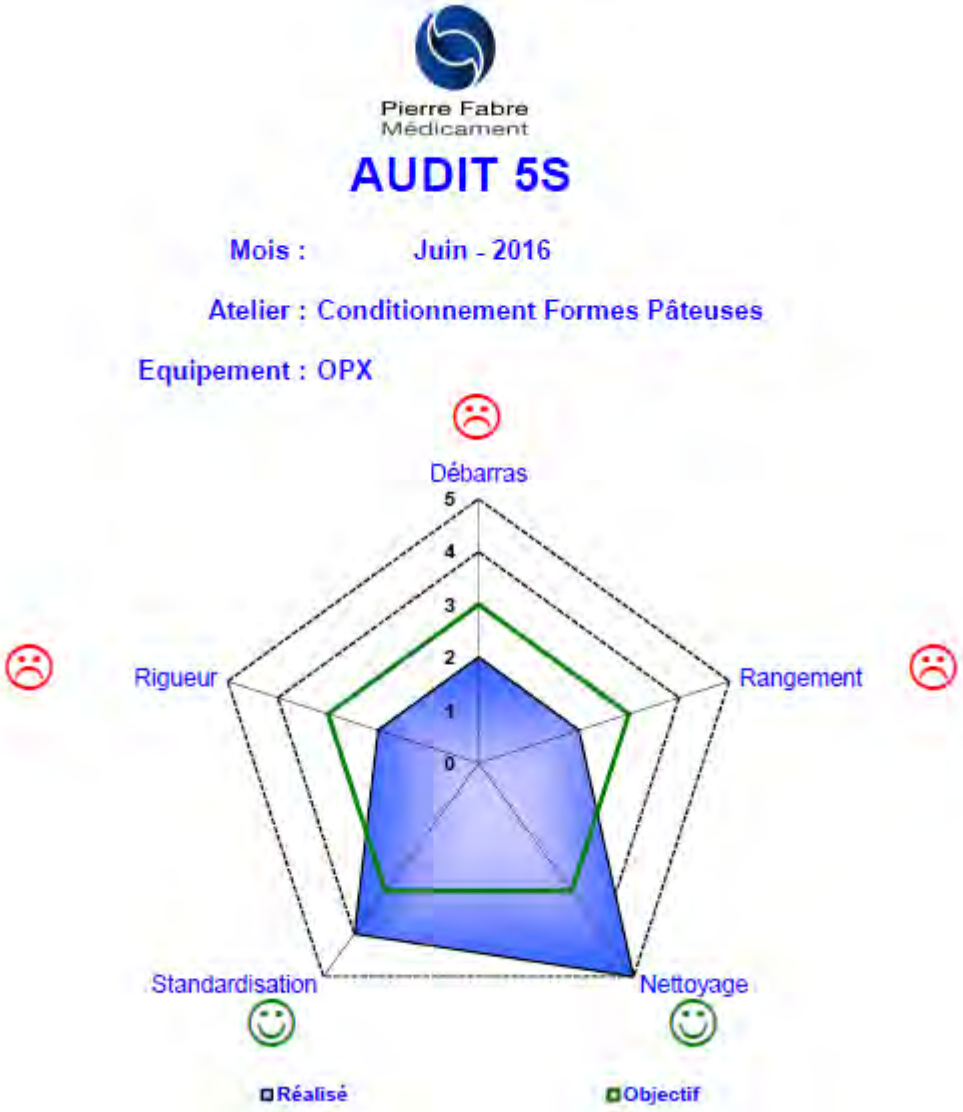
S2 = RANGEMENT			
N°	Items	Score (1 ou 0)	Commentaires
1	Les zones de passage et de stockage des matières autorisées sont-elles clairement indiquées avec des marquages au sol et signalisation et sont-elles respectées ?	1	
2	Les armoires, les racks et les supports de rangement ont-ils des étiquettes indiquant l'emplacement des articles ?	0	Armoires pées
3	Tous les outils, outillages (scotcheuse...), conteneurs et instruments de mesure ont-ils un lieu de rangement identifié?	0	
4	Tous les outils, outillages (scotcheuse...), conteneurs et instruments de mesure sont-ils à leur place?	0	
5	Les emplacements des récipients, poubelles, raclettes, aspirateurs sont-ils clairement définis ?	0	Raclette
6	Les récipients, poubelles, raclettes, aspirateurs sont-ils à leur place?	0	
7	Les tables de travail sont-elles rangées?	1	
8	Les quantités maximales et minimales sont-elles indiquées et respectées ?	0	
	TOTAL sur 5	0,00	

S3 = NETTOYAGE			
N°	Items	Score (1 ou 0)	Commentaires
1	Le matériel de nettoyage (détergent, raclette, aspirateur...) est-il disponible et en état de fonctionnement?	1	
2	Les sols sont-ils tenus propres ?	0	Raclette
3	Les machines et la tuyauterie sont-elles propres (sans trace de produit, sans trace de poussière, de scotch ou d'huile)?	0	
4	Les pupitres et la table de travail sont-ils propres, en bon état, sans trace de poussière ni de scotch?	1	
5	Les caisses à outils et les outils sont-ils en bon état et propres ?	1	
6	Le système d'évacuation des déchets, des produits chimiques et des cartouches d'encre est-il bouché, saturé ou sale?	1	
7	Absence de sources de salissures, de fuites qui ne font pas l'objet de plans d'actions spécifiques (luminaire, porte, bouche d'aération) ?	1	
	TOTAL sur 5	0,00	

S4 = STANDARDISATION / ORDRE			
N°	Items	Score (1 ou 0)	Commentaires
1	Le passage de bande (étiquettes, rotanotice...) fait-il l'objet de modes opératoires visuels là où s'effectue l'opération ?	1	
2	Les noms/numéros/statuts des lignes et des ateliers sont-ils affichés de manière claire?	1	
3	Peut-on comprendre d'un seul coup d'œil le flux des matières dans l'atelier?	1	
4	Les résines sont-elles en bon état?	0	
5	L'état du matériel de production est-il correct : tout en état de fonctionnement (potentiomètre, cellule...), pas de shinte, pas de scotch...?	0	1 carton Rob Shinte
6	Les fonctions des cables et des tuyauteries sont-elles compréhensibles? Sont-ils facilement identifiables? La date de péremption est-elle indiquée?	1	
	TOTAL sur 5	0,00	

S5 = IMPLICATION / RIGUEUR			
N°	Items	Score (1 ou 0)	Commentaires
1	L'amélioration continue fait-elle l'objet d'une dynamique suivie (proposition d'amélioration et mise en place) ?	0	
2	La communication sur l'amélioration continue est-elle suivie (tableau affichage...) ?	0	
3	La documentation qualité (dossier de lot et cahier de route) est-elle remplie selon les critères définis?	0	
4	Absence d'opérations dangereuses qui ne font pas l'objet de règles et de systèmes de sécurité clairs et visibles ?	1	
5	Y a-t-il une liste permettant de vérifier à la fin du poste / de la semaine que tous les paramètres d'organisation de l'atelier sont sous contrôle? Est-elle respectée?	0	Absence de la fiche de nett
6	Toutes les procédures sont-elles mises à jour régulièrement ?	0	
7	La tenue vestimentaire est-elle respectée, en bon état et propre?	1	
	TOTAL sur 5	0,00	

Grille d'audit 5S utilisée dans l'UP (exemple de l'audit)



Graphique représentant les résultats et les objectifs pour chacun des 5S

Bibliographie

[1] M. Eaton, *The Lean Practitioner's Handbook*. Kogan Page, 2013.
[2] J. Womack, D. Jones, et D. Roos, *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, First Edition. Productivity Press, 1991.
[3] « Le Lean ; Effet de mode ou véritable démarche d'amélioration de la pe… », 07:18:24 UTC.
[4] MIT, « The Machine that Changed the World, Book review ». .
[5] M. Holweg, « The genealogy of lean production », *J. Oper. Manag.*, vol. 25, nº 2, p. 420-437, mars 2007.
[6] J. Krafcik, « The triumph of the lean production system. Sloan Management Review », p. 41-52, 1988.
[7] C. Hohmann, *Lean Management - Outils - Méthodes - Retours d'expériences - Questions/réponses*. Eyrolles, 2012.
[8] S. T. Teich et F. F. Faddoul, « Lean Management—The Journey from Toyota to Healthcare », *Rambam Maimonides Med. J.*, vol. 4, nº 2, avr. 2013.
[9] C. Hohmann, *Techniques de productivité : Comment gagner des points de performance - Pour les managers et les encadrants.* Editions d'Organisation, 2009.
[10] T. Joosten, I. Bongers, et R. Janssen, « Application of lean thinking to health care: issues and observations », *Int. J. Qual. Health Care*, vol. 21, nº 5, p. 341-347, oct. 2009.
[11] « FACILECO - Alfred Marshall | Le portail des ministères économiques et financiers ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.economie.gouv.fr/facileco/alfred-marshall. [Consulté le: 12-sept-2016].
[12] « Lean Tools ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70. [Consulté le: 17-sept-2016].
[13] J. Liker, *The Toyota Way : 14 management principles from the World's Greatest Manufacturer*, 2ème édition. Tata McGraw-Hill, 2003.
[14] R. Demetrescoux, *La boîte à outils du Lean*. Dunod, 2015.
[15] C. Hohmann, « Les gaspillages ». [En ligne]. Disponible sur: http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/les-basiques-du-lean/57-les-gaspillages. [Consulté le: 09-mai-2016].
[16] O. Fontanille, E. Chassende-Baroz, et C. De Cheffontaines, *Pratique du lean : Réduire les pertes en conception, production et industrialisation*. Dunod, 2010.
[17] B. Lyonnet, *Lean management - Méthodes et exercices*. Dunod, 2015.
[18] A. Dies et T. Vérilhac, *La démarche lean*. AFNOR, 2014.
[19] « Standardized Work - Le travail "standard" ». [En ligne]. Disponible sur: http://chohmann.free.fr/lean/standardized.htm. [Consulté le: 18-sept-2016].
[20] « Heijunka: Leveling the load ». [En ligne]. Disponible sur: http://reliableplant.com/Read/14245/heijunka. [Consulté le: 13-sept-2016].
[21] X. Roart, « Lean, 5S, Kaizen... Quelques éléments de définition ». ebook.
[22] N. Monnier, « Préparation à la certification CAPM, Session 1 », Ecole des Mines d'Albi Carmaux. Cours Domaine GI, 3ème année, 2016.
[23] J.-M. Gallaire, *Les outils de la performance industrielle*, 1ère édition. Editions d'Organisation, 2008.
[24] 2012 at 1:10pm Posted by David Visco on August 23 et V. Blog, « 3 Tips to Cross-Functional 5S Projects ». [En ligne]. Disponible sur: http://5sbestpractices.ning.com/profiles/blogs/4453316:BlogPost:23500. [Consulté le: 02-oct-2016].

[25] M.-V. Gibert, « Amélioration de la qualité et des performances économiques sur une ligne de conditionnement Formes Pâteuses, par la mise en place d'une démarche Lean », exercice, UFR Pharmacie de Clermont-Ferrand, 2015.
[26] C. Hohmann, *Guide pratique des 5S et du management visuel*, 2ème édition. Editions d'Organisation, 2010.
[27] M. Pillet, C. Martin-Bonnefous, P. Bonnefous, et A. Courtois, *Gestion de production*, 5ème édition. Editions d'Organisation, 2011.
[28] « PDCA ». [En ligne]. Disponible sur: http://christian.hohmann.free.fr/index.php/six-sigma/les-outils-de-la-qualite/231-pdca. [Consulté le: 08-juill-2016].
[29] C. Vinardi, *Le lean : atouts, impacts et limites*. Vuibert, 2013.
[30] Association Française de Normalisation, *Norme NF X 50-310 : Organisation de la gestion de production industrielle - Concepts fondamentaux de la gestion de production - Vocabulaire*. AFNOR, 1991.
[31] T. Leconte, *La pratique du SMED - Obtenir des gains importants avec le changement d'outillage rapide*, 1ère édition. Editions d'Organisation, 2008.
[32] J. Bufferne, *Le guide de la TPM : Total Productive Maintenance*, 2ème édition. Editions d'Organisation, 2011.
[33] « Le diagramme de Pareto ». [En ligne]. Disponible sur: http://chohmann.free.fr/pareto.htm. [Consulté le: 30-sept-2016].
[34] « Définitions : TPS et Lean ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.definition-qualite.com/ecole_lean.htm. [Consulté le: 02-oct-2016].
[35] *5S classeurs*. .
[36] W. J. Stevenson et A. E. Mergen, « Teaching Six Sigma concepts in a business school curriculum », *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, vol. 17, nº 6, p. 751-756, juill. 2006.
[37] M. Pillet, *Six Sigma : Comment l'appliquer*, 2ème édition. Eyrolles, 2013.
[38] J. Raymond Lamy, J. Ségot, et L. Favier, *Management de la qualité et de la performance : Construire un cadre de référence pour de nouvelles pratiques de management*. Letixis, 2011.
[39] A. Lux *et al.*, *Lean manufacturing - Quelle place pour la santé et la sécurité au travail ?* Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2013.
[40] Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (Anact), « Lean et santé au travail : le regard d'un ergonome », *Travail & changement*, nº 351, p. 16, sept-2013.
[41] « Dossiers CHSCT : Les risques organisationnels du Lean Management sur la santé au travail ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/psychologie-du-travail/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=163&dossid=470. [Consulté le: 22-avr-2016].
[42] « Dossiers CHSCT : La notion de charge mentale au travail ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/psychologie-du-travail/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=163&dossid=463. [Consulté le: 29-sept-2016].
[43] M. Vidal, « Lean Production, Worker "Empowerment", and Job Satisfaction: A Qualitative Analysis and Critique », *Crit. Sociol.*, vol. vol 33, p. 247-278, 2007.
[44] Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (Anact), « Les conditions de travail, point d'achoppement du lean ? », *Travail & changement*, nº 351, p. 16, sept-2013.
[45] O. Dahan et B. Hetet, *Les fiches outils du changement*, 1ère édition. Eyrolles, 2014.
[46] Chaire ESSEC du Changement, « MOOC : Réussir le Changement », *Coursera*, 2016. [En ligne]. Disponible sur: https://www.coursera.org/learn/reussir-le-changement/home/welcome. [Consulté le: 10-mai-2016].

[47] Y.-C. Gagnon, *Réussir le changement : Mobiliser et soutenir le personnel*. Presses de l'Université du Québec, 2011.
[48] J.-P. Lugan, *Le changement sans stress : Dépasser les résistances et la pression*. Editions d'Organisation, 2010.
[49] « Huit étapes du changement selon Kotter ». [En ligne]. Disponible sur: http://christian.hohmann.free.fr/index.php/management-du-changement/351-huit-etapes-du-changement-selon-kotter. [Consulté le: 09-oct-2016].
[50] L. Boulanger-Semet et I. Cuenin, « Management et facteurs de santé », juill. 2013.

APPLICATION OF *LEAN* TOOLS IN THE OPTIMIZATION OF A PACKAGING LINE

Regulatory and ethical constraints make pharmaceutical industry apart. These companies cope with fierce competition especially by reducing its production costs.

Lean management is a production management method. It aims the elimination of waste in a manufacturing company. Lean is centered on the deployment of methodological tools in order to make obvious what add value while reducing everything else.

History, principles, main tools and limits of lean are outlined in this dissertation. Theory is illustrated with a SMED project, which is the optimization of a packaging line in Pierre Fabre laboratories.

Lean can cause some change management issues. Levers of change management are described, to better understand what is at stake.

APPLICATION DES OUTILS LEAN DANS LE CADRE DE L'OPTIMISATION D'UNE LIGNE DE CONDITIONNEMENT

RÉSUMÉ

Les contraintes réglementaires et éthiques des produits de santé font de l'industrie pharmaceutique une industrie à part. Les entreprises font face à une concurrence de plus en plus féroce, notamment grâce à la réduction de leurs coûts de production.

Une théorie de gestion de la production permet d'atteindre cet objectif : le *lean management*. Il repose sur le déploiement d'outils méthodologiques qui permettent de rendre évident ce qui ajoute de la valeur, tout en réduisant le reste.

L'histoire, les principes et les principaux outils du *lean* seront présentés dans cette thèse, sans oublier les limites du *lean*. Un projet d'optimisation (SMED) réalisé sur une ligne de conditionnement au sein des laboratoires Pierre Fabre permettra d'illustrer ceci. Le lean soulève également des problématiques de conduite du changement, dont les leviers sont présentés.

Application of lean tools in the optimization of a packaging line: abstract *(voir dernière page)*

DISCIPLINE administrative : Pharmacie

MOTS-CLÉS :

Industrie pharmaceutique ; Lean ; Amélioration continue ; SMED ; Changement ; Conduite du changement

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Paul Sabatier – Toulouse III
Faculté de Sciences Pharmaceutiques
35 chemin des maraîchers
31400 TOULOUSE

Directeur de thèse : RASSEMUSSE Claire