



HAL
open science

Les outils du Lean Manufacturing appliqués à la production pharmaceutique : "Illustration avec deux projets pratiques"

Audrey Thiery

► **To cite this version:**

Audrey Thiery. Les outils du Lean Manufacturing appliqués à la production pharmaceutique : "Illustration avec deux projets pratiques". Sciences pharmaceutiques. 2012. hal-01733380

HAL Id: hal-01733380

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733380v1>

Submitted on 14 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE
FACULTE DE PHARMACIE DE NANCY

2012

Les outils du Lean Manufacturing appliqués à la
production pharmaceutique :
« Illustration avec deux projets pratiques ».

Présentée et soutenue publiquement

Le vendredi 30 novembre 2012

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par **Audrey THIERY**

née le 01 mai 1987 à Epinal (88)

Membres du Jury

Président : Madame Francine KEDZIEREWICZ, Maître de Conférences, Faculté de Pharmacie, Nancy.

Directeur : Monsieur Benjamin DROUILLET, Pharmacien-Responsable de l'Unité de Production Formes Sèches, Sanofi, Quetigny.

Juges : Madame Véronique FALK, Maître de Conférences, ENSIC, Nancy
Monsieur Jérôme HAISNE, Responsable d'Atelier, Sanofi, Quetigny.

UNIVERSITE DE LORRAINE
FACULTE DE PHARMACIE DE NANCY

2012

Les outils du Lean Manufacturing appliqués à la
production pharmaceutique :
« Illustration avec deux projets pratiques ».

Présentée et soutenue publiquement

Le vendredi 30 novembre 2012

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par **Audrey THIERY**

née le 01 mai 1987 à Epinal (88)

Membres du Jury

Président : Madame Francine KEDZIEREWICZ, Maître de Conférences, Faculté de Pharmacie, Nancy.

Directeur : Monsieur Benjamin DROUILLET, Pharmacien-Responsable de l'Unité de Production Formes Sèches, Sanofi, Quetigny.

Juges : Madame Véronique FALK, Maître de Conférences, ENSIC, Nancy
Monsieur Jérôme HAISNE, Responsable d'Atelier, Sanofi, Quetigny.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2012-2013

DOYEN

Francine PAULUS

Vice-Doyen

Francine KEDZIEREWICZ

Directeur des Etudes

Virginie PICHON

Président du Conseil de la Pédagogie

Bertrand RIHN

Président de la Commission de la Recherche

Christophe GANTZER

Président de la Commission Prospective Facultaire

Jean-Yves JOUZEAU

Responsable de la Cellule de Formations Continue et Individuelle

Béatrice FAIVRE

Responsable ERASMUS :

Francine KEDZIEREWICZ

Responsable de la filière Officine :

Francine PAULUS

Responsables de la filière Industrie :

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Responsable du Collège d'Enseignement

Pharmaceutique Hospitalier :

Jean-Michel SIMON

Responsable Pharma Plus E.N.S.I.C. :

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Responsable Pharma Plus E.N.S.A.I.A. :

Raphaël DUVAL/Bertrand RIHN

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Gérard SIEST

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY

Pierre DIXNEUF

Marie-Madeleine GALTEAU

Thérèse GIRARD

Maurice HOFFMANN

Michel JACQUE

Lucien LALLOZ

Pierre LECTARD

Vincent LOPPINET

Marcel MIRJOLET

Maurice PIERFITTE

Janine SCHWARTZBROD

Louis SCHWARTZBROD

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Gérald CATAU

Jean-Claude CHEVIN

Jocelyne COLLOMB

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

Marie-Hélène LIVERTOUX

Bernard MIGNOT

Jean-Louis MONAL

Dominique NOTTER

Marie-France POCHON

Anne ROVEL

Maria WELLMAN-ROUSSEAU

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE
Annie PAVIS

Faculté de Pharmacie

Présentation

ENSEIGNANTS

Section
CNU*

Discipline d'enseignement

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	82	Thérapie cellulaire
Chantal FINANCE	82	Virologie, Immunologie
Jean-Yves JOUZEAU	80	Bioanalyse du médicament
Jean-Louis MERLIN	82	Biologie cellulaire
Alain NICOLAS	80	Chimie analytique et Bromatologie
Jean-Michel SIMON	81	Economie de la santé, Législation pharmaceutique

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Jean-Claude BLOCK	87	Santé publique
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	Pharmacologie
Raphaël DUVAL ☒	87	Microbiologie clinique
Béatrice FAIVRE	87	Biologie cellulaire, Hématologie
Pascale FRIANT-MICHEL	85	Mathématiques, Physique
Christophe GANTZER	87	Microbiologie
Max HENRY	87	Botanique, Mycologie
Pierre LABRUDE	86	Physiologie, Orthopédie, Maintien à domicile
Isabelle LARTAUD	86	Pharmacologie
Dominique LAURAIN-MATTAR	86	Pharmacognosie
Brigitte LEININGER-MULLER	87	Biochimie
Pierre LEROY	85	Chimie physique
Philippe MAINCENT	85	Pharmacie galénique
Alain MARSURA	32	Chimie organique
Patrick MENU	86	Physiologie
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	86	Chimie thérapeutique
Bertrand RIHN	87	Biochimie, Biologie moléculaire

MAITRES DE CONFÉRENCES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Béatrice DEMORE	81	Pharmacie clinique
Julien PERRIN ☒	82	Hématologie biologique
Marie SOCHA ☒	81	Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique
Nathalie THILLY	81	Santé publique

MAITRES DE CONFÉRENCES

Sandrine BANAS	87	Parasitologie
Mariette BEAUD	87	Biologie cellulaire
Emmanuelle BENOIT	86	Communication et Santé
Isabelle BERTRAND	87	Microbiologie
Michel BOISBRUN	86	Chimie thérapeutique
François BONNEAUX	86	Chimie thérapeutique
Ariane BOUDIER	85	Chimie Physique
Cédric BOURA	86	Physiologie
Igor CLAROT	85	Chimie analytique
Joël COULON	87	Biochimie
Sébastien DADE	85	Bio-informatique
Dominique DECOLIN	85	Chimie analytique
Roudayna DIAB	85	Pharmacie galénique
Natacha DREUMONT ☿	87	Biologie générale, Biochimie clinique
Joël DUCOURNEAU	85	Biophysique, Acoustique

Faculté de Pharmacie

Présentation

ENSEIGNANTS (suite)	Section CNU*	Discipline d'enseignement
Florence DUMARCAY	86	Chimie thérapeutique
François DUPUIS	86	Pharmacologie
Adil FAIZ	85	Biophysique, Acoustique
Luc FERRARI	86	Toxicologie
Caroline GAUCHER-DI STASIO	85/86	Chimie physique, Pharmacologie
Stéphane GIBAUD	86	Pharmacie clinique
Thierry HUMBERT	86	Chimie organique
Frédéric JORAND	87	Environnement et Santé
Olivier JOUBERT	86	Toxicologie
Francine KEDZIEREWICZ	85	Pharmacie galénique
Alexandrine LAMBERT	85	Informatique, Biostatistiques
Faten MERHI-SOUSSI	87	Hématologie
Christophe MERLIN	87	Microbiologie
Blandine MOREAU	86	Pharmacognosie
Maxime MOURER	86	Chimie organique
Coumba NDIAYE ☿	86	Epidémiologie et Santé publique
Francine PAULUS	85	Informatique
Christine PERDIAKIS	86	Chimie organique
Caroline PERRIN-SARRADO	86	Pharmacologie
Virginie PICHON	85	Biophysique
Anne SAPIN-MINET	85	Pharmacie galénique
Marie-Paule SAUDER	87	Mycologie, Botanique
Gabriel TROCKLE	86	Pharmacologie
Mihayl VARBANOV	87	Immuno-Virologie
Marie-Noëlle VAULTIER	87	Mycologie, Botanique
Emilie VELOT	86	Physiologie-Physiopathologie humaines
Mohamed ZAIYOU	87	Biochimie et Biologie moléculaire
Colette ZINUTTI	85	Pharmacie galénique

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER 86 Sémiologie

PROFESSEUR AGREGE

Christophe COCHAUD 11 Anglais

✧ En attente de nomination

***Disciplines du Conseil National des Universités :**

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

32 : Personnel enseignant-chercheur de sciences en chimie organique, minérale, industrielle

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DES APOTHICAIRES



Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.



« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE
APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS
EMISES DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT
ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR
AUTEUR ».

Remerciements

A mon Président de thèse,

Madame Francine KEDZIEREWICZ,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse et pour votre disponibilité et vos conseils.

Veillez trouver dans ce travail, l'expression de mon profond respect.

A mon Directeur de thèse,

Monsieur Benjamin DROUILLET,

Pour avoir accepté de diriger cette thèse.

Merci pour le soutien, les conseils, les encouragements apportés lors de mon stage de fin de cursus, et de m'avoir donné l'opportunité de découvrir le métier de pharmacien de production.

Mes remerciements les plus sincères.

A mes Juges,

Madame Véronique FALK,

Pour avoir accepté de juger, avec intérêt, ce travail et pour votre aide tout au long des études d'ingénieur ENSIC.

Monsieur Jérôme HAISNE,

Pour avoir accepté de participer à ce jury de thèse.

Merci pour les conseils et le soutien apportés durant mon stage en production pharmaceutique.

A tous ceux avec qui j'ai pu travailler lors de mon stage,

Pour l'aide et la disponibilité, dont ils ont fait preuve.

A mes parents,

Pour votre soutien et votre aide durant toutes ces longues années d'études et pour m'avoir toujours encouragée sur cette voie.

Merci d'être toujours là, même dans les moments les plus difficiles. Je ne saurai jamais assez vous remercier.

A mon frère et à toute ma famille,

Qui, après toutes ces années d'études, doivent encore se poser la question si je travaillerai un jour. Je vous remercie d'être là et tiens fort à vous.

A Fabrice,

Je te remercie de m'avoir toujours soutenue et de m'avoir suivie dans tous mes projets et même encore maintenant.

Merci pour tout le bonheur que tu m'apportes au quotidien.

A mes amis,

A Alice, que je connais depuis au moins quinze ans voire plus et qui restera toujours mon amie d'enfance.

A Hélène, qui m'a toujours supportée et qui n'a pas fini.

A Océane, pour une super colocation passée en sa compagnie et pour toutes les soirées étudiantes aussi géniales les unes que les autres.

A Amélie, Antoine, Ben, Julien et tous les autres.

Aux amis Erasmus,

Louis, Bastien, Blandine et Clément, je sais que l'on continuera chaque année à fêter nouvel an ensemble et je m'en réjouis d'avance.

Aux amis de la faculté et de l'ENSIC

Benoît, Véro, Emmanuelle, Aurélie, Baptiste, Julia, Audrey, Anne et tous les autres.

A Isabelle,

Sans qui je n'aurai jamais été aussi motivée pour faire ma thèse.

A tous ceux avec qui j'ai pu partager des bons moments,

Lors de mon cursus scolaire et universitaire, à Charlet Théâtre, en Allemagne, en Argentine, en Belgique...

A tous ceux qui nous ont quittés,

Vous serez toujours présents pour moi.

Abréviations

BFR : Besoin en fond de roulement
BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication
CDT : Conditionnement
CIP : Code Identifiant de Présentation
CLA : Conducteur de Lignes Automatisées
CRI : Coût de Revient Industriel
CTQ : Critical To Quality
DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover/Améliorer, Contrôler
DMAICS : Définir, Mesurer, Analyser, Innover/Améliorer, Contrôler, Standardiser
FS : Formes Sèches
HSE : Hygiène, Sécurité et Environnement
JIT : Just In Time (juste à temps)
JMA : Japan Management Association
LCM : Life Cycle Management
LT : Lead Time
6M : Mesure, Matières, Machine, Méthodes, Main d'œuvre, Milieu
MIT : Massachusetts Institute of Technology
MOA : Maîtrise d'ouvrage
MOD : Main d'œuvre directe
MOE : Maîtrise d'œuvre
MOI : Main d'œuvre indirecte
MP : Matières Premières
NVA : Non-valeur ajoutée
OMI : Organisation et Méthodes Industrielles
OP : Opérateur
OPC : Opérateur de conditionnement
PDCA: Plan, Do, Check, Act
PF: Produits Finis
PLA : Pilote de Lignes Automatisées
PRéSC : **P**incipe de **R**éduction et **S**tandardisation des **C**hangements
+QDCI : Sécurité, Qualité, Délais, Coûts, Implication

QQOQCCP : **Q**uoi ? **Q**ui ? **O**ù ? **Q**uand ? **C**omment ? **C**ombien ? **P**ourquoi ?

RA : Responsable d'Atelier

RE : Responsable d'Equipe

RI : Rendement Industriel

5S : Seiri (éliminer), Seiton (ranger), Seiso (nettoyer), Seiketsu (standardiser), Shitsuke (respecter)

SMED: Single Minute Exchange of Die

TO: Temps d'Ouverture

TOC: Theory Of Constraints

TP : Temps Passé

TPM : Total Productive Maintenance ou Total Productive Management

TPP : Temps de Traversée Processus

TPS : Toyota Production System

TRS : Taux de Rendement Synthétique

TT : Takt Time

TU : Temps Utile

UAP : Unité Autonome de Production

VA : valeur ajoutée

VSM : Value Stream Mapping (cartographie des flux)

Table des matières

Remerciements	9
Abréviations	11
Table des matières	13
Table des figures	17
Table des tableaux	20
INTRODUCTION.....	21
CHAPITRE 1 : Le Lean Manufacturing	22
I. Historique	23
I.1 Production en masse de Ford.....	23
I.2 Production au plus juste de Toyota.....	24
I.3 Le Lean Thinking : la philosophie du Lean.....	26
I.4 Le succès du Lean	28
II. Les concepts du Lean Manufacturing	30
II.1 Définition et édifice du Lean	30
II.2 Excellence industrielle et performance globale	31
II.2.1 Approche systémique de l'entreprise et performance globale	31
II.2.2 Génération de valeur en cinq processus et amélioration continue de la performance	32
II.3 Réduction du lead time ou réduction des muda.....	34
II.3.1 La surproduction.....	35
II.3.2 La non-qualité.....	35
II.3.3 Les transports	36
II.3.4 Les mouvements inutiles.....	36
II.3.5 Les process et méthodes inadaptés	37
II.3.6 Les stocks.....	37
II.3.7 Les attentes	37
II.4 Kaizen	38
II.5 Heijunka.....	40
II.6 Just in time	41
II.6.1 Le flux tiré.....	41
II.6.2 Le Takt Time (TT) ou synchronisation.....	43

II.7	Jidoka.....	43
II.8	Le Lean Six Sigma et la démarche DMAIC	44
II.8.1	La qualité tournée vers la satisfaction du client.....	45
II.8.2	Réduire la variabilité.....	45
II.8.3	Maîtriser la variabilité	47
II.8.4	Organiser les compétences	49
II.8.5	Manager par projets.....	51
III.	Les outils et indicateurs du Lean	51
III.1	Amélioration de l'organisation.....	51
III.1.1	La Value Stream Mapping	51
III.1.2	Le 5S.....	53
III.2	Augmentation du rendement industriel	54
III.2.1	Le temps de travail	54
III.2.2	Le Taux de Rendement Synthétique	55
III.2.3	La Total Productive Management (TPM).....	57
III.2.4	Le SMED.....	61
III.2.5	Le Management visuel	62
III.2.6	La roue de Deming.....	62
III.2.7	Outils pour la résolution de problèmes.....	63
III.3	Augmentation de la performance	65
III.3.1	Production cellulaire équilibrée et flux unitaire.....	65
III.3.2	Equilibrage des postes au Takt Time.....	68
III.3.3	Le Kanban	69
CHAPITRE 2 : Mise en place d'un chantier Lean au sein d'un atelier de production d'une pommade		70
I.	Présentation de l'atelier de production de la pommade	71
I.1	Procédé de fabrication	71
I.2	Procédé de conditionnement.....	74
II.	Définition d'un chantier	75
III.	Objectifs du chantier	77
IV.	Déroulement du chantier	78
V.	Suivi du chantier	81
V.1	Le management visuel.....	82

V.2	La production planifiée horaire	85
V.3	Les indicateurs du chantier	87
V.3.1	Suivi du TRS :.....	87
V.3.2	Suivi du temps d'arrêts techniques (réglages, pannes et maintenance planifiée)	88
V.3.3	Suivi des actions du chantier	89
V.3.4	Suivi du présentisme lors des heures dédiées au chantier	90
V.3.5	Suivi des actions du +QDCI	91
VI.	Les actions majeures du chantier	92
VI.1	L'organisation de l'atelier	92
VI.2	Réalisation d'un standard de changement : la fiche PRÉSC	93
VI.3	Test d'une organisation différente.....	97
VI.3.1	Estimation des gains.....	98
VI.3.2	Réalisation de simogrammes	98
VI.3.3	Planification de l'essai	102
VI.4	La remise en état des équipements	102
CHAPITRE 3 : Présentation d'un projet de performance regroupant trois lignes de conditionnement.....		
		104
I.	Objectifs de l'unité autonome de production	105
I.1	Augmentation de la productivité et de la performance	105
I.2	Autonomie et polyvalence	106
I.3	Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE) et Qualité	108
II.	Déploiement d'une première UAP	108
II.1	Evaluation des combinaisons selon les lignes de conditionnement	108
II.2	L'UAP pilote	112
III.	Mise en place de l'UAP n°2	115
III.1	L'organisation et le déroulement du projet	115
III.2	Les objectifs et les contraintes de l'UAP n°2	117
IV.	L'organisation globale de l'UAP n°2.....	118
IV.1	Analyse de la charge de travail et répartition des tâches	119
IV.2	Réalisation de Simogrammes	121
IV.3	Organisation retenue de l'UAP n°2	123
IV.4	Gestion des pauses machine tournante.....	125
IV.5	Gestion du personnel en fonction de l'ouverture des lignes	126

IV.6	Gestion du personnel en fonction des changements sur ligne	128
V.	La préparation de l'UAP n°2	131
V.1	Descriptif des travaux et estimation de leur coût	131
V.2	Réalisation du macro-planning.....	134
V.3	Management de l'UAP n°2	136
V.3.1	Les opérateurs et techniciens de l'UAP n°2	136
V.3.2	Le responsable d'équipe de l'UAP n°2	136
V.3.3	Le Management visuel	137
V.3.4	Evaluation de la performance	139
	CONCLUSION	140
	Table des annexes	141
	ANNEXES	142
	BIBLIOGRAPHIE.....	150

Table des figures

Figure 1 : Structure et grandes lignes du Lean Thinking [9].	27
Figure 2 : Evolution du marché après le choc pétrolier [13].	28
Figure 3 : Calcul du prix de vente, deux visions différentes : (a) avant 1973, (b) après 1973 [13].	29
Figure 4 : Edifice Lean [3].	30
Figure 5 : Représentation systémique de l'entreprise industrielle [15].	32
Figure 6 : Les cinq processus de génération de valeur ajoutée [15].	33
Figure 7 : Amélioration des caractéristiques opérationnelles des processus [15].	33
Figure 8 : (a) Composition du temps de travail. (b) Affectation de l'augmentation des heures sur la composition. (c) Affectation du Kaizen sur la composition [18].	39
Figure 9 : Représentation de la réduction de la variabilité [21].	46
Figure 10 : Méthodologie de la démarche DMAIC [21].	46
Figure 11 : Les six étapes DMAICS de la démarche Six Sigma [20].	47
Figure 12 : Les quatre niveaux de pilotage [20].	50
Figure 13 : Exemple de Value Stream Mapping ou cartographie des flux pour un équipement de sécurité électronique [3].	52
Figure 14 : Répartition type du temps de travail [3].	54
Figure 15 : Schéma explicatif de la mesure du TRS.	56
Figure 16 : Exemple de calcul d'un TRS [23].	57
Figure 17 : Principe de la roue de Deming PDCA [25].	63
Figure 18 : Illustration des 5 <i>Why</i> .	64
Figure 19 : Diagramme d'Ishikawa d'analyse des 6M.	65
Figure 20 : Passage en cellule [15].	66
Figure 21 : Ligne d'assemblage type [3].	66
Figure 22 : Différence entre un flux en lot et un flux unitaire [3].	67
Figure 23 : Lissage des charges [3].	68
Figure 24 : Exemple d'étiquette (Kanban) [3].	69
Figure 25 : Cuve de fabrication de la pommade P.	71
Figure 26 : Classification des pommades parmi les formes galéniques destinées à l'application cutanée.	72
Figure 27 : Flux du conditionnement de la pommade P.	75

Figure 28 : Composition d'un chantier Lean.....	76
Figure 29 : Pyramide représentant la relation entre le management et le Gemba.....	77
Figure 30 : Trame d'un plan d'action.....	79
Figure 31 : Exemple de matrice décisionnelle.	80
Figure 32 : Tableau du +QDCI présent dans l'atelier de conditionnement de la pommade P.	83
Figure 33 : Feuille correspondant aux Coûts du tableau +QDCI.	84
Figure 34 : Exemple du plan d'action "Sécurité" du +QDCI de la pommade P.	85
Figure 35 : Production planifiée de la pommade P.	86
Figure 36 : Evolution du TRS pendant le chantier.....	88
Figure 37 : Evolution du temps d'arrêts techniques pendant le chantier.	89
Figure 38 : Evolution du suivi des actions du chantier.	90
Figure 39 : Suivi du présentéisme lors des réunions chantier.	91
Figure 40 : Evolution du suivi des actions du +QDCI.	91
Figure 41 : Méthodologie du 5S [32].	92
Figure 42 : Photos de l'atelier de conditionnement suite au 5S.....	93
Figure 43 : Exemples de changement de lot et de présentation de la pommade P.	94
Figure 44 : Cas de la fiche PRéSC initiale.	95
Figure 45 : Schéma des différentes étapes d'un changement de lot de la pommade P.	96
Figure 46 : Exemple d'une partie d'un simogramme.	100
Figure 47 : Tableaux récapitulatifs du taux d'occupation des opérateurs.	101
Figure 48 : Encartonneuse de la ligne de conditionnement de la pommade P.	103
Figure 49 : Représentation de la situation initiale du service Conditionnement Formes Sèches.	108
Figure 50 : Représentation schématique de la situation future du service Conditionnement Formes Sèches.	111
Figure 51 : Gain de TRS de l'UAP pilote (2012 versus 2011).	113
Figure 52 : Gain de productivité en heures de janvier à septembre 2012.	114
Figure 53 : Amélioration de la disponibilité technique de 2011 à fin septembre 2012.	114
Figure 54 : Organigramme des pôles M.O.A et M.O.E.....	116
Figure 55 : Représentation schématique actuelle des lignes de l'UAP n°2.	124
Figure 56 : Représentation schématique future de l'UAP n°2.	125
Figure 57 : Gestion des pauses machine tournante.....	126
Figure 58 : Cas le plus fréquent : C90-6 et Marchésini en 1x8 et C90-2 en 2x8.....	128
Figure 59 : Gestion du personnel en fonction des changements de présentation et de lot..	129

Figure 60 : Gestion du personnel en fonction des changements de format (T3). 130

Figure 61 : Gestion du personnel lors d'une ligne en T3 et une ligne en T1/T2..... 130

Figure 62 : Plan actuel des trois lignes de conditionnement C90-2, Marchésini et C90-6. .. 131

Figure 63 : Nouvelle implantation de l'UAP n°2. 132

Figure 64 : Photographie du tableau du +QDCI de l'UAP n°1. 138

Table des tableaux

Tableau 1 : Les six étapes de la démarche DMAICS et ses outils [20].	48
Tableau 2 : Temps des changements de format de la pommade P.	96
Tableau 3 : Justification des écarts au standard de changement.....	97
Tableau 4 : Comparaison des deux combinaisons possibles d'UAP (3x3 et 5+4).	109
Tableau 5 : Charge actuelle de travail de chacune des lignes lors de la production.	119
Tableau 6 : Répartition des tâches selon les opérateurs.	120
Tableau 7 : Modifications permettant la réduction des charges de travail.	121
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des taux d'occupation des opérateurs à l'état actuel.	122
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des taux d'occupation des opérateurs à l'état futur (UAP n°2).	122
Tableau 10 : Nombre de personnes dédiées à l'UAP n°2 en fonction des lignes arrêtées. .	127
Tableau 11 : Modifications techniques apportées aux lignes et leur coût.....	133
Tableau 12 : Macro-planning des travaux de l'UAP n°2.....	135

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les industries pharmaceutiques connaissent de nombreux changements : l'essor du marché des génériques, le développement de la concurrence issue des pays émergents, une baisse des nouvelles molécules découvertes avec des coûts de recherche élevés...

Malgré tous ces facteurs et comme toute entreprise, les laboratoires français se doivent de rester compétitifs face à la concurrence. Ils cherchent ainsi à être plus performants et à maîtriser les coûts de production pour obtenir le produit attendu par le client, au moment voulu et à un prix compétitif. Derrière cette idée se cache le concept du Lean Manufacturing, démarche d'amélioration issue des industries automobiles japonaises Toyota, qui prône une élimination des gaspillages et une production au plus juste.

Autour de cette philosophie du Lean Manufacturing s'est greffé tout un panel d'outils pouvant notamment être adaptés à l'industrie pharmaceutique.

L'objectif de cette thèse est de présenter dans un premier chapitre, les fondements du Lean Manufacturing et ses outils. Puis dans un deuxième temps, nous illustrerons l'utilisation de ces outils avec deux cas pratiques réalisés en production pharmaceutique :

- Le lancement d'un chantier Lean au sein d'un atelier de production d'une pommade.
- La mise en place d'une unité autonome de production regroupant trois lignes de conditionnement de comprimés.

CHAPITRE 1 :

Le Lean Manufacturing

I. Historique

C'est au sein de l'industrie automobile Toyota au Japon, dans les années 1940, que la notion du Lean est née. Taiichi Ohno en fût le pionnier. La production de Toyota était basée sur le désir de produire en flux continu, ce qui est l'opposé de la philosophie de production en masse développée par Henri Ford.

La mention « Lean » ou plus souvent « Lean Thinking » est connue comme une référence dans tout type d'industrie pour améliorer la production. Le livre « The Machine that Changed the World » [1], compara en premier les méthodes de production japonaises aux traditionnelles méthodes de production en masse, ce qui souligna ainsi les meilleures performances des méthodes japonaises [2].

Pour expliquer comment s'est mis en place le Lean, revenons aux origines et notamment aux techniques de production de l'industrie automobile.

I.1 Production en masse de Ford

L'activité automobile prit naissance à la fin du 18^{ème} siècle avec la firme Panhard & Levassor, qui fût le premier constructeur automobile au monde. C'était la naissance de l'industrie automobile, une activité artisanale qui arrivait à produire mille véhicules par an. Les caractéristiques de ce type de production étaient les suivantes:

- personnel extrêmement qualifié,
- machines-outils polyvalentes,
- rythme de production faible,
- aucun standard, aucune voiture identique.

Henri Ford fit son apparition en 1905 et découvrit des alternatives pour contourner les inconvénients de la production artisanale et augmenter les capacités de production dans le but de satisfaire la demande du marché. Ford baptisa ce nouveau système : la production de masse (ou le Fordisme) [3]. Cette approche permet aux entreprises d'augmenter leur part de marché et de réduire leurs coûts de développement et de production. Henri Ford créa ainsi l'un des modèles les plus connus dans l'histoire de l'automobile : la Ford T. Ce modèle fût produit en grande quantité et avec un unique coloris : le noir, car le temps de séchage de cette peinture était plus court que celui des autres teintes [4]. Les concepts suivants furent développés :

- batterie de machines de production (lignes dédiées),
- division du travail en tâche élémentaire,
- convoyage automatique (chaîne d'assemblage mobile),

- normalisation, étalonnage des instruments de mesure,
- interchangeabilité des composants.

Ces idées nouvelles propulsèrent le constructeur Ford au rang de leader mondial. General Motors Company et Chrysler s'inspirèrent également de cette façon de produire reposant sur la standardisation. Les trois géants de l'automobile : Ford, General Motors et Chrysler se partageaient 95 % du marché mondial et seulement six modèles couvraient 80 % des ventes. Puis la généralisation de la production en masse s'étendit à l'Europe, ce qui fit chuter les ventes de l'industrie automobile américaine. La production en masse eut ainsi du succès jusqu'au choc pétrolier de 1973 [3].

I.2 Production au plus juste de Toyota.

En 1950, Eiji TOYODA, jeune ingénieur japonais, réalisa un voyage d'études dans l'usine Ford à Détroit, il y découvrit alors la possibilité d'améliorer ce système de production. De retour au Japon, dans sa maison mère (la Toyota Motor Company), il conclut avec la complicité de Taiichi OHNO, ingénieur de production, qu'il n'est pas possible d'implémenter un tel système au Japon pour différentes raisons. C'est alors que naît une alternative : le TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS) ou production au plus juste [3].

Taiichi OHNO [5], alors directeur de production de Toyota, entreprit quelques expérimentations directement sur les lignes. Différents points et concepts - aussi bien dans le domaine technologique, organisationnel que social - en découlèrent :

➤ **Client : Prendre en compte le besoin du client**

Les habitudes de consommation ayant évolué, il est capital de tenir compte des attentes du client. L'offre catalogue de Toyota est alors renouvelée tous les 4 ans, ce qui est plutôt exceptionnel pour l'époque.

➤ **Chaîne de Fabrication : Produire au plus juste**

Taiichi OHNO développe des lignes polyvalentes et flexibles en capacité pour s'adapter au mieux à la demande. Les temps de changements de série sont optimisés grâce aux méthodes SMED (Single Minute Exchange of Die) proposées par Shingo [6].

➤ **Chaîne d'assemblage : coordonner les flux**

Les flux des approvisionnements sont coordonnés par un système d'ordonnancement dénommé Kanban (étiquette en Japonais). Il permet de simplifier l'organisation des flux et de

réduire le nombre de ruptures (arrêts chaîne pour un manque produit par exemple). De plus, la qualité d'assemblage devient un paramètre essentiel, Ohno recommande ainsi à ses équipes d'arrêter la chaîne dès qu'un problème insoluble se présente à eux et ainsi de se pencher sur les causes racines du problème pour résoudre ce dernier.

➤ **Chaîne fournisseur : partenaire/ingénierie simultanée**

Ohno décida, sur la base de spécifications, de confier la conception et la réalisation de prototype aux fournisseurs, ce qui donna naissance au métier d'équipementier. Si le prototype lui convenait, il commandait ainsi les pièces nécessaires à la conception de la voiture. Il mit alors un système d'approvisionnement « juste à temps », toujours dans le but de réduire les stocks et de délivrer le strict nécessaire en temps voulu. Il convertit ainsi le groupe de fournisseurs en une seule grande machine qui ne produirait que si l'étape « aval » suivante en avait besoin.

➤ **Personnel : associé/membre de la famille Toyota**

Le dernier concept de Taiichi Ohno était d'impliquer au maximum les employés pour qu'ils deviennent proactifs face aux problèmes et que la performance puisse être continuellement améliorée par le savoir-faire de chacun. Il proposa alors un emploi à vie, un salaire à l'ancienneté et des primes sur intéressement. Grâce à ces avantages, les ouvriers étaient plus flexibles et participaient plus activement aux intérêts de l'entreprise.

Ainsi en 1960, après l'implantation de toutes ces idées, des résultats étonnants apparurent sur la productivité, la qualité des produits et la capacité à adapter leur outil de production à la demande du marché.

C'est principalement pendant la crise pétrolière de 1973 que le « système TOYOTA » s'est fait connaître. Il fit ensuite son apparition en occident grâce à une étude du Massachusetts Institute of Technology (MIT) sur l'industrie automobile, publiée dans le livre « The Machine that Changed the World » en 1990. Le nouveau système de pensée de Toyota et les méthodes nécessaires pour l'appliquer suscitèrent alors un grand intérêt. Les principes du Toyota Production System devinrent ensuite connus sous le nom générique de **Lean Manufacturing** et utilisés dans tous les secteurs industriels.

I.3 Le Lean Thinking : la philosophie du Lean

Le concept du « Lean » a été, en premier, introduit par Womack, John et Roos [1], qui ont décrit la philosophie de travail des industries automobiles japonaises et notamment le système de production de Toyota (TPS) [7].

Cette philosophie implique l'élimination des gaspillages et des actions inutiles. Elle relie toutes les étapes apportant une valeur ajoutée. En 1996, le concept initial du Lean était défini et décrit par cinq principes clés [8] :

1. Définir la valeur : Définir précisément les besoins du client quant au produit attendu et aux capacités qu'il apporte à un instant t .
2. Identifier la chaîne de valeur : identifier les différentes phases du flux entier de chaque produit ou famille de produit et éliminer les gaspillages.
3. Obtenir un flux : Réaliser l'enchaînement des étapes subsistantes de la manière la plus fluide possible.
4. Tirer la production : Concevoir et produire seulement ce que le client souhaite et quand il le souhaite
5. Viser la perfection : Rechercher la perfection en éliminant continuellement les gaspillages dès qu'ils apparaissent.

De nombreux chercheurs ont proposé des structures Lean mais les degrés de libertés sont multiples au sein du Lean Thinking. A.C. Lyons [9] propose une base de Lean Thinking avec quatre grandes ambitions qui illustrent les principes de cette philosophie :

1. Alignement de la production avec la demande.
2. Elimination des gaspillages.
3. Intégration des fournisseurs.
4. Implication de la main d'œuvre dans les activités d'amélioration des processus.

Ces quatre principes et leurs pratiques Lean y contribuant sont représentés sur la Figure 1.

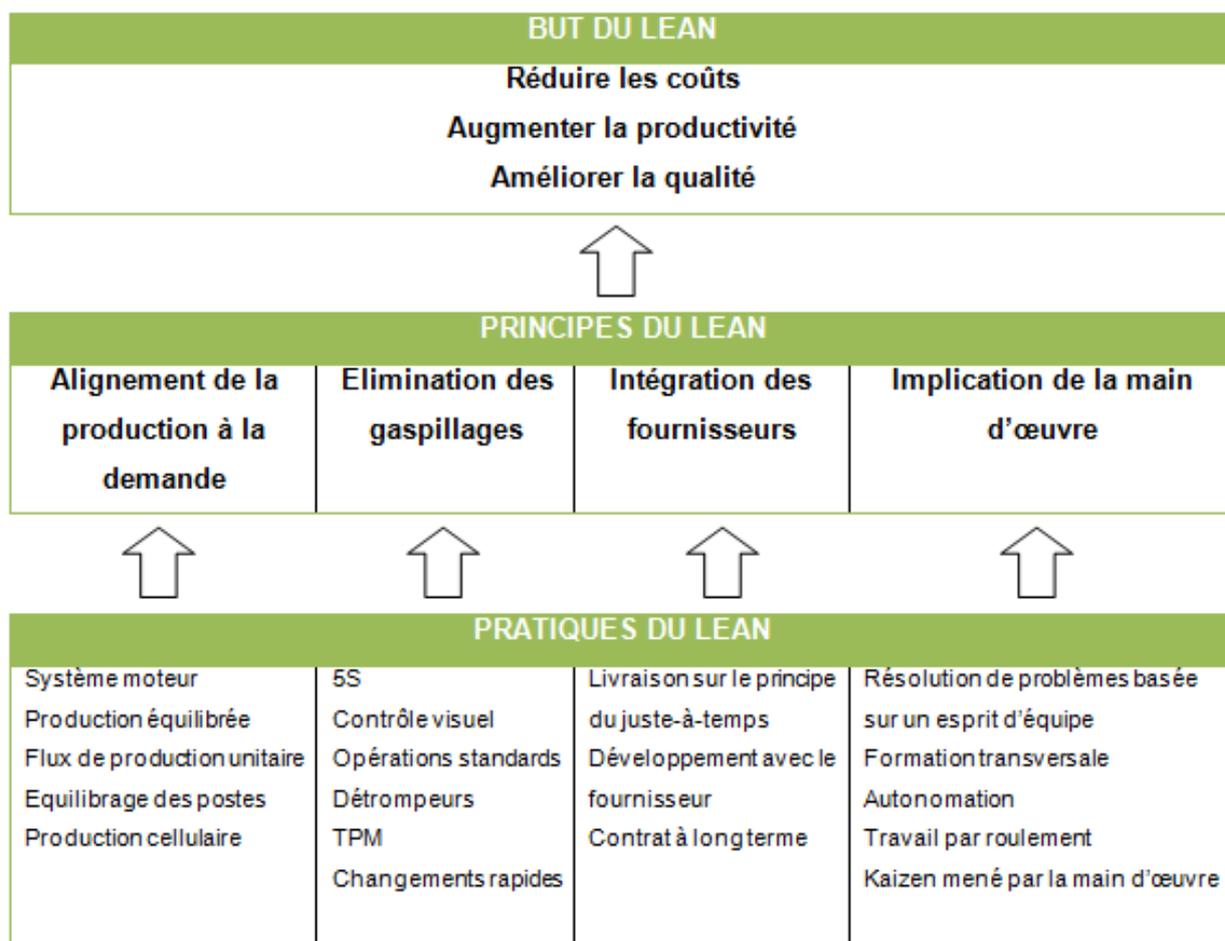


Figure 1 : Structure et grandes lignes du Lean Thinking [9].

Bien que les principes soient distincts, ils aboutissent malgré tout aux mêmes idées. L'alignement de la production avec la demande est fondé sur la notion du deuxième principe, l'élimination des pertes. L'élimination des pertes aide à réduire les coûts et organise les activités de production requises en créant de la valeur au sein d'un système plus efficace. Ce système facilite ainsi un flux de production plus fluide avec un nombre minimal d'interruptions, de retards et de variations. Ensuite le troisième principe, l'intégration des fournisseurs est un pré-requis au premier principe, l'alignement de la production avec la demande. En effet, les producteurs Lean doivent avoir un réseau coopératif : sans l'établissement d'une relation étroite avec les fournisseurs, le concept de production en fonction de la demande ne peut pas être atteint. Les fournisseurs doivent livrer les matières premières fréquemment en petites quantités directement sur le lieu d'utilisation et ce avec un minimum de contrôles à la réception [10] [11].

Le quatrième principe (l'inculcation d'amélioration des processus dans les esprits des employés) est essentiel pour l'élimination des pertes. Cette notion, nommée dans l'industrie

japonaise « soikufu », permet de développer et de mettre en avant les connaissances, les capacités et la créativité de chacun. Selon Forza [12], le Lean Manufacturing est caractérisé par une petite équipe, composée d'employés aux multiples fonctions, avec décentralisation de l'autorité, et travaillant à la résolution d'un problème. Les suggestions de chaque employé participent à l'amélioration.

Ainsi cette philosophie « Lean Thinking » repose essentiellement sur l'identification et l'élimination des gaspillages. Cet aspect doit être compris en premier lieu pour atteindre efficacement le résultat voulu et appliquer les outils Lean.

I.4 Le succès du Lean

L'implantation du Lean fait alors son apparition dans tout type d'infrastructure.

Les entreprises utilisent le Lean Thinking pour éliminer les gaspillages dès le début de la chaîne, et évaluer les effets. Les entreprises gagnent très rapidement en compétitivité et s'adaptent rapidement au développement de l'économie et à la demande, en perpétuel changement, du client.

C'est principalement après le choc pétrolier de 1973 que les entreprises n'eurent pas d'autre choix que de s'adapter à la situation économique. La vision Lean les aida dans ce sens.

En effet, après le choc pétrolier, comme le montre la Figure 2, la tendance s'inverse : l'offre devient supérieure à la demande. Le marché impose une baisse et une meilleure qualité de produits est attendue.

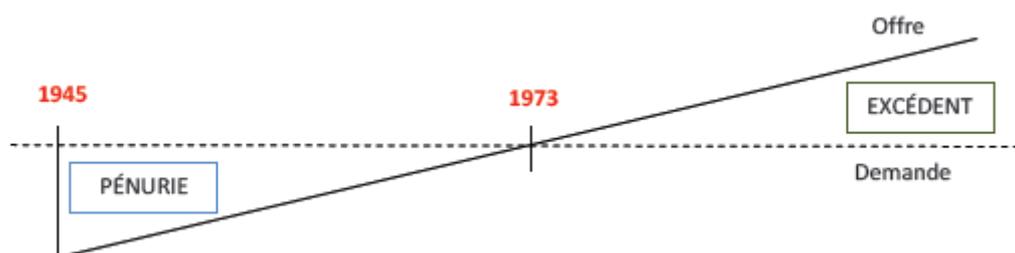


Figure 2 : Evolution du marché après le choc pétrolier [13].

Les entreprises ne peuvent donc plus augmenter leur marge au détriment du prix de vente. Une nouvelle stratégie apparaît: diminuer les coûts de revient pour conserver ou augmenter la marge. La Figure 3 illustre ce phénomène.

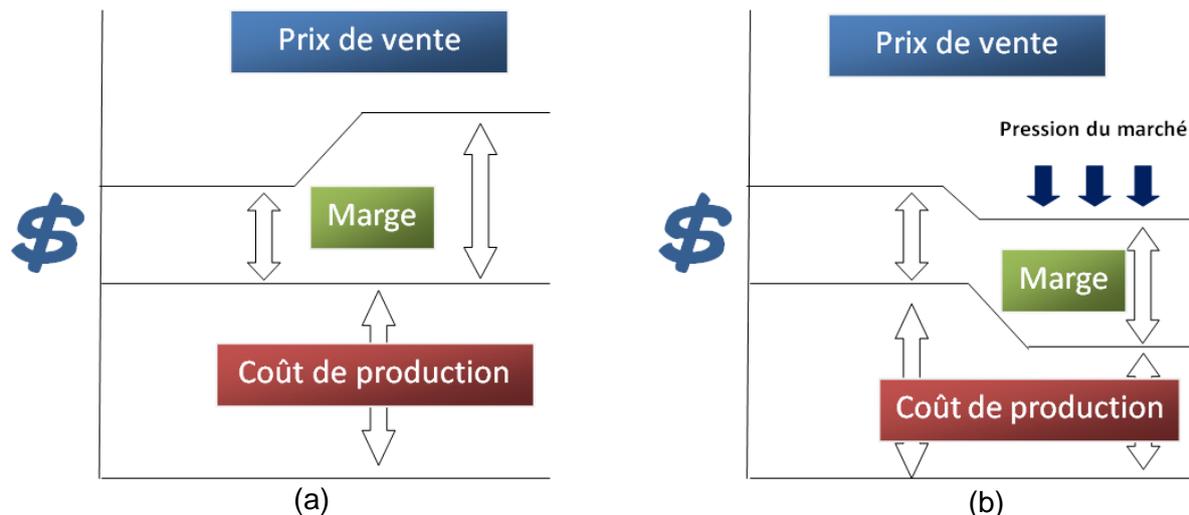


Figure 3 : Calcul du prix de vente, deux visions différentes : (a) avant 1973, (b) après 1973 [13].

L'objectif d'une entreprise étant de gagner de l'argent, elle se doit de proposer un produit dont le prix de vente est, d'une part, supérieur au coût de production et d'autre part, concurrentiel sur le marché [14]. La vision traditionnelle (avant 1973) correspond à l'équation suivante :

$$\text{Prix de vente} = \text{Coût de production} + \text{marge}$$

Dans cette équation, le prix est une variable dépendante, on ne met pas l'accent sur la marge. La vision Lean consiste ainsi à transformer le prix comme une variable indépendante et à mettre en avant la marge qui peut être augmentée par une réduction du coût de production. Avec une vision Lean, l'équation devient donc :

$$\text{Marge} = \text{Prix de vente} - \text{Coût de production}$$

Pour contrôler le coût de production, il faut:

- Identifier les différentes activités nécessaires à la mise sur le marché du produit ;
- Eliminer les activités sans valeur ajoutée.

Contrôler le coût de production permet de fournir au client le produit qu'il désire en termes de qualité, quantité, délais, et prix.

Via la suppression des gaspillages, le Lean Manufacturing participe à cette nouvelle vision en réduisant les coûts de production. Ainsi, le Lean Manufacturing a trouvé sa place notamment après le choc pétrolier et s'est alors répandu dans de nombreuses entreprises.

II. Les concepts du Lean Manufacturing

II.1 Définition et édifice du Lean

Le Lean Manufacturing est un nom générique qui désigne un système de production originellement développé par Toyota et désormais utilisé de par le monde dans tous les secteurs industriels. Le Lean est défini comme une approche systématique qui vise à identifier et éliminer tous les gaspillages (activités à non-valeur ajoutée) au travers d'une amélioration continue en vue d'atteindre l'excellence industrielle [3].

Comme le montre la Figure 4, les principes du Lean peuvent être représentés par un édifice avec ses fondations et ses piliers [3]. Ainsi la robustesse dépend de chaque élément de cet édifice. Dans le concept d'excellence industrielle, un industriel se doit, pour pérenniser son activité, d'atteindre trois objectifs fondamentaux :

- La bonne qualité des produits,
- La réduction des coûts d'exploitation,
- La performance des processus.

Sur la Figure 4, nous pouvons voir que ces trois paramètres : qualité, coût et performance sont à la pointe de l'édifice, mais les bases de l'édifice doivent être solides pour atteindre ces trois objectifs.

Avant d'explicitier les principes du Lean qui composent cet édifice, nous allons définir la notion d'excellence industrielle dans la partie suivante.

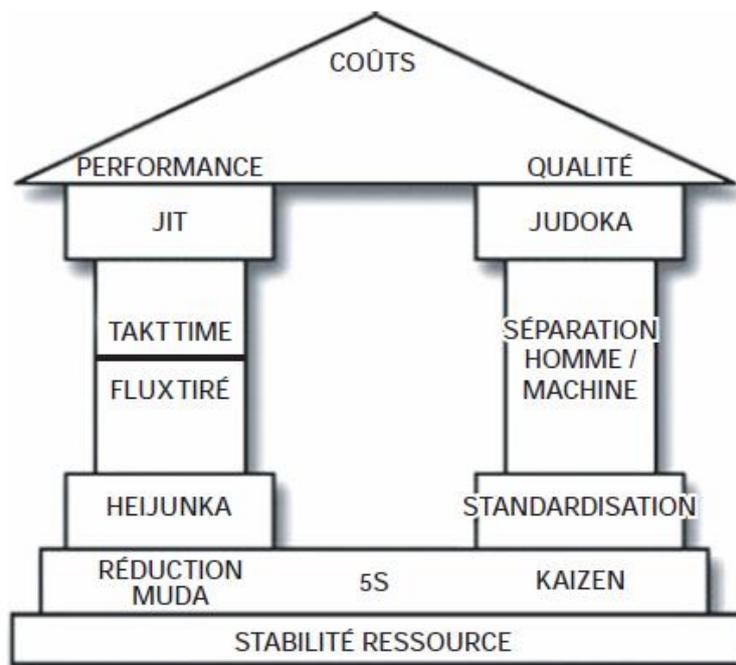


Figure 4 : Edifice Lean [3].

II.2 Excellence industrielle et performance globale

II.2.1 Approche systémique de l'entreprise et performance globale

Dans son ouvrage « Le Macroscopie », Joël De Rosnay définit, en 1975, un système comme « un ensemble d'éléments en interaction dynamique structurés en fonction d'un objectif ». Un système est caractérisé par le processus qu'il héberge. Selon la norme ISO 9000, un processus est défini par un « ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie ».

Dans cette pensée systémique, deux principes existent [15] :

- Principe de synergie : le tout est plus que la somme de ses parties
- Principe de totalité (corollaire) : la somme des optima locaux n'aboutit pas à l'optimum global

Dans le cas d'une entreprise, les éléments d'entrée proviennent des fournisseurs et les éléments de sortie sont destinés aux clients. L'objectif est donc de transformer des éléments d'entrée (matières premières, consommables...) en éléments de sortie (produits finis conditionnés et livrés).

Cette transformation physico-chimique se traduit financièrement par la valeur ajoutée brute, à savoir la différence entre le prix de vente du produit et le prix d'achat des matières premières et consommables incorporés. Cette valeur ajoutée peut ensuite être comparée aux charges fixes d'exploitation de l'entreprise, le point mort est atteint lorsque la valeur ajoutée couvre les charges fixes. Au-delà, l'entreprise fait du bénéfice ; en deçà elle perd de l'argent [15].

La performance globale d'un système industriel peut être appréhendée à travers trois dimensions. Celles-ci sont comparées aux caractéristiques d'un simple tuyau et sont représentées sur la Figure 5. Les trois dimensions sont :

- **Débit de la valeur ajoutée** (quantité de valeur ajoutée générée par unité de temps) représenté par la section d'un tuyau ;
- **Vitesse de la valeur ajoutée** (temps écoulé entre l'arrivée dans le système des éléments incorporés dans le produit fini et la livraison de celui-ci au client) représentée par la longueur du tuyau ;
- **Qualité de la valeur ajoutée** (satisfaction, ressentie ou mesurée, des clients) représentée par la porosité du tuyau [15].

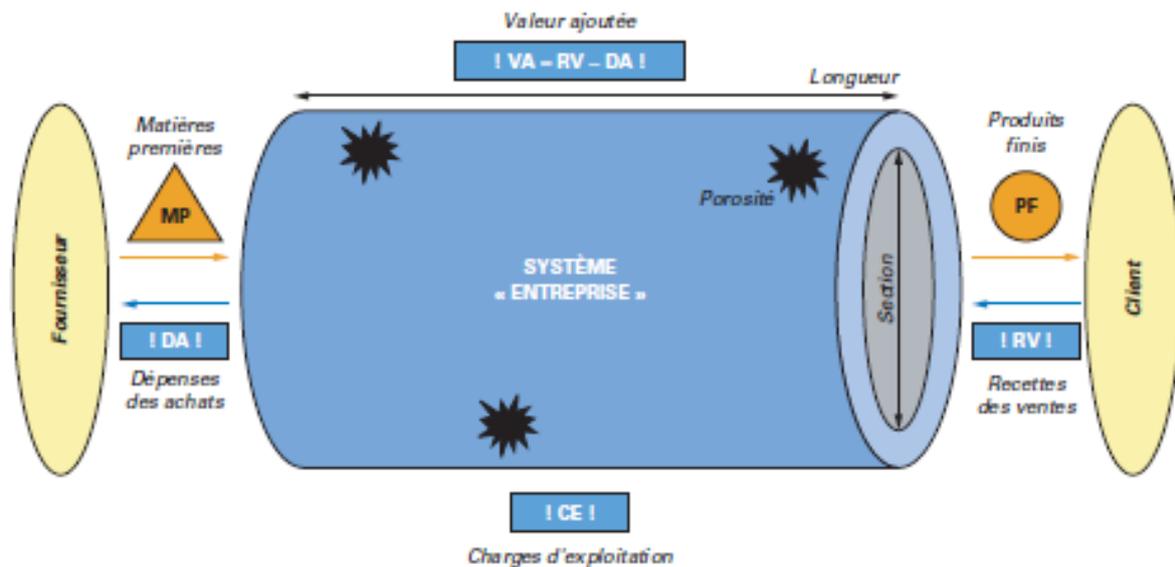


Figure 5 : Représentation systémique de l'entreprise industrielle [15].

A partir de cette représentation macroscopique (Figure 5), l'amélioration continue consiste à augmenter la section du tuyau, à réduire sa longueur et à colmater les fuites.

II.2.2 Génération de valeur en cinq processus et amélioration continue de la performance

Si l'on souhaite améliorer le système « entreprise », il convient de rentrer un peu plus dans le détail. Le système peut alors être décomposé en cinq processus :

- Processus **vente** : il transforme une demande potentielle du marché en commande pour l'entreprise ;
- Processus **conception** : il transforme un besoin exprimé ou non par le client en une solution technique opérationnelle et industrialisable ;
- Processus **achat** : il transforme un besoin interne de matière première ou de consommable en une référence disponible ;
- Processus **production** : il transforme les matières premières ou consommables en produit fini ;
- Processus **logistique** : il transforme une commande en produit fini conditionné et livré.

Ces cinq processus ont également leurs propres caractéristiques comme le montre la Figure 6.

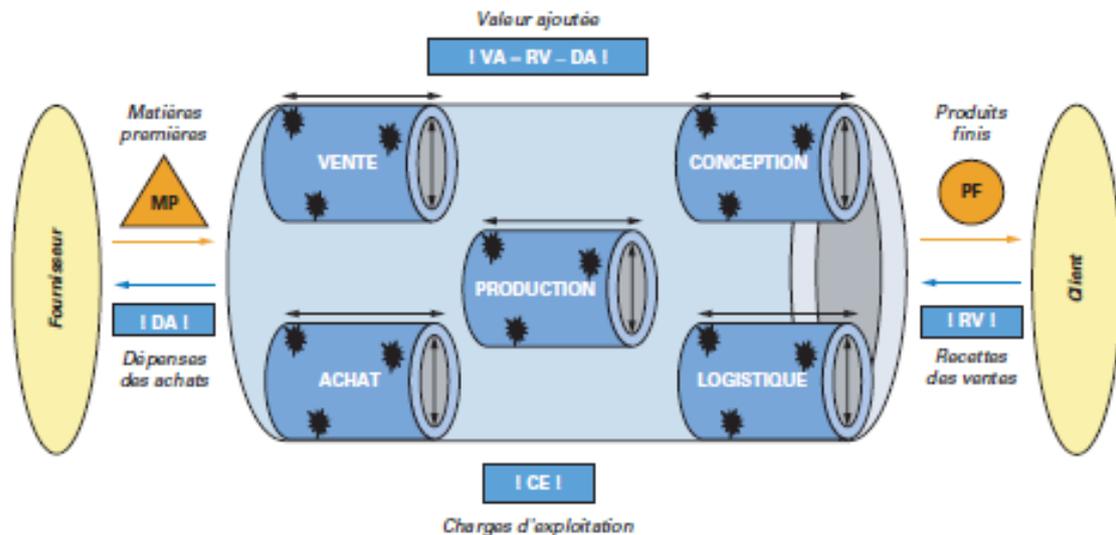


Figure 6 : Les cinq processus de génération de valeur ajoutée [15].

Au sein d'une démarche d'amélioration continue et durable, un diagnostic global permet d'identifier le processus et la caractéristique (section, longueur ou porosité) ayant le plus fort impact sur la performance globale de l'entreprise, à savoir le débit, la vitesse ou la qualité de la valeur ajoutée.

Comme représentés sur la Figure 7, les outils permettant de traiter ces problèmes sont :

- La théorie des contraintes (TOC) pour les problèmes de débit ;
- Le Lean Management pour les problèmes de vitesse (avec réduction du lead time : cf. § II.3) ;
- Le Six Sigma pour les problèmes de porosité (cf. § II.8).

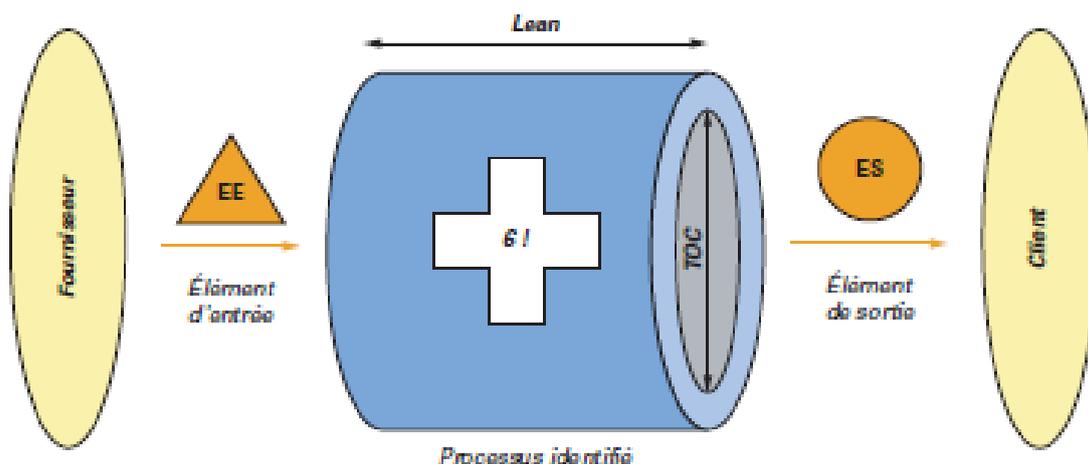


Figure 7 : Amélioration des caractéristiques opérationnelles des processus [15].

II.3 Réduction du lead time ou réduction des muda

La notion de perte s'entend par opposition à la notion de valeur ajoutée. La « valeur » d'un produit ou d'un service est celle fixée par le client car il faut entendre « valeur ajoutée » dans le sens de la valeur effectivement attendue et perçue par le client (de l'entreprise ou du processus). Nous pouvons donc parler de temps à valeur ajoutée et à non-valeur ajoutée qui constitue à eux deux le lead time (LT) ou temps écoulé entre l'arrivée des éléments entrants et la livraison des éléments sortants. L'analyse de ce temps total va permettre d'identifier deux états fondamentaux [15] :

- Phases pendant lesquelles les éléments subissent effectivement une transformation, les éloignant de leur état d'entrée et les rapprochant de leur état de sortie. Ces phases seront qualifiées de temps à valeur ajoutée (VA) ;
- Phases pendant lesquelles les éléments ne subissent aucune transformation. Ces phases sont qualifiées de temps à non-valeur ajoutée (NVA) ou gaspillages (ou muda dans le vocabulaire japonais de Toyota).

Après cette décomposition en deux phases, nous comprenons aisément que la réduction des coûts de production réside dans la diminution de ces gaspillages.

C'est ce que propose le mode de pensée Lean. Il réfléchit à la réduction des pertes et à l'élimination des opérations sans valeur ajoutée [16]. Les pertes de l'organisation se présentent sous trois formes distinctes appelées communément les « 3 Mu » [3] :

- Muri : correspond aux structures irrationnelles qui conduisent à l'excès ou à la surcharge ;
- Mura : correspond aux variations qui affectent le fonctionnement nominal du processus, désigne donc un manque de régularité ;
- Muda : correspond à toutes les activités qui viennent s'ajouter au processus sans contribuer à créer de la valeur au produit (tâche à non-valeur ajoutée).

Le Lean Manufacturing intervient plus particulièrement dans l'identification, l'élimination ou la réduction des Muda. Les Muda peuvent se matérialiser sous sept différents types de pertes. Ils ont tout d'abord été identifiés par Ohno [5] en 1988 puis reportés par Womack et Jones [7] en 1996.

Il est important de noter que les sept muda sont des causes d'allongement du temps de passage (lead time). Au sein d'un programme d'amélioration Lean, la communication est plutôt axée sur la réduction du lead time que sur la réduction des gaspillages ou l'amélioration de la productivité, cette vision est moins restrictive quant aux gains recherchés. Les sept Muda seront explicités dans les sept sous-parties suivantes.

II.3.1 La surproduction

Dans le contexte « avant 1973 » où la demande était supérieure à l'offre, le surdimensionnement des stocks de matières, pour éviter absolument la rupture, était un principe adapté à la situation. Seulement la situation a changé et c'est maintenant l'offre qui est supérieure à la demande. Aujourd'hui la surproduction est donc à bannir car elle peut entraîner des dérives inquiétantes [15] :

- Stocks de produits invendus, obsolètes ou périmés ;
- Manque de réactivité et ventes ratées si l'entreprise n'est pas axée sur les produits attendus sur le marché ;
- Dépenses inutiles pour le stockage, la manutention, la conservation et à terme peut-être la destruction ;
- Trésorerie immobilisée et donc moins d'aptitude à encaisser les baisses d'activités.

Les ressources (matières, main-d'œuvre, usure des équipements, énergie et consommables) qui ont été affectées à une production non vendue sont considérées comme perdues.

Ainsi tout ce qui est produit en avance constitue un gaspillage. Le BFR (besoin en fond de roulement) mesure concrètement cette perte puisqu'elle fait appel à la trésorerie de l'entreprise en avance de phase sur ce que le client va payer [16].

Une réponse à la perte par surproduction est la logique SMED et la diminution des tailles de lots, points que nous expliciterons par la suite.

Il est également important de choisir de bons indicateurs de productivité pour être performant, c'est-à-dire non pas produire trop pour mieux occuper la main d'œuvre mais produire en phase avec le marché.

II.3.2 La non-qualité

Dans la non-qualité, on y retrouve principalement les rebuts, mais aussi les retouches, ainsi que l'ensemble des activités de traitement des réclamations, comme celles d'analyse et de traitement des défauts internes.

La non-qualité a des conséquences graves [16] :

- Elle augmente le coût du produit.
- Elle dégrade l'image de l'entreprise auprès du client.
- Elle détourne les équipes de techniciens des activités de développement sur des activités de réparation.

De plus chaque rebut retarde à hauteur de son temps de cycle l'avancement de l'ensemble du lot et conduit également à sur-dimensionner les lots de matières premières et par conséquent engendre une augmentation des stocks.

II.3.3 Les transports

Les mouvements internes à l'usine, entre les postes de travail ou entre les différents ateliers sont considérés comme une perte. Les produits sont déplacés en permanence [15] :

- Acheminement vers les ressources ;
- Retour vers les stocks car ressource indisponible ;
- Acheminement vers les postes de contrôle ou de reprise.

Lors d'un chantier d'amélioration Lean, les distances effectuées seront donc un indicateur spécifique à mettre en place pour évaluer les différentes solutions de réduction de transports.

II.3.4 Les mouvements inutiles

Les mouvements, de même que les transports, traduisent une mauvaise organisation du poste de travail. Dans cette catégorie, on y classe tous les mouvements et les gestes de l'opérateur sur son poste. Par exemple, le nombre de fois où l'opérateur « prend » ou « pose » une pièce sont des gestes sans valeur ajoutée pour la main- d'œuvre directe [16]. De façon générale, si l'on cherche à réduire des temps indirects ou des en-cours intermédiaires, on se focalisera sur les transports entre postes ; si en revanche on cherche à réduire des temps de main-d'œuvre directe, on décortiquera les mouvements de l'opérateur pour y chasser les mouvements inutiles [16].

Les mouvements inutiles peuvent parfois être la conséquence d'une ergonomie de travail négligée et d'un manque de concertation pour rechercher et standardiser le « bon geste », à savoir la façon la plus efficace pour accomplir une même tâche. La suppression des mouvements inutiles doit permettre à l'opérateur de travailler mieux en se fatiguant moins pour assurer la juste production nécessaire au marché. Elle ne doit, en aucun cas, conduire à produire plus pour réduire les coûts unitaires de produits [15]. Les mouvements peuvent être analysés et traités par l'amélioration de l'ergonomie des postes : mouvements des yeux (chercher des pièces), mouvements des jambes par le rapprochement des machines, etc. Des techniques de calcul prévisionnel des temps standards permettent de réduire ces mouvements inutiles.

II.3.5 Les process et méthodes inadaptés

Certaines opérations constituent des transformations mais sans pour autant être des opérations à valeur ajoutée pour le client. Les processus inadaptés ou inefficaces sont le plus souvent la conséquence d'une absence de concertation entre marketing, conception, industrialisation et production [15].

Réduire cette perte des process et méthodes inadaptés peut parfois faire appel aux techniques de l'ingénieur des méthodes industrielles : analyse de la valeur et adaptation de la gamme de fabrication, réduction des coûts de transformation, etc. [16]. En s'assurant que tout le monde pratique de la même façon les opérations, la notion de standardisation peut également contribuer à réduire les méthodes inadaptées.

II.3.6 Les stocks

Le stock est la conséquence directe du surdimensionnement :

- Des lots d'achats : pour obtenir des produits ou matières au meilleur prix et éviter les ruptures ;
- Des lots de production : pour maximiser le rendement des ressources ;
- Des lots d'expédition : pour réduire les coûts de transport [15].

Quel que soit le type d'industrie, les en-cours et les stocks de produits finis doivent tendre vers zéro. Ils sont définis par une quantité minimum, une quantité maximum ainsi que des règles de déclenchement et de révision systématique régulière.

Un stock a une fonction de lissage des aléas de fabrication ou de consommation (variabilité de la demande, pannes machine, indisponibilité des pièces de rechange...). C'est pourquoi inscrire la réduction des stocks dans les objectifs d'amélioration continue, c'est se forcer à travailler sur les causes de dysfonctionnement et sur les difficultés elles-mêmes, plutôt que de les couvrir par des immobilisations de trésorerie.

Par exemple, un stock de pièces d'une machine peu fiable en couvre les pannes et donc cache les effets d'un manque de maintenance ou d'un manque de maîtrise de l'équipement par l'équipe d'exploitation. Une usine Lean doit donc exposer les pertes pour les résoudre et c'est en diminuant arbitrairement les stocks que les vraies causes de pertes seront mises en évidence pour être traitées durablement [16].

II.3.7 Les attentes

Les gaspillages de main d'œuvre (lorsque l'opérateur attend) ou les dysfonctionnements des équipements (panne machine) correspondent à des attentes. Mais les défauts d'organisation

ou les manques de synchronisation entre la gestion de production et l'encadrement de terrain (provoquant des erreurs de planification des ressources et des ordres de fabrication) sont aussi des causes d'attente. Sur ligne, des micro-attentes peuvent être présentes, elles sont liées à la synchronisation des tâches et peuvent être solutionnées par des techniques d'équilibrage de la ligne [16].

Cependant le manque de synchronisation du processus avec son client et des ressources du processus entre elles constitue la cause majeure d'attente.

*Remarque : Il peut exister une huitième cause de gaspillage : la **sur-conception** [15].*

Elle résulte, le plus souvent, d'un manque de concertation entre le marketing et le bureau d'étude. Cela conduit l'ingénieur à prévoir des fonctions, ou des dispositifs, dans son produit, auquel le client final ne sera pas forcément sensible. Ces organes superflus vont donner lieu à des opérations de production supplémentaires donc des transports, des attentes, des stocks et des rebuts inutiles.

II.4 Kaizen

Selon Monden [17], toutes les opérations de production peuvent être classées en trois catégories :

- Le **travail indirect ou secondaire** : il correspond aux processus, comme par exemple les contrôles, qui n'apportent pas de valeur ajoutée mais qui sont nécessaires dans le système courant de production ;
- Le **travail à valeur ajoutée** : il ajoute de la valeur au produit. L'assemblage de pièces est un exemple de travail à valeur ajoutée ;
- Les **Muda** : considérés comme toutes les tâches inutiles et donc que le client ne souhaite pas payer.

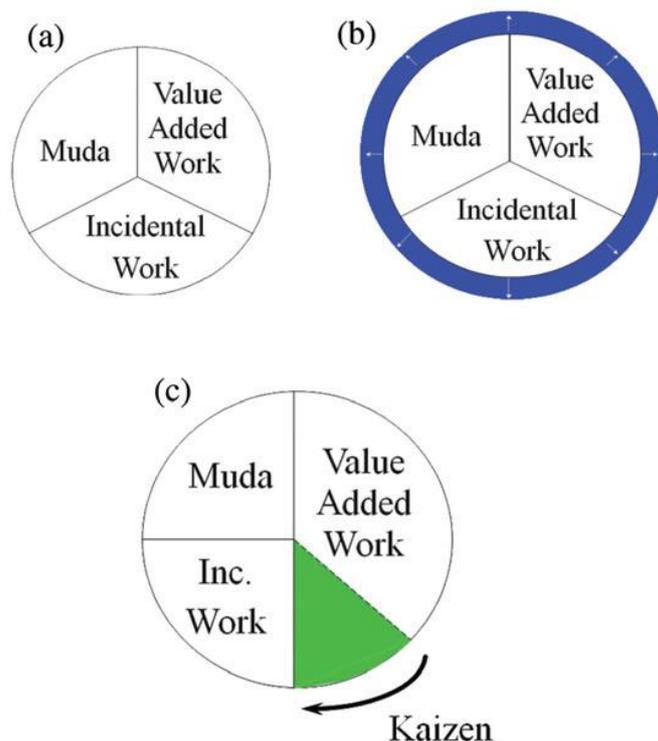


Figure 8 : (a) Composition du temps de travail. (b) Affectation de l'augmentation des heures sur la composition. (c) Affectation du Kaizen sur la composition [18].

Ces trois catégories sont représentées sur la Figure 8 (a). Pour augmenter la quantité de valeur ajoutée, de nombreuses entreprises choisissent d'augmenter le nombre d'heures travaillées, comme présenté sur la Figure 8 (b). Seulement le fait d'augmenter le nombre d'heures travaillées engendre également l'augmentation du travail indirect et des Muda. C'est pourquoi, le meilleur moyen d'augmenter les tâches à valeur ajoutée, est de réduire les tâches indirectes et les gaspillages. Le Kaizen désigne ce principe : améliorer continuellement le procédé en identifiant et en réduisant les gaspillages. En utilisant le Kaizen, les entreprises sont capables de remodeler la répartition des trois catégories comme montré dans la Figure 8 (c) [18].

Le mot « Kaizen », en japonais, signifie amélioration à « petit pas » ou continue. Ce concept implique tous les acteurs du processus dans la promotion d'améliorations simples et bon marché. C'est une philosophie de tous les jours qui est basée sur le bon sens et l'expérience des opérationnels [3].

Le Kaizen invite chaque employé à penser à des idées de petites améliorations à réalisation rapide. Une fois accomplies, ces améliorations permettent de travailler plus facilement et de manière plus agréable. Pour appliquer ce principe de Kaizen ou d'amélioration continue,

différents outils existent : la value-stream mapping, les « 5 pourquoi » [18]. Ils seront abordés par la suite.

Il existe également le *Kaizen Event* (ou *Kaizen Blitz*) qui consiste à réunir sur une courte période, une équipe polycompétente sur un point précis du processus pour mettre en place des améliorations rapides.

II.5 Heijunka

Pour optimiser l'utilisation des outils de production, la pratique courante consiste à privilégier des lots importants pour économiser sur les temps d'arrêts machine (réglages, changement de série...). Généralement, les conséquences de cette pratique sont des délais de fabrication plus longs, des stocks d'encours et produits finis importants, de fortes variations de charge (stress opérateur) et un taux de défaut élevé. Le temps de réponse est lent et les fluctuations de la demande s'amplifient systématiquement au travers des maillons de la *Supply Chain*. Le Heijunka (ou lissage de la charge de travail) désigne une méthode de régulation de charge basée sur le fractionnement de la taille des lots, le volume étant basé sur les moyennes de la demande. Le succès et l'efficacité du Heijunka dépendent de la mise en place des outils du Lean tels que le SMED, la TPM, le Kanban...car ils permettent d'optimiser la planification et les changements de série [3].

Le Heijunka consiste ainsi à répartir la charge de travail globale de façon égale sur chaque période de travail. L'entreprise ne doit accepter les commandes qu'à hauteur de sa capacité de chaque jour et l'usine doit ordonnancer la fabrication en répartissant équitablement la charge sur chaque équipe. La manière de transmettre les consignes de fabrication au poste de travail est donc une première conséquence concrète de ce principe. Il faut donc commencer par définir un « pas » de management de l'atelier (le « pitch »). A chaque début de « pitch », l'opérateur reçoit les consignes pour la durée du « pitch » uniquement. Ce dernier correspond à une durée de tournée d'approvisionnement des pieds de ligne, et à une période de contrôle de l'avancement de la production. Plus le pitch est court, meilleur sera le contrôle de l'avance-retard. Pour l'opérateur, c'est le moyen de garantir un rythme de travail constant tout au long de la journée car cette logique ne permet pas au producteur de réarranger l'ordre des fabrications pour regrouper des lots de références similaires. C'est aussi un moyen de contrôler le respect de tailles de lots.

Pour mettre en place ce concept, il est nécessaire d'installer un suivi hebdomadaire au niveau de la direction générale, lui-même décomposé en objectifs quotidiens d'expédition et de production. Le Heijunka consiste également à répartir la fabrication des références de

produit de façon lissée. Pour réduire les stocks, l'usine doit être capable de produire chaque référence avec une récurrence la plus courte possible. Ainsi plus les récurrences sont courtes, plus les lots sont réduits, et moins on devra tenir de stocks et d'en-cours pour couvrir les files d'attente qui en découlent. Ce changement d'échelle nécessite des transformations radicales de l'organisation de production et fait par conséquent appel aux techniques du TPS, c'est-à-dire [16] :

- Installer des boucles courtes de management de l'avance-retard : le retard doit être rendu visuellement et les règles de réaction à l'intérieur même d'un pas doivent être formalisées.
- Organiser et former les équipes pour permettre les changements de série rapides.
- Si possible faire évoluer les équipements pour favoriser les machines flexibles plutôt que les machines à forte cadence.
- Faire évoluer les processus de planification des fabrications de façon à ce qu'ils tiennent compte de cette nouvelle organisation.
- Travailler en amont avec les fournisseurs de matières premières pour que les approvisionnements soient conformes au principe de lissage.

II.6 Just in time

L'acronyme « Just in time » (JIT) ou « juste à temps » est un autre concept Lean qui consiste à fournir/recevoir les matières premières en quantité exacte, au lieu et en temps voulus. L'objectif du juste à temps est de ne produire que ce que le client achète ou a déjà acheté dans le cas d'une production à la commande. Pour atteindre cet objectif, l'ensemble des flux de l'usine, ainsi que ceux en amont (fournisseurs) et ceux en aval (distribution) sont organisés en appliquant les principes et outils suivants :

- Flux tiré ;
- Takt time (TT) ;
- Kanban.

Nous allons ainsi expliciter les deux premiers concepts ; quant au Kanban (outil du Lean correspondant à un vecteur d'information mettant en relation les consommations et les réapprovisionnements pour atteindre le concept de JIT), nous le détaillerons par la suite (cf. § III.3.3).

II.6.1 Le flux tiré

Le flux tiré est un mode de gestion de production selon lequel les matières premières ou les pièces ne progressent dans la chaîne de fabrication que lorsque la demande les réclame. La

désignation de « flux tiré » renvoie à une production qui serait tirée en aval par une demande réelle (commandes fermes) alors qu'une production à flux poussé vient de l'image d'une production qui se fait, à l'inverse, en poussant les produits dans la chaîne de fabrication pour constituer un stock et répondre à une éventuelle demande (basée sur des planifications) [3]. Ainsi dans un flux poussé, l'opérateur attend les matières premières (MP) et/ou pièces pour produire. En flux tiré, les MP sont *a priori* disponibles au poste et l'opérateur ne produit que s'il a le signal qui l'autorise à produire la bonne référence dans la bonne quantité.

Le flux tiré pose une contrainte supplémentaire au responsable d'équipe (RE) ou d'atelier (RA) pour obtenir la même productivité de la main-d'œuvre car en cas d'absence de signal de production, il faut savoir réaffecter le personnel efficacement et rapidement alors que dans une situation de flux poussé, il suffit simplement d'avoir de l'en-cours à chaque poste pour que chaque opérateur soit occupé.

D'une part, pour que ce système fonctionne, il faut une variable d'ajustement. Cette variable peut être le taux d'utilisation des équipements à condition que les machines à l'arrêt ne coûtent pas plus cher que ce que l'on cherche à économiser en stocks et en main-d'œuvre. C'est pourquoi les usines japonaises décident de s'équiper de machines plutôt plus petites, moins coûteuses et facilement réutilisables.

D'autre part, la qualité de prévision des ventes est primordiale. Le flux tiré est un principe d'exécution quotidienne d'un programme de fabrication défini avec précision pour le mois. Il ne faut pas attendre une flexibilité totale sur une demande du client qui serait imprévisible et extrêmement variable et donc bien trop difficile à maîtriser. Il est donc indispensable d'annoncer des délais et de définir des prévisions de vente. De plus la planification de la fabrication doit être revue et stabilisée d'un jour à l'autre. Dans de nombreuses usines, deux types de gestion des flux fonctionnent en parallèle :

- l'un correspond aux produits et matières récurrents et réguliers dont les prévisions sont plutôt bonnes et qui sont alors gérés en flux tiré ;
- l'autre type de gestion correspond aux produits et matières de consommations occasionnelles qui sont gérés, non pas en flux tiré, mais par calcul de besoin et/ou à la commande.

Dans la plupart des industries, autre que l'automobile, ce type de gestion en flux tiré a l'avantage d'être une solution réaliste qui permet une réduction considérable des stocks sur les produits et matières fréquents et réguliers [16].

II.6.2 Le Takt Time (TT) ou synchronisation

Le Takt Time est un ratio calculé entre le temps productif alloué pour une période (ou temps d'ouverture (TO)) et le volume demandé pour le même temps donné [3]. Un exemple simple permet de comprendre plus facilement le but du TT :

Exemple : Pour 10 unités/jour et 7 heures de production nette par jour, le TT est de 42 minutes ($7/10 \times 60 = 42 \text{ min}$) soit une unité produite toutes les 42 minutes.

Le TT sert ainsi à identifier les goulots, c'est-à-dire les processus sous-capacitaires et à équilibrer les charges de travail pour optimiser la performance globale. Il représente le rythme idéal auquel doit fonctionner le système de production pour répondre à la demande dans un délai minimal. Cela permet également aux responsables et aux opérateurs de visualiser à quelle cadence ils produisent [3].

Le TT peut être perçu comme un principe de synchronisation : on veut s'assurer que l'ensemble des opérations fonctionnent au rythme du client. Ainsi l'ensemble de la chaîne de production (fournisseurs, logistiques, tâches des opérateurs...) doit être sur la même cadence.

Le TT peut avoir quelques limites qu'il faut contourner [16] :

- Lorsque les équipements ont un coût important dans le prix de revient : il faut parfois favoriser la cadence technique de ceux-ci, quitte à produire plus que la demande et à avoir un stock plus important.
- Au niveau de la logistique : pour organiser plus facilement les rondes d'approvisionnement et s'adapter au « pitch » (ou pas) de l'atelier, un multiple du Takt Time est défini.
- Les Takt Time ne doivent être ni trop courts (un moindre décalage de quelques secondes prend une importance trop grande), ni trop longs (difficile de mémoriser toutes les opérations).

II.7 Jidoka

Jidoka est un terme japonais signifiant « automatisation » ou « autonomisation intelligente ». Les principes du Jidoka sont de développer des machines et processus capables de détecter une anomalie le plus tôt possible sur la ligne de production, de signaler la défaillance à l'opérateur. L'objectif est ainsi de détecter en temps réel les défauts de fabrication, stopper la production, identifier et traiter la source du dysfonctionnement. Etant donné que les erreurs sont isolées à la base, cela évite d'engendrer une cascade d'erreurs et de défauts [3].

Chaque poste de travail délivre alors une qualité parfaite réduisant ainsi les coûts de non-qualité, ce qui correspond à l'un des sept Muda. Le terme d'autonomation est utilisé car en plus d'une simple automatisation qui ne prend en compte que la réduction des tâches manuelles, l'autonomation est capable de détecter les défauts, les machines deviennent donc intelligentes et autonomes. L'homme intervient donc principalement pour l'approvisionnement de la machine, le lancement et la correction éventuelle d'erreurs. Ce type de machine peut notamment permettre de détecter des défauts non visibles à l'œil nu et d'effectuer des contrôles à chaque produit dans le cas de cadences trop élevées pour que l'homme puisse les effectuer.

Pour que le principe de la qualité au poste soit efficace, quelques règles sont nécessaires [16] :

- Les machines en autonomation s'arrêtent au tout premier rebut. Pour les usinages de précision, les mesures « *in process* » doivent être favorisées car elles permettent d'arrêter l'opération avant même d'avoir produit un rebut.
- L'opérateur a pour mission d'arrêter la production dès qu'il détecte une anomalie. L'encadrement doit venir aider l'opérateur à résoudre son problème et à redémarrer la production en évitant que le problème ne se reproduise.
- L'utilisation de détrompeurs (poka-yoké en japonais) permet d'éviter les erreurs de montage ou les démarrages de machines avec des pièces mal positionnées ou mal fixées.
- L'opérateur doit lui-même effectuer sur ligne des contrôles de fonctionnement, de tolérance et d'aspect. Il doit être responsabilisé sur le résultat de son travail. Ces contrôles peuvent faire partie d'un système de maintien de la qualité et sont utiles pour détecter les besoins en formations et les problèmes ponctuels. Un niveau d'exigence de contrôle élevé (comme en industrie pharmaceutique par exemple où la qualité des médicaments est primordiale) peut imposer des contrôles en fin de ligne faisant appel à des compétences particulières.

En conclusion, nous pouvons dire que l'autonomation des machines permet aux opérateurs de gérer simultanément un parc de machines sans pour autant attendre que le cycle se termine. Le travail est alors standardisé et il y a une séparation homme/machine [3].

II.8 Le Lean Six Sigma et la démarche DMAIC

La méthodologie du Six Sigma a été introduite par Motorola pendant les années 1980 puis celle-ci a été appliquée avec succès dans des firmes telles que General Electric, Allied

Signal, Sony et enfin Texas Instruments. Les programmes Six Sigma, comme d'autres programmes de management de la qualité, mettent en avant le fait d'être proactifs plutôt que réactifs [19].

Le Six Sigma, c'est [20] :

- Une certaine philosophie de la qualité tournée vers la satisfaction totale du client ;
- Une approche visant à réduire la variabilité dans les processus ;
- Un indicateur de performance permettant de mesurer comment se situe l'entreprise en matière de qualité ;
- Une méthode de résolution de problèmes DMAICS (Définir, Mesurer, Analyser, Innover/Améliorer, Contrôler, Standardiser/Pérenniser) permettant de réduire la variabilité sur les produits ;
- Une organisation des compétences et des responsabilités des hommes de l'entreprise ;
- Un mode de management par la qualité qui s'appuie fortement sur une gestion par projet.

Nous allons ainsi détailler chaque point de cette philosophie de la qualité dans les sous-parties suivantes.

II.8.1 La qualité tournée vers la satisfaction du client

Le Six Sigma doit concilier deux choses [20] :

- Une plus grande rentabilité de l'entreprise ;
- Une plus grande satisfaction du client.

Il est évident que la satisfaction des clients passe par l'assurance de les conserver. Cependant satisfaire les clients en matière de qualité n'est pas si évident que cela à réaliser car les améliorations de la qualité peuvent être coûteuses. Dans la démarche Six Sigma, la recherche des CTQ (Critical To Quality), éléments essentiels réclamés par le client permet de cibler précisément les attentes et le niveau d'exigence du client.

Il est donc important de cibler les besoins et attentes du client pour ne pas dépenser des sommes considérables dans des améliorations inutiles.

II.8.2 Réduire la variabilité

La variabilité est l'ennemi de la qualité car ce sont les petites différences entre les différents produits d'une même série qui conduisent le plus souvent à la non-qualité.

Les trois sources primaires de la variabilité sont [20] :

- Une conception pas assez robuste, très sensible aux perturbations extérieures ;
- Des matières premières et des pièces élémentaires instables ;
- Une capacité des processus insuffisante.

La réduction de la variabilité est une action difficile à mener, elle peut avoir recours à de nombreux outils statistiques tels que les tests de comparaison, les analyses de la variance, les plans d'expériences, couplés à une démarche de résolution de problème. Le Six Sigma permet de démocratiser et vulgariser les méthodes et outils de la qualité en fournissant un guide d'utilisation pour permettre au plus grand nombre de réduire la variabilité des processus. La Figure 9, ci-dessous, permet d'illustrer le principe de réduction de la variabilité.

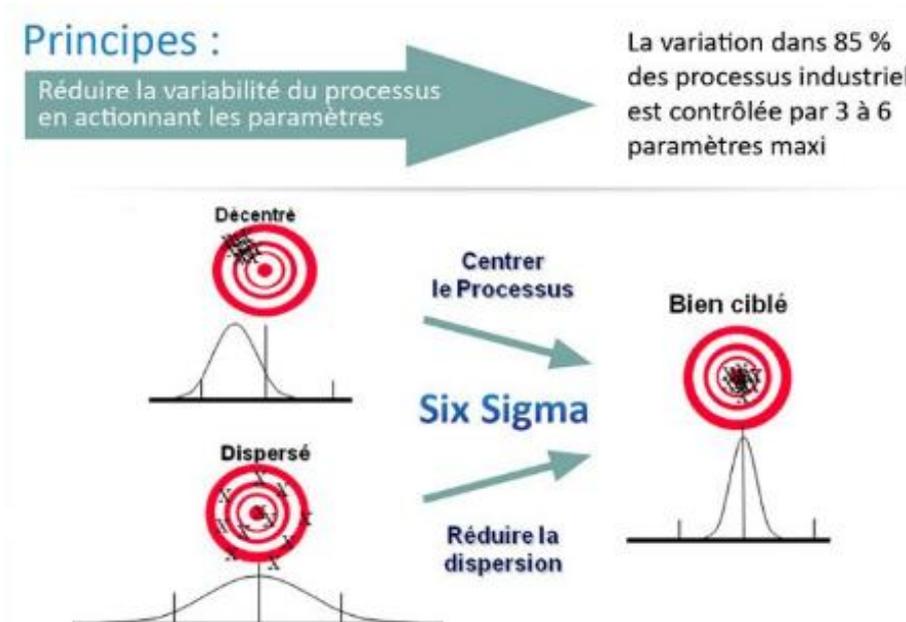


Figure 9 : Représentation de la réduction de la variabilité [21].

C'est notamment la démarche DMAIC, comme le montre la Figure 10, qui fournit le guide méthodologique permettant de trouver le chemin de la réduction de variabilité. Cependant les résultats ne peuvent être obtenus seulement si cette méthode est utilisée par des personnes compétentes et avec toutes les données nécessaires.

Méthodologie :

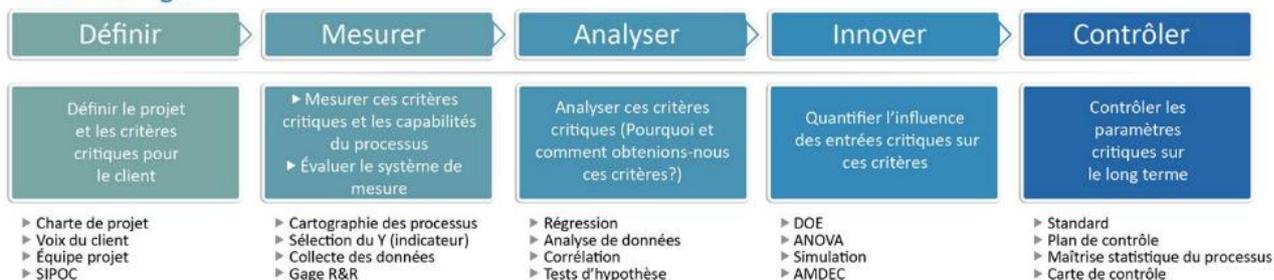


Figure 10 : Méthodologie de la démarche DMAIC [21].

II.8.3 Maîtriser la variabilité

La démarche DMAICS est une méthode de maîtrise de la variabilité en mesurant le niveau de qualité, symbolisé par la lettre z. Elle se décline en six étapes, chacune des étapes fait appel à différents principes. Les six étapes sont représentées sur la Figure 11.

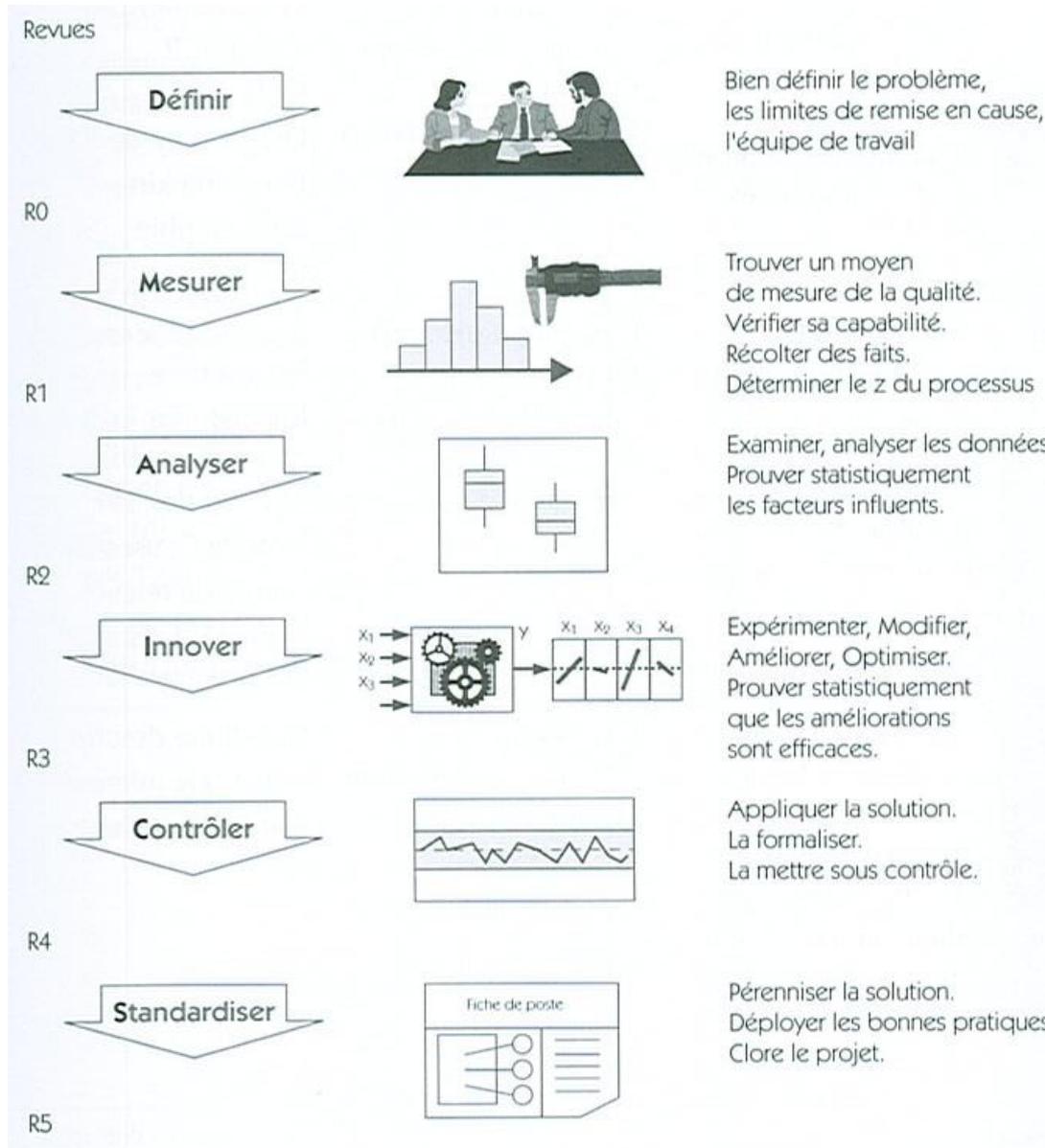


Figure 11 : Les six étapes DMAICS de la démarche Six Sigma [20].

Au sein de chaque étape, un objectif doit être défini en utilisant des outils particuliers. Le Tableau 1 répertorie les objectifs, résultats et outils principaux.

Tableau 1 : Les six étapes de la démarche DMAICS et ses outils [20].

Etapes	Objectifs/tâches	Résultats	Outils principaux
D DEFINIR	Définir le projet : <ul style="list-style-type: none"> • Les gains attendus (pour le client et l'entreprise) • Le périmètre du projet • Les responsabilités 	<ul style="list-style-type: none"> • Charte du projet • Cartographie générale du processus • Planning et affectation des ressources 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramme CTQ • QQQQCP • QFD • Diagramme de Kano • Benchmarking • Cartographie • SIPOC
M MESURER	<ul style="list-style-type: none"> • Définir et valider les moyens de mesure • Mesurer les variables d'entrée, d'état et de sortie du processus • Collecter les données • Connaître le z du processus 	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie détaillée du processus • Capacité des moyens de mesure • Capacité du processus 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse processus, logigramme • Répétabilité et reproductibilité • Analyse des 5 M • Matrice causes/effets • Feuille de relevés • Maîtrise statistique des procédés (SPC)
A ANALYSER	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser les données • Etablir des relations entre les variables d'entrée et de sortie du processus • Identifier les variables clés du processus 	<ul style="list-style-type: none"> • Etablissement de la preuve statistique • Compréhension du processus 	<ul style="list-style-type: none"> • Statistique descriptive • Statistique inférentielle • Plans d'expériences
I INNOVER/ AMELIORER	<ul style="list-style-type: none"> • Imaginer des solutions • Sélectionner les pistes de progrès les plus prometteuses • Tester les améliorations 	<ul style="list-style-type: none"> • Processus pilote • Amélioration du z • Détermination des caractéristiques à mettre sous contrôle 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode de créativité • Vote pondéré • Plans d'expériences • AMDEC
C CONTROLLER	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre sous contrôle la solution retenue • Formaliser le processus 	<ul style="list-style-type: none"> • Rédaction de modes opératoires • Cartes de contrôle 	<ul style="list-style-type: none"> • Auto-maîtrise • Maîtrise statistique des procédés (SPC)

Étapes	Objectifs/tâches	Résultats	Outils principaux
S STANDARDISER	<ul style="list-style-type: none"> • Pérenniser les solutions (cale anti-retour) • Diffuser les bonnes pratiques • Clore le projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateurs de performances • Tableau de bord • Plan d'audit • Bilan de fin de projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Auto-maîtrise • Audit • Benchmarking • Bonnes pratiques

En suivant scrupuleusement ces six étapes et avec un minimum de formation, l'objectif de variabilité, qui est fixé, peut être atteint.

Pour passer d'une étape à une autre, il faudra valider au travers d'une revue le fait que les objectifs de l'étape ont bien été atteints. Cette revue est réalisée conjointement par le responsable du projet (*le Black Belt*¹) et le responsable du déploiement de Six Sigma (*le champion*) qui est lui-même un responsable de l'entreprise.

II.8.4 Organiser les compétences

Pour mettre en œuvre la démarche DMAICS, les compétences et les responsabilités de chacun doivent être bien définies. La formation est donc fondamentale. L'entreprise General Electric s'est donc appuyée sur des dénominations marquantes telles que *White Belt*, *Yellow Belt*, *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt* et *Champion*. Dans d'autres entreprises, on peut également parler d'équipier, de pilote, de coach... Les fonctions doivent être remplies pour garantir le succès du déploiement de Six Sigma dans l'entreprise. Les rôles de chacun selon les niveaux sont représentés sur la Figure 12.

¹ *Black Belt* : « ceinture noire », dénomination popularisée par l'entreprise General Electric.

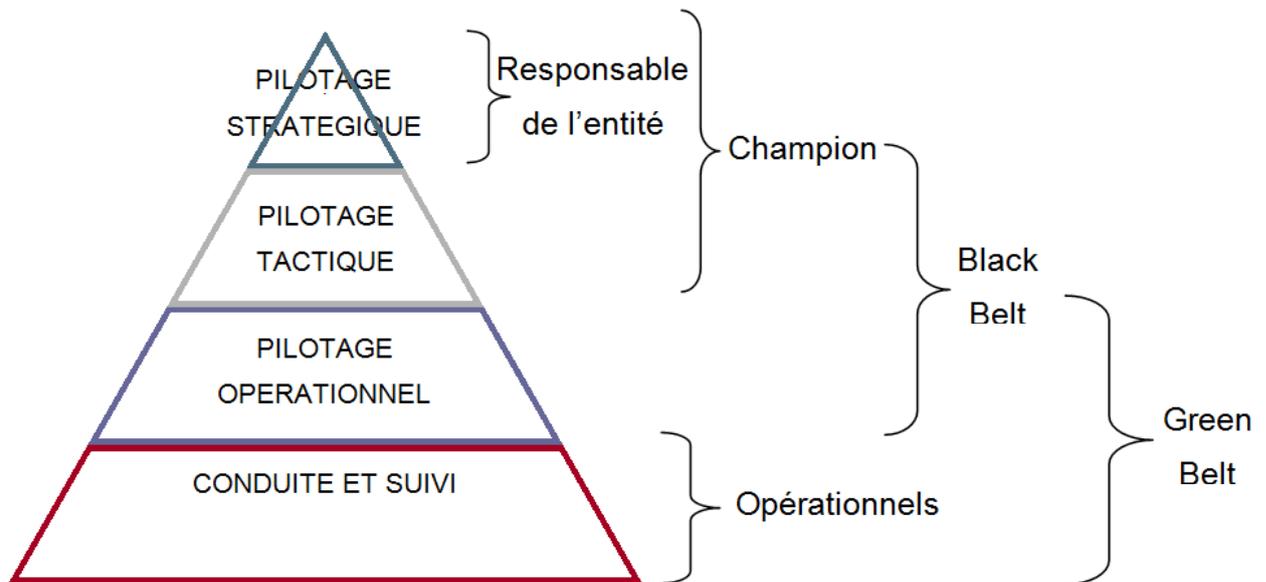


Figure 12 : Les quatre niveaux de pilotage [20].

Ainsi il existe quatre niveaux de pilotage :

- **Stratégique** : correspond aux objectifs en termes de coûts, de performances internes, de satisfaction clients et de perception externe. Ces engagements sont pris par le plus haut niveau de l'entreprise impliquant les *Champions*.
- **Tactique** : correspond aux traductions des décisions stratégiques au niveau des services opérationnels. Le *Champion* est fortement impliqué dans cette phase, il est assisté des *Black Belt* pour le choix des chantiers Six Sigma qui méritent d'être développés. Quant au *Master Black Belt*, il forme et encadre les *Black Belts* et est garant du respect de la démarche.
- **Opérationnel** : correspond à la conduite des chantiers notamment au travers de l'utilisation de la démarche DMAICS. Le *Black Belt* est le leader et il est assisté des membres de son équipe les *Green Belts*.
- **Conduite et suivi** : correspond à l'application des décisions qui sortent de la démarche DMAICS. Elle implique tous les opérationnels du processus concerné dont les *Green Belts*, qui sont notamment destinés à être des opérationnels. Dans la réalisation du projet, il existe également les *Yellow Belts* et les *White Belts*. Les *Yellow Belt* réalisent les projets en utilisant les méthodes de résolutions de problèmes, ils sont aidés par les *White Belts*. Ces derniers sont débutants dans la démarche DMAICS mais possèdent les notions de suppression des tâches à non-valeur ajoutée et le fait que la variation est « l'ennemie de la qualité » [22].

II.8.5 Manager par projets

Les méthodes de management par projets apportent une démarche pragmatique et transverse afin d'assurer qu'on les maîtrise à l'échelle de l'entreprise. Très souvent, de nombreux projets sont en cours dans une entreprise mais pour que ceux-ci aboutissent, il faut qu'ils soient gérés au plus haut niveau de l'entreprise, c'est-à-dire au niveau du comité de pilotage qui est composé du responsable et de ses principaux collaborateurs. Ce comité doit faire des choix dans l'allocation des ressources. L'organisation par projet doit être basée sur une structure matricielle sans modifier l'organisation hiérarchique présente au sein de l'entreprise. L'organisation de ces projets doit être dynamique et regroupée autour du chef de projet (le *Black Belt*). La gestion de projets dote ses équipes d'objectifs clairs, de délais établis, de budgets cohérents et de priorités précises [20].

Les points essentiels d'un management par projets sont [20]:

- Initiation et écriture du projet par le chef d'entreprise ;
- Choix du chef de projet ;
- Choix des compétences (internes ou externes à l'entreprise) ;
- Choix d'un référent du projet (le *Champion*) ;
- Définition des objectifs et des limites du projet ;
- Détermination d'un budget et suivi de ce budget au travers d'un tableau de bord financier ;
- Définition des modes de validation de l'avancement du projet ;
- Définition des modes de communication.

III. Les outils et indicateurs du Lean

III.1 Amélioration de l'organisation

III.1.1 La Value Stream Mapping

Le temps de passage (lead time) est une des conséquences de la bonne santé des flux physiques (parcours de la matière et des composants dans l'usine) et des flux d'informations (dossiers liés à la commande et à l'ordre de fabrication, connaissance de l'état des stocks, programmation de la fabrication, consignes au poste...). La Value Stream Mapping ou cartographie des flux est un outil qui permet de donner une représentation formalisée sur un même document des deux natures de flux (physique et information) pour ensuite démarrer des projets d'amélioration des flux [16].

Il ne s'agit pas seulement d'un simple exercice de représentation graphique, mais bien d'un travail d'analyse et de réflexion de groupe.

Après avoir choisi la famille de produits à laquelle nous souhaitons nous attaquer, la première étape de la VSM consiste à représenter graphiquement sur une même vue, l'intégralité des flux physiques et informationnels impliqués dans la transformation, depuis l'arrivée des matières jusqu'à la livraison des produits. Chaque étape de la transformation sera représentée par une boîte process dont on collectera, et indiquera les caractéristiques principales [15] :

- Temps d'ouverture ;
- Temps de cycle unitaire ;
- Temps de réglages ;
- Taux de rebut ;
- Taille de lot...

Chaque boîte process est reliée à l'amont et à l'aval par un flux matière sur lequel on fait également figurer le niveau des stocks et d'encours généralement constaté. On positionne ensuite sur la carte le(s) client(s) et le(s) fournisseur(s), ainsi que les flux physiques qui les connectent au process, avec leur fréquence et leur mode d'acheminement. Enfin les systèmes de décisions sont représentés avec les échanges d'informations existant entre client(s), fournisseur(s) et boîtes process.

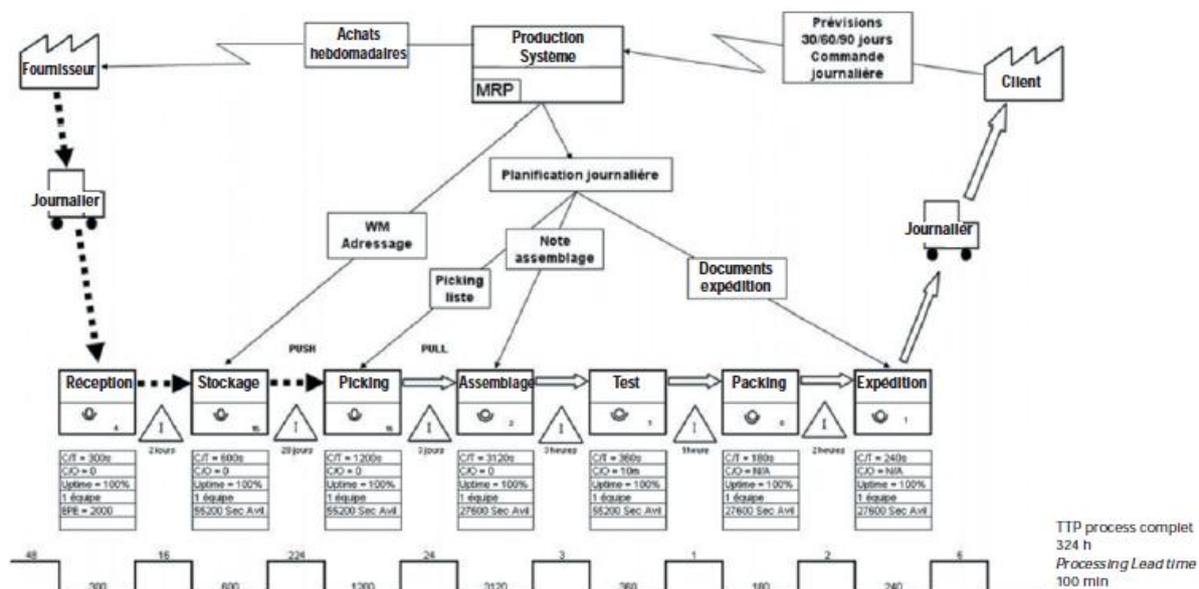


Figure 13 : Exemple de Value Stream Mapping ou cartographie des flux pour un équipement de sécurité électronique [3].

- **Etat actuel**

Le premier travail consiste à établir l'état actuel. Celui-ci permet d'estimer le lead time et d'établir le ratio entre le temps à valeur ajoutée et le temps à non-valeur ajoutée (VA/NVA). En général, l'état actuel met en évidence un lead time trop élevé et un ratio VA/NVA très inférieur à 1%. L'objectif du groupe de travail va donc être d'analyser la situation, d'identifier les causes de gaspillage et de trouver des idées pour réduire ou éliminer ces gaspillages.

- **Etat futur**

L'état futur sera également représenté sous la forme d'une cartographie avec les mêmes conventions de représentations et les mêmes indications que l'état actuel mais il prendra en compte les solutions proposées. Le passage de l'état actuel à l'état futur donne ainsi lieu à un projet de transformation. Lorsque l'état futur sera atteint, celui-ci deviendra le nouvel actuel.

III.1.2 Le 5S

Le 5S correspond à une méthode composée de cinq règles de base pour la propreté et la discipline. Le mot d'ordre est « une place pour chaque chose et chaque chose à sa place ». Cette méthode consiste à recenser tous les articles avoisinant un poste de travail et à déterminer la fréquence d'utilisation. Les articles rarement utilisés sont éloignés, alors que ceux fréquemment utilisés sont rapprochés en se voyant assigner une place. Tous les utilisateurs doivent, après utilisation, replacer les articles à leur place assignée.

Le mot 5S est l'acronyme de cinq mots japonais désignant chacun une étape d'actions dans une amélioration de l'efficacité dans le travail quotidien :

- **SEIRI : Débarras**

- Eliminer : séparer l'utile de l'inutile, trier et ne garder que le strict nécessaire.

- **SEITON : Rangement**

- Ranger : situer les objets en fonction de leur utilisation, mettre les choses à leur place (endroit le plus approprié, mode de rangement et identification de l'objet).

- **SEISO : Nettoyage**

- Nettoyer : supprimer les sources de salissures (identification des sources de salissures et mise en place d'actions pour éliminer les sources de salissures).

- **SEIKETSU : Ordre**
 - Standardiser : Standardiser visuellement les meilleures pratiques (identification, formalisation (aides visuelles), communication et formation de ces meilleures pratiques)
- **SHITSUKE : rigueur**
 - Respecter : systématiser le respect des meilleures pratiques, utiliser ces pratiques et les améliorer en permanence.

Ainsi la mise en place d'une démarche 5S permet :

- Une amélioration de l'image de marque ;
- Un apport de résultats immédiat en termes de qualité, coûts, délais et sécurité grâce à une plus grande efficacité au poste de travail ;
- Une augmentation forte et durable de la motivation, de l'état d'esprit et une « amélioration continue » de chaque collaborateur.

III.2 Augmentation du rendement industriel

III.2.1 Le temps de travail

La maîtrise du temps est à la base du management des opérations [3]. La Figure 14 représente ainsi la décomposition du temps de travail.

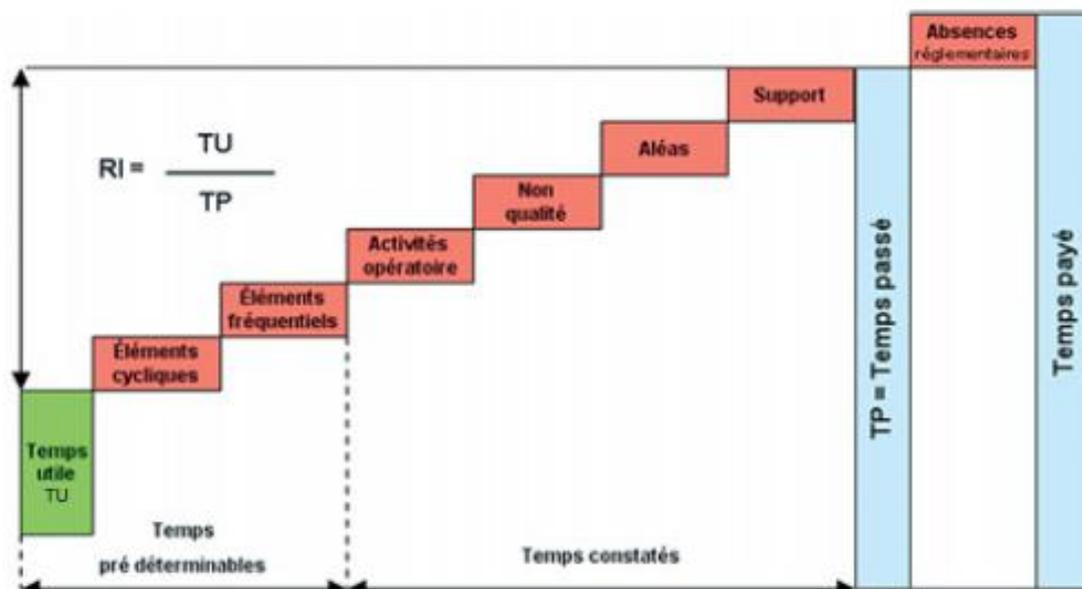


Figure 14 : Répartition type du temps de travail [3].

Le rendement industriel (RI) est l'indicateur pilote des ateliers, il peut également être appelé taux de rendement synthétique (TRS). Il se calcule en faisant le ratio entre le temps utile et le temps passé. Les temps, représentés sur la Figure 14, sont :

- Le temps utile : correspondant à la production de la valeur ajoutée (VA) ;
- Eléments cycliques : correspondent aux travaux à non-valeur ajoutée (NVA) effectués systématiquement (déplacements, contrôles, travaux administratifs...) ;
- Eléments fréquents : correspondent à des tâches à NVA se répétant tous les n cycles (approvisionnements, évacuation produits, changements de série...) ;
- Activité opératoire (conditions de travail difficiles, accoutumance, absences non réglementaires...) ;
- Non-qualité (erreur de montage, traitements de rebuts et tri de pièces...) ;
- Aléas (ruptures d'approvisionnement, pannes et dysfonctionnements...) ;
- Support (régleur, formateur, approvisionneur de ligne...) ;
- Absences réglementaires (pauses, congés, formation...).

Comme le montre la Figure 14, les temps cités ci-dessus sont, soit des temps prédéterminés, soit des temps constatés.

Hors absences réglementaires, l'ensemble de ces temps constitue le temps passé (TP) ou temps d'ouverture brute (TO).

Dans la partie suivante, nous allons expliciter le taux de rendement synthétique qui correspond au rendement industriel et qui est notamment utilisé dans l'industrie pharmaceutique.

III.2.2 Le Taux de Rendement Synthétique

Le Taux de Rendement Synthétique est un indicateur destiné à suivre la performance et le taux d'utilisation des équipements. Il se calcule comme le rapport entre le temps utile TU (temps qu'il aurait fallu dépenser dans des conditions nominales pour réaliser la même production) et le temps d'ouverture. La formule du TRS, exprimée en pourcentage, est la suivante :

$$TRS (\%) = \frac{\text{Temps utile (TU)}}{\text{Temps d'ouverture (TO)}} \times 100 \quad \text{avec :} \quad TU = \frac{\text{quantité produite}}{\text{cadence}}$$

C'est un moyen de mesure qui permet ensuite de se fixer les objectifs à atteindre. Le TRS constitue un outil de suivi et de pilotage des actions d'améliorations et de progrès.

Pour faire progresser le TRS, il est important d'analyser et d'agir sur le non-TRS qui se compose des arrêts suivants :

- Les arrêts exploitations (maintenance préventive, pause...)
- Les arrêts organisationnels (changement, nettoyage...)
- La non-performance (ralentissements, ...)
- La non-qualité (retraitement, boîtes non conformes...)

La Figure 15 permet de comprendre les causes de non-TRS, qui correspondent à la différence entre le temps d'ouverture et le temps utile.



Figure 15 : Schéma explicatif de la mesure du TRS.

Exemple de calcul du TRS [23] :

Une entreprise de process fonctionne 255 jours par an en 3x8 soit 24 heures sur 24 (5 400 heures) ; les constats sont les suivants :

- 1 344 h de pertes par arrêt ;
- 400 h de pertes par ralentissement ;
- 200 h de pertes par non-qualité.

Soit un temps utile de 3 456 h et donc un TRS de 0,64 (64 %) (soit 3 456/5 400).

La Figure 16 représente cette décomposition des temps de pertes et le calcul du TRS.

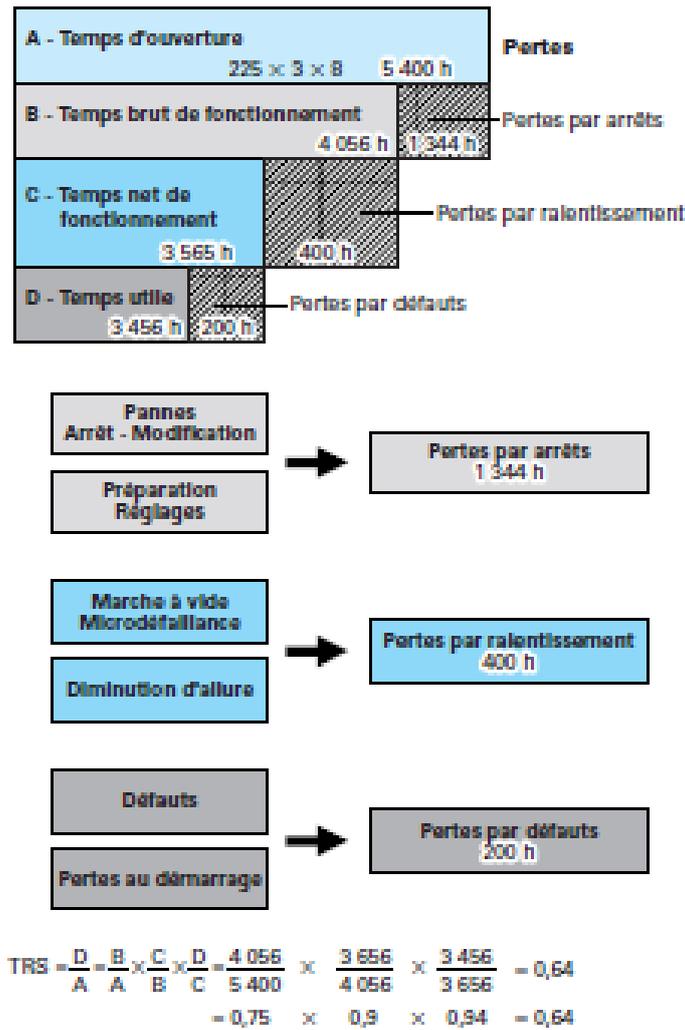


Figure 16 : Exemple de calcul d'un TRS [23].

III.2.3 La Total Productive Management (TPM)

La TPM (Total Productive Maintenance, parfois étendue au terme de Total Productive Management), connue au Japon depuis les années 1970, est une démarche d'amélioration continue de la performance industrielle de plus en plus utilisée dans les milieux industriels car ses résultats sont spectaculaires et surtout pérennes. En effet, cette démarche est un projet à part entière, qui prend en compte les aspects techniques, organisationnels et surtout humains. La TPM a une connotation « maintenance » car elle est centrée sur un meilleur fonctionnement des équipements par l'amélioration de la fiabilité et de la disponibilité des machines. La maintenance devient donc l'affaire de tous, ce qui se traduit par le fait que l'exploitant assure une partie des tâches dites de « maintenance de conduite ou de niveau un », comme le graissage, la surveillance, le nettoyage et le contrôle [23].

La TPM implique tous les services de l'entreprise directement ou indirectement dans cette démarche. Un groupe TPM, composé d'environ deux à trois opérateurs du secteur concerné, d'un correspondant maintenance, d'un correspondant qualité et d'un animateur, est alors formé. Son rôle est de :

1. Partir du constat réel du terrain et des performances des systèmes (grâce aux relevés journaliers des opérateurs).
2. Définir des indicateurs de suivi (en plus du TRS, indicateur suivant les dysfonctionnements par exemple...).
3. Analyser les dysfonctionnements pour se rendre compte de toutes les pertes de performances.
4. Proposer des améliorations dont le retour sur investissement peut être mesuré.
5. Suivre la réalisation des améliorations proposées.
6. Mesurer les résultats obtenus par rapport aux objectifs. Si les résultats escomptés ne sont pas obtenus, il est nécessaire de prendre conscience de la faiblesse de l'analyse et d'insister de nouveau sur la rigueur nécessaire avant de lancer les plans d'actions [23].

Le système de mesure des résultats est un élément clé pour motiver l'ensemble du personnel et pour progresser. Dans la démarche TPM, le TRS est l'indicateur de base auquel peuvent être joints d'autres indicateurs, qui seront communiqués visuellement. Il est important également de mesurer les pertes. Elles se mesurent sur un périmètre bien défini, qui peut être soit une machine, un équipement, une ligne de production, ou encore un secteur de l'entreprise.

Si l'on considère un équipement : lors de son achat, le constructeur en a défini le potentiel et donc sa cadence théorique (qui est alors sa cadence maximale). Cependant dans les entreprises, les aléas surviennent toujours et peuvent avoir pour origine :

- Les pannes ;
- Les changements de série et/ou réglages ;
- Les marches à vide et/ou les micro-arrêts ;
- Les ralentissements, les sous-vitesses ;
- Les défauts sur pièces ou rebuts, ou retouches ;
- Les pertes au démarrage ou au redémarrage.

Le but que l'on se fixe dans une démarche TPM est de réduire ces pertes pour atteindre les objectifs fixés.

Nous allons revenir sur chacune de ces pertes pour les expliquer :

- **Les pannes :**

La place qu'occupe les pannes est souvent importante, mais à l'analyse, il apparaît que de nombreux arrêts (arrêt pour non-maîtrise du procédé, arrêt pour non-formation des opérateurs...), quelle qu'en soit la cause, se retrouvent considérés comme une panne.

- **Les changements de série et/ou réglages :**

Certaines habitudes, non remises en cause, peuvent s'installer et occasionner des augmentations non justifiées des changements de séries. Après quantification des ces changements, il convient alors de les estimer en tant que pertes de production et, si cela est nécessaire, de mettre en place un SMED afin de minimiser ces temps.

Durant ces changements, deux attitudes sont possibles concernant les réglages :

- Soit les réglages sont acceptés et ils sont justifiés par une certaine complexité et parfois un manque de maîtrise du procédé.
- Soit les réglages ne sont pas acceptés et de la prévention est réalisée en travaillant, le plus en amont possible, sur les tolérances (si cela est validé) pour ne pas avoir de réglages par la suite (attitude adoptée par le secteur automobile).

- **Les marches à vide et/ou les micro-arrêts :**

Les marches à vides regroupent les temps où les équipements tournent mais ne produisent pas.

Les micro-arrêts ou micro-défaillances sont beaucoup plus difficiles à piéger car ce sont des arrêts très brefs (20 à 30 secondes), pouvant être fréquents et qui ne sont généralement pas notifiés. Il est donc difficile de les quantifier et donc de les analyser et de les supprimer.

Deux possibilités existent pour piéger ces micro-arrêts :

- Faire des relevés fins par campagne (par exemple une semaine de relevés tous les deux mois) avec des fiches de relevés permettant d'analyser ces micro-arrêts ;
- Créer une rubrique non-performance qui ne mesure pas ces micro-arrêts, mais qui permet d'estimer le poids de ceux-ci.

- **Les ralentissements, les sous-vitesses :**

Les pertes par ralentissement ou par sous-vitesse sont présents lorsque l'équipement ne tourne pas à sa vitesse nominale. Les causes de ces ralentissements ou sous-vitesses peuvent être :

- Une usure prématurée des outils ;
- Une mauvaise qualité des produits ;
- Des « réglages » différents suivant les équipes.

Il peut également y avoir des causes plus difficiles à identifier, telles que des courroies détendues par exemple, c'est pourquoi le contrôle des conditions optimales doit être effectué périodiquement, soit dans le cadre de la maintenance de premier niveau, soit dans le cadre d'un plan de maintenance.

- **Les défauts sur pièces ou rebuts, ou retouches :**

Dans ces pertes, la non-qualité globale y est regroupée. Elle correspond au temps passé à fabriquer des produits non-conformes et à les rendre conformes (tri, retouches...).

- **Les pertes au démarrage ou au redémarrage :**

Dans cette rubrique se trouvent les temps de non-fonctionnement pour attente des conditions optimales de fonctionnement. Les exemples suivants peuvent être cités :

- En début de semaine : attente de mise en température des équipements des lignes de production ;
- A chaque changement d'équipe : passation de consignes ;
- Après une panne ou un changement de série : temps pour retrouver la cadence nominale.

Au travers de l'analyse de ces six pertes, le groupe TPM peut proposer des plans d'actions afin d'améliorer le TRS.

En plus de ces six pertes dues principalement à l'équipement, il existe aussi :

- **Des pertes liées à l'organisation** comme :

- Un manque personnel ;
- Un personnel pas assez formé.

- **Des pertes liées à la logistique** comme :

- Un manque de matière, un manque de composants... ;
- Un manque de support de stockage ou de manutention ;
- Une livraison de composants « limites » que l'on veut utiliser à tout prix pour respecter les délais ;
- Un changement de série ou de format injustifié ou trop fréquent.

Ce sont les analyses de ces pertes d'organisation et de logistique qui nous permettent de passer de la TPM basique maintenance à une TPM de type management.

III.2.4 Le SMED

De toutes les pratiques du Lean, le SMED est sans doute la plus stratégique pour l'entreprise. Elle permet la réduction des temps de changements. SMED est l'abréviation de *Single Minute Exchange of Die*, cela correspond à des changements de série rapides. La méthode SMED vient d'un constat fait par Shingo (Japan Management Association ou JMA) et Ohno (Toyota), qu'il fallait diminuer drastiquement les temps de changements pour accélérer les flux, ainsi avec une bonne maîtrise des changements, les lots pouvaient alors être de plus petite taille.

Les consultants JMA, spécialistes de cette méthode, ont l'habitude de dire qu'au premier SMED, on doit avoir pour objectif de réduire de 50 % le temps de changement de série, et qu'à la seconde passe d'analyse, on doit encore trouver 30 % d'amélioration. Pour obtenir ces résultats, il est nécessaire de respecter les principes de la méthode telle que Shingo l'a formalisée [16] :

- Distinguer les opérations de réglages externes à la machine, les opérations internes et les opérations inutiles.
- Supprimer l'inutile et convertir les opérations internes en opérations externes pour lesquelles on pourra opérer en temps masqué.
- Réduire le temps des activités de réglages internes et externes en appliquant quelques règles simples d'amélioration :
 - Utilisation de systèmes à bridage ou à serrage rapide ;
 - Standardisation des outils de réglages et application de la démarche 5S ;
 - Uniformisation des hauteurs d'outils, limitation des degrés de libertés, emploi de pré-réglage (temps masqué) ;
 - Synchronisation des activités à l'aide d'un mode opératoire standard chronométré décrivant les gestes de chacun.

Un SMED doit ainsi aboutir à deux évolutions :

- D'une part, l'encadrement de l'atelier doit s'approprier l'indicateur de mesure de la durée du changement de série et se fixer comme objectif l'amélioration du changement.
- D'autre part, la Supply Chain doit modifier les paramètres de programmation logistique pour utiliser les gains de temps de changement et les transformer en une réduction réelle des tailles de lots.

III.2.5 Le Management visuel

Le Lean considère un problème non de façon négative mais comme une opportunité de s'améliorer et de développer les compétences de l'entreprise.

La volonté de voir la réalité doit être initiée par la Direction et matérialisée par une implication régulière sur le terrain afin de challenger les équipes sur les moyens de progresser. Pour s'améliorer, il faut donc commencer par montrer systématiquement les problèmes en les affichant. Cela implique que les managers aient identifié, avec leurs équipes, les indicateurs avec les objectifs stratégiques et les attentes clients et qu'ils les suivent pour déceler tout écart de normalité. L'affichage des problèmes, dans un lieu visible des personnes concernées, permet de mettre en lumière un dysfonctionnement, d'établir un échange sur les actions à entreprendre mais aussi de communiquer sur les solutions trouvées. Fonctionnant comme un baromètre, le management visuel restitue une image en quasi temps réel d'une activité. Un tableau de management visuel s'attache à fournir des informations précises sur l'état d'une activité ou d'un projet. Il participe à la stabilité d'une activité par le suivi des indicateurs [24].

Les indicateurs de performance doivent être affichés sur le « territoire » de ceux dont l'activité quotidienne a une influence directe sur le résultat. Faire progresser le management visuel, c'est aussi faire en sorte de limiter au maximum les calculs pour préférer des solutions d'enregistrement et de visualisation des pertes qui utilisent soit des affichages automatisés, soit des astuces visuelles (tableau à fiches, magnets...) [16].

Cette exigence d'affichage sur la zone de travail a plusieurs avantages :

- L'affichage en question fait l'objet de réunions opérationnelles structurées qui permettent d'en discuter le contenu ;
- L'organisation des actions immédiates de correction ;
- Le déploiement des améliorations à moyen terme.

III.2.6 La roue de Deming

Lors du management visuel, des actions sont mises en place. Leur suivi peut être facilité par un outil : la roue de Deming ou PDCA.

Cet outil permet de suivre l'avancement d'actions et de savoir à quel stade de réalisation en est l'action. La roue de Deming se compose de quatre lettres :

- P = *Plan* : planifier l'action ;
- D = *Do* : mettre en œuvre l'action (action lancée ou en cours de réalisation) ;
- C = *Check* : vérifier que le résultat correspond au résultat attendu (évaluation de l'action) ;

- A = Act : ajuster si besoin et déployer l'action (clôture de l'action)

La Figure 17 explique plus en détail la méthodologie du PDCA.

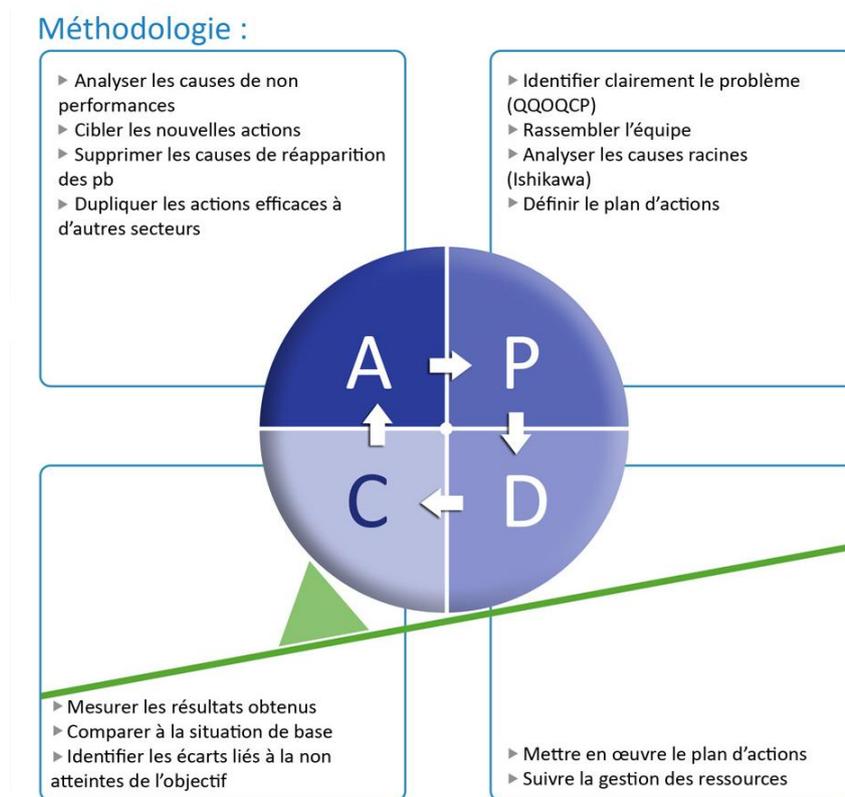


Figure 17 : Principe de la roue de Deming PDCA [25].

Comme représenté sur la Figure 17, au cours de l'étape P, certains problèmes peuvent s'avérer difficiles à résoudre car la cause racine n'est pas toujours connue. Ainsi pour identifier clairement la ou les causes de ce problème, nous pouvons faire appel à des méthodes de résolution de problèmes telles que les QOQCCP, les 5 Pourquoi ou encore les 6M.

III.2.7 Outils pour la résolution de problèmes

En effet, pour certains problèmes, les causes ne sont pas clairement identifiées et par conséquent les solutions proposées ne nous apportent pas la certitude de résoudre le problème.

Pour nous aider à identifier les causes racines, les méthodes de résolution suivantes peuvent être utilisées :

- **Le QQQQCCP**

Cette méthode consiste à reformuler le problème en se posant les questions suivantes :

Quoi ? **Q**ui ? **O**ù ? **Q**uand ? **C**omment ? **C**ombien ? **P**ourquoi ?

Cette approche a pour but de se forcer à poser les bonnes questions pour éviter d'adopter directement une fausse bonne idée.

- **Les 5 Why ou 5 Pourquoi**

Une autre méthode de résolution de problèmes, est celle des 5 pourquoi. Cette méthode consiste à remonter jusqu'à la source du problème en se posant la question : « Pourquoi ? »



Figure 18 : Illustration des 5 Why.

La Figure 18, ci-dessus, illustre le principe des 5 pourquoi. Le problème perçu est la fuite en bas de la maison, lorsqu'on se pose la question « pourquoi ? » à chaque étape, on aboutit à la cause racine qui est une fuite dans le toit. A ce stade la cause à l'origine du problème peut alors être résolue pour éviter que le problème ne se reproduise.

- **Les 6 M**

L'analyse des 6 M du processus peut également être utilisée. L'outil d'analyse est le diagramme d'Ishikawa (ou *Fishbone diagram*) présenté sur la Figure 19.

Dans cette approche, il s'agit de lister et d'organiser les causes possibles d'une situation en prenant chaque élément du processus (**M**esure, **M**atière, **M**achine, **M**éthodes, **M**ain d'œuvre, **M**ilieu).

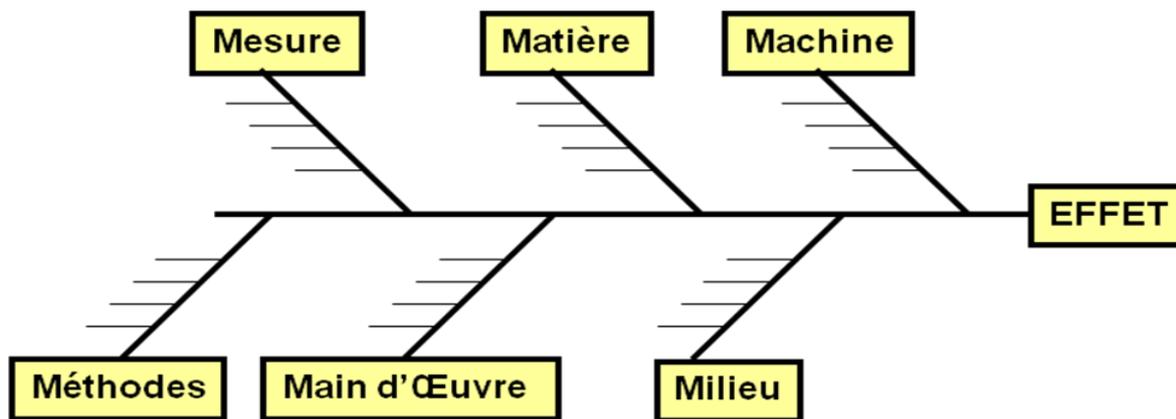


Figure 19 : Diagramme d'Ishikawa d'analyse des 6M.

Ces trois méthodes de résolution de problème nous permettent de cibler plus précisément un problème non résolu et de trouver les causes racines afin de solutionner le problème.

III.3 Augmentation de la performance

III.3.1 Production cellulaire équilibrée et flux unitaire

Dans les industries, on constate le plus souvent que les longs *lead-time* (LT) sont dus au partage des ressources par plusieurs familles de produits et aux files d'attente ainsi occasionnées. L'idée est donc de dédier un ensemble de ressources, que nous nommerons « cellule », à une famille de produits et une seule. Les opérations que nous avons décidé d'isoler, seront effectuées ensemble dans une cellule sans discontinuité et sans encours.

La mise en place d'une cellule pourra donc nécessiter un certain investissement qui peut, toutefois, s'avérer modéré car les équipements mis en œuvre seront généralement moins sophistiqués et moins polyvalents que les machines initiales.

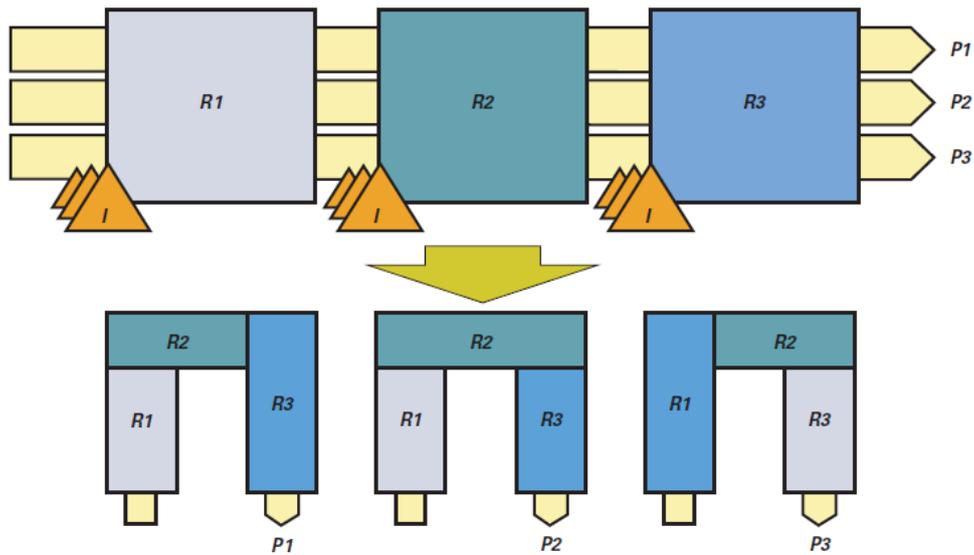


Figure 20 : Passage en cellule [15].

La Figure 20, ci-dessus, illustre le passage d'une configuration à trois machines sophistiquées et polyvalentes R1, R2 et R3 assurant la transformation de trois produits P1, P2 et P3 vers une configuration à trois cellules plus simples, dédiées chacune à un produit et assurant l'intégralité des fonctions des trois machines initiales [15].

Sur cette figure, l'implantation des trois cellules n'est pas anodine : la ligne d'assemblage est dite en U. En effet, l'organisation de la ligne en U favorise l'entraide, réduit les déplacements et le transport.

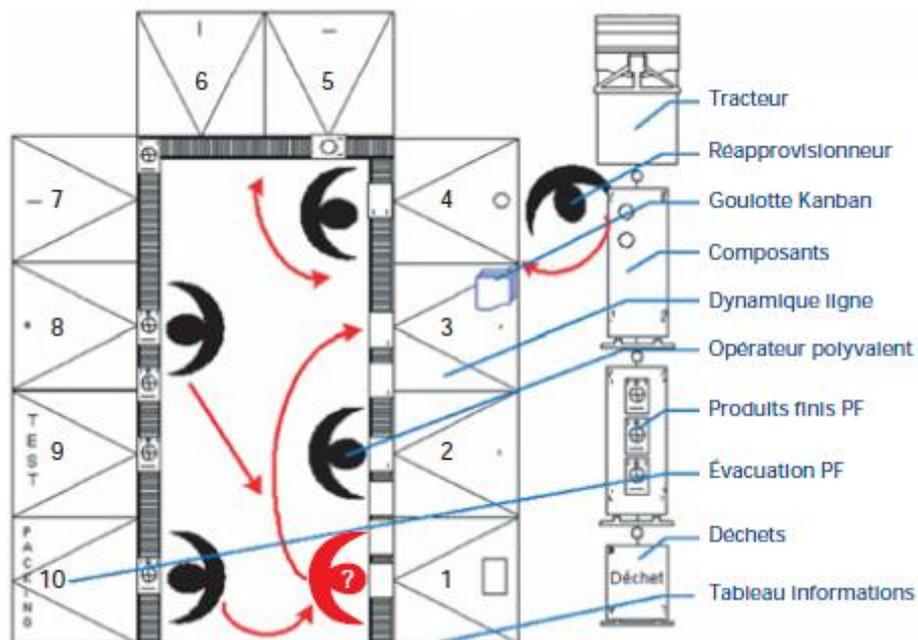


Figure 21 : Ligne d'assemblage type [3].

Comme le montre la Figure 21, l'approvisionnement et l'évacuation (déchets et produits finis) s'effectue en dehors du U tandis que les opérateurs sont à l'intérieur du U.

Un des avantages d'une implantation en U est l'ergonomie des opérations. Les déplacements et les manutentions (charges, posture du travail...) sont minimisés. L'ergonomie du poste réduit la fatigue. De plus, les opérateurs sont polyvalents et peuvent changer à tout moment de poste pour optimiser le flux de production et ainsi éviter les temps d'attente.

Dans le cas idéal, le flux est unitaire pour réduire le temps de traversée processus (TTP)² à son minimum et faciliter le transfert entre postes. On parle alors de travail en flux de production unitaire ou en *one piece flow*. Cette pratique permet ainsi de réduire les stocks, de densifier l'activité pour éliminer les transports et déplacements. Idéalement, l'opérateur vient directement alimenter le poste de travail de l'opérateur suivant. En pratique, une pièce intermédiaire subsiste entre chaque poste pour pallier les problèmes de synchronisation [3].

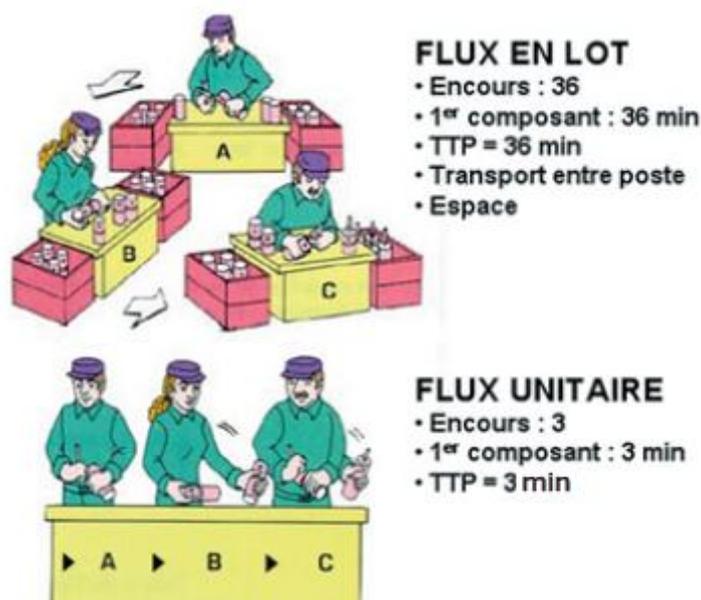


Figure 22 : Différence entre un flux en lot et un flux unitaire [3].

La Figure 22 détaille les différents gains, notamment en termes de TTP et d'encours. En effet, sur la Figure 22, nous pouvons remarquer que le flux en lot comporte un TTP de 36 minutes soit douze fois plus que celui du flux unitaire, il en est de même pour les encours et le temps de sortie du premier composant.

² Il correspond au temps écoulé entre la première opération et la mise à disposition du produit fini sur le quai. Généralement mesuré en heures, il est utile pour mesurer la réactivité d'un processus ou pour juger de la performance d'une ligne.

Cependant l'objectif de production continue avec les concepts de production cellulaire et flux unitaire repose sur un impératif incontournable : l'équilibrage des postes au Takt Time (TT). Ainsi quand l'équilibrage des postes au TT n'est pas possible et qu'il y a un goulot d'étranglement, la ligne d'assemblage en U est particulièrement efficace car elle peut équilibrer les ressources sur un autre poste. L'opérateur en attente change donc de poste et reprend le travail sur un autre poste en aval du flux.

Exemple de la Figure 21 :

L'opérateur rouge ne peut plus produire car son plan de travail est saturé, du fait de la file d'attente du poste 2 (goulot) ; il décide donc de changer de poste et d'aller assembler sur le poste 3, et ainsi de suite...

III.3.2 Equilibrage des postes au Takt Time

Comme vu précédemment, le Takt Time (TT) représente le rythme nominal de production. Les cadences des différentes opérations doivent donc être sensiblement égales au TT sans quoi des postes goulots apparaîtront et des opérateurs seront systématiquement en attente de composants. Un lissage ou un balancement des charges permet de délester la charge de travail du goulot et d'optimiser l'utilisation des opérateurs. La cadence globale se trouve alors améliorée [3].

La Figure 23 décrit ce processus où sur la figure du bas, le lissage des charges permet une réduction du temps d'attente.

Le balancement des tâches n'est pas toujours possible, dans ce cas, les ressources peuvent être déplacées et la cadence du poste goulot peut être augmentée.

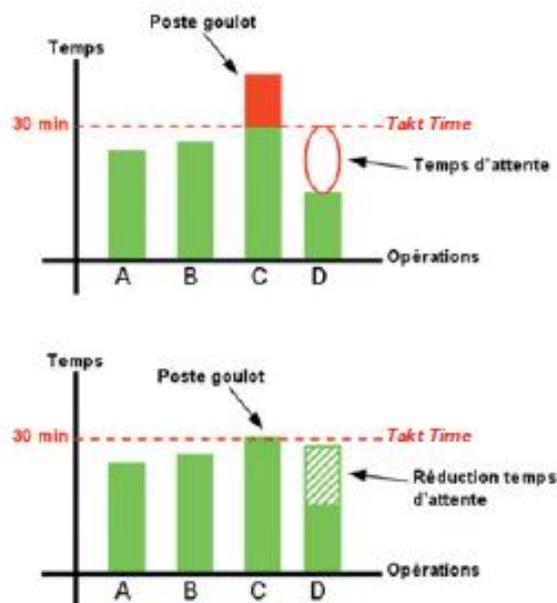


Figure 23 : Lissage des charges [3].

Le lissage des charges permet de répartir la charge de travail au sein de la cellule mais un poste goulot peut également apparaître en amont de la cellule si celle-ci n'est pas approvisionnée à temps. La planification des approvisionnements et des évacuations de produits finis (PF) est donc fondamentale. Celle-ci peut alors faire appel au système de Kanban.

III.3.3 Le Kanban

L'intérêt de tendre et tirer les flux n'est plus à démontrer. Cependant selon Ohno, il manquait un vecteur d'information mettant en relation la consommation avec les approvisionnements. Ohno résonna donc à contre-courant en se posant la question suivante : « pourquoi un poste amont fabriquerait-il plus que ce que le poste aval lui ponctionne ? ». C'est ainsi qu'il proposa une simple étiquette (Kanban en japonais) comme vecteur d'information. Ce système de Kanban coordonne et tire les flux en temps réel. Les règles de base sont les suivantes [3] :

- L'entité en aval prélève le nombre de pièces indiqué sur le Kanban à l'entité en amont ;
- L'entité en amont produit la quantité strictement nécessaire et suivant la séquence indiquée par le Kanban ;
- Aucune pièce n'est produite ou déplacée sans Kanban ;
- Le nombre de Kanban est limité.

La Figure 24 représente un exemple de Kanban avec les informations nécessaires à la production, la manutention et le transport.



Figure 24 : Exemple d'étiquette (Kanban) [3].

Nous avons pu voir, dans ce premier chapitre, les principes et outils du Lean Manufacturing. Les deux chapitres suivants vont nous permettre d'illustrer ce concept mais aussi de fournir des exemples concrets de l'utilisation de quelques outils du Lean Manufacturing, tels que le 5S, le SMED, ou encore le management visuel.

CHAPITRE 2 :
Mise en place d'un chantier
Lean au sein d'un atelier de
production d'une
pommade

I. Présentation de l'atelier de production de la pommade

I.1 Procédé de fabrication

L'atelier de cette pommade, que l'on appellera « pommade ou produit P » est un atelier mono-fabrication, c'est-à-dire que le local de fabrication et la ligne de conditionnement sont dédiés à ce produit. La cuve de fabrication de la pommade P est représentée sur la Figure 25, ci-dessous.



Figure 25 : Cuve de fabrication de la pommade P.

La taille de lot de cette fabrication est de 4000 kg. Cette cuve comporte une double enveloppe où circule de l'eau, permettant ainsi un maintien à une certaine température lors de la fabrication et le conditionnement.

La cuve est munie d'un mobile d'agitation et d'un disperseur, qui permettent de fournir un mélange homogène des différentes matières et d'obtenir la consistance voulue pour cette pommade. Le mobile d'agitation est une ancre avec racleurs, elle permet un flux tangentiel et radial et le raclage des parois dans un milieu visqueux. Le disperseur, situé en fond de cuve, engendre des gradients de cisaillement importants, ce qui permet d'augmenter la surface de contact entre les différents composants et améliorer le mélange, notamment lors de l'introduction d'un des principes actifs, qui est une poudre.

Le processus de fabrication commence par l'introduction de deux excipients (dont un des deux qui a un rôle d'émulsifiant) dans la cuve de fabrication. Ces deux composés gras sont introduits à une température variant entre 50 et 60°C afin d'obtenir un mélange liquide.

La seconde étape est l'ajout du premier principe actif (composé solide présenté sous forme de fines particules), suivi d'un troisième excipient aqueux. Le mélange obtenu doit avoir une apparence blanche et homogène.

En parallèle, une solution liquide de parfums est réalisée dans une petite cuve annexe. Une fois réalisée, cette solution est introduite au sein de la cuve de fabrication. Enfin, le deuxième principe actif (composé huileux) est introduit dans la cuve de fabrication.

La préparation obtenue étant une pommade, nous pouvons définir cette forme galénique destinée à être appliquée par voie cutanée.

Les pommades sont classées parmi les préparations semi-solides pour application cutanée. Ces préparations de consistance semi-solide sont destinées à être appliquées sur la peau ou sur certaines muqueuses afin d'exercer une action locale ou de réaliser la pénétration percutanée de principes médicamenteux [26]. Elles peuvent être utilisées pour une action émolliente ou protectrice. Elles sont constituées par un mélange d'un ou plusieurs principes actifs et d'un ou plusieurs excipients. Les excipients ont une influence sur la libération et la diffusion des principes actifs. Ces excipients peuvent être d'origine naturelle ou synthétique, et constituer un système à une ou plusieurs phases. Selon leur nature, la préparation sera hydrophile ou hydrophobe.

Ces préparations peuvent contenir des additifs appropriés, tels que des conservateurs antimicrobiens et antioxydants, des émulsifiants, des stabilisants, des épaississants.

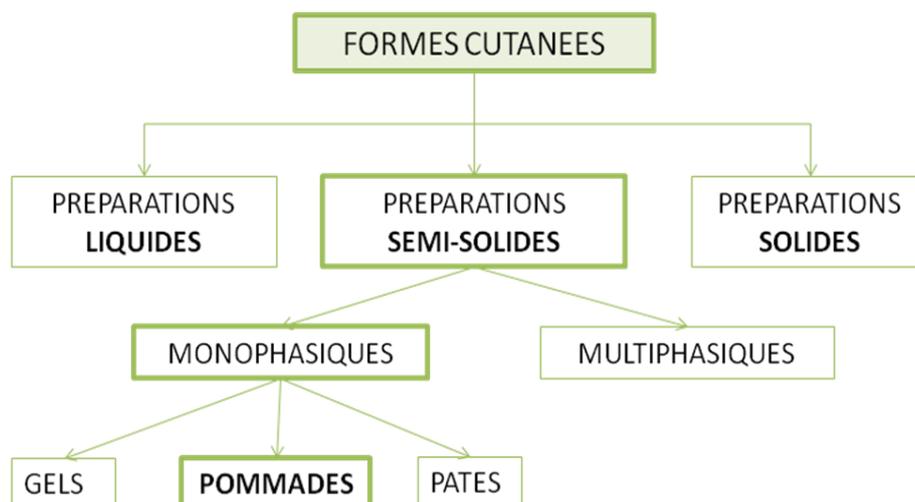


Figure 26 : Classification des pommades parmi les formes galéniques destinées à l'application cutanée.

La Figure 26 représente la classification des pommades parmi les formes galéniques destinées à l'application cutanée. Les pommades sont donc des préparations semi-solides monophasiques, c'est-à-dire qu'elles se composent d'un excipient monophasé dans lequel peuvent être dispersés des liquides ou des solides [27]. Trois types de pommades existent selon la nature des composants [26] :

- **Les pommades hydrophobes :**

Les pommades hydrophobes ne peuvent absorber que de petites quantités d'eau. Les excipients les plus communément employés pour la formulation de ces pommades sont la paraffine solide ou liquide, les huiles végétales, les graisses animales et les glycérides synthétiques.

- **Les pommades absorbant l'eau :**

Ce sont des pommades hydrophobes auxquelles on a incorporé un excipient capable d'absorber de l'eau. En général, ce type de pommade est réalisé lorsqu'on veut incorporer un composé hydrosoluble dans la préparation. Dans cette préparation, l'excipient capable d'absorber l'eau est un agent émulsifiant. Ce dernier permet de solubiliser le composé hydrosoluble et d'obtenir une pommade homogène. Les émulsifiants utilisés peuvent être : de la graisse de laine (lanoline), des esters de sorbitan, des monoglycérides ou encore des alcools gras.

- **Les pommades hydrophiles :**

Les pommades hydrophiles sont des préparations dont les excipients sont miscibles à l'eau. Ces excipients sont généralement des mélanges de macrogols (polyéthylène glycols) de poids moléculaires différents pour ajuster à la consistance désirée. Cette préparation peut contenir également de l'eau.

Ainsi dans notre cas, la pommade P est une pommade absorbant l'eau car elle est composée majoritairement de produits hydrophobes et est capable d'absorber de l'eau grâce à la présence d'un émulsifiant.

Le mode d'administration de la pommade est la voie cutanée. Cette voie est utilisée comme moyen d'introduction de médicaments pour des traitements locaux ou lorsque l'on veut éviter le passage intestinal et hépatique. La perméabilité de la peau à un médicament dépend du médicament lui-même, en particulier de sa liposolubilité, et du véhicule ou excipient dans lequel il est incorporé [28].

I.2 Procédé de conditionnement

Le conditionnement en tubes s'effectue en soutirant directement la pommade de la **cuve de fabrication** : la fabrication et le conditionnement ne peuvent donc pas avoir lieu en même temps car il n'y a pas de cuve tampon.

Une fois la fabrication terminée, la pommade est mise en circulation au sein d'une boucle fermée entre la cuve de fabrication et la ligne de conditionnement. Cette boucle va permettre à la pommade d'être en permanence en mouvement et d'éviter les zones stagnantes.

Cette boucle permet aussi de refroidir la pommade de manière continue et de l'acheminer jusqu'à la trémie de la remplisseuse de l'atelier de conditionnement. Le refroidissement de la pommade est nécessaire avant la mise en tube car cela évite les projections lors de l'introduction de la pommade dans les tubes et permet une bonne étanchéité des tubes lors de leur soudure.

La première étape du conditionnement de la pommade est sa mise en tube. Grâce à la boucle de circulation, la trémie de la **remplisseuse** est alimentée en pommade, et permet le remplissage des tubes. Une fois remplis, les tubes sont soudés, pour devenir hermétiques, puis ils passent sur un poste de découpe. Les tubes sont ensuite transférés vers l'encartonneuse pour le conditionnement secondaire.

L'**encartonneuse** permet l'introduction des tubes dans des étuis cartonnés tout en insérant en parallèle la notice du produit.

Une fois le conditionnement secondaire effectué, les tubes encartonnés passent par un poste de **marquage**. Au poste de marquage, le code CIP (Code Identifiant de Présentation), le numéro de lot, la date de péremption, et selon les destinations, la date de fabrication et le code datamatrix, y seront inscrits. Chaque présentation d'une spécialité pharmaceutique est identifiée par un code à 13 chiffres, appelé code CIP [29]. Le code datamatrix est, quant à lui, un code-barres à deux dimensions qui offre une meilleure traçabilité et une meilleure gestion des flux des produits en raison du nombre important d'informations qu'il comporte. La conformité du code datamatrix est contrôlée par un système de lecteur optique spécifique [30].

Les étuis passent ensuite sur une **trieuse pondérale**. Cet équipement assure le contrôle du poids de chacune des boîtes et éjecte celles qui sont en dehors des normes de tolérance.

Les boîtes vont ensuite être conditionnées dans des cartons grâce à l'**encaisseuse**. Enfin, ces cartons sont transférés sur des palettes de manière automatisée par l'intermédiaire d'un **palettiseur**. Une fois la palette complète, celle-ci est transportée jusqu'au magasin où elle sera stockée, jusqu'à ce que le lot soit libéré par l'Assurance Qualité.

Les différentes étapes du flux de conditionnement sont présentées sur la Figure 27.

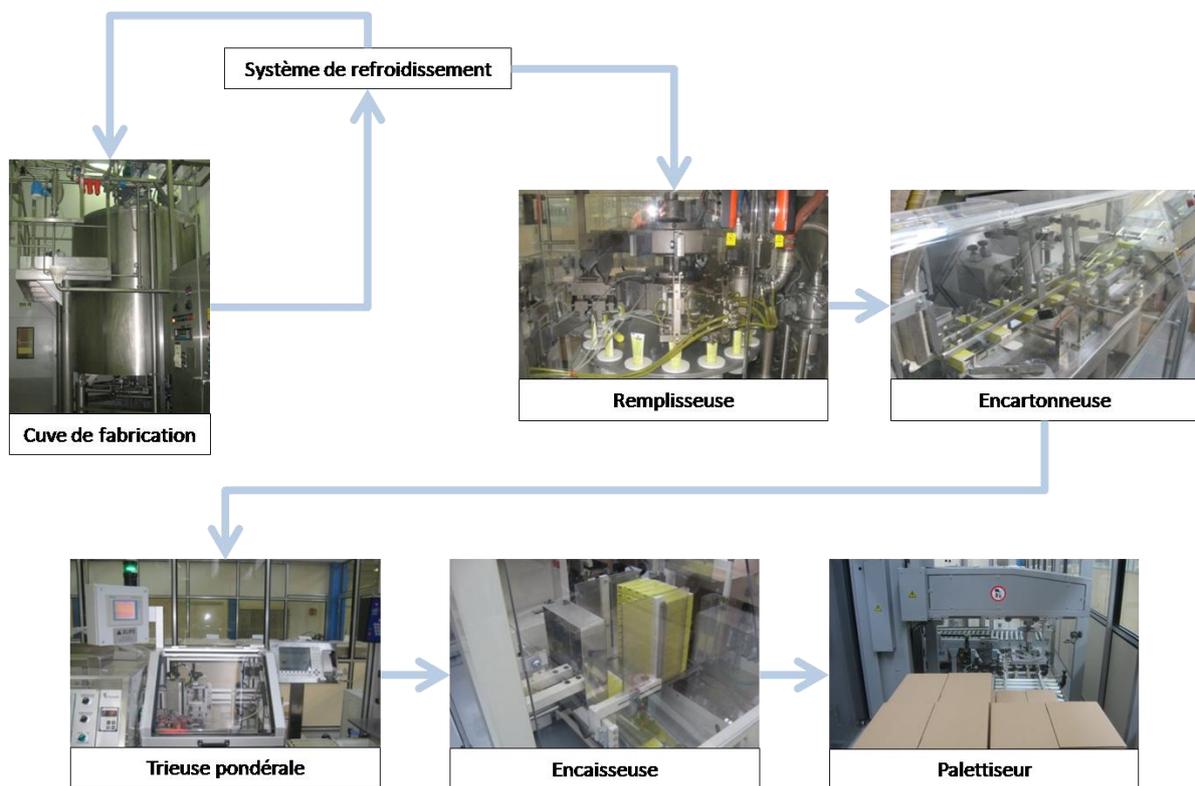


Figure 27 : Flux du conditionnement de la pommade P.

II. Définition d'un chantier

Dans cette partie, nous allons expliquer ce qu'est un chantier et pourquoi un chantier a été mis en place dans l'atelier de cette pommade.

Avant l'implantation du Lean au sein de Sanofi, des plans d'actions étaient mis en place pour palier aux différents problèmes. Cependant ces plans d'actions passaient en second plan après les tâches de routine de chacun. De plus, les ressources (humaines et matérielles) n'étaient pas suffisantes pour mener à bien ces plans d'actions. L'avancement des actions n'était donc pas garanti et les bénéfices des actions (augmentation du TRS, diminution des non-qualités...) n'étaient pas au rendez-vous.

L'implantation du Lean a alors apporté une solution : le lancement d'un chantier pour aider à l'avancement des actions afin d'obtenir un gain rapide en termes de TRS par exemple.

Un chantier est alors un projet avec des objectifs ambitieux, précis et chiffrés sur une durée définie. Il nécessite l'implication de tous, aussi bien la direction que les opérateurs, comme présenté sur la Figure 28. Au sein du chantier, tous les acteurs y sont présents (maintenance, qualité, HSE, méthodes, Supply Chain, production...).

Les ressources sont alors mises en œuvre pour aboutir aux objectifs fixés. La durée du chantier ne doit pas être trop longue (quatre à six mois maximum).



Figure 28 : Composition d'un chantier Lean.

Un chantier Lean repose sur un point fondamental : le terrain ou « Gemba » en japonais. Ce point est important car c'est sur le terrain que le travail est fait, que la valeur est créée et que la résolution des problèmes est déléguée et tout ceci est effectué par les opérateurs. Ainsi le rôle de l'encadrement est de soutenir les opérateurs du Gemba et celui des services supports est de soutenir l'encadrement et les opérateurs du Gemba. La Figure 29 représente l'interaction entre le Gemba et l'encadrement. La figure de gauche correspond à un management traditionnel, qui est plutôt directif avec la direction en haut de la pyramide, qui donne, en quelque sorte, des « ordres » au personnel du Gemba. La figure de droite représentant une pyramide inversée signifie que ce sont les opérateurs du Gemba qui sont à la base du système et que l'encadrement est là pour soutenir les opérateurs et les aider. Cette figure de droite correspond donc à une vision Lean avec un management participatif et non directif.

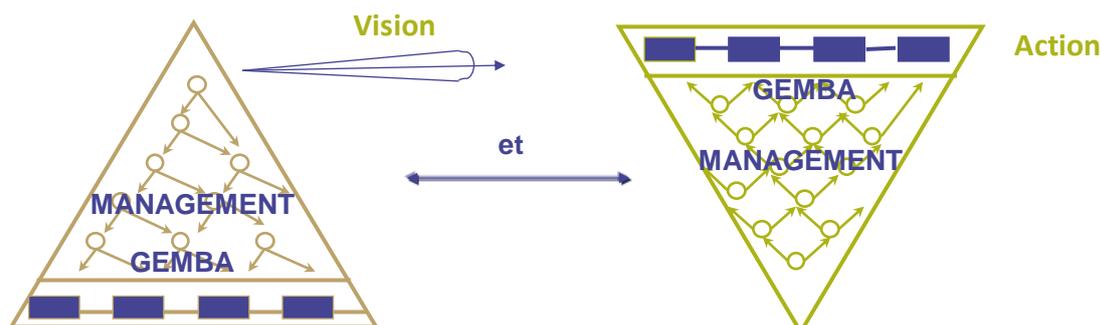


Figure 29 : Pyramide représentant la relation entre le management et le Gemba
(A gauche : management traditionnel ; à droite : management participatif).

III.Objectifs du chantier

Cette pommade existe depuis de nombreuses années. Il est donc important de relancer le cycle de vie du produit, il s'agit du Life Cycle Management (LCM) ou gestion du cycle de vie du produit.

Ces dernières années, la pommade P a connu différents changements :

- Naissance d'un nouveau format de tube (20 g) et de deux conditionnements correspondant à ce format (1x20 g et 2x20g) ;
- Augmentation des volumes ;
- Et donc une augmentation des changements de format.

La ligne est chargée à 100 % et tourne en 3x8 du lundi au vendredi : la flexibilité de cette ligne est donc faible.

Le groupe Sanofi se basant sur le concept du Juste à temps (Just In Time³ : JIT), les stocks sont réduits. La ligne fonctionne en flux tiré, la marge d'erreur est donc faible et le risque d'être en rupture sur le marché est présent.

De plus, les résultats 2011 ont incité la direction du site à mettre en place un chantier pour améliorer la performance de cet atelier.

En effet, en 2011, le taux de rendement synthétique (TRS) était en moyenne de 23,1 %. Dans la part de non-TRS, il y a 28,3 % de part technique dont 11,5 % de réglages et 16,8 % de pannes. Cela signifie que l'on produit moins de temps que le temps d'arrêts techniques.

Il est donc important d'agir sur ces arrêts techniques qui prennent plus de 25 % de temps à l'opérateur.

³ Le « Just In Time » est un concept japonais consistant à fournir les bons produits, en quantité exacte, en lieu et en temps voulus [16].

Les changements de lot et/ou de présentation (destinations différentes) occupent également l'opérateur à 24,8 %. Pendant ces changements, étant donné que l'opérateur est seul au sein de l'atelier, plus le temps de changement est long, plus le TRS est faible. Il est donc aussi possible de chercher à optimiser ces temps de changements afin de produire plus.

Les résultats, notamment en termes de TRS, étant plutôt faibles, il a été décidé de **mettre en place un chantier Lean** pour améliorer la performance de l'atelier.

Le temps d'arrêts techniques représente donc plus de 25 % du temps d'ouverture. L'objectif de ce chantier est donc de **diminuer le temps d'arrêts techniques (réglages et pannes) de 2/3 sans dégrader la productivité**⁴. En moyenne de janvier à fin mars, le temps d'arrêt technique était d'environ 21h par semaine. L'objectif principal est de le réduire à 7 h par semaine.

En parallèle de cet objectif, nous devrions ainsi aboutir à un TRS plus élevé si le temps d'arrêt technique est diminué.

Avant le début du chantier, le **TRS était en moyenne de 23 %**, l'objectif est donc de l'augmenter de 15 points, c'est-à-dire **obtenir un TRS de 38 %** à la fin du chantier et de le stabiliser à 38 %.

IV. Déroulement du chantier

Pour des raisons d'arrêts techniques importants et de faible TRS, la mise en place d'un chantier Lean de la pommade P a été décidée par la direction pour apporter les moyens nécessaires à l'amélioration du TRS et à une meilleure flexibilité au sein de l'atelier.

Ce chantier Lean a donc débuté début avril 2012 et durera six mois.

Il a commencé par cinq jours intensifs début avril pour mettre en place ce chantier et proposer des actions.

Au cours de ces cinq jours, dix personnes de différents secteurs étaient présentes :

- Assurance qualité,
- HSE,
- Maintenance,
- Méthodes,
- Production.

⁴ La productivité est définie comme le rapport, en volume, entre une production et les ressources humaines mises en œuvre pour l'obtenir [31]. Elle est calculée par rapport à un standard.

Nous avons donc travaillé en mode chantier pendant ces cinq jours en alternant les actions sur le terrain et en salle. L'important au sein de ce chantier est d'écouter les opérateurs car ce sont eux qui se retrouvent face aux problèmes.

Pendant ces cinq jours, après une découverte du Lean et des enjeux de ce chantier, nous sommes allés sur le terrain afin de cibler les problèmes présents dans l'atelier et de proposer des solutions.

En salle, nous avons ensuite répertorié ces problèmes dans un plan d'action. Les plans d'actions se présentent sous la forme d'un tableau (Figure 30) avec les caractéristiques suivantes :

- Priorité de l'action,
- Défaut rencontré,
- Solution proposée,
- Leader,
- Délai,
- Gain,
- Avancement (avec la roue de Deming).

N° action	Priorité	Date	Défaut rencontré	Solution proposée	Leader	Délai	Gain	Avancement
								
								

Figure 30 : Trame d'un plan d'action.

Ensuite pour définir la priorité des actions, nous avons utilisé une matrice décisionnelle (Figure 31).

MATRICE DECISIONNELLE

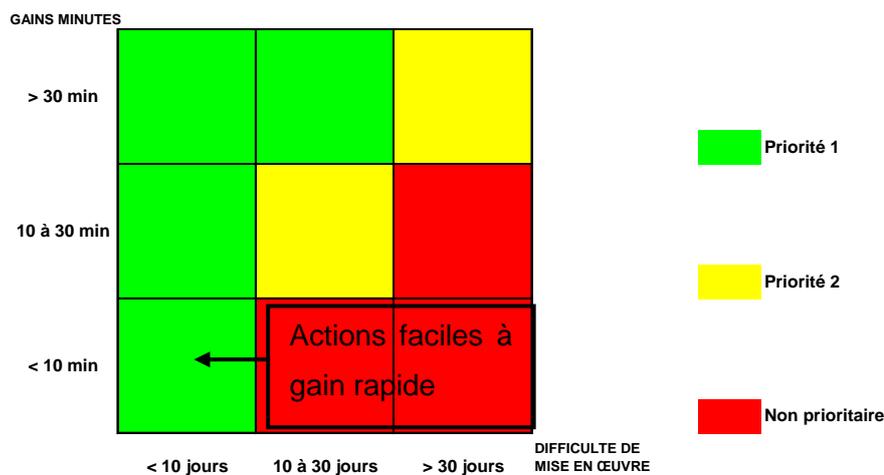


Figure 31 : Exemple de matrice décisionnelle.

La matrice décisionnelle est un outil nous permettant de classer les actions en fonction de leur gain estimé en minutes par jour et en fonction de la difficulté de mise en œuvre.

Ces deux paramètres considérés, les actions sont classées par priorité :

- Priorité 1 (en couleur verte) : actions les plus faciles à réaliser et/ou qui font gagner le plus de temps.
- Priorité 2 (couleur jaune) : actions plus difficiles à réaliser mais qui peuvent présenter un gain important
- Priorité 3 ou non prioritaire (couleur rouge) : actions normalement pas déployées sauf si les actions de priorité 1 et 2 sont clôturées.

Quant à l'avancement des actions, il est indiqué grâce à la roue de Deming PDCA.

Lors de ce chantier et suite aux observations faites sur le terrain, nous avons alors mis en place des plans d'actions sur quatre thèmes différents :

- Pannes,
- Micro-arrêts,
- SMED : Single Minute Exchange of Die,
- Organisation.

En tout, 95 actions ont été identifiées dans ces quatre plans d'action. Certaines ont été réalisées et parfois clôturées durant la première semaine de chantier.

Durant les six mois de chantier Lean, des réunions ont lieu régulièrement :

- Deux heures par semaine pour la maintenance et production (correspondant à la maintenance planifiée) ;
- Une heure par semaine pour le reste du groupe ;
- Une journée entière par mois pour tous.

Ces jours dédiés nous permettent d'avancer plus intensivement, notamment sur des points sensibles où les différents secteurs doivent être présents.

V. Suivi du chantier

Tout au long du chantier, il est important de suivre pas à pas les différentes actions.

Pendant la première semaine de chantier et au cours du mois suivant, ce sont principalement des petites actions rapides et faciles qui ont été réalisées.

Puis les mois suivants, il a fallu déployer plus de moyens et de ressources pour réaliser des actions plus compliquées et plus longues à réaliser. La difficulté dans ces actions peut résider dans le fait que la solution n'est pas forcément trouvée.

Pendant ce chantier, il est également important de garder à l'esprit la matrice des priorités car c'est elle qui nous permet de savoir quelles sont les actions à réaliser en premier lieu. Elle évite à chacun de réaliser des actions peu bénéfiques et qui peuvent faire perdre du temps. Les actions ont donc été classées dans une matrice décisionnelle, comme celle présentée sur la Figure 31. Les actions de priorité 1 ont alors été réalisées en premier puis ce sont les actions de priorité 2 qui ont été déployées. Quant aux actions de priorité 3, certaines ont été abandonnées ou reportées après le chantier.

Dans la pratique, la matrice évolue car certaines actions estimées bénéfiques et faciles à réaliser (de priorité 1) peuvent s'avérer plus compliquées que prévu et donc ne plus être prioritaires (priorité 2 ou 3). Le cas inverse peut également apparaître car les gains de certaines actions peuvent parfois être sous-estimés.

Il est donc important de faire régulièrement le point, avec les personnes concernées, sur l'avancement des actions de chacun.

De plus, la préparation et la planification des heures et jours dédiés au chantier est importante pour réaliser le maximum d'actions durant le temps imparti. Dans ce type de projet, la communication est également une notion clé car chacun doit avoir les bonnes informations et ce au bon moment.

Dans les parties suivantes, nous allons présenter les différents indicateurs choisis pour le bon fonctionnement de ce chantier :

- Le management visuel,
- La production planifiée horaire,
- Les indicateurs de suivi du chantier (TRS, temps d'arrêts techniques...),

Ces indicateurs ont été choisis pour se fixer des objectifs en termes de sécurité, qualité, coûts...

La performance de l'atelier est dépendante de ces objectifs. Les indicateurs et outils utilisés sont un moyen de suivre l'évolution de cette performance, de communiquer afin d'inciter chacun à participer activement à l'accomplissement des actions pour atteindre les objectifs du chantier.

V.1 Le management visuel

Dans un but de management de la performance, des indicateurs visuels ont été choisis et mis en place sur le terrain. Le but est de savoir si une situation est normale ou pas et ainsi de tirer des bénéfices de ces informations pour résoudre les problèmes ressortis. Le management visuel garantit également le partage et la compréhension commune de l'information tout en renforçant la cohésion d'équipe.

L'objectif est donc de parler des problèmes sur le terrain, de lancer des actions pour contrer ces problèmes et d'en faire le suivi. Le management visuel permet à toute personne intérieure ou extérieure à l'atelier de se rendre rapidement compte de l'état de la ligne, grâce à des indicateurs visuels.

Le management visuel permet aussi d'être guidé sur les points critiques à approfondir.

Au sein de Sanofi, les indicateurs du management visuel ont été choisis pour prendre en compte tous les aspects qui participent à la performance de l'atelier et qui peuvent être critiques s'ils ne sont pas suivis correctement. Le management visuel regroupe ainsi tous les objectifs de l'atelier, en termes de sécurité, qualité, délais, coûts et implication.

Une réunion de 15 minutes maximum a donc lieu tous les matins sur le terrain (gemba). Le but de cette réunion est d'identifier les problèmes majeurs de la veille et de les résoudre si cela est possible.

Le leader de cette réunion est le responsable d'équipe (RE). Il est important pour le RE d'écouter l'opérateur de la ligne, car c'est en fonction des problèmes vécus par l'opérateur qu'une action sera mise en place.

L'outil permettant d'évaluer la situation est un tableau (Figure 32) comportant les indicateurs +QDCI, c'est-à-dire :

- + pour la sécurité (accident) ;
- Q pour la qualité (rejets, déviations et/ou tris) ;
- D pour les délais (adhérence au planning) ;
- C pour les coûts (production planifiée, standard de changement) ;
- I pour l'implication (réalisation de la réunion quotidienne et présence de chacun).



Figure 32 : Tableau du +QDCI présent dans l'atelier de conditionnement de la pommade P.

Le principe de la réunion est le suivant :

1. L'opérateur remplit les différents indicateurs du +QDCI :
 - Une croix rouge pour un objectif non atteint ;
 - Un rond vert pour un objectif atteint ;
 - Dans les thèmes sécurité (+) et implication (I) : un triangle orange est possible pour « presque accident » et pour « absence d'un acteur nécessaire ».

Un exemple est présenté sur la Figure 33. Cette feuille, représentée sur cette figure, est renouvelée tous les mois et comporte tous les jours du mois en cours. Elle permet de constater les résultats de la veille de manière immédiate grâce aux symboles visuels (croix rouge, triangle orange et rond vert).

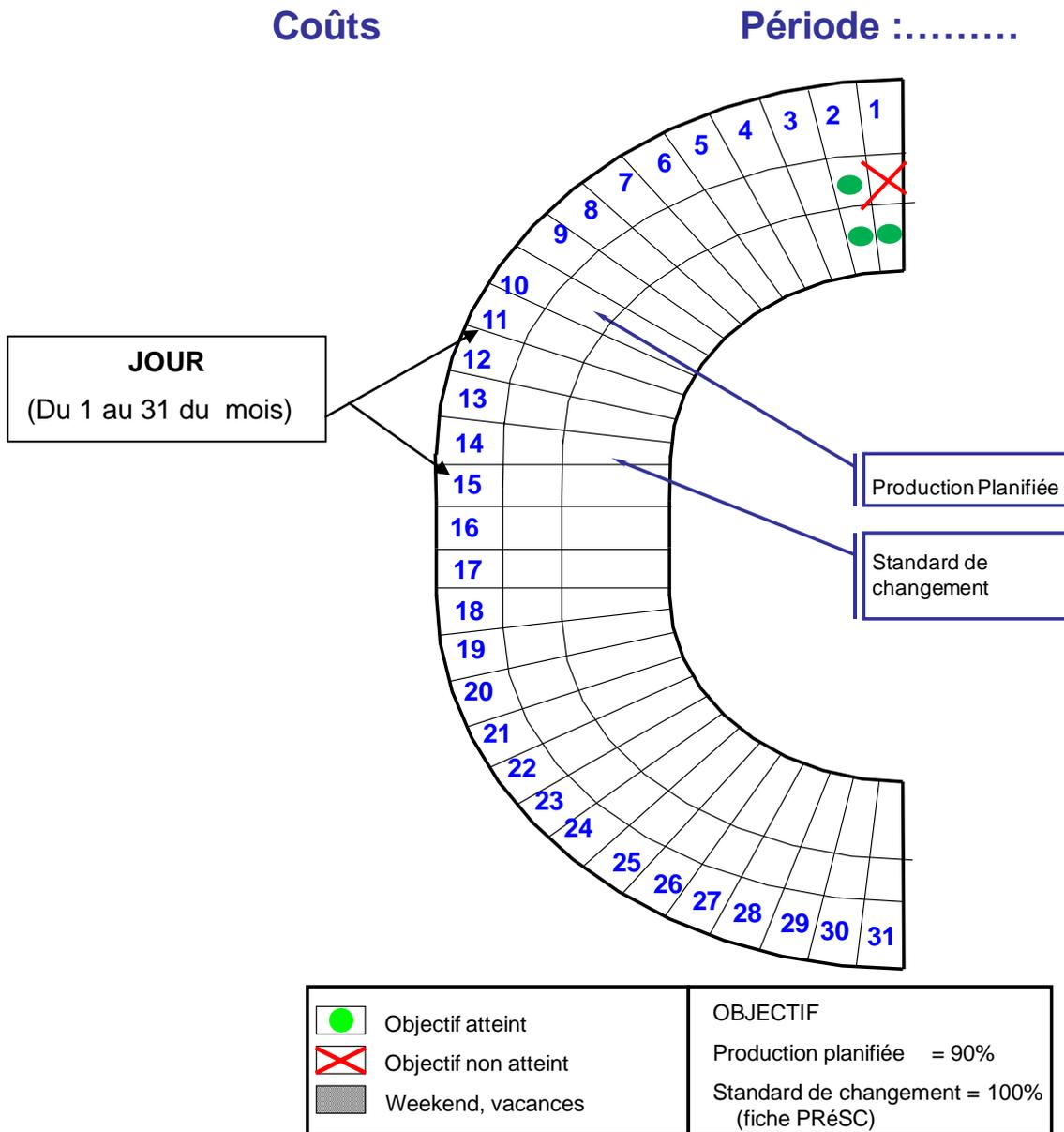


Figure 33 : Feuille correspondant aux Coûts du tableau +QDCI.

2. La réunion a lieu avec le RE et l'opérateur, les acteurs du chantier sont présents une fois par semaine également.

3. Les croix rouges sont abordés lors cette réunion pour comprendre pourquoi l'objectif n'a pas été atteint.
4. En fonction des problèmes abordés, une action (maximum deux actions par jour) est évaluée et intégrée dans un plan d'action.

De la même manière que lors du chantier, des plans d'actions sont présents pour chaque thème du +QDCI, comme présenté sur la Figure 34, ci-dessous :

PLAN D' ACTIONS LEAN SECURITE

N° action	Priorité	Date	Défaut rencontré	Solution proposée	Leader	Délai	Gain	Avancement
								
								

Figure 34 : Exemple du plan d'action "Sécurité" du +QDCI de la pommade P.

V.2 La production planifiée horaire

Avant la mise en place de la production planifiée horaire, les opérateurs n'avaient pas d'objectifs particuliers quant au nombre de boîtes qu'ils devaient produire. La production planifiée est un outil qui apporte cet objectif. L'objectif est exprimé en nombre de boîtes produites par heure en fonction de la cadence de la machine. Elle permet de planifier la production sur 24 heures et de communiquer aux opérateurs la quantité de boîtes qu'ils sont censés produire s'ils n'ont pas de problèmes techniques particuliers. Cet outil a été choisi car la performance de l'atelier était plutôt aléatoire, les arrêts techniques étant importants, le nombre de boîtes produites était très variable d'une heure à l'autre. Cet outil permet aussi de faire ressortir les problèmes qui empêchent les opérateurs d'atteindre l'objectif fixé.

Au sein de l'atelier, la production planifiée correspond à un document (Figure 35) mis en place lors de la première semaine du chantier Lean de la pommade P. Chaque matin, nous planifions la production pour une durée de 24 heures (de 9h à 9h le lendemain). L'objectif étant à 70 % de la cadence nominale (objectif défini lors du chantier), nous calculons le nombre de boîtes de la pommade P devant être produites selon le format et notons ce chiffre

dans la colonne « quantité prévue » pour les 24 heures suivantes. Durant sa production, l'opérateur remplit chaque heure la quantité de boîtes produites dans la colonne « quantité réelle ». De même, les changements et les fabrications sont notés sur ce document. Si durant sa production, l'opérateur a des problèmes (pannes, réglages, attentes...), il doit le notifier dans le document de production planifiée.

Production Planifiée					Date :		
MATIN + APRES -MIDI + NUIT							
DERNIERE PRODUCTION DE LA VEILLE							
Reporter la quantité de boites produites		Reporter la quantité de boites restantes		Reporter Produit / N° de lot / VTE			
PRODUCTION DU JOUR							
Horaire	Format	Cadence (bte/mn)	Quantité Réelle (en cumul)	Quantité Prévüe (en cumul)	Détails changement	Tps Pbs Techniques (réglages, pannes) en min	Commentaires
9 H	150	80	9:00		Type du changement :		
	65	80	9:10		Produit :		
	20	60	9:20		N° de lot :		
	2*20	40	9:30		VTE :		
10 H			9:40		Qté :		
	150	80	10:00		Type du changement :		
	65	80	10:10		Produit :		
	20	60	10:20		N° de lot :		
11 H	2*20	40	10:30		VTE :		
			10:40		Qté :		
	150	80	11:00		Type du changement :		
	65	80	11:10		Produit :		
12 H	20	60	11:20		N° de lot :		
	2*20	40	11:30		VTE :		
	150	80	11:40		Qté :		
	65	80	11:50		Type du changement :		
13 H	20	60	12:00		Produit :		
	2*20	40	12:10		N° de lot :		
	150	80	12:20		VTE :		
	65	80	12:30		Qté :		
14 H			12:40		Type du changement :		
	150	80	12:50		Produit :		
	65	80	13:00		N° de lot :		
	20	60	13:10		VTE :		
Total	2*20	40	13:20		Qté :		
			13:30		Type du changement :		
	150	80	13:40		Produit :		
	65	80	13:50		N° de lot :		
					VTE :		
					Qté :		
	% Prod QR / QP		Qté Réelle	Qté Prévüe	Temps Changement	Temps Tech	Temps d'Ouverture :
	Temps hors ouverture: (Valid, arrêt orga/tech programmés)

Figure 35 : Production planifiée de la pommade P.

Le lendemain matin, au +QDCI, le rapport « quantité réelle/quantité prévue » est calculé :

- si celui-ci est supérieur à 90 % : l'objectif est atteint et l'opérateur inscrit un rond vert dans le tableau du +QDCI dans la case « Coûts – production planifiée », comme présenté précédemment dans la Figure 33.
- si celui-ci est inférieur à 90 %, il y inscrit une croix rouge.

Cette méthode permet de visualiser instantanément si l'atelier a suivi sa production et n'a pas rencontré de problèmes. Si une croix rouge apparaît, il est important de demander à l'opérateur, lors de la réunion quotidienne du +QDCI, ce qui a empêché d'atteindre l'objectif. En fonction du problème, l'opérateur propose une solution s'il en a une et après évaluation

par la matrice décisionnelle, une action est intégrée dans le plan d'action avec une priorité 1, 2 ou 3.

V.3 Les indicateurs du chantier

Tout au long du chantier, il est important de visualiser l'évolution et l'impact du chantier sur la ligne de production de la pommade P. C'est grâce aux indicateurs de suivi du chantier que l'on peut voir cela. Les indicateurs nous permettent de savoir si les objectifs fixés sont atteints. Comme vu précédemment, les objectifs étant l'augmentation de TRS (de 23 à 38 %) et la réduction du temps d'arrêts techniques (de 21h à 7h par semaine), les deux premiers indicateurs sont donc :

- le suivi du TRS ;
- le suivi du temps d'arrêts techniques.

Ensuite, il a été également choisi de suivre :

- L'avancement des actions du chantier ;
- L'avancement des actions du +QDCI ;
- Le présentéisme lors des réunions chantier Lean.

Ces trois autres indicateurs nous permettent de s'assurer de l'avancement des actions, de sensibiliser à nouveau chaque personne sur l'accomplissement des actions et sur l'importance de leur présence et de leur implication pour la réussite du chantier. En effet, pour que les objectifs soient atteints, il est nécessaire que chaque acteur du chantier soit proactif et que les actions soient réalisées dans les plus courts délais.

Les indicateurs de suivi sont donc présentés dans les parties suivantes, ils sont mis à jour chaque semaine.

V.3.1 Suivi du TRS :

Le TRS, exprimé en pourcentage, est un indicateur important en termes de production, car celui-ci nous donne immédiatement une idée du bon ou du mauvais fonctionnement d'une ligne. Au sein de l'atelier de la pommade P, le TRS correspond au rapport du temps utile sur le temps requis :

$$\text{TRS (en \%)} = \text{temps utile (TU)} / \text{temps requis (TR)} \times 100$$

Avec :

- TU = temps où la machine produit des bons produits à sa cadence normale ;
- TR = temps d'ouverture de la ligne déduit des temps de formations, pauses, réunions, et dans le cas de la pommade P, la fabrication est déduite car le conditionnement ne peut pas être fait en parallèle puisqu'il n'y a pas de cuve tampon.

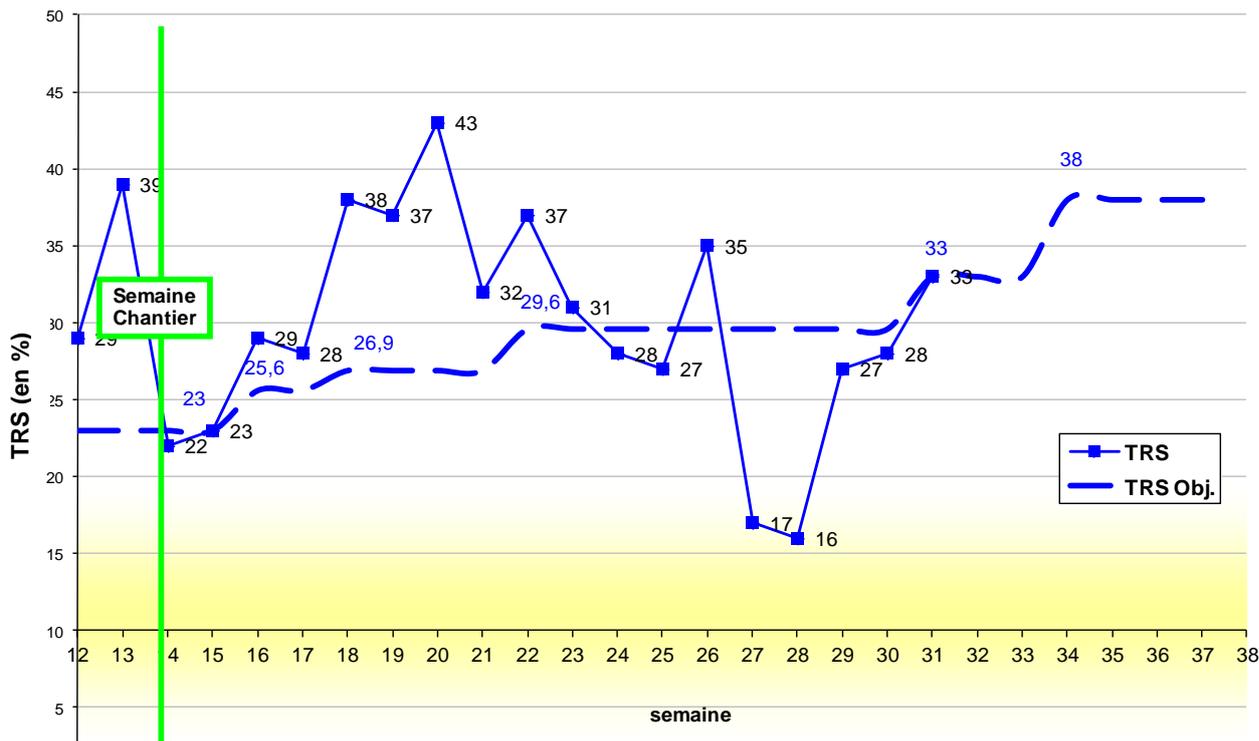


Figure 36 : Evolution du TRS pendant le chantier.

Sur la Figure 36, nous pouvons observer que le TRS a fortement augmenté après le chantier. Pendant la semaine 20, il a gagné 20 points, plus que l'objectif mais il a ensuite régressé puis il suit à nouveau une pente positive. Nous remarquons que le TRS est passé sous la barre des 20% durant les semaines 27 et 28. En effet, durant ces deux semaines, le conditionnement des tubes de 20g a eu lieu. Ce type de conditionnement étant récent et peu fréquent, le changement de format n'est pas encore maîtrisé, le temps de réglage est donc important, ce qui fait chuter le TRS.

V.3.2 Suivi du temps d'arrêts techniques (réglages, pannes et maintenance planifiée)

L'objectif principal du chantier étant de réduire de 2/3 le temps d'arrêts techniques, le suivi de celui-ci est important.

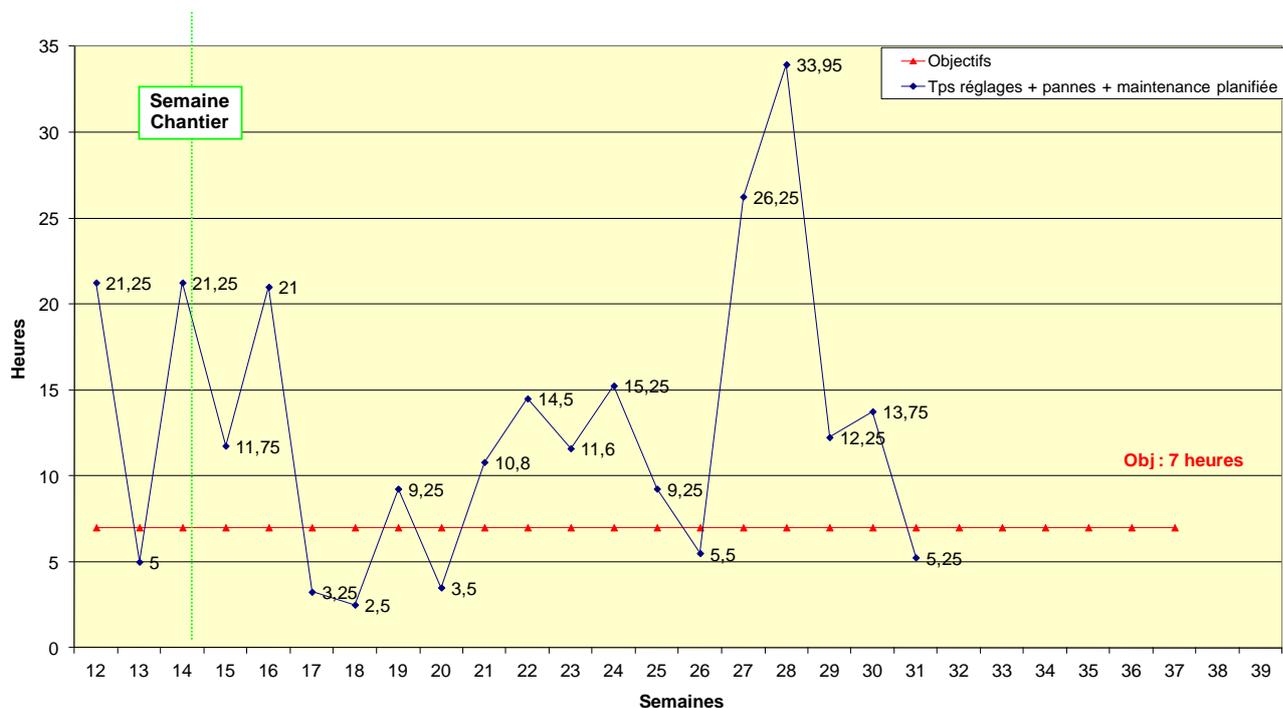


Figure 37 : Evolution du temps d'arrêts techniques pendant le chantier.

Sur la Figure 37, nous pouvons remarquer que le nombre d'heures d'arrêts techniques est corrélé au TRS puisque plus il y aura de temps d'arrêts techniques, moins la machine fonctionnera et donc moins le TRS sera élevé. C'est notamment le cas pour les semaines 27 et 28, où le conditionnement d'un format peu maîtrisé de la pommade P a entraîné de nombreuses heures de réglages (plus de 25 heures par semaine) et donc un faible TRS.

En 2012, sur les trois mois précédant le chantier (janvier à mars), le temps de réglages et de pannes était en moyenne de 13h25 par semaine. Pendant les quatre premiers mois du chantier (avril à juillet), le temps d'arrêts techniques était en moyenne de 12h25 par semaine en y incorporant les deux heures de maintenance planifiée mises en place depuis avril.

Le temps d'arrêts techniques est en légère diminution depuis le chantier mais les principales actions mécaniques (remise en état de la ligne, améliorations techniques...) n'étant pas encore réalisées, le bénéfice sera certainement plus visible par la suite.

V.3.3 Suivi des actions du chantier

Durant la première semaine de chantier, 93 actions ont été identifiées dans les thèmes suivants:

- Pannes : 15 actions ;
- Micro-arrêts : 19 actions ;
- Organisation : 38 actions ;

- SMED : 21 actions.

L'avancement des actions est suivi grâce au PDCA, le nombre d'actions dans chacun des stades (P, D, C ou A) est comptabilisé pour chaque thème. La Figure 38 montre la courbe d'évolution du nombre d'actions réalisées.

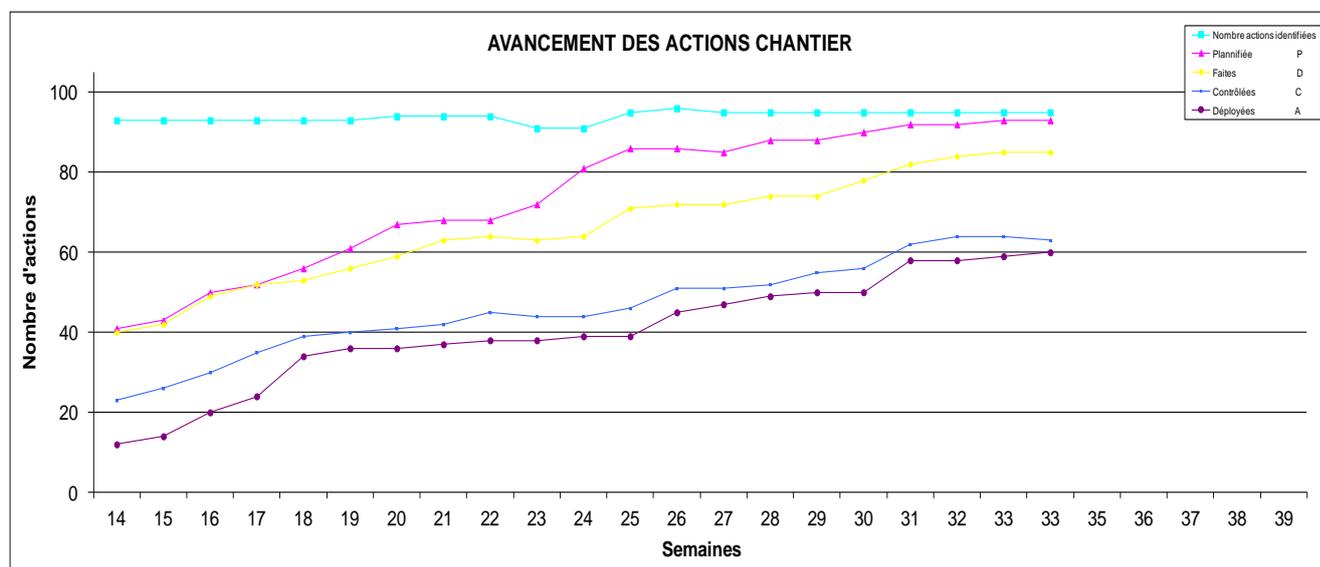


Figure 38 : Evolution du suivi des actions du chantier.

Le graphique montre que les actions ont été rapidement planifiées, mais le passage entre le stade de la réalisation (Do) et de la vérification de l'action (Check) est parfois difficile à atteindre car les actions peuvent au cours de leur avancement se montrer plus difficiles que prévu.

V.3.4 Suivi du présentisme lors des heures dédiées au chantier

Les réunions hebdomadaires nécessitent la présence de chaque acteur du chantier pour le bon fonctionnement de ce chantier. Neuf personnes doivent participer à ces réunions :

- **HSE** : une assistante HSE et ergonomiste du site ;
- **Qualité** : Une responsable Qualité Formes Sèches et un stagiaire qualité ;
- **Maintenance** : un chargé de maintenance et un responsable Automatismes ;
- **OMI** (Organisation et Méthodes Industrielles) : une assistante OMI ;
- **Production** : un RE, un opérateur et un stagiaire.

En raison des congés et absences pour diverses raisons, l'objectif a été fixé à sept personnes. La Figure 39, ci-dessous, représente ce suivi.

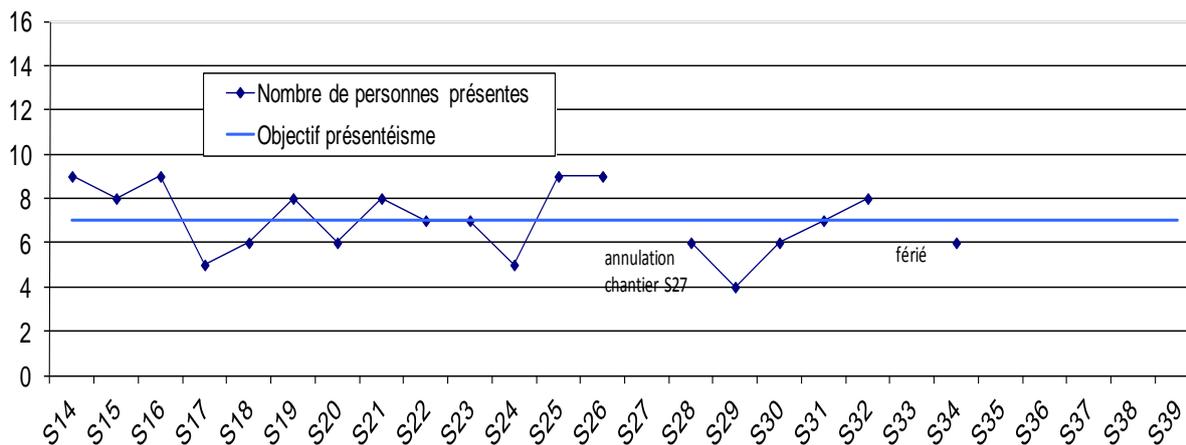


Figure 39 : Suivi du présentéisme lors des réunions chantier.

Sur la Figure 39, nous pouvons donc remarquer que, dans la durée, il est difficile de réunir chaque acteur du chantier aux réunions hebdomadaires. Il est donc nécessaire de solliciter et d'impliquer régulièrement chaque personne.

V.3.5 Suivi des actions du +QDCI

De même que pour les actions du chantier, les actions du +QDCI doivent être suivies. Chaque semaine, nous répertorions le nombre d'actions identifiées, planifiées (P), faites (D), contrôlées (C) et déployées (A). La Figure 40, ci-dessous, représente l'avancement de ces actions issues du +QDCI.

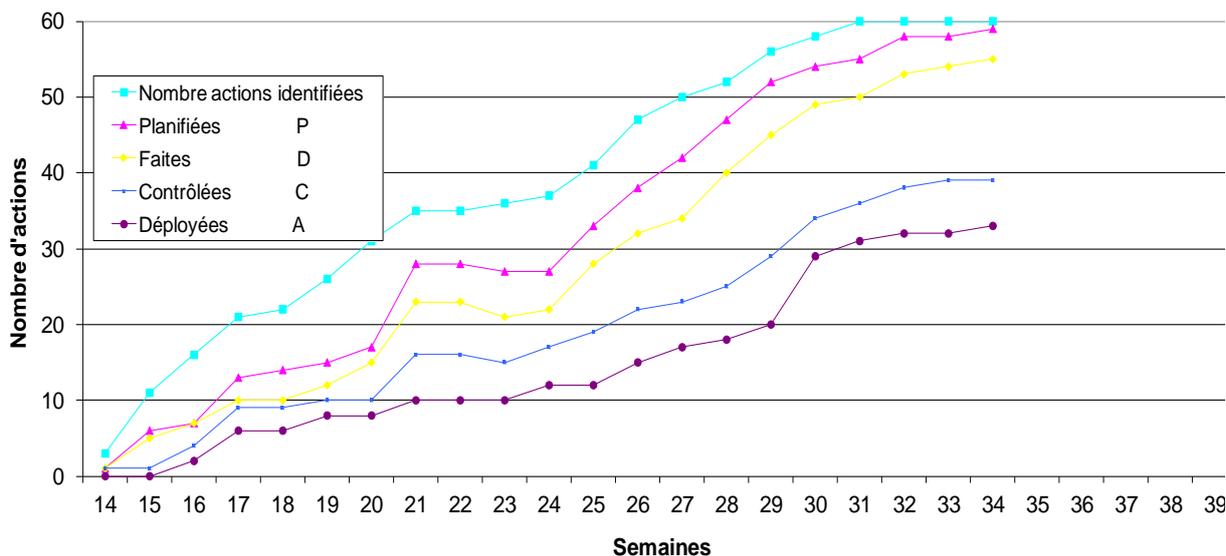


Figure 40 : Evolution du suivi des actions du +QDCI.

VI. Les actions majeures du chantier

VI.1 L'organisation de l'atelier

Une des premières étapes d'un chantier est de réorganiser l'atelier pour supprimer l'inutile et les tâches à non-valeur ajoutée ou muda (gaspillages en japonais).

Pour appliquer ce principe, l'industrie automobile japonaise a réfléchi à différents outils dont le 5S. La Figure 41 présente la méthodologie à appliquer pour effectuer cette démarche.

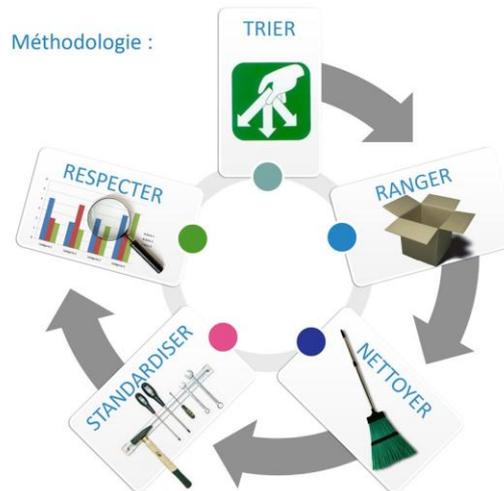


Figure 41 : Méthodologie du 5S [32].

Ainsi la mise en place d'une démarche 5S permet :

- Une amélioration de l'image de marque ;
- Un apport de résultats immédiats en termes de qualité, coûts, délais et sécurité grâce à une plus grande efficacité au poste de travail ;
- Une augmentation forte et durable de la motivation et de l'état d'esprit ainsi qu'une « amélioration continue » de la part de chaque collaborateur.

Lors de ce chantier, nous avons donc réalisé un 5S au sein de l'atelier de la pommade P. Après les étapes de tri, de nettoyage et de rangement, nous avons standardisé et mis en place différents éléments (Figure 42) :

- Création d'un poste outillage au plus près de la machine ;
- Amélioration du poste outillage existant ;
- Mise en place d'armoires pour chacun des formats de la pommade P ;
- Amélioration de l'espace de travail ;

- Mise en place de fiches réflexes : fiches d'aide à la résolution de problèmes sur ligne (par exemple : mauvaise découpe du tube) ...

Chaque espace de rangement doit être identifié et photographié afin que l'organisation soit respectée par la suite.



Figure 42 : Photos de l'atelier de conditionnement suite au 5S.

Ensuite une grille d'évaluation (Annexe 1) a été mise en place pour contrôler à long terme que tout est respecté.

VI.2 Réalisation d'un standard de changement : la fiche PRéSC

Un autre moyen d'augmenter la production est de réduire les temps de changements pour recommencer à produire plus vite. Pour cela, un outil existe également, il s'agit du SMED (Single Minute Exchange of Die) ou système de changement rapide de série. Cette méthode d'organisation consiste à réduire le temps de préparation et de réglage entre deux séries de fabrication et donc à réduire les gaspillages. Elle apporte :

- Une **amélioration des conditions de travail** (moins de manipulations, de déplacements inutiles...);
- Un **gain de productivité** en limitant les arrêts pour le changement de série sans dégrader la qualité de réglage ;

- Un **gain financier** en optimisant l'utilisation des ressources.

Afin d'augmenter sa productivité et sa flexibilité, le site s'est investi dans une démarche structurée de réduction des temps de changement de série en mettant en place des feuilles **PRéSC** (Principe de **Ré**duction et de **S**tandardisation des **C**hangements) pour chacune des lignes de conditionnement. Il existe des changements de lots et/ou de présentation avec ou sans changement de format.

Un changement de lot correspond à l'arrêt nécessaire entre la réalisation de deux ordres de fabrication. Un changement de présentation signifie qu'il y a un changement d'articles de conditionnement (destination différente ou format différent) au sein d'un même lot de fabrication.

La Figure 43 présente des exemples de changements de lot, de présentation et de format.

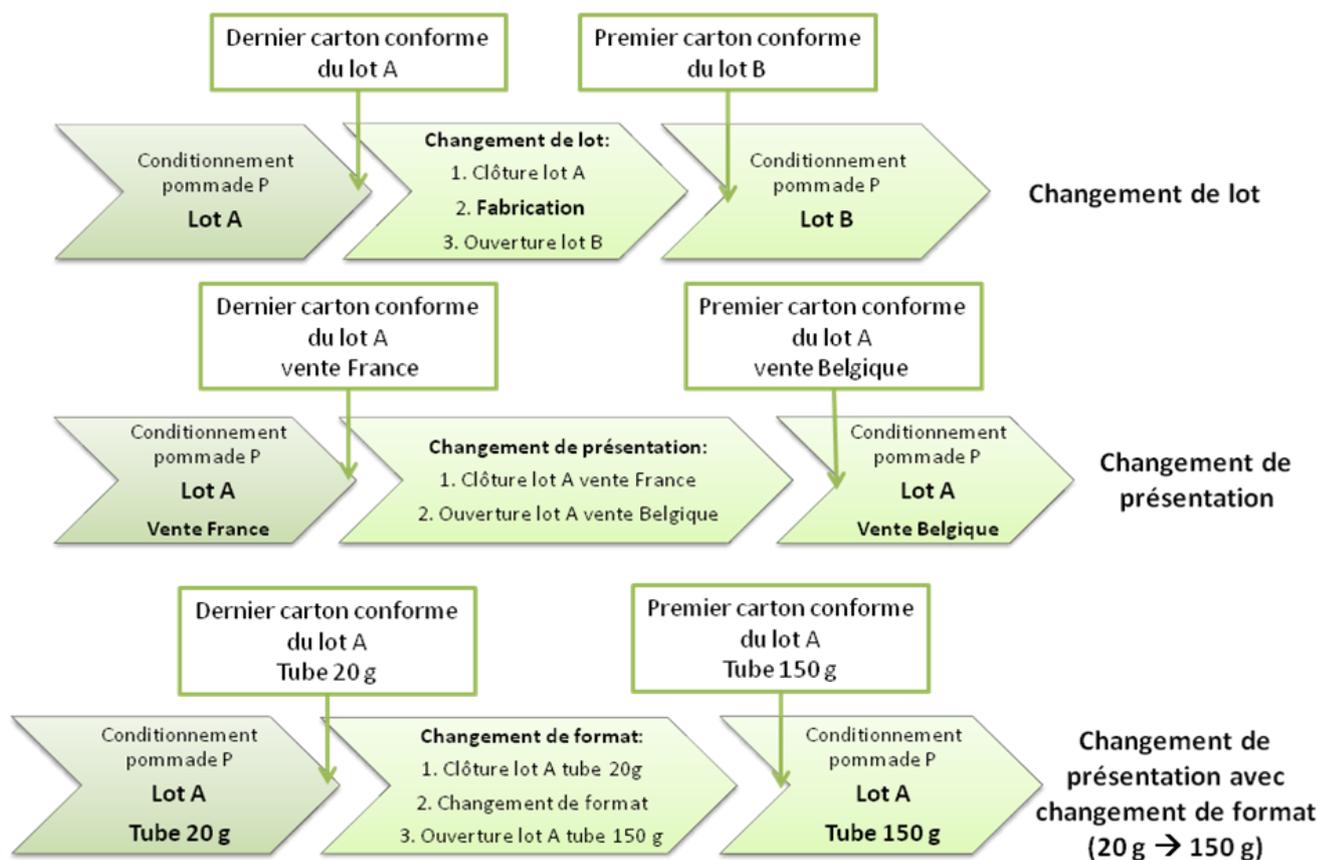


Figure 43 : Exemples de changement de lot et de présentation de la pommade P.

Lors du chantier, 21 actions ont été identifiées dans le thème du SMED pour optimiser les temps de changements de production. Une de ces actions était la mise à jour de la fiche PRéSC de l'atelier pour l'actualiser suite à l'automatisation de la fabrication et pour l'uniformiser par rapport aux autres lignes de conditionnement.

La mise à jour de cette fiche a nécessité l'utilisation de la méthode SMED dont la démarche est la suivante :

- 1) Analyser un changement de format classique, non optimisé, dans l'état initial.
- 2) Dissocier les opérations internes et les opérations externes.
- 3) Convertir certaines opérations internes en opérations externes.
- 4) Réduire les temps d'exécution de toutes les opérations internes et externes.

La fiche PRéSC initiale se composait de différents cas comme montrés sur la Figure 44.

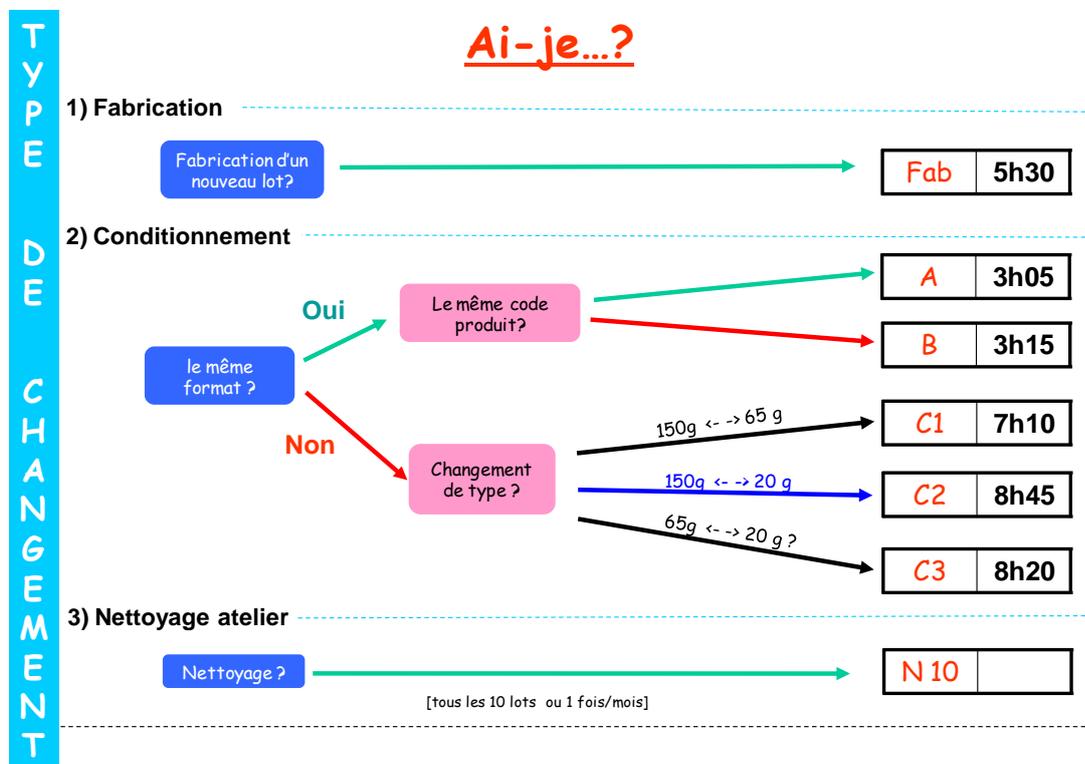


Figure 44 : Cas de la fiche PRéSC initiale.

Le but du site est d'uniformiser les fiches PRéSC et de les simplifier en ne proposant plus que trois cas possibles avec des options. Nous avons donc adapté la fiche PRéSC initiale présente en Annexe 2 et Annexe 3.

Pour cela, nous avons observé les temps de changement et avons ensuite réalisé des trains de changement permettant de mettre en évidence les différentes étapes du changement comme présenté sur la Figure 45.

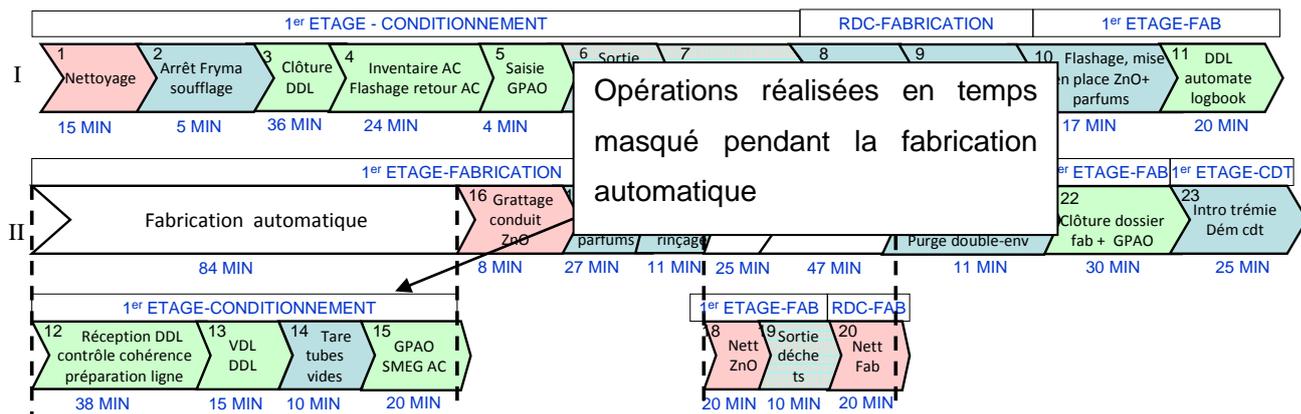


Figure 45 : Schéma des différentes étapes d'un changement de lot de la pommade P.

Les temps de changements de format sont présentés en option sous forme d'un tableau (Tableau 2), trois changements de format existent :

- Du format 20 g au 65 g ou l'inverse ;
- Du format 20 g au 150 g ou l'inverse ;
- Du format 65 g au 150 g ou l'inverse.

Tableau 2 : Temps des changements de format de la pommade P.

Changement de Format + Réglage		20g<-> 65g	20g<-> 150g	65g<-> 150g
Pompe spécifique 20g : changement de la pompe et nettoyage de la trémie		90'	90'	/
Remplisseuse Encartonneuse Encaisseuse	Mise en place nouveau format : Démontage, modification des côtes, installation nouveau format, Prise d'Origine Machine, réglages	220'		
Palettiseur	Modification des côtes (palettisation différente pour le 150g) Prise d'Origine Machine	/	20'	20'
Sous-total a		310'	330'	240'
		(5h10)	(5h30)	(4h00)

La fiche PRÉSC comporte alors maintenant les trains de changements et les temps pour chaque cas existant avec les options de format.

Trois cas de standard de changement ont alors été listés :

- Cas 1 : Même lot, présentation différente + option de format
- Cas 2 : Même produit, même présentation, lot différent
- Cas 3 : Lot différent, présentation différente + option de format

La nouvelle fiche PRÉSC est présentée en Annexe 4 et Annexe 5.

A chaque début de changement de production, l'opérateur doit noter l'heure de début du changement, puis il entoure le cas dans lequel il se trouve (cas 1, 2 ou 3) avec ou sans changement de format et il calcule le temps prévu et l'heure de fin prévue pour ce

changement. A chaque fin de changement (premier carton sorti), l'opérateur note alors l'heure de fin réelle.

Si l'écart entre l'heure de fin réelle et l'heure de fin prévue est supérieur à cinq minutes : l'opérateur doit justifier, dans un tableau (Tableau 3), les écarts au changement en y indiquant le type de problème rencontré (attente, organisation ou technique).

Tableau 3 : Justification des écarts au standard de changement.

Je justifie mes écarts au standard (si l'écart > à 5min)

Attente	Ecart en min			Organisation	Ecart en min			Technique	Ecart en min		
	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3		Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3		Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
AC				Pause				Remplisseuse			
SF				Changement d'équipe				Encartonneuse			
Dossier/TC				Formation Opérateur				Rotanotice			
Décision RE				Réunion				Datamatrix			
Service technique				Problème dossier				Encaisseuse			
Outilage/Format machine				Problème GPAO				Balance Garvens			
Outil (clé de 13...)				Validation / Qualification				Tapis courbe			
Laverie non dispo				Nettoyage supplémentaire				Etiqueteuse carton			
Consommable (gants...)								Palettiseur			

Les temps de changement sont enregistrés pour avoir un suivi régulier. Ils sont également traités lors de la réunion quotidienne du +QDCI dans la partie « Coûts – standard de changement ». Si les écarts au standard de changement sont importants, une action est intégrée au plan d'action pour essayer de palier aux problèmes qui ont engendré un changement plus long que prévu.

VI.3 Test d'une organisation différente

Actuellement l'atelier de la pommade P fonctionne en 3x8, l'opérateur est seul pour assurer la production et le conditionnement de la pommade. Trois personnes se relaient donc sur 24 heures du lundi au vendredi.

Lors de la journée chantier, une nouvelle organisation a été proposée : fonctionnement de l'atelier en 2x8 avec une personne en journée afin d'optimiser les temps de changements et d'aider lors du conditionnement du 150g car la cadence est élevée.

Une telle organisation nécessite une estimation des gains et des pertes pouvant être générés, une préparation de l'organisation puis un suivi lors de la période d'essai.

Pour cela, nous avons réalisé les étapes suivantes :

1. Estimation des gains et du TRS à réaliser pour compenser la non-ouverture de la nuit.
2. Réalisation de simogrammes sur deux semaines différentes.

3. Répartition des tâches entre l'opérateur de journée et l'opérateur d'équipe.
4. Essai planifié sur deux semaines : suivi de l'atelier pendant les deux semaines pour guider les opérateurs et orchestrer le rythme de l'atelier.

Nous allons revenir sur chacun des points de cette mise en place de l'organisation en 2x8+une personne en journée.

VI.3.1 Estimation des gains

Le taux d'occupation de la personne en journée étant faible, il a été décidé de coupler deux lignes de conditionnement : celle de la pommade P et l'Uhlmann Hop. Dans cette nouvelle organisation, l'opérateur de journée doit donc réaliser les tâches suivantes :

- Pauses machine tournante des deux lignes ;
- Aide au changement de format des deux lignes avec la priorité sur l'atelier de la pommade P ;
- Anticipation sur les dossiers de lots ;
- Aide au démarrage et aux réglages...

Les gains ont été estimés par rapport à ces tâches, ils ne compensent pas l'ouverture de la nuit, mais les pannes étant fréquentes sur cette ligne et plus difficiles à résoudre la nuit (personnel du service maintenance restreint), le but est de réduire significativement ces temps de pannes et de réglages. Pour compenser l'ouverture de la nuit, le TRS doit être augmenté d'environ 20 points avec l'opérateur de journée. Le but est également que les opérateurs partagent leurs connaissances pour que chacun ait un meilleur niveau de formation.

VI.3.2 Réalisation de simogrammes

Le **simogramme** est la représentation graphique des événements simultanés ou successifs dans l'accomplissement d'un travail. Il s'agit d'une étude graphique de l'activité lors de travaux répétitifs, il permet de regrouper des opérations, de multiplier ou de réorganiser des postes pour une meilleure utilisation des temps [33].

Les objectifs sont les suivants :

- Chercher à minimiser les temps de fabrication et/ou conditionnement et accroître la rentabilité d'un poste de travail, soit par combinaison, élimination ou amélioration de certaines opérations.
- Etudier la possibilité d'ajouter une ou plusieurs machines à un poste pour maximiser le nombre de machines servies par un seul exécutant [33].

Le principe comporte plusieurs étapes :

1. Décomposer le travail exécuté au poste étudié en éléments bien déterminés.
2. Relever le temps d'exécution de chaque élément.
3. Etablir le simogramme.
4. Déterminer la durée de la période.
5. Chercher une meilleure combinaison.

Ainsi, nous avons réalisé deux simogrammes différents pour simuler deux semaines :

- Une semaine majoritairement composée de la pommade P en format 150 g avec plusieurs types de changements ;
- Une semaine majoritairement composée de la pommade P en format 65 g avec plusieurs types de changements.

Une partie d'un simogramme (sur un jour et demi et avec un seul opérateur) est présenté pour exemple sur la Figure 46.

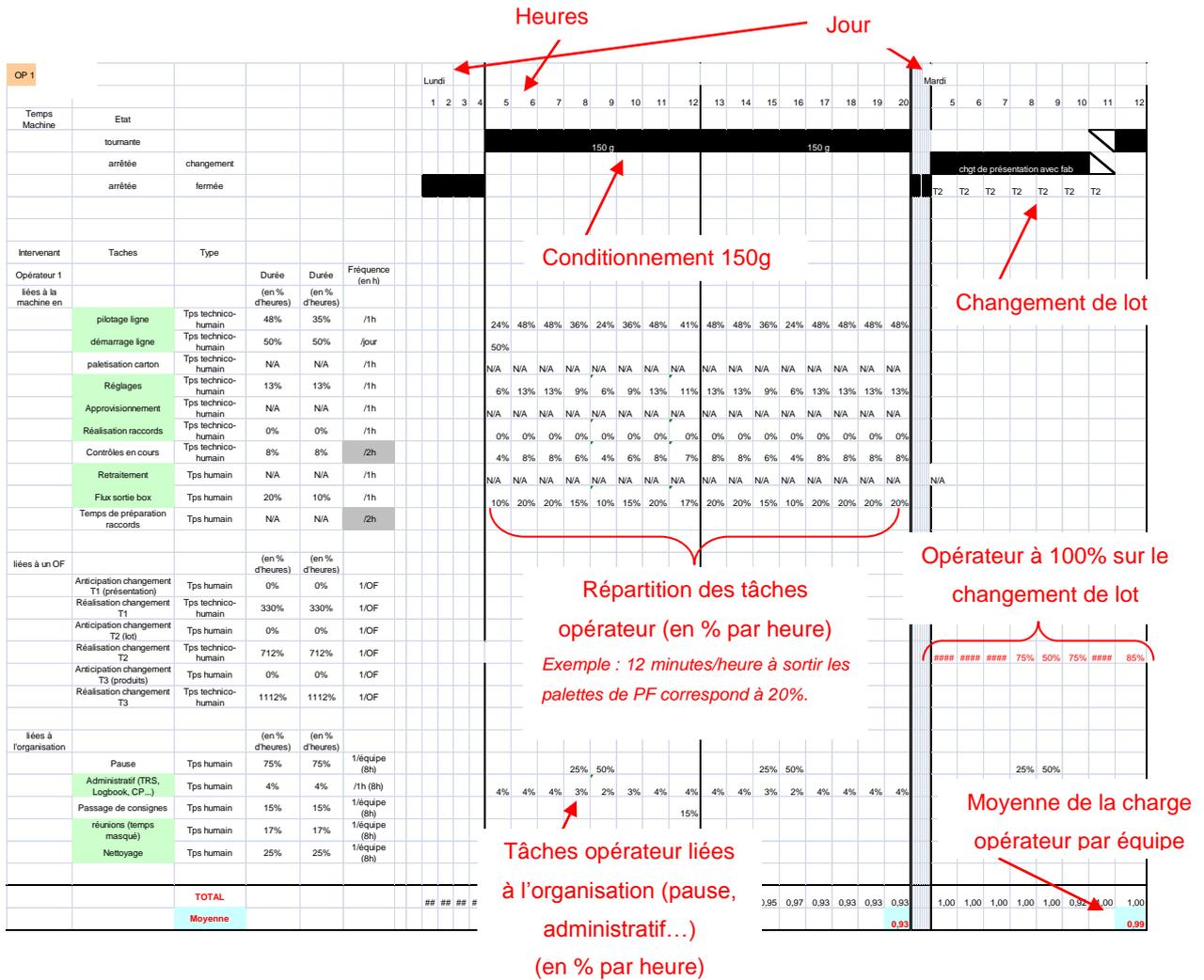


Figure 46 : Exemple d'une partie d'un simogramme.

Pour chacune des semaines, l'état actuel (charge des tâches des opérateurs actuellement) et l'état futur (avec l'opérateur de journée) ont été établis.

Un aperçu des simogrammes de la première semaine est présenté en Annexe 6 (état actuel) et Annexe 7 (état avec la nouvelle organisation).

Au cours de la réalisation de ces simogrammes, les tâches entre les opérateurs d'équipe et l'opérateur de journée doivent être réparties de manière à ce que le taux d'occupation de chaque opérateur ne soit pas trop élevé (80 % en moyenne).

En effet, cet outil permet de visualiser la charge moyenne de l'opérateur. Pour des raisons de confort et d'ergonomie au travail, l'opérateur doit être chargé en moyenne à 80 %.

Nous avons alors comparé le taux d'occupation des opérateurs des deux semaines avec et sans la mise en place de cette organisation en 2x8+1 personne en journée. Les résultats sont obtenus dans la Figure 47, ci-dessous.

Sem 1 sans le 2*8+1pers	Tableau Récapitulatif des charges : semaine 1 actuelle											moy
	Lundi (150g)		Mardi (chgt+fab 150g)		Mercredi (chgt près 150g)		Jeudi (150g --> 65g)		Vendredi (65g)			
	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm		
OP uhlmann Hop	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
OP pommade P	0,94	0,93	0,99	0,94	0,93	0,96	1,00	0,88	0,76	0,74	0,91	0,91
moyenne charges	0,80	0,80	0,83	0,80	0,80	0,82	0,84	0,77	0,72	0,70	0,79	0,79
moyenne charges /équipe/sem	0,79		moyenne charges matin /sem				0,80		moyenne charges après-midi /sem			0,78
Sem 1 avec le 2*8+1pers	Tableau Récapitulatif des charges : semaine 1 future											moy
	Lundi (150g)		Mardi (chgt+fab 150g)		Mercredi (chgt près 150g)		Jeudi (150g --> 65g)		Vendredi (65g)			
	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm		
OP uhlmann Hop	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
OP pommade P	0,86	0,84	0,90	0,84	0,86	0,92	1,00	0,66	0,75	0,70	0,83	0,83
OP journée	0,72	0,49	0,82	0,49	0,72	0,79	0,99	0,40	0,61	0,40	0,64	0,64
moyenne charges	0,75	0,67	0,80	0,67	0,75	0,79	0,89	0,58	0,68	0,59	0,72	0,72
moyenne charges /équipe/sem	0,72		moyenne charges matin /sem				0,77		moyenne charges après-midi /sem			0,66
Sem 2 sans le 2*8+1pers	Tableau Récapitulatif des charges : semaine 2 actuelle											moy
	Lundi (65g)		Mardi (65--> 20g)		Mercredi (20g --> 150g)		Jeudi (150g --> 65g)		Vendredi (65g)			
	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm		
OP uhlmann Hop	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
OP pommade P	0,75	0,73	0,95	1,00	0,86	0,98	0,96	0,96	0,82	0,81	0,88	0,88
moyenne charges	0,71	0,70	0,81	0,83	0,77	0,83	0,81	0,82	0,75	0,74	0,78	0,78
moyenne charges /équipe/sem	0,78		moyenne charges matin /sem				0,77		moyenne charges après-midi /sem			0,78
Sem 2 avec le 2*8+1pers	Tableau Récapitulatif des charges : semaine 2 future											moy
	Lundi (65g)		Mardi (65--> 20g)		Mercredi (20g --> 150g)		Jeudi (150g --> 65g)		Vendredi (65g)			
	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm	Matin	Aprèm		
OP uhlmann Hop	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
OP pommade P	0,72	0,66	0,88	0,90	0,86	0,93	0,95	0,85	0,71	0,80	0,83	0,83
OP journée	0,60	0,40	0,87	0,79	0,87	0,79	0,89	0,90	0,61	0,70	0,74	0,74
moyenne charges	0,66	0,58	0,81	0,79	0,80	0,80	0,84	0,81	0,66	0,72	0,75	0,75
moyenne charges /équipe/sem	0,75		moyenne charges matin /sem				0,75		moyenne charges après-midi /sem			0,74

Figure 47 : Tableaux récapitulatifs du taux d'occupation des opérateurs.

Sur la Figure 47, quatre tableaux synthétisent les charges moyennes des opérateurs par équipe et par jour sur les deux semaines simulées sans et avec l'organisation 2x8+1 personne en journée. Le code couleur est le suivant :

- En vert : le taux d'occupation de l'opérateur est inférieur ou égal à 0,6 (soit 60 %) en moyenne par heure ;
- En noir : le taux d'occupation de l'opérateur est compris entre 60 et 80 % en moyenne par heure ;
- En rouge : le taux d'occupation de l'opérateur est supérieur à 80 % en moyenne par heure.

Grâce à ces simogrammes, nous pouvons voir que cette organisation réduit la charge de l'opérateur d'équipe de la pommade P puisqu'elle passe (Encadrés rouge et vert de la Figure 47) :

- de 91 % à 83 % pour la première semaine avec majoritairement le format de 150g en conditionnement ;
- de 88 % à 83 % pour la deuxième semaine avec majoritairement le format de 65g en conditionnement et un peu de 20g.

VI.3.3 Planification de l'essai

L'essai de cette organisation est planifié sur deux semaines. Pendant cette période d'essai, il est important de suivre principalement l'opérateur de journée pour le guider, organiser les pauses machine tournante, répartir le travail entre l'opérateur d'équipe et l'opérateur de journée et surtout s'organiser en fonction des aléas (pannes...).

L'efficacité ou la non-efficacité de cette organisation n'a pas pu être évaluée durant cet essai car de nombreux aléas ont fait interférence (nombreuses pannes, absences non prévues...).

VI.4 La remise en état des équipements

Un des buts principaux du chantier Lean de la pommade P est la remise en état de la ligne de conditionnement. Durant ce chantier, la synergie production-maintenance est un point important. La production et la maintenance doivent travailler ensemble et communiquer pour anticiper les problèmes et éviter les pannes au maximum.

En effet, les pannes sont importantes, notamment sur l'encartonneuse (Figure 48), équipement permettant l'introduction du ou des tube(s) et de la notice dans l'étui. Cet équipement est assez ancien et présente de nombreuses défaillances dues principalement aux jeux existants, c'est-à-dire que pour une même côte de réglage, il peut y avoir des variations. La mauvaise fiabilité de l'équipement entraîne des micro-arrêts, des pannes, des bourrages, lors de l'introduction des tubes et/ou de la notice...mais aussi des casses machine.



Figure 48 : Encartonneuse de la ligne de conditionnement de la pommade P.

De plus, l'encartonneuse comportant des éléments usés, une commande importante de pièces neuves s'imposait. La réussite du chantier Lean dépend, en partie, de la fiabilisation de l'encartonneuse. Le chantier a ainsi l'avantage d'apporter les ressources nécessaires pour la remise en état de l'encartonneuse.

Pour cela, l'atelier sera à l'arrêt durant une semaine. Cette semaine d'arrêt permettra au personnel de la maintenance et aux opérateurs de travailler ensemble, notamment pour fiabiliser l'encartonneuse en mettant en place les nouvelles pièces. L'entretien, le nettoyage, le graissage... seront également réalisés en complément de la maintenance préventive régulière.

De plus des améliorations techniques (correspondant aux actions du chantier ou du +QDCI) pourront être apportées lors de l'arrêt de l'atelier ou lors des changements (pendant la fabrication par exemple) sur toute la ligne de conditionnement.

La remise en état de la ligne devrait alors avoir un impact positif sur les objectifs du chantier (en diminuant le temps d'arrêts techniques et par conséquent en augmentant le TRS).

CHAPITRE 3 :
Présentation d'un projet de
performance regroupant
trois lignes de
conditionnement

Pour répondre aux exigences économiques, toute industrie doit s'adapter à la demande. Elle doit être compétitive pour diminuer le coût de revient industriel (CRI) dans le but d'accroître son activité.

Les démarches de performance industrielle consistent à entreprendre des modes de production innovants. L'industrie améliore constamment la productivité des ateliers.

Pour cela, les industries pharmaceutiques adoptent le Lean Manufacturing pour répondre aux exigences de qualité, sécurité et coûts.

La réussite d'un projet nécessite les conditions suivantes :

- Le respect des objectifs fixés ;
- Un management participatif ;
- Une équipe « projet » épanouie.

La construction d'une Unité Autonome de Production (UAP) répond alors aux différentes exigences que peut avoir une industrie pharmaceutique.

Non seulement, une UAP répond aux attentes en termes de performance industrielle, mais elle améliore aussi la souplesse, la flexibilité, et l'autonomie des ateliers et permet alors d'entrer dans une démarche Lean.

Ainsi dans les parties suivantes, après une présentation des objectifs, nous expliquerons comment la première UAP pilote, regroupant trois lignes de conditionnement de comprimés, a été mise en place dans les ateliers de conditionnement Formes Sèches et quels ont été les résultats. Ensuite, nous présenterons la mise en place de la deuxième unité autonome de production.

I. Objectifs de l'unité autonome de production

L'unité autonome de production est un regroupement de lignes de production avec des objectifs de production commun. Il s'agit d'un projet sur plusieurs mois avec une nouvelle organisation et nécessitant des arrêts des lignes de production pour la réalisation des travaux. La décision du bon fonctionnement de l'UAP se fera à l'issue de six mois de fonctionnement.

I.1 Augmentation de la productivité et de la performance

L'unité autonome de production est un projet qui consiste à être plus compétitif. Le but est donc de diminuer le coût de revient industriel (CRI). Le CRI comprend les coûts suivants :

- coût d'achat de matières premières ;
- coût d'approvisionnement ;

- coût de la production ;
- coût de la distribution ;
- coût de l'administration ;
- coût des charges communes à l'entreprise réparties sur les différents secteurs.

L'idée de cette UAP est donc de réduire les coûts de production, en augmentant la productivité par exemple.

En effet, la performance peut être acquise avec un gain de productivité. La productivité est définie comme le rapport, en volume, entre une production et les ressources humaines mises en œuvre pour l'obtenir par rapport à un standard [31], c'est-à-dire que la productivité augmente lorsqu'une quantité définie est réalisée en moins d'heures de main d'œuvre directe (MOD) que prévue.

De plus, une unité autonome de production a pour objectif d'améliorer la performance en augmentant le taux de rendement synthétique (TRS).

Le TRS, correspondant au rapport du temps utile sur le temps d'ouverture, est un indicateur de bon fonctionnement des lignes de production.

Pour suivre la performance, les indicateurs du management visuel (méthode du Lean) seront déployés. Cette UAP n°2 a pour but d'optimiser les standards de production et de changements de trois lignes de conditionnement (IMA C90-2, Marchésini et IMA C90-6) afin d'atteindre une performance commune.

Durant ce projet d'UAP n°2, des travaux seront réalisés :

- Modifications du cloisonnement des lignes ;
- Adaptation des postes de travail aux exigences ergonomiques ;
- Implantation d'un palettiseur automatique.

La réalisation de cette UAP n°2 nécessitera donc des investissements. Le retour sur investissement sera calculé en fonction de la productivité et du CRI.

I.2 Autonomie et polyvalence

Comme son nom l'indique, une unité autonome de production a pour but le développement de l'autonomie. En effet, le regroupement de trois lignes de production favorisera le travail d'équipe, l'autonomie et l'implication des opérateurs. Le but est d'apporter une nouvelle dynamique et de gagner en flexibilité.

Actuellement chacune des trois lignes de conditionnement fonctionne avec un ou deux opérateurs. Lorsqu'une panne ou un problème technique apparaît, si les opérateurs ne

parviennent pas à résoudre ce problème, ils font appel au service maintenance, qui fonctionne donc comme une unité extérieure. L'idée de l'UAP est donc d'intégrer les techniciens de maintenance à la production pour justement aboutir à un groupe autonome. Cependant les techniciens de maintenance seront parfois amenés à réaliser des tâches de production mais leur principal rôle sera la résolution des problèmes techniques. Ils aideront également les opérateurs lors des changements de format et seront responsables des pièces de format.

Remarque : Cette notion d'intégration de la maintenance aux équipes de producteurs repose sur un principe japonais : le « Monozukuri⁵ ». Ce terme fait appel à une notion de synergie de toute l'entreprise autour de l'excellence en production, c'est-à-dire l'entreprise Lean tend vers une intégration fonctionnelle globale qui organise les équipes autour des processus et non des fonctions classiques de l'entreprise. Pour appliquer ce concept, il ne faut donc pas calquer un modèle d'organigramme mais plutôt systématiser les interactions indispensables entre les fonctions [16]. Le processus est donc au cœur de l'entreprise. Ainsi lorsqu'on intègre la maintenance aux équipes de producteurs, c'est ce principe que l'on cherche à appliquer.

L'UAP repose également sur un autre principe : certains opérateurs ne seront plus affectés à une ligne mais seront dits « volants », c'est-à-dire en support aux trois lignes de conditionnement. Les opérateurs « volants » se voient principalement affecter des tâches d'aide à la production, au changement de format et d'anticipation de changement de lot.

D'une part, l'autonomie est obtenue grâce à l'intégration de techniciens de maintenance et d'autre part la polyvalence est acquise grâce à l'apparition d'opérateurs volants et grâce au fait que les opérateurs pourront être, à tour de rôle, soit opérateur volant soit, opérateur de conditionnement affecté à une ligne. De cette manière, les opérateurs auront la possibilité de découvrir plusieurs aspects ; leur travail sera donc moins monotone et ils développeront une certaine polyvalence.

⁵ Le terme « monozukuri » se rapporte aux activités de fabrication et signifie littéralement « fabriquer (zukuri) des choses (mono) ».

I.3 Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE) et Qualité

L'implantation de l'unité autonome de production devra répondre au respect des Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF) et normes qualité en vigueur au sein du service conditionnement Formes Sèches. Ce projet nécessitant une nouvelle implantation, l'ergonomie des postes sera revue. L'ergonome du site évaluera alors avec les opérateurs les points critiques en termes de conditions de travail.

Par exemple, l'implantation d'un palettiseur automatique sur une des lignes rapides (cadence élevée) permettra de limiter les risques ergonomiques et d'éviter le port de cartons pour la mise sur palette des cartons de produits finis (PF).

La nouvelle organisation et implantation des lignes sera donc travaillée et validée avec l'ergonome de manière à répondre aux exigences HSE.

II. Déploiement d'une première UAP

II.1 Evaluation des combinaisons selon les lignes de conditionnement

Il existe plusieurs lignes de production dans le service conditionnement FS, des études comparatives et de faisabilité ont donc été réalisées auparavant sur les neuf lignes de conditionnement pour évaluer les meilleures combinaisons possibles d'UAP.

La situation initiale du conditionnement Formes Sèches est présentée sur la Figure 49.

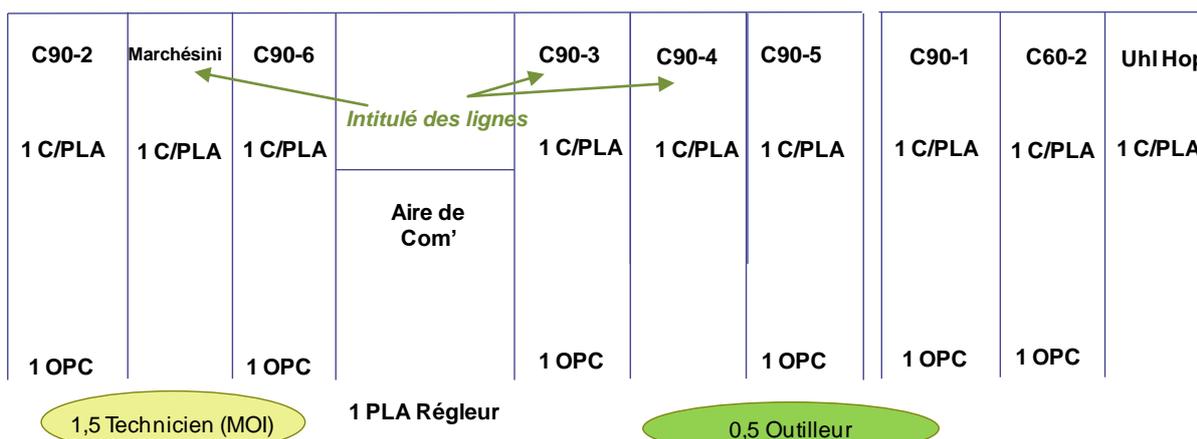


Figure 49 : Représentation de la situation initiale du service Conditionnement Formes Sèches.

Nous remarquons, sur la Figure 49, que chacune des lignes représentées comporte un conducteur (CLA) ou pilote de lignes automatisées (PLA) et est parfois assisté d'un

opérateur de conditionnement (OPC). Un PLA régleur et un outilleur (en journée soit 0,5 personne par équipe) sont également présents. Le service maintenance dédie 1,5 technicien à ces neuf lignes de conditionnement. Au total, nous avons donc, par équipe :

- 9 C/PLA
 - 6 OPC
 - 1 PLA régleur
 - 0,5 outilleur
- } Soit 16,5 Main d'œuvre directe (MOD)
- 1,5 technicien de maintenance soit 1,5 Main d'œuvre indirecte (MOI)

Ainsi, 18 personnes sont présentes par équipe.

Le service, comportant neuf lignes, deux possibilités ont été proposées :

- Formation de deux UAP (en 5+4): une composée de cinq lignes et une autre de quatre lignes de conditionnement ;
- Formation de trois UAP (en 3x3) : trois UAP composées de trois lignes de conditionnement chacune.

Les avantages et les inconvénients de chacune des propositions ont dû être évalués selon plusieurs critères comme présenté dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Comparaison des deux combinaisons possibles d'UAP (3x3 et 5+4).

CRITERES D'EVALUATION	3 X 3	5 + 4
INVESTISSEMENT	Pas de déplacement de lignes	Déplacement des lignes Modification de l'environnement
PERFORMANCE	<ul style="list-style-type: none"> • Plus de souplesse et d'agilité • Meilleure disponibilité technique • Ilot comparables → compétitivité positive • Si arrêt ligne → perte de productivité si déplacement opérateur impossible 	Unité plus importante donc : <ul style="list-style-type: none"> • Pauses machine tournante plus difficiles à réaliser • Trop nombreux → moins performants • Organisation hétérogène → pas de compétitivité positive
ORGANISATION	<ul style="list-style-type: none"> • Organisation identique entre les UAP • Périmètre plus petit → meilleure gestion • Charge moyenne : 80-90 % 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 UAP au lieu de 3 → Organisation des services supports plus facile • Charge équivalente sur les 2 UAP • Polyvalence

CRITERES D'EVALUATION	3 X 3	5 + 4
ORGANISATION	<ul style="list-style-type: none"> • Formation à la maintenance et à la production • Besoin de 6 techniciens de maintenance (actuellement 4 personnes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Charge moyenne supérieure à 95%
SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Formation des opérateurs de production à la Maintenance • Charge technicien de maintenance = 50% donc doit réaliser des tâches de production 	<ul style="list-style-type: none"> • Charge du technicien de maintenance supérieure à la charge technique des îlots 3x3 donc pas de tâches de production réalisées par le technicien
BILAN	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de l'UAP peu coûteuse et quasi-immédiate • Vrai notion d'unité autonome (petit groupe de lignes) • Management et organisation plus faciles et unité plus performante. • Vrai risque social au niveau des techniciens de maintenance qui doivent faire des tâches de production. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement de lignes donc organisation plus coûteuse et plus difficile à mettre en place • Organisation hétérogène entre les deux UAP • UAP moins performante et moins souple. • Risque social maîtrisé

L'étude comparative des deux combinaisons possibles d'UAP montre que l'organisation en trois îlots de trois lignes présente plus de bénéfices que l'organisation en deux UAP (5 lignes + 4 lignes). Cette organisation en 3x3 a donc été choisie pour le service de conditionnement Formes Sèches. Il existe, malgré tout, un risque social majeur à maîtriser : le technicien de maintenance devra, au sein de l'UAP, effectuer des tâches de production.

Ensuite une étude de faisabilité a été réalisée pour évaluer quelles lignes regrouper entre elles au sein des îlots. Pour cela, des simogrammes, représentant le pourcentage d'occupation de l'opérateur, ont été réalisés pour chacune des lignes de conditionnement. Les simogrammes nous apportent par conséquent la charge totale des opérateurs par heure de production. La charge horaire nous montre que, ponctuellement un opérateur peut être en surcharge lors d'une pause machine tournante (seul sur la ligne) par exemple ou lors d'un

changement de lot et/ou de format car il est occupé à 100 % sur le changement. C'est pourquoi, nous prenons en compte la charge moyenne de l'opérateur lors d'une équipe équivalent à 7,80 heures et lors d'une semaine type.

Au sein de chaque cellule de trois lignes, plusieurs combinaisons entre les différentes lignes ont été simulées pour obtenir trois UAP de charges de travail équilibrées. Les trois îlots retenus sont alors composés des lignes suivantes :

- C 90-2, Marchésini et C 90-6 avec une charge moyenne de 90 % par opérateur ;
- C 90-3, C 90-4 et C 90-5 avec une charge moyenne de 82 % par opérateur ;
- C 90-1, Uhlmann Hop et C 60-2 avec une charge moyenne de 88 % par opérateur.

Cette situation future avec les trois UAP est représentée sur la Figure 50, ci-dessous.

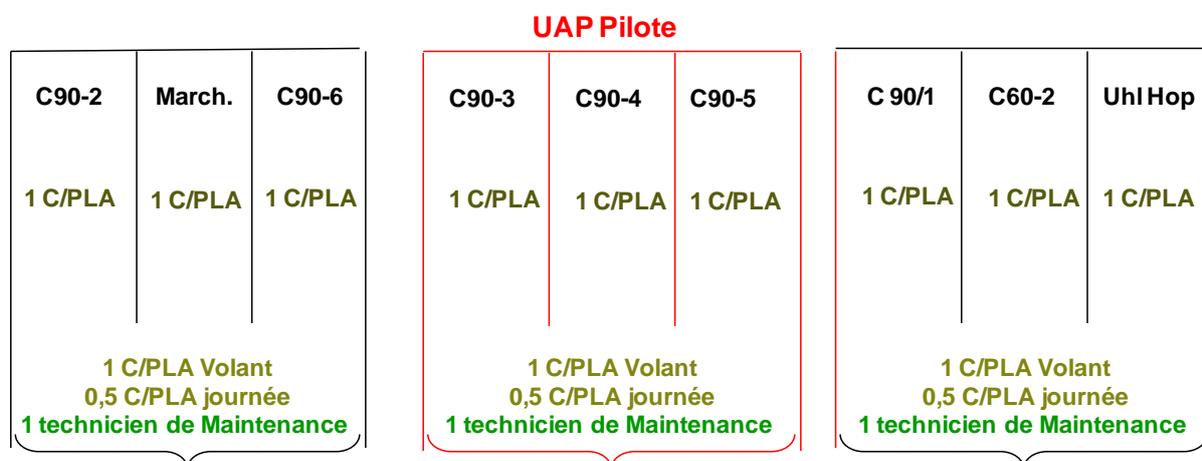


Figure 50 : Représentation schématique de la situation future du service Conditionnement Formes Sèches.

Les avantages de cette répartition sont les suivants :

- Deux lignes rapides et une ligne lente par îlot ;
- Configuration déjà existante donc pas de déplacement de lignes ;
- Polyvalence des opérateurs au sein de chaque îlot ;
- Charge moyenne par opérateur quasi-équilibrée entre les îlots (comprise entre 80 et 90 % alors que d'autres combinaisons d'îlots présentaient des charges supérieures à 90 %).

Cette situation future en UAP comporte alors 16,5 personnes (5,5 personnes par îlot) en main d'œuvre directe par équipe et aucune personne en main d'œuvre indirecte, ce qui signifie que l'on a donc un gain de 1,5 personne par équipe. Mais cette réduction de main d'œuvre devra être justifiée par des modifications techniques (par exemple, la mise en place d'un palettiseur automatique) afin de réduire la charge de travail des opérateurs.

Le choix de l'UAP pilote a porté sur les trois lignes C90-3, C90-4 et C90-5. Nous allons donc expliquer dans la partie suivante pourquoi ce choix d'UAP pilote et quels ont été ses résultats.

II.2 L'UAP pilote

Les trois lignes choisies pour l'UAP pilote étaient les lignes C90-3, C90-4 et C90-5 pour plusieurs raisons :

- Charge de travail équivalente pour les trois lignes sur les trois ans à venir contrairement aux deux autres îlots où il y aura une baisse d'activité ;
- Opérateurs de ces trois lignes déjà polyvalents ;
- Opérateurs motivés et impliqués dans les méthodes du Lean (SMED, TRS...).

Les opérateurs de ces trois lignes étaient donc les plus à même de participer à cette UAP pilote. Après des réunions de travail pour la mise en place de l'UAP pilote, des travaux ont eu lieu (mise en place de palettiseur automatique) puis le fonctionnement de cette première unité autonome de production a commencé début 2012.

Les résultats ont ensuite été évalués au fil des mois :

- **Gain de huit points de TRS** à fin septembre 2012 par rapport à 2011 (Figure 51) avec un gain important pour la C90-4 en raison de la mise en place d'un palettiseur automatique pour remplacer la palettisation manuelle.

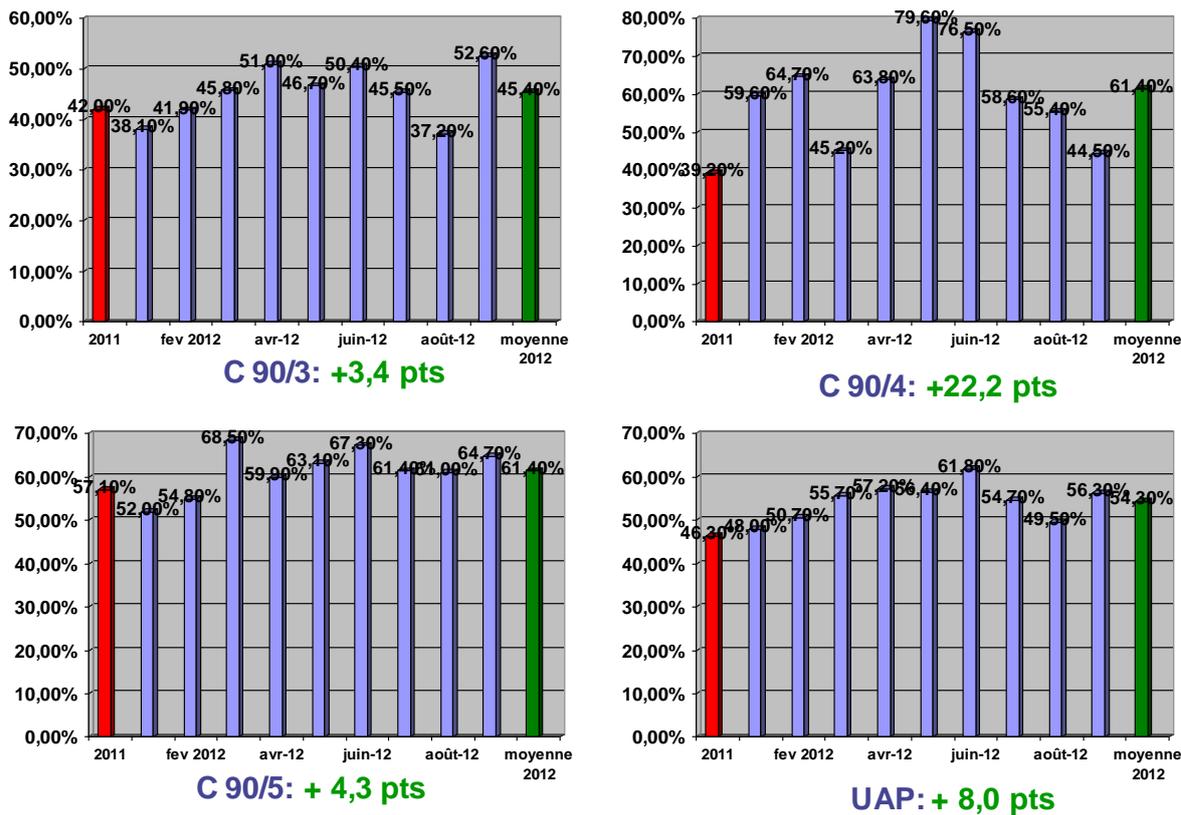


Figure 51 : Gain de TRS de l'UAP pilote (2012 versus 2011).

- Diminution des temps de changements :
 - Réduction d'un tiers des temps de changement de type 1 (changement de présentation) ;
 - Réduction de moitié des temps de changement de type 3 (changement de produit).
- Amélioration de la productivité comme représentée sur la Figure 52 : gain de 3299 heures sur les neuf premiers mois de l'UAP pilote;

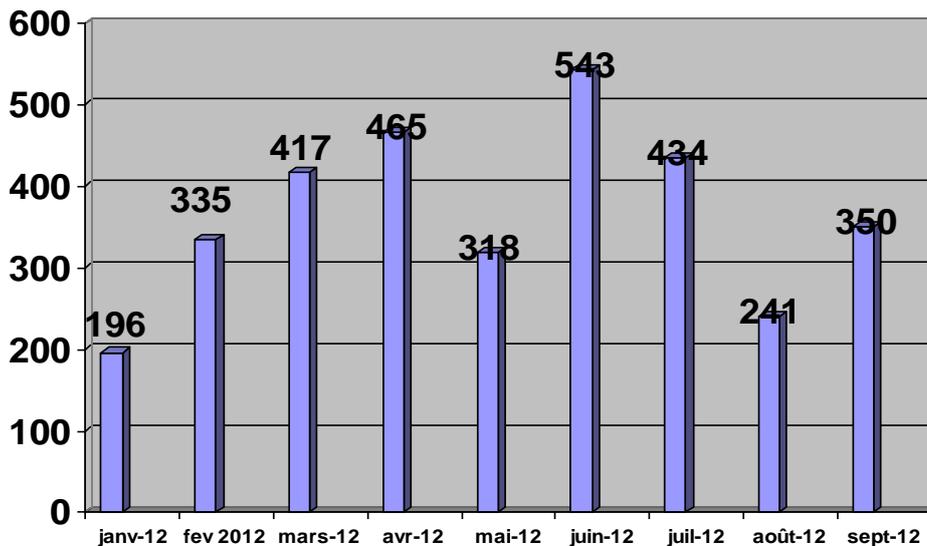


Figure 52 : Gain de productivité en heures de janvier à septembre 2012.

- Amélioration de la disponibilité technique comme représentée sur la Figure 53;

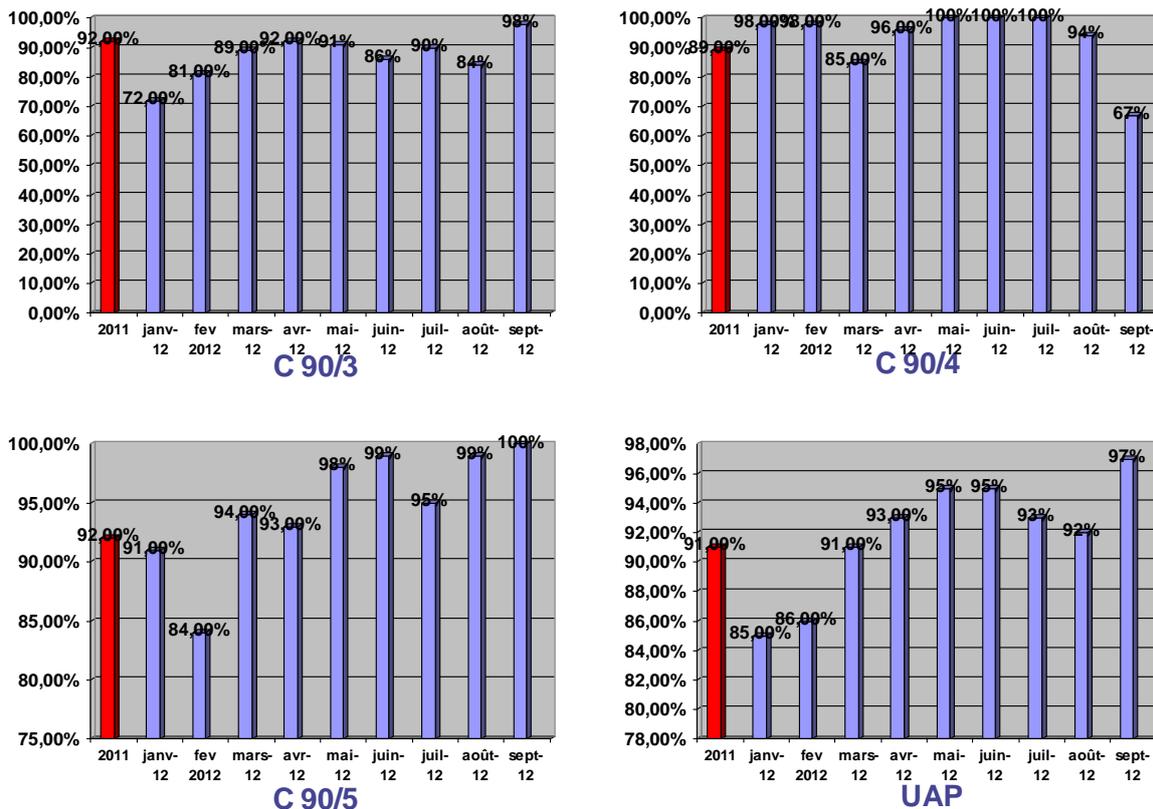


Figure 53 : Amélioration de la disponibilité technique de 2011 à fin septembre 2012.

- Formation du technicien de maintenance à la production ;
- Développement des compétences pour atteindre une polyvalence ;
- Satisfaction des opérateurs de conditionnement et des techniciens de maintenance ;
- Conservation des pauses machine tournante ;
- Mise en place des réunions +QDCI quotidiennes et de réunions transverses hebdomadaires.

Ainsi les différents bénéfices de l'UAP pilote, exposés dans cette partie, montre bien le succès de cette première unité autonome de production.

Ceci a donc incité le site à déployer une deuxième UAP toujours au sein du même service.

III. Mise en place de l'UAP n°2

Les résultats de l'UAP pilote étant positifs, la mise en place de la deuxième UAP, se composant des lignes IMA C90-2, Marchésini, IMA C90-6, a alors débuté.

III.1 L'organisation et le déroulement du projet

Pour assurer un management du projet efficace et réactif, il convient de répartir les différents intervenants du projet en fonction de leur rôle et de leur responsabilité.

Cette répartition se fait en trois pôles :

- **La Maitrise d'ouvrage (M.O.A)** dont le rôle est d'exprimer les besoins, de définir les objectifs, de financer, d'assurer le management global du projet...
- **La Maitrise d'œuvre (M.O.E)** dont le rôle est de concevoir, de spécifier, de surveiller et de coordonner la réalisation. La M.O.E s'engage sur les objectifs.
- **Le groupe de travail** dont le rôle est d'étudier, analyser, proposer des solutions et mettre en œuvre les réalisations.

La Figure 54 représente les membres de la M.O.A et de la M.O.E. Tous les corps de métiers y sont présents afin de prendre en compte tous les aspects du projet, aussi bien la logistique que la qualité ou encore les finances.

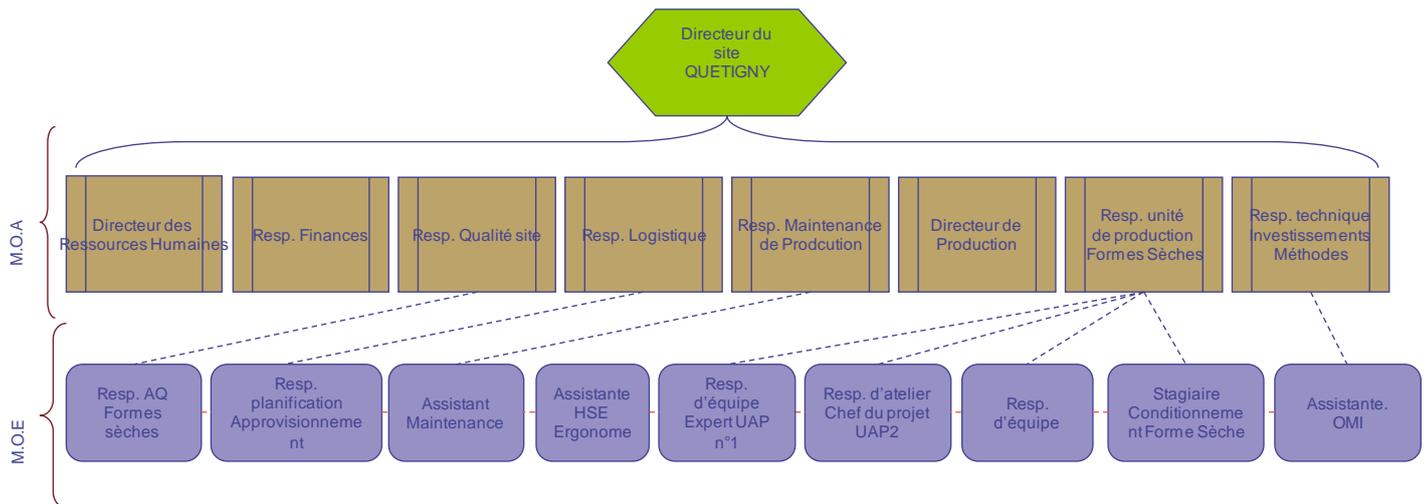


Figure 54 : Organigramme des pôles M.O.A et M.O.E.

Afin d'assurer la coordination et l'animation de la M.O.E. Les membres de la M.O.A ont désigné un chef de projet. Son rôle est de :

- Coordonner et animer la M.O.E ;
- S'assurer du respect des objectifs en termes de délais, performance et coûts ;
- Négocier et mettre au point le contrat de projet ;
- Assurer l'interface entre la M.O.A et la M.O.E ;
- Assurer la remontée d'informations de synthèse vers la M.O.A.

Quant au groupe de travail, il réunit l'ensemble de la M.O.E ainsi que l'ensemble des intervenants terrain du projet, c'est-à-dire les opérateurs des lignes, les techniciens de maintenance... Ces acteurs sont indispensables pour la réalisation et le bon fonctionnement du projet à mettre en place puisque ce sont eux qui apportent le plus de solutions pour la mise en place d'une UAP optimale.

Au sein du groupe de travail, les services suivants sont donc présents :

- Le service Conditionnement Formes Sèches (RE, RA, opérateurs...)
- Le service Maintenance (assistant et technicien de maintenance)
- Le service HSE (Ergonome et infirmière)
- Le service OMI (assistante Méthodes)
- Un intervenant extérieur pour l'implantation des lignes.

Au sein d'un projet regroupant de nombreux acteurs, il est important que chacun dispose de toutes les informations nécessaires. Pour cela, différentes réunions ont lieu (réunions M.O.A, M.O.E et groupe de travail). Le rôle du chef de projet est clé lors des réunions M.O.A car

c'est lui qui synthétise et remonte les informations issues des réunions M.O.E et des réunions avec le groupe de travail. De la même manière, il informe les membres du groupe de travail des décisions prises en réunions M.O.E et M.O.A.

Pour la mise en place de l'organisation et de l'implantation de l'UAP n°2, le groupe de travail s'est réuni de façon hebdomadaire pour analyser et examiner les actions engagées pour répondre aux objectifs fixés.

Ces réunions sont également un moyen d'obtenir un esprit d'équipe et de cohésion et permet à chacun de participer activement à son futur environnement de travail.

III.2 Les objectifs et les contraintes de l'UAP n°2

Durant les premières réunions du groupe de travail, le chef de projet a commencé par définir les objectifs et les contraintes du projet.

Les objectifs du projet se basent en partie sur les critères de réussite de l'UAP n°1 :

- Etre compétitif avec des gains CRI ;
- Améliorer la performance avec un gain TRS et de productivité ;
- Renforcer le travail d'équipe, l'autonomie sur le terrain et développer la polyvalence ;
- Apporter une nouvelle dynamique ;
- Gagner en flexibilité en diminuant les temps de changements ;
- Améliorer l'ergonomie ;
- Respectant les BPF et les règles HSE ;
- Améliorer la disponibilité technique.

L'implication et l'adhésion des opérateurs et des techniciens de maintenance est la clé de la bonne réussite de ce projet. Il est donc important que ceux-ci soient satisfaits de ce projet.

Les contraintes à respecter ont été définies au début de ce projet, elles doivent être respectées tout au long du projet :

- Etre **iso en terme de personnel**, c'est-à-dire être **5,5 personnes par équipe**⁶ (par exemple, au maximum les trois lignes tournent en 2x8, il y aura donc onze personnes présentes par jour : cinq personnes le matin, cinq personnes l'après-midi et une personne de journée) ;
- Améliorer les temps de changements (en priorisant les changements) ;

⁶ Les 5,5 personnes par équipe sont représentées par cinq personnes par équipe et une personne en journée. L'opérateur de journée est donc la moitié de son temps avec l'équipe du matin et l'autre moitié avec l'équipe d'après-midi, ce qui justifie les 0,5 des 5,5 personnes par équipe.

- Augmenter la disponibilité du technicien de maintenance (diminution des pannes, améliorations techniques...);
- Répartir les tâches du technicien de maintenance : 70% de maintenance et 30 % de production ;
- Conserver les pauses machine tournante des lignes C90-2 et C90-6 et mettre en place les pauses machine tournante de la ligne Marchésini.

Ensuite lors des réunions suivantes, après la présentation du projet, le groupe de travail a réfléchi à une nouvelle organisation et implantation de l'UAP n°2. Nous allons donc exposer ces aspects dans les deux parties suivantes.

IV. L'organisation globale de l'UAP n°2

Le groupe de travail, constitué entre autre d'opérateurs des lignes C90-2, Marchésini et C90-6, s'est réuni pour concevoir une organisation optimale de l'UAP.

Une des contraintes de l'organisation est d'être iso en nombre de personnes et de compter 5,5 personnes par équipe. L'organisation ainsi définie comprend :

- Trois opérateurs de conditionnement d'équipe,
- Un opérateur de conditionnement volant d'équipe,
- Un opérateur de conditionnement volant de journée,
- Un technicien de maintenance d'équipe.

Cette organisation permet d'avoir un référent technique unique et elle offre une grande disponibilité, notamment grâce à la flexibilité des opérateurs (deux opérateurs volants), ceci donne l'opportunité d'avoir trois opérateurs pour les changements de format.

Un opérateur de conditionnement sera affecté à une ligne de conditionnement. Les deux opérateurs, dits « volants » ne sont pas rattachés à un box de conditionnement mais à l'UAP. Ils ont pour but d'apporter de la flexibilité à l'unité, et sont des ressources supplémentaires d'aide à la production. Ils auront pour mission de participer aux changements, au tri et réaliseront principalement les tâches de palettisations et l'anticipation des dossiers de lots. Le technicien de maintenance, quant à lui, sera affecté à un maximum de tâches techniques. La totalité des charges d'aide à la production sera de 30% de son temps de travail. Le management sera matriciel. En effet il dépendra hiérarchiquement du service maintenance et sera rattaché à la production d'un point de vue fonctionnel.

IV.1 Analyse de la charge de travail et répartition des tâches

La charge de travail des opérateurs a été étudiée pour déterminer ensuite la répartition des tâches au sein de l'UAP n°2. La charge actuelle de travail lorsque les trois lignes fonctionnent, est présentée dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Charge actuelle de travail de chacune des lignes lors de la production.

Type de tâches	C90/2			Marchesini			C90/6		
	(en % d'heures)			(en % d'heures)			(en % d'heures)		
pilotage ligne	/1h	33%	33%	/1h	20%	20%	/1h	48%	48%
palettisation carton	/1h	17%	17%	/1h	12%	12%	/1h	N/A	N/A
Réglages	/1h	7%	7%	/1h	10%	10%	/1h	13%	13%
Approvisionnement	/1h	7%	7%	/1h	6%	6%	/1h	13%	13%
Réalisation raccords	/2h	0%	9%	/2h	7%	0%	/1h	18%	18%
Contrôles en cours	/2h	4%	0%	/2h	0%	4%	/2h	0%	4%
Retraitement	/1h	25%	25%	/1h	6%	6%	/1h	10%	10%
Evacuation palette PF	/1h	5%	5%	/2h	0%	6%	/1h	11%	11%
Temps préparation raccords	/2h	7%	0%	/2h	0%	4%	/2h	8%	0%
Administratif	/1h	4%	4%	/1h	4%	4%	/1h	4%	4%
TOTAL		109%	107%		65%	72%		125%	121%
moyenne		108%			69%			123%	

Sur le Tableau 5, les tâches des opérateurs, lorsque ceux-ci sont en production, ont été listées. Certaines des tâches sont à effectuer constamment pendant la production et d'autres sont à effectuer toutes les 2 heures (cellules grisées du Tableau 5).

Exemple :

Si la ligne tourne à sa cadence nominale, l'approvisionnement des fûts sur la C90-6 (encadré rouge du Tableau 5) doit être réalisé toutes les 45 minutes, c'est-à-dire 1,33 fois par heure et sachant que cette tâche prend environ 6 minutes, cela correspond en pourcentage d'heure à :

$$1,33 \times 6 \approx 8 \text{ minutes soit } (8/60) \times 100 \approx 13 \% \text{ d'occupation par heure.}$$

D'autres tâches, comme les contrôles (test d'étanchéité...), sont réalisées toutes les deux heures environ (encadré vert du Tableau 5) et prennent environ 2 minutes et 30 secondes, cela correspond donc à :

$$(2,5/60) \times 100 \approx 4 \% \text{ d'occupation une heure sur deux.}$$

Nous remarquons que, d'une heure à l'autre, la charge de travail est plus ou moins élevée. Cependant si nous faisons la moyenne les charges de travail de chacune des lignes en production, nous obtenons :

- 108 % d'occupation pour la ligne C90/2 ;

- 69 % d'occupation pour la ligne Marchésini ;
- 123 % d'occupation pour la ligne C90/6.

Les tâches de la ligne Marchésini peuvent être affectées à un seul opérateur mais ce n'est pas le cas pour les deux autres lignes de production puisque pour des raisons d'ergonomie et de bien-être au travail, le taux d'occupation de chaque opérateur ne doit pas excéder 80 %.

Au sein de l'UAP n°2, l'objectif est donc d'affecter un opérateur par ligne et les autres opérateurs sont dit « volants ». Les opérateurs « volants » aident donc les opérateurs dits de « conditionnement » (un opérateur de conditionnement par ligne) à produire et réduisent ainsi leur charge de travail. Des modifications techniques doivent également être apportées pour réduire la charge de travail de chacune des lignes.

Pour avoir une organisation optimale, il a été nécessaire de répartir les tâches entre opérateurs. Ainsi suite aux réunions du groupe de travail, la répartition suivante a été établie (Tableau 6)

Tableau 6 : Répartition des tâches selon les opérateurs.

Type de tâches	OP - C90/2		OP - Marchésini		OP - C90/6		OP VOLANT					
	(en % d'heures)		(en % d'heures)		(en % d'heures)		(en % d'heures)					
Pilotage ligne	/1h	33%	33%	/1h	20%	20%	/1h	38%	38%			
aide pilotage ligne C90/6	/1h								/1h	10%	10%	
Palettisation carton	/1h			/1h	12%	12%	/1h					
Réglages	/1h	7%	7%	/1h	10%	10%	/1h	13%	13%			
Approvisionnement	/1h	7%	7%	/1h	6%	6%	/1h					
Réalisation raccords	/2h	0%	7%	/2h	7%	0%	/1h	16%	16%			
Réalisation raccords C90/6									/1h	2%	2%	
Contrôles en cours	/2h	4%	0%	/2h	0%	4%	/2h	0%	4%			
Retraitement	/1h	15%	15%	/1h	6%	6%	/1h	5%	5%			
Retraitement C90-2									/1h	10%	10%	
Retraitement C90-6									/1h	5%	5%	
Evacuation palettes PF	/1h			/2h	0%	6%	/1h		/1h			
Evacuation palettes PF C90-2				/1h	5%	5%			/1h			
Evacuation palettes PF C90-6									/1h	11%	11%	
Temps de préparation raccords	/2h	7%	0%	/2h	0%	4%	/2h					
Temps préparation raccords C90/6									/2h	8%	0%	
Administratif	/1h	4%	4%	/1h	4%	4%	/1h	4%	4%	/1h		
TOTAL		77%	73%		70%	77%		76%	80%		46%	38%
MOYENNE		75%		74%		78%		42%				

Sur le Tableau 6, en rouge sont représentées les suppressions ou réductions de charges de travail dues à des modifications techniques des lignes, par exemple la mise en place d'un palettiseur automatique sur la C90-2 qui engendre une suppression des 17 % de charge de palettisation des cartons par heure (Tableau 5). En vert sont représentées les tâches dont la charge est répartie de manière différente, par exemple (encadré vert du Tableau 6), l'opérateur de conditionnement de la ligne C90-6 réalisent 38 % du pilotage de la ligne (approvisionnement des étuis, contrôles réguliers des produits finis, suivi de la production...)

tandis que l'opérateur volant d'équipe l'aide à raison de 10 % par heure. Dans cette nouvelle organisation, seul les opérateurs de conditionnement (trois opérateurs par équipe) et l'opérateur volant d'équipe se répartissent la charge de travail lorsque les trois lignes tournent (pas de changement et pas de pause machine tournante).

Lorsque les trois lignes sont en fonctionnement, le rôle de l'opérateur volant est donc principalement d'aider à la production sur la ligne C90-6 et un peu sur la C90-2. Le technicien et l'opérateur de journée ne sont donc pas occupés lors de cette configuration. Leur rôle sera principalement d'anticiper et d'aider lors des changements de format et/ou de lots et de remplacer l'opérateur de conditionnement lorsqu'il prend sa pause.

Les gains dus aux modifications techniques (en rouge) et organisationnelles (en vert) des trois lignes sont présentés dans le Tableau 7 sous la forme d'un pourcentage d'occupation d'un opérateur par heure.

Les modifications apportées aux trois lignes pour aboutir à cette organisation sont les suivantes (Tableau 7).

Tableau 7 : Modifications permettant la réduction des charges de travail.

C90/2		C90/6		OP VOLANT	
Mise en place palettiseur automatique	-17%	Approvisionnement des comprimés par trémie à la place des fûts	-13%	pilotage ligne C90/6	10%
Raccords notice devant la ligne	-2%	pilotage ligne	-10%	Evacuation palettes PF C90-6	11%
Retraitement	-10%	raccords	-2%	Retraitement	15%
Evacuation palettes PF	-5%	retraitement	-5%	raccord C90/6	2%
		évacuation palettes PF	-11%	préparation raccords C90-6	8%
		préparation raccords	-8%		
TOTAL	-34%		-49%		46%

Cette organisation aboutit donc à un gain de 37 % par heure soit environ 22 minutes de temps de main d'œuvre directe (MOD).

IV.2 Réalisation de Simogrammes

Les simogrammes donnent accès au pourcentage d'occupation de l'opérateur. La deuxième étape est de rassembler ces données pour simuler une semaine de travail sur ligne de conditionnement.

Lors de la réalisation de ces simogrammes, la semaine a été simulée avec plusieurs changements de différents types (changement de lot et/ou de présentation et/ou de format) sur chacune des lignes. Les simogrammes apportent ainsi la charge de travail totale des opérateurs par heure de production. La charge horaire nous montre que, ponctuellement un

opérateur peut être en surcharge comme lors d'une pause tournante, mais cela étant une simulation d'une semaine type, le plus important est la charge moyenne de l'opérateur par équipe et sur la semaine.

La synthèse d'une semaine pour l'état actuel est représentée dans le Tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des taux d'occupation des opérateurs à l'état actuel.

	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi		moy par OP
	Matin	AM	Matin	AM	Matin	AM	Matin	AM	Matin	AM	
OP March	0,75	0,91	0,74	0,75	0,81	0,89	0,76	0,76	0,96	0,75	0,81
Op 1 C90-2	0,93	0,90	0,89	0,89	0,99	0,75	0,79	0,80	0,88	0,79	0,86
Op 1 C90/6	0,96	0,85	0,89	0,86	0,90	0,87	0,89	0,77	0,85	0,87	0,87
OP 2 C90/2	0,59	0,48	0,52	0,69	0,94	0,50	0,50	0,68	0,54	0,50	0,59
OP 2 C90/6	0,77	0,56	0,58	0,56	0,66	0,56	0,76	0,73	0,58	0,56	0,63
Moyenne des charges par équipe	0,80	0,74	0,72	0,75	0,86	0,72	0,74	0,75	0,76	0,69	0,75
Moyenne des charges par équipe et par semaine	0,75		Moyenne des charges : équipe matin/semaine		0,78		Moyenne des charges : équipe AM/semaine				0,73

La charge moyenne par semaine est donc de 75 % pour les cinq opérateurs présents sur les trois lignes.

L'état futur de l'UAP n°2 a également été établie, nous obtenons les résultats présentés dans le Tableau 9, ci-dessous :

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des taux d'occupation des opérateurs à l'état futur (UAP n°2).

	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi		moy par OP
	Matin	AM	Matin	AM	Matin	AM	Matin	AM	Matin	AM	
OP March	0,83	0,79	0,85	0,78	0,81	0,75	0,80	0,82	0,87	0,78	0,81
OP C90-2	0,86	0,79	0,90	0,80	0,80	0,86	0,80	0,85	0,93	0,84	0,84
OP C90-6	0,88	0,87	0,92	0,84	0,84	0,88	0,87	0,85	0,91	0,85	0,87
OP volant	0,63	0,66	0,84	0,59	0,52	0,58	0,45	0,66	0,79	0,76	0,65
OP journée technicien	0,92	0,34	0,59	0,41	0,49	0,66	0,84	0,31	0,44	0,31	0,53
	0,21	0,20	0,59	0,09	0,19	0,32	0,20	0,42	0,70	0,20	0,31
moyenne charges /équipe	0,72	0,61	0,78	0,59	0,61	0,68	0,66	0,65	0,77	0,62	0,67
moyenne charges /équipe/sem	0,67		moyenne charges matin /sem		0,71		moyenne charges AM /sem				0,63

La charge moyenne par semaine de l'ensemble de l'UAP n°2 est donc réduite, elle est de 67 % pour les 5,5 personnes composant l'UAP n°2. Nous pouvons également remarquer que

la contrainte des 30% de production pour le technicien de maintenance est respectée (0,31 en moyenne sur la semaine).

Les tâches principales de chacun des opérateurs peuvent être synthétisées comme suit :

- **Tâches de l'opérateur de conditionnement d'équipe :**
 - Conduite de ligne,
 - Changements de tous types,
 - Maintenance préventive,
 - Pré-diagnostic des pannes.
- **Tâche de l'opérateur de conditionnement volant d'équipe et de journée :**
 - Aide à la conduite de ligne,
 - Changements de tous types,
 - Pauses machine tournante,
 - Palettisation et sortie des palettes de PF,
 - Anticipation et clôture des dossiers de lots,
 - Tris.
- **Tâches du technicien de maintenance :**
 - Diagnostique des pannes et dépannage,
 - Réglages,
 - Préventif et améliorations techniques,
 - Changements de format,
 - Nettoyage, ensachage, et suivi des pièces de formats,
 - Pauses machine tournante,
 - Liaison entre le service production et le service maintenance.

IV.3 Organisation retenue de l'UAP n°2

Toujours dans un esprit Lean, il est important de faire en sorte d'éviter au maximum les tâches à non-valeur ajoutée et notamment les allers-retours inutiles. C'est pourquoi il a été proposé lors des groupes de travail de modifier l'organisation des lignes de conditionnement (SAS, sortie palettiseur...).

La Figure 55 représente la disposition actuelle des trois lignes de l'UAP. Nous remarquons, sur cette figure, que deux opérateurs (un PLA et un opérateur de conditionnement) sont dédiés aux deux lignes rapides (C90-6 et C90-2) tandis que la ligne lente (Marchésini) est pilotée seulement par un PLA. Pour tout le service conditionnement Formes Sèches, il y a un PLA régleur par équipe et un outilleur en journée soit 1,5 personne par équipe pour le service (9 lignes de production), ce qui correspond à 0,5 personne par équipe pour les trois

lignes C90-2, Marchésini et C90-6. 5,5 personnes sont donc présentes pour ces trois lignes ainsi que 0,5 technicien issu du service Maintenance. Chacune des lignes est équipée, à l'arrière, d'un SAS d'approvisionnement de matières premières (comprimés, étuis, cartons, notices, vignettes...) tandis que les palettes de produits finis sortent à l'avant des lignes puis sont évacuées par les caristes.

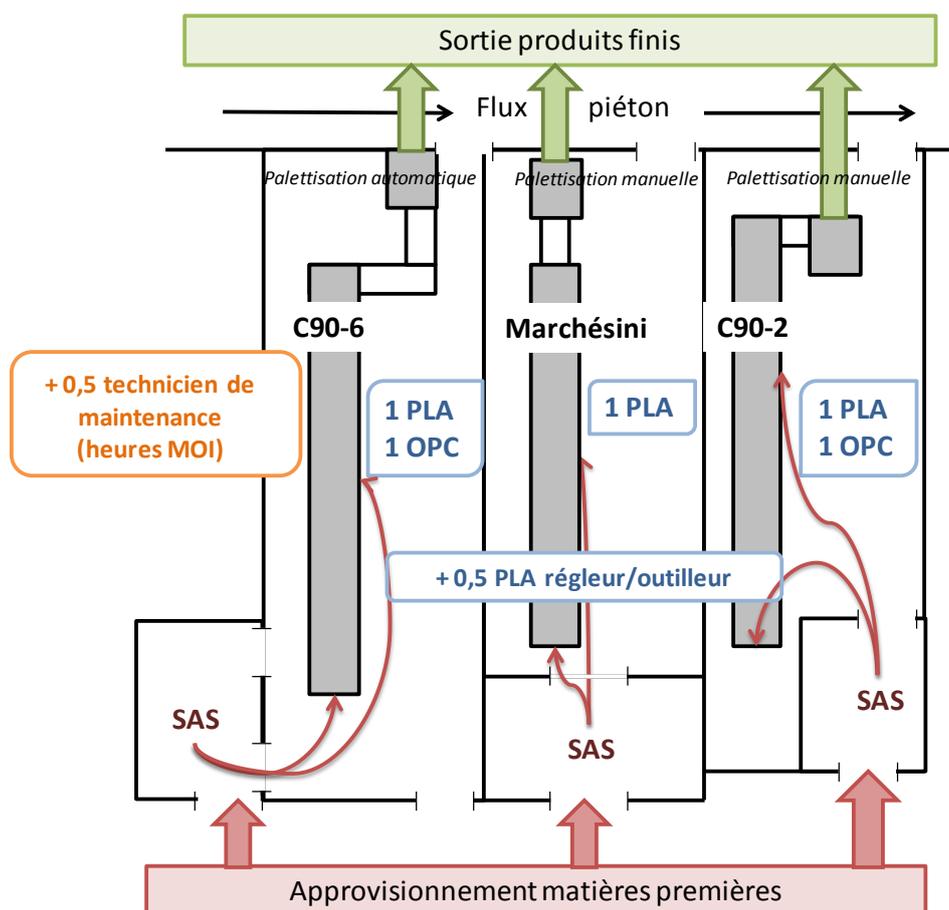


Figure 55 : Représentation schématique actuelle des lignes de l'UAP n°2.

La Figure 56 représente la situation future des trois lignes de l'UAP. Dans cette nouvelle configuration, les modifications d'organisation suivantes ont été effectuées :

- Un seul PLA par ligne (3 personnes en MOD/équipe);
- 1,5 opérateur volant dédié à l'UAP pour l'aide à la production (1,5 personne en MOD/équipe);
- 1 technicien de maintenance dédié à l'UAP (1 personne en MOD/équipe);
 - ➔ Soit 5,5 personnes (MOD) dans l'UAP future versus 6 personnes (5,5 MOD+0,5 MOI) dans l'organisation actuelle.

L'implantation de l'UAP est également modifiée :

- Mise en place d'un palettiseur automatique sur la C90-2 pour supprimer la palettisation manuelle ;
- Créations de SAS ;
- Création d'un espace de communication dédié à l'UAP ;
- Regroupement des sorties de produits finis.

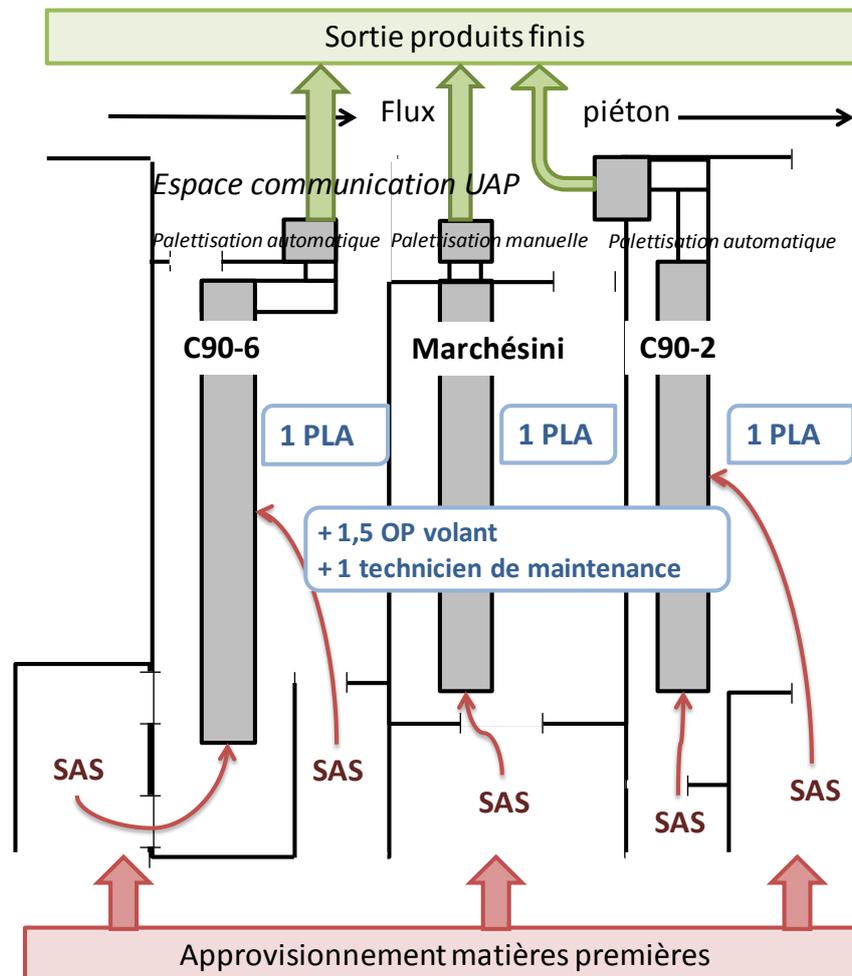


Figure 56 : Représentation schématique future de l'UAP n°2.

Ces deux schémas (situation avant et après UAP) permettent ainsi de synthétiser les modifications principales de l'UAP.

IV.4 Gestion des pauses machine tournante

La gestion des pauses est importante car l'objectif de performance (gain TRS) peut être atteint en partie par le remplacement des pauses. En effet, lors d'une pause machine

tournante, le temps requis est augmenté puisque la machine n'est pas à l'arrêt et donc le TRS sera plus élevé. Il s'agit donc d'un gain TRS assuré.

Ainsi lorsque les opérateurs de conditionnement des lignes C90-2 et C90-6 partent en pause, ils sont remplacés par les opérateurs volants d'équipe et de journée. A leur retour, l'opérateur de conditionnement de la ligne Marchésini ira en pause et sera remplacé par l'opérateur volant de journée. Cette organisation est représentée sur la Figure 57.

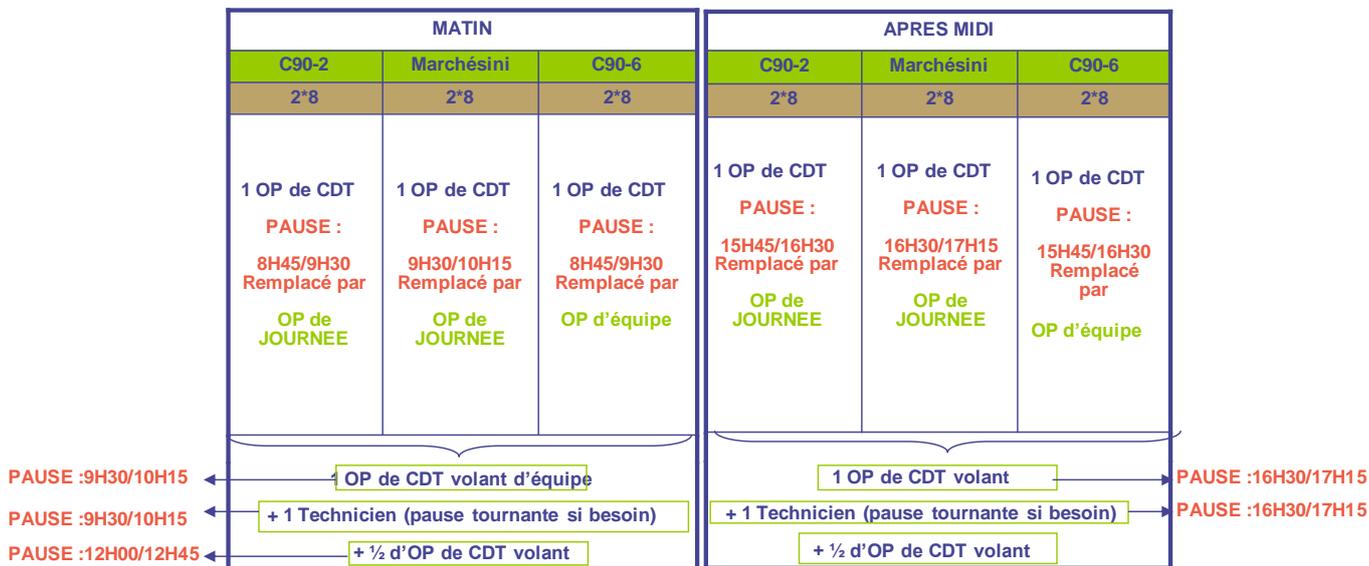


Figure 57 : Gestion des pauses machine tournante.

Cette organisation des pauses est une aide au bon fonctionnement de l'UAP n°2 mais les aléas étant nombreux en production, celle-ci doit être adaptée en temps réel pour un fonctionnement optimal.

IV.5 Gestion du personnel en fonction de l'ouverture des lignes

La bonne gestion des lignes de production est capitale pour le bon fonctionnement de l'UAP. Actuellement, l'activité ne permet pas un fonctionnement constant des lignes C90-2, Marchésini et C90-6 en 2x8. C'est pourquoi les disponibilités des machines et la gestion du personnel en fonction doivent être prévues au sein de l'UAP. Ce chapitre présente les différents cas de fonctionnement des lignes. Il prend en compte le nombre de personnes utile pour garantir une performance et une organisation optimale.

Les deux lignes C90-2 et C90-6 sont deux lignes à cadence élevée donc dites « rapides », elles occupent donc de façon importante les opérateurs comme nous avons pu le voir dans une partie précédente (§ IV.1) avec une charge élevée de travail. Quant à la ligne Marchésini,

elle a une cadence plus faible que les deux autres lignes. Ainsi en fonction de la ligne arrêtée, le nombre de personnes dédiées à l'UAP ne sera pas le même, comme représenté sur le Tableau 10, ci-dessous :

Tableau 10 : Nombre de personnes dédiées à l'UAP n°2 en fonction des lignes arrêtées.

Lignes en fonctionnement (en noir) et à l'arrêt (en rouge)	Nombre de personnes par équipe	Décomposition du nombre de personnes au sein de l'UAP n°2
C90-2 Marchésini C90-6	5,5 personnes	3 opérateurs de conditionnement d'équipe 1 opérateur volant d'équipe 1 technicien de maintenance d'équipe ½ opérateur volant de journée
C90-2 Marchésini C90-6	3,5 personnes	2 opérateurs de conditionnement d'équipe 1 technicien de maintenance d'équipe ½ opérateur volant de journée
C90-2 Marchésini C90-6	4,5 personnes	2 opérateurs de conditionnement d'équipe 1 opérateur volant d'équipe 1 technicien de maintenance d'équipe ½ opérateur volant de journée
C90-2 Marchésini C90-6	3,5 personnes	2 opérateurs de conditionnement d'équipe 1 technicien de maintenance d'équipe ½ opérateur volant de journée

Les combinaisons peuvent également être différentes selon qu'une ligne fonctionne le matin et pas l'après-midi et vice-versa.

La Figure 58 représente le cas le plus probable, c'est-à-dire que la ligne C90-2 fonctionne de 5h00 à 20h30 (en 2x8) et les lignes C90-6 et Marchésini fonctionnent en 1x8.

	Matin			Après - Midi		
Lignes	C90-2	Marchésini	C90-6	C90-2	Marchésini	C90-6
Fonctionnement des lignes	2*8	1*8	0*8	2*8	0*8	1*8
	1 OP de CDT	1 OP de CDT	Ligne arrêtée	1 OP de CDT	Ligne arrêtée	1 OP de CDT
	1 technicien de maintenance + 1/2 OP volant (journée)			1 OP volant + 1 technicien de maintenance + 1/2 OP volant (journée)		
Total OP au sein de l'UAP	3,5 Personnes			4,5 personnes		

Figure 58 : Cas le plus fréquent : C90-6 et Marchésini en 1x8 et C90-2 en 2x8.

Dans le cas présenté sur la Figure 58, le nombre de personnes dans l'équipe du matin est de 3,5 et dans celle de l'après-midi, il est de 4,5 ; soit au total 8 personnes par jour dont 6,6 en production et 1,4 en maintenance car d'une part, le technicien de maintenance est occupé à raison de 70 % en maintenance ($0,7 \times 2$ techniciens = 1,4 personne) et de 30 % en production ($0,3 \times 2$ techniciens = 0,6 personne) et d'autre part, les autres opérateurs sont occupés à 100 % en production (6 personnes).

IV.6 Gestion du personnel en fonction des changements sur ligne

Les changements peuvent être de différents types :

- Changement de présentation : type 1 (T1) ;
- Changement de lot : type 2 (T2) ;
- Changement de produit : type 3 (T3).

La ligne C90-6 étant mono-produit, elle ne présentera pas de changement de produit.

Le concept du SMED est de réduire au maximum les temps de changements afin de produire à nouveau le plus rapidement possible et l'objectif de cette UAP étant de diminuer les temps de changements, la priorité sera sur les changements. En effet, les opérateurs volants anticiperont les changements en préparant le dossier de lot de la commande suivante et ils aideront au maximum les opérateurs du conditionnement lors du changement. Le but est donc de mettre toutes les ressources humaines possibles sur les changements (2 voire 3 personnes sur un même changement).

Ainsi l'organisation a été définie également en fonction des changements et de l'heure à laquelle ils peuvent apparaître.

La Figure 59 représente le cas où l'une des lignes est en changement T1 ou T2.

Organisation des changements T1 et T2

		Fonctionnement des lignes		
Horaires		C-90/2 en T1/T2	Marchésini en T1/T2	C90/6 en T1/T2
Horaire avant journée	5h00			
	6h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	7h00	+	+	+
	8h00	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe
	9h00			
Horaire de journée	10h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	11h00	+	+	+
	12h00	1 OP volant de journée	1 OP volant de journée	1 OP volant de journée
	13h00	ou	ou	ou
	14h00	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe
	15h00			
	16h00			
Horaire après journée	17h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	18h00	+	+	+
	19h00	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe
	20h00			
	20h30			

Figure 59 : Gestion du personnel en fonction des changements de présentation et de lot.

Lors d'un changement de type 1 ou 2 sur une des lignes de conditionnement, deux personnes réalisent ce changement. Cependant si deux changements de type 1 ou 2 ont lieu en même temps sur deux lignes différentes, une des deux lignes sera lésée.

La Figure 60 représente le cas où l'une des lignes (Marchésini ou C90-2) est en changement de type 3 (T3). Le changement de type 3 est assez long car il nécessite, en plus des T1 et T2, un changement et nettoyage des pièces de format, un nettoyage des box et lignes de conditionnement et des réglages au redémarrage. Le nombre de personnes réalisant le changement de format est donc si possible de 3 personnes, principalement sur la C90-2 qui est une ligne rapide.

Organisation des changements T3

		Fonctionnement des lignes	
Horaires		C-90/2 en T3	Marchésini en T3
Horaire avant journée	5h00	1 OP de CDT	
	6h00	+	1 OP de CDT
	7h00	1 OP volant	+
	8h00	+	TECHNICIEN
	9h00	TECHNICIEN	
Horaire de journée	10h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	11h00	+	+
	12h00	1 OP volant de journée	1 OP volant de journée
	13h00	ou	ou
	14h00	1 OP volant d'équipe	1 OP volant d'équipe
	15h00	+	+
16h00	TECHNICIEN	TECHNICIEN	
Horaire après journée	17h00	1 OP de CDT	
	18h00	+	1 OP de CDT
	19h00	1 OP volant	+
	20h00	+	TECHNICIEN
	20h30	TECHNICIEN	

Figure 60 : Gestion du personnel en fonction des changements de format (T3).

Si deux changements ont lieu en même temps (un T1/T2 et un T3), l'opérateur volant d'équipe aide d'abord sur le T1/T2 pour redémarrer la ligne dès que possible puis, il aide ensuite sur le T3 si celui-ci n'est pas fini (Figure 61).

Organisation des changements T1/T2+T3

		Fonctionnement des lignes	
Horaires		1 LIGNE EN T3	1 LIGNE EN T1/T2
Horaire avant journée	5h00		
	6h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	7h00	+	+
	8h00	TECHNICIEN	1 OP volant d'équipe
	9h00		
Horaire de journée	10h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	11h00	+	+
	12h00	1 OP volant de journée	
	13h00	+	1 OP volant d'équipe
	14h00	TECHNICIEN	(+aide sur C90/6 si C90/2 et march en chgt)
	15h00		
Horaire après journée	16h00		
	17h00	1 OP de CDT	1 OP de CDT
	18h00	+	+
	19h00	TECHNICIEN	1 OP volant d'équipe
	20h00		
20h30			

Figure 61 : Gestion du personnel lors d'une ligne en T3 et une ligne en T1/T2.

Le rôle du technicien lors des changements de type 3 est important car c'est lors des changements de format qu'il peut apporter des améliorations techniques et contribuer à des

réglages fiables. Il est également responsable des pièces de format, de leur état, de leur propreté et de leur rangement dans les armoires de formats.

V. La préparation de l'UAP n°2

V.1 Descriptif des travaux et estimation de leur coût

Lors des réunions du groupe de travail, le plan actuel (Figure 62) a été repris par chacun afin d'être amélioré.

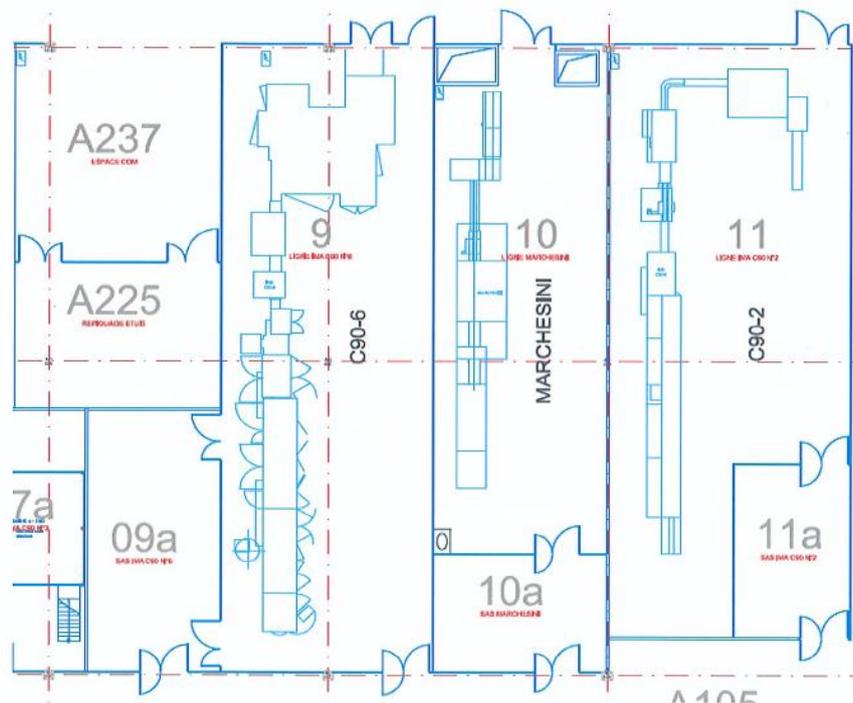


Figure 62 : Plan actuel des trois lignes de conditionnement C90-2, Marchésini et C90-6.

Suite aux propositions de chacun, un plan idéal a été établi. Le plan de la future UAP n°2, synthétisant les modifications retenues par chaque membre du groupe, est alors représenté sur la Figure 63.

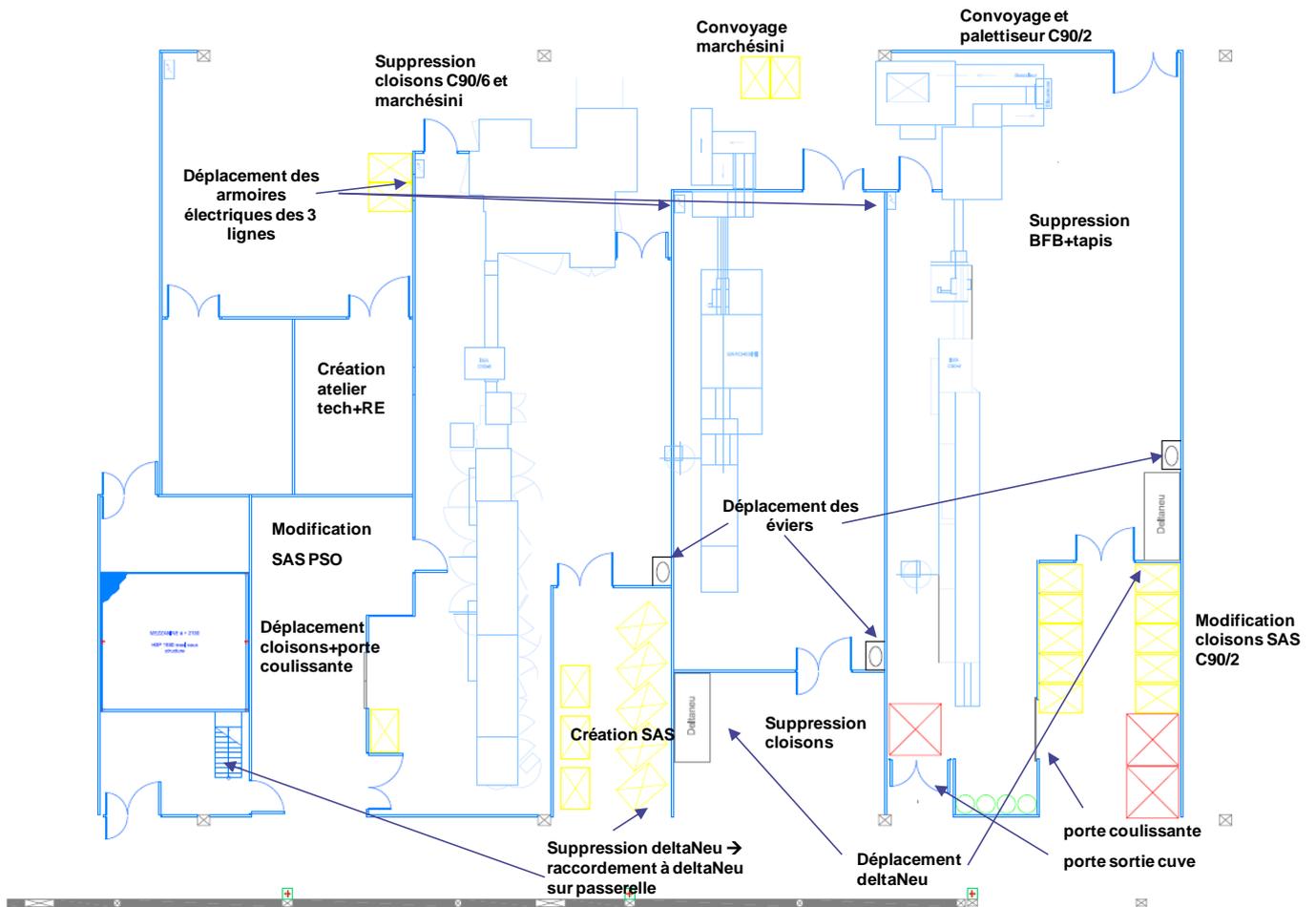


Figure 63 : Nouvelle implantation de l'UAP n°2.

Les modifications particulières sont notifiées sur la Figure 63 et répertoriées dans le Tableau 11. Le coût a été estimé pour chacune des modifications.

Tableau 11 : Modifications techniques apportées aux lignes et leur coût.

Modifications	Estimation (en k€)
C90/6	
création sas	
suppression deltaneu C90/6 et raccordement deltaneu sur passerelle	
porte coulissante sas C90/6	
modification cloison C90/6	
déplacement évier (arrivée air et eau)	
SOUS-TOTAL C90/6	
Marchésini	
déplacement évier	
suppression cloisons sas	
Convoyeur	
SOUS-TOTAL MARCHESINI	
C90/2	
modification sas (cloisons)	
porte coulissante sas	
porte sortie cuve	
déplacement delta neu	
déplacement évier (arrivée air et eau)	
suppression fardeleuse BFB + tapis	
palettiseur (revamping+mise en place+moteur)	
encartonneuse	
convoyeur	
basculeur	
retourneur	
étiqueteuse	
SOUS-TOTAL C90/2	
création atelier tech+bureau RE	
déplacement armoires électriques des 3 lignes	
modification cloisonnement des 3 têtes de lignes	
TOTAL	

En complément des modifications techniques apportées sur les lignes et des modifications de cloisons, une part du budget est dédiée à l'ergonomie de l'UAP n°2.

Dans cette nouvelle implantation, certaines cloisons seront supprimées, notamment au niveau des sas afin de faciliter aux caristes l'approvisionnement sur palette des matières premières (MP) et au niveau des têtes de lignes pour créer un espace de palettisation commun aux trois lignes, ce qui diminuera les déplacements de l'opérateur volant chargé de la sortie des palettes de PF. Dans cet espace, deux gaines de traitement d'air ne sont plus en fonction, elles vont donc être supprimées, ce qui permettra d'agrandir cette zone, qui servira également d'espace de communication dédié à l'UAP avec la mise en place du management visuel (tableau +QDCI).

Les *Delta Neu* (équipements de traitement d'air), les éviers et certaines cloisons seront déplacée toujours dans le but de supprimer les mouvements inutiles, la place sera donc optimisée.

Des portes coulissantes seront mises en place entre certains sas et certains box de conditionnement pour faciliter l'approvisionnement des palettes de MP et des cuves ou fûts de comprimés sur les lignes.

Un sas sera créé pour la C90-6, ce qui permettra d'avoir les MP au plus près du lieu où elles sont nécessaires et cela réduit les déplacements de palettes effectués par l'opérateur. A l'arrière de ligne C90-6, le sas comportera les comprimés en fûts, les palettes de notices, car leur approvisionnement sur ligne se fait à l'arrière de la ligne, tandis que le nouveau sas comportera les palettes d'étuis, d'aluminium et de PVC, dont l'approvisionnement est à l'avant de la ligne ; ce nouveau sas évite donc aux opérateurs de passer avec les palettes au bout de la ligne où le passage est étroit.

La nouvelle organisation comportant un technicien de maintenance et un RE dédié à l'UAP, un atelier sera créé pour ces deux personnes.

Enfin pour limiter les risques ergonomiques, la palettisation automatique étant recommandée, les deux lignes rapides seront équipées d'un palettiseur automatique. Quant à la ligne lente (Marchésini), la palettisation restera manuelle et sera assurée par l'opérateur de cette ligne.

Un palettiseur automatique est déjà existant sur la C90-6, il sera donc, uniquement, mis en place sur la C90-2.

De plus, la mise en place d'un palettiseur automatique augmente la souplesse et l'agilité de l'UAP en améliorant la disponibilité des opérateurs. Ce qui est d'autant plus important car les lignes rapides nécessitent une sortie des palettes de PF toutes les vingt minutes, ce qui occupera déjà fréquemment l'opérateur volant.

Lors des réunions du groupe de travail, de nombreuses solutions ont été envisagées pour chacune des lignes. Cependant toutes les propositions ne peuvent pas être réalisées pour différentes raisons :

- Faisabilité (HSE, qualité, logistique...)
- Coût important et apport financier peu ou non rentable
- ...

V.2 Réalisation du macro-planning

Lors d'un projet, il est important de garder à l'esprit les objectifs et les délais à tenir. La réalisation d'un macro-planning, comme représenté sur le Tableau 12, permet de savoir si les délais sont respectés et si aucun retard n'est pris.

Sur le Tableau 12, les différentes étapes de modification sont listées, les rectangles de couleur permettent de savoir sur quelles semaines doivent être réalisés les différents travaux. Selon ce planning, les travaux devraient se terminer en février 2013.

V.3 Management de l'UAP n°2

Après la réalisation des travaux, le redémarrage des trois lignes de conditionnement en unité autonome de production est prévu en 2013. Lors du lancement de la production en mode UAP, le management est primordial. Un responsable d'équipe en journée sera dédié à l'UAP n°2. Son rôle est très important car il doit en quelque sorte « orchestrer » l'unité et guider les opérateurs, principalement les opérateurs volants et les techniciens de maintenance.

V.3.1 Les opérateurs et techniciens de l'UAP n°2

Les techniciens de maintenance doivent être au nombre de deux (équipe du matin et de l'après-midi). Ainsi un des techniciens sera issu du service « maintenance » tandis que l'autre technicien, issu du service « production » (opérateur de conditionnement initialement), sera donc formé pour acquérir les connaissances nécessaires au poste de technicien de maintenance. Ces deux techniciens seront rattachés hiérarchiquement au service « Maintenance ». De même, le technicien de maintenance issu de la maintenance devra également être formé à la production car il sera amené à réaliser des tâches de production à raison de 30% de son temps.

A long terme un autre opérateur de conditionnement de l'UAP suivra également une formation de maintenance pour assurer le remplacement d'un technicien de maintenance lors d'absences ou congés.

Les objectifs sont ainsi de :

- Optimiser la disponibilité technique ;
- Préparer les congés ;
- Mieux appréhender les absences non prévues.

V.3.2 Le responsable d'équipe de l'UAP n°2

Le responsable d'équipe sera de journée et durant ses horaires, il sera garant de la gestion de l'UAP n°2 :

- Management du personnel (animation, gestion des congés, entretien de développement du personnel...);
- Management de la production (affectation du personnel sur ligne de conditionnement, management des pauses machine tournante et des changements, améliorations,...);

- Gestion des outils Lean (gestion du management visuel, mise à jour des indicateurs de management visuel,...) ;
- Management de la qualité (fiche de déviation, réclamation client, gestion de la documentation des lignes,...) ;
- Management de la sécurité.

Il peut également être amené à faire quelques tâches de production comme du tri ou encore aider au changement de type 3

Un leader UAP (opérateur de conditionnement) devra également être formé, notamment sur l'aspect « management de la production », pour assurer le remplacement du RE pendant les horaires hors journée et en cas d'absence du RE.

V.3.3 Le Management visuel

Le management visuel est un outil Lean permettant de suivre le bon fonctionnement de l'UAP, les indicateurs nous informent sur les problèmes existants.

Le management visuel sera donc déployé sur l'ensemble de l'UAP à l'aide d'un unique tableau +QDCI et de plans d'actions associés, qui seront également pour les trois lignes.

Pour illustrer le management visuel, la photographie ci-dessous (Figure 64) représente le tableau du +QDCI de l'UAP n°1. Nous pouvons y voir les différents indicateurs du +QDCI dans l'encadré rouge (feuilles mensuelles « sécurité », « qualité », « délais », « coûts » et « implication »), les plans d'actions (encadré vert) correspondant à chaque indicateur et les règles et consignes de l'UAP (encadrés bleus).



Figure 64 : Photographie du tableau du +QDCI de l'UAP n°1.

Le déroulement de la gestion du management visuel s'organise de la manière suivante :

- Le matin, à son arrivée, le RE se rend sur chacune des lignes de conditionnement et recense les problèmes de la veille et ceux du jour. Il vérifie le remplissage des indicateurs du +QDCI et de la production planifiée horaire.
- Le même matin, avant le début des pauses machine tournante, le RE, le technicien de maintenance, et les services supports nécessaires se regroupent pour réaliser la réunion quotidienne, qui dure environ quinze minutes. Ils vérifient les indicateurs du +QDCI et l'avancement des actions en cours avec le PDCA. En fonction des indicateurs du +QDCI, une ou deux nouvelles actions peuvent être lancées.
- Le soir, avant la fin de leur poste, chaque opérateur de chaque ligne réalise la production planifiée horaire du lendemain puis un des opérateurs remplit les indicateurs +QDCI. Le remplissage s'établit comme suit :
 - 0 ou 1 ligne à l'objectif = une croix rouge ;
 - 2 lignes à l'objectif = un triangle orange ;
 - 3 lignes à l'objectif = un rond vert.

Une réunion hebdomadaire a également lieu avec les acteurs de l'UAP n°2 et les services supports, elle permet de faire un bilan sur la semaine et de revenir sur les points critiques, par exemple des arrêts de ligne fréquents dus à la même cause...

Lors de ces réunions au sein de l'UAP n°2, la synergie « maintenance-production » est très importante pour améliorer la fiabilité des lignes.

V.3.4 Evaluation de la performance

Le suivi de la performance permettra à terme d'évaluer les gains de cette UAP et de justifier les investissements apportés lors de ce projet.

L'indicateur le plus parlant pour cela est le taux de rendement synthétique (TRS). Le TRS sera suivi pour chacune des lignes et pour l'ensemble de l'UAP n°2. Les objectifs du TRS seront également fixés pour chacune des lignes et pour l'ensemble des trois lignes.

Le suivi des fiches PRÉSC (fiche de standard de changement) de chacune des lignes permettra également d'évaluer si le temps standard dédié à un type de changement est respecté voire même s'il est amélioré puisqu'un des objectifs de l'UAP est d'améliorer les temps de changements.

Ainsi le fonctionnement de l'UAP n°2 repose sur de nombreux principes du Lean (la suppression des tâches à non-valeur ajoutée, le *Monozukuri*, le SMED, le management visuel...) afin d'obtenir des produits de meilleure qualité à moindre coût et ce dans un environnement plus ergonomique pour le personnel. Le principe de l'UAP repose également sur un point fondamental du Lean : le terrain ou Gemba avec un management participatif des opérateurs, qui sont à la base de l'entreprise, comme le représente la pyramide inversée (Figure 29). Le principe d'UAP apporte ainsi un gain en autonomie et permet de faire grandir le personnel, de le faire évoluer en leur apportant de nouvelles compétences.

CONCLUSION

Il y a plusieurs décennies, naît, au sein des industries automobiles japonaises, un concept répondant aux volontés des entreprises à réduire leurs coûts de production : le Lean Manufacturing. Comme de nombreuses entreprises, les laboratoires pharmaceutiques adoptent de plus en plus cette philosophie afin d'atteindre l'excellence industrielle, tant au niveau de la qualité, de la sécurité que des coûts.

Dans cette thèse, les projets pratiques présentés ont permis de visionner comment les outils du Lean Manufacturing peuvent être appliqués en production pharmaceutique. L'utilisation de ces outils permet aussi de comprendre comment tendre vers un même objectif : la réduction des tâches à non-valeur ajoutée tout en améliorant l'organisation, l'environnement et surtout les conditions de travail.

Malgré les contraintes supplémentaires qu'a l'industrie pharmaceutique quant aux Bonnes Pratiques de Fabrication, le déploiement du Lean ne s'y oppose pas ; au contraire, il y participe en mettant en avant le besoin du client, la qualité et le coût du médicament.

Cependant les outils du Lean doivent être utilisés avec précaution et adaptés à l'environnement car le risque est de se perdre dans la multitude d'informations et d'outils existants et d'en oublier le bien-être de chacun au sein de l'entreprise.

Table des annexes

Annexe 1.	Grille d'évaluation du 5S dans l'atelier de la pommade P.	143
Annexe 2.	Fiche PRéSC initiale de l'atelier de la pommade P (Recto).	144
Annexe 3.	Fiche PRéSC initiale de l'atelier de la pommade P (Verso).	145
Annexe 4.	Nouvelle fiche PRéSC de l'atelier de la pommade P (Recto).....	146
Annexe 5.	Nouvelle fiche PRéSC de l'atelier de la pommade P (Verso).....	147
Annexe 6.	Simogramme des opérateurs des lignes Uhlmann Hop et pommade P.	148
Annexe 7.	Simogramme des opérateurs des lignes Uhlmann Hop et pommade P avec un opérateur en journée.	149

ANNEXES

Annexe 2. Fiche PRÉSC initiale de l'atelier de la pommade P (Recto).

• Ligne: Atelier ,

• Opérateurs:
..... / /

• Code PF: Avant:..... Après:.....

• N° de lot: Avant:..... Après:.....

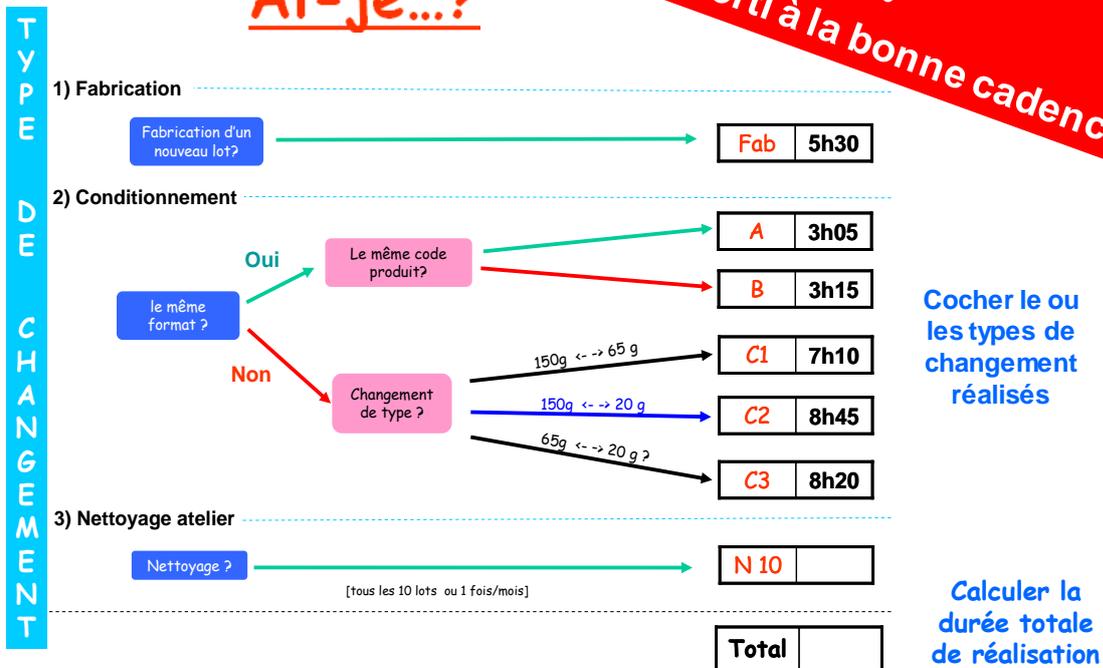
DEBUT		FIN	
Date	Heure	Prévue	Réelle
... .. / ... ..	... .. H / /
	... .. H ... ..	... .. H ... ..	... .. H

DUREE REELLE
= Heure de fin réelle - heure de début

... .. H

- Du dernier carton sorti de l'encaisseuse...
EN CHANGEMENT
 ...Au premier carton sorti à la bonne cadence -

Ai-je...?



Mis à jour le 02/07/2010

Annexe 3. Fiche PRÉSC initiale de l'atelier de la pommade P (Verso).

STANDARD de CHANGEMENT				ECARTS au STANDARD et Explications																																							
Check list des étapes de changement...				ATTENTE										ORGANISATION										TECHNIQUE																			
..dès le dernier carton sorti de l'encaisseuse																																											
Compléter par X les changements et étapes réalisés (cases hachurées = NA)																																											
Ai-je un changement CDT?		Tps min	Ai-je ? A B ou C	AC	SF	Dossier / IC	Déclon RE	Service technique	Outils / format	Outil (cf de 13.)	Consommables (gants)	Résultats QdL	QdP	Autre :	Fraise	Changement d'étape	Opérateur	Fonction	Réunion	Problème dossier	Problème GPAO	1 personne pour	Validation /	Qualification	Essai (exceptionnel)	supplémentaire	Nettoyage	Transfert matière / cuverie	Autre :	Nettoyage / Remontage	Montage	Marquage	Remplisseuse	Encartonneuse	Traus profond	Encasseuse	Palettiseur	Réglages	Remontage	Trémie ZnO	Remontage	Debit-mètre	Autre :
Fin de conditionnement du lot A																																											
Arrêt du FRYMA et de la circulation pommade																																											
Nettoyage des installations																																											
Rangement Notice + Etais																																											
Calculer et flasher retours AC																																											
Clôre dossier de lot A																																											
Vérification des quantités retours AC sur GPAO																																											
Saisie temps MOD et machine sur GPAO																																											
Sortir dernière palette																																											
Sortir retours AC																																											
Dépôt dossier de lot A et prélèvements																																											
Préparation conditionnement du lot B																																											
Contrôle des documents et des AC réceptionnés																																											
Introduction des AC dans l'atelier																																											
Mise en place des AC dans magasin																																											
Changement des marquages																																											
Réalisation de la tare																																											
RAZ installations + installation rouleau étiquettes																																											
Contrôle VDL																																											
Ouverture dossier de lot B																																											
Ai-je une fabrication?		Tps min	FAB																																								
Préparation Fabrication																																											
Opérations préliminaires local ZnO																																											
Opérations préliminaires local cuverie chaude																																											
Opérations préliminaires local Fabrication																																											
Fabrication																																											
Post Fabrication																																											
Soufflage garnitures emulseur																																											
Vidange égout double enveloppe																																											
Mise en circulation de la pommade																																											
Nettoyage du local ZnO																																											
Clôture dossier de fabrication																																											
Saisie GPAO																																											
Ai-je un nettoyage Type 1 ? (Tous les 10 lots ou 1 fois / mois)		Tps min	N 10																																								
Nettoyage cuve BHA																																											
Décontamination circuit de refroidissement garnitures emulseur																																											
Nettoyage cuve Guerin type 1																																											
Heure de Début :				Commentaires si écart pendant la fabrication :																																							
Heure de Fin :																																											
Heure de Début :				Commentaires si écart pendant le nettoyage :																																							
Heure de Fin :																																											
Dès le premier carton sorti à la bonne cadence, réglages inclus...																																											
...je clôture ma fiche de changement et je poursuis ma production du lot B																																											

Annexe 4. Nouvelle fiche PRÉSC de l'atelier de la pommade P (Recto).

- Du dernier carton sorti de l'encaisseuse...
EN CHANGEMENT

J'identifie

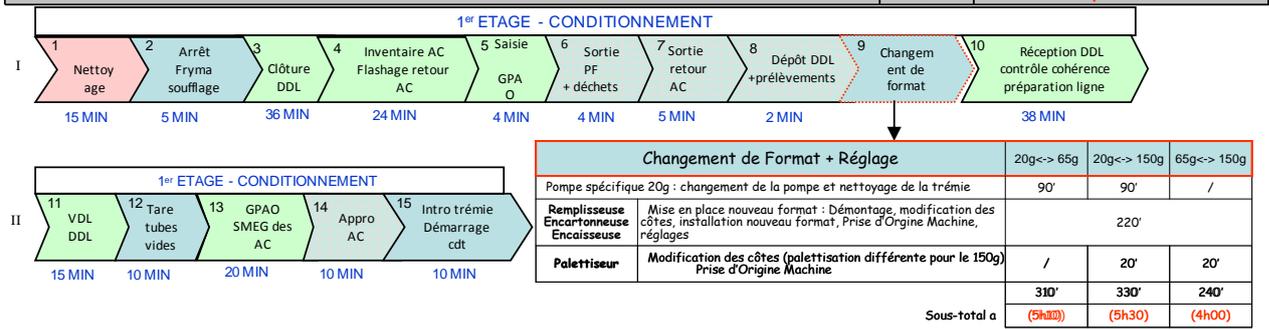
Début du changement

Date / / Heure :H.....

Equipe	OP1		Avant	Après
Matin	.....	Code produit :	.....	.....
Après - midi	.....	N° Lot	.....	.....
Nuit	.....		

Je définis le temps standard du changement

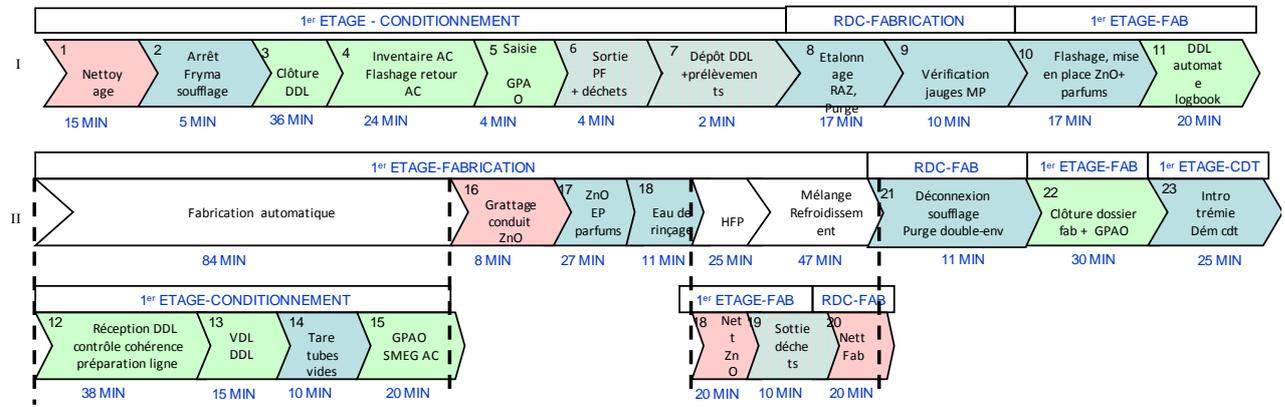
CAS 1: Même lot, présentation différente, avec... Temps du changement **198' + options format (3h18) + options format**



Fin Prévue
Fin Réelle
Ecart

Date : / / Heure : h Date : / / Heure : h
 Durée attendue (Cas 1 + ss total a)h - Durée Réelle :h =h

CAS 2: Même produit, même présentation, lot différent... Temps du changement **422' (7h02)**

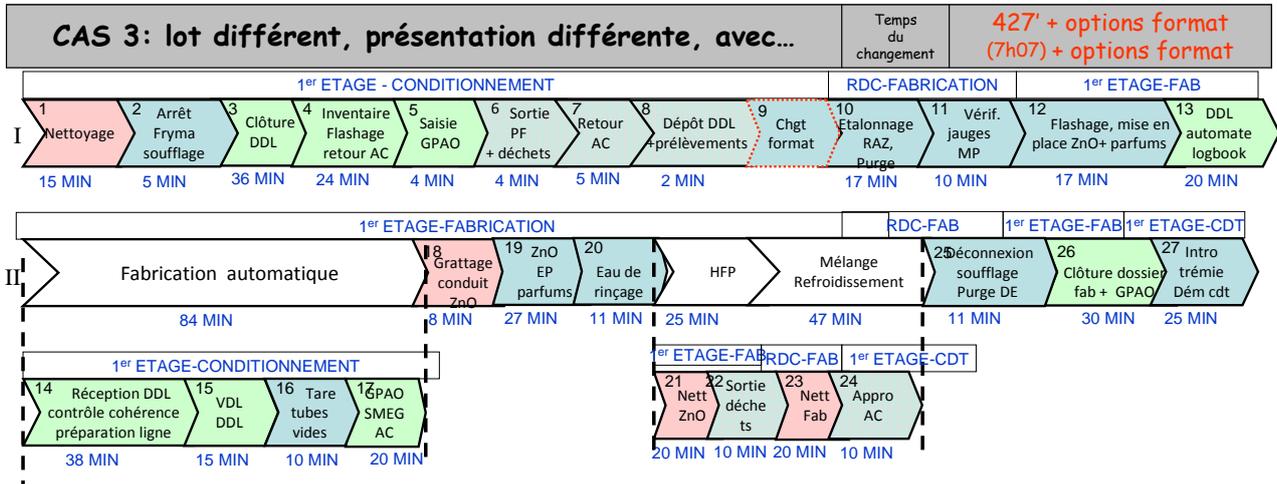


Annexe 5. Nouvelle fiche PRÉSC de l'atelier de la pommade P (Verso).

Fin Prévue
Fin Réelle
Ecart

Date : /...../..... Heure : h Date : /...../..... Heure : h

Durée attendue (Cas 2) h - Durée Réelle



Changement de Format + Réglage		20g<-> 65g	20g<-> 150g	65g<-> 150g
Pompe spécifique 20g : changement de la pompe et nettoyage de la trémie		90'	90'	/
Remplisseuse Encartonneuse Encaisseuse	Mise en place nouveau format : Démontage, modification des côtes, installation nouveau format, Prise d'Origine Machine, réglages	220'		
Palettiseur	Modification des côtes (palettisation différente pour le 150g) Prise d'Origine Machine	/	20'	20'
Sous-total a		310' (5h10)	330' (5h30)	240' (4h00)

Fin Prévue
Fin Réelle
Ecart

Date : /...../..... Heure : h Date : /...../..... Heure : h

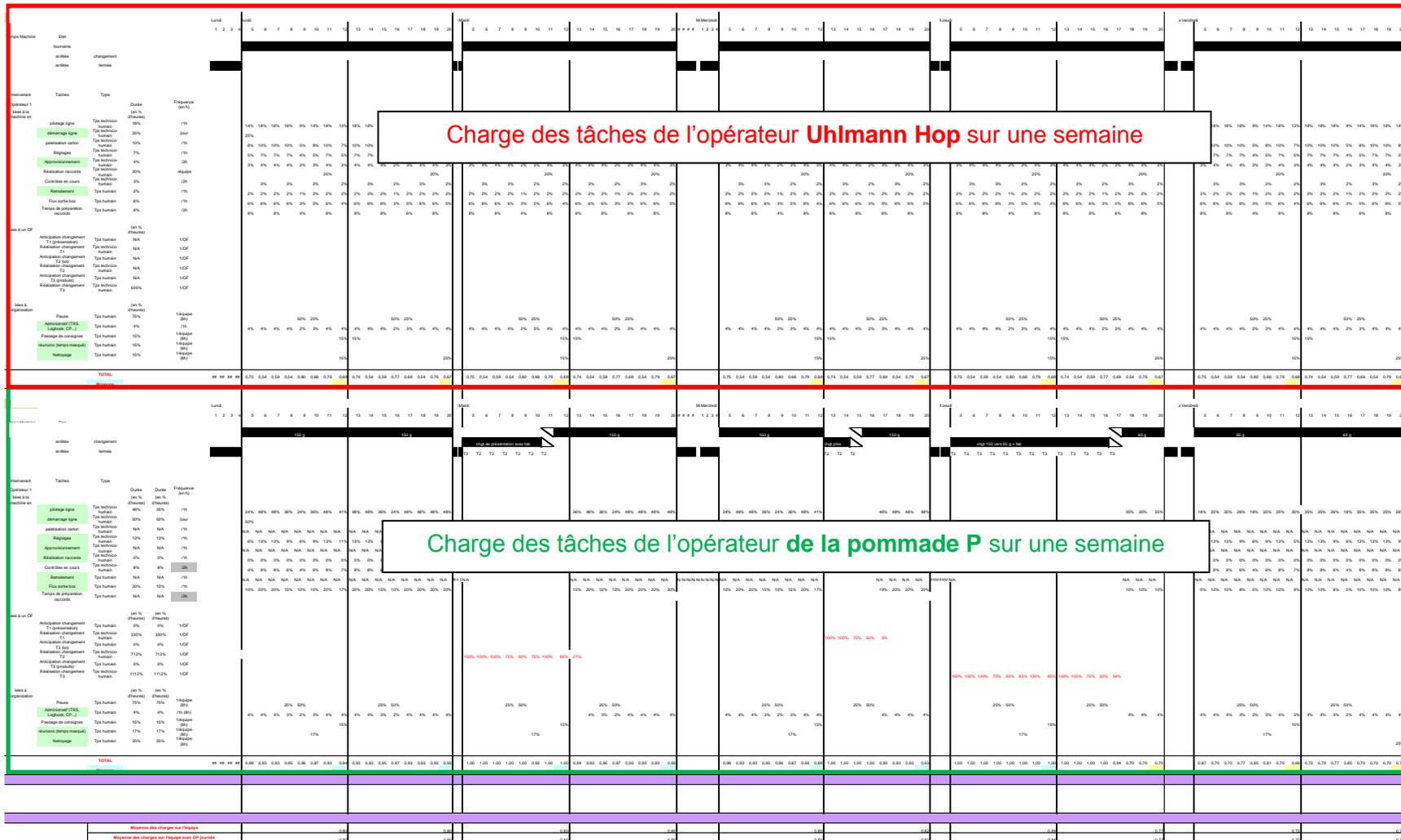
Durée attendue (Cas 3 + ss total a) h - Durée Réelle : h = h

Je justifie mes écarts au standard (si l'écart > à 5min)

Attente	Ecart en min			Organisation	Ecart en min			Technique	Ecart en min		
	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3		Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3		Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
AC				Pause				Remplisseuse			
SF				Changement d'équipe				Encartonneuse			
Dossier/TC				Formation Opérateur				Rotanotice			
Décision RE				Réunion				Datamatrix			
Service technique				Problème dossier				Encaisseuse			
Outils/Format machine				Problème GPAO				Balance Garvens			
Outil (clé de 13...)				Validation / Qualification				Tapis courbe			
Laverie non dispo				Nettoyage supplémentaire				Étiqueteuse carton			
Consommable (gants...)								Palettiseur			

Commentaires :

Annexe 6. Simogramme des opérateurs des lignes Uhlmann Hop et pommade P.



BIBLIOGRAPHIE

- [1]. WOMACK, J.P., JONES, D.T. et ROOS, D. The machine that changed the world. *New York: Rawson Associates*. 1990.
- [2]. MELTON, T. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*. 2005, vol. 83, no. 6, p. 662-673.
- [3]. PETITQUEUX, A. Implémentation Lean: application industrielle. *Techniques de l'Ingénieur. Génie industriel*. 2006, AG 5195, 22 p.
- [4]. ALIZON, F., SHOOTER, S. B. et SIMPSON, T.W. Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies*. 2009, vol. 30, p. 588-605.
- [5]. OHNO, T. The Toyota production system: Beyond large-scale production. *Portland: Productivity Press*. 1988.
- [6]. SHINGO, S. A revolution in manufacturing: The SMED system. USA: *Productivity Press*. 1985. ISBN: 0915299038.
- [7]. HICKS, B. J. Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*. 2007, vol. 27, p. 233-249.
- [8]. WOMACK, J. P. et JONES, D. T. Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. *London: Simon and Schuster*. 1996. ISBN: 0684810352.
- [9]. LYONS, A.C., VIDAMOUR, K., JAIN, R. et SUTHERLAND, M. Developing an understanding of lean thinking in process industries. *Production Planning & Control: The Management of Operations*. 2011. DOI:10.1080/09537287.2011.633576.
- [10]. WOMACK, J.P. et JONES, D.T. From lean production to the lean enterprise. *Harvard Business Review*. 1994, vol. 72, n°2, p. 93–104.

- [11]. McIVOR, R. Lean supply: the design and cost reduction dimensions. *European Journal of Purchasing and Supply Management*. 2001, Vol. 7, n°4, p. 227–242.
- [12]. FORZA, C. Work organisation in lean production and traditional plants: what are the differences? *International Journal of Operations and Production Management*. 1996, vol. 16, n°2, p. 42-62.
- [13]. GARNIER David. *La Value Stream Mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliqué à l'Industrie pharmaceutique*. Th : Pharmacie : Université Joseph Fourier, Faculté de Pharmacie de Grenoble : 2010.
- [14]. CASEGAS, M. La démarche Lean. 2012 - Conférence du Master Qualité du Médicament et des Produits de Santé, 27 janvier, Dijon.
- [15]. GRAMDI, J. Lean Management et excellence industrielle. *Techniques de l'Ingénieur. Génie industriel*. 2012, AG 4112, 14 p.
- [16]. FONTANILLE, O. ; CHASSEDE-BAROZ, E. ; CHEFFONTAINES, C. ; FREMY, O. et IZUMIMOTO, Y. *Pratique du Lean. Réduire les pertes en conception, production et industrialisation*. Paris, Dunod, 2010. ISBN: 978-2-10-053178-3.
- [17]. MONDEN, Y. Toyota Production System: An integrated approach to just-in-time. *Norcross, GA:Engineering and Management Press*. 1998.
- [18]. CHEN, J. C.; LI, Y. et SHADY, B. D. From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study, *International Journal of Production Research*. 2010, vol. 48, n°4, p. 1069-1086.
- [19]. STEVENSON, W. J. et MERGEN, A. E. Teaching Six Sigma concepts in a business school curriculum. *Total Quality Management & Business Excellence*. 2006, vol. 17, n° 6, p. 751-756.
- [20]. PILLET, M. *Six Sigma. Comment l'appliquer*. Editions d'Organisation: Eyrolles. 2004. ISBN: 978-2-7081-3029-6.
- [21]. FOUQUE, F. *Fiche outil n°1 – le DMAIC du 6 Sigma. Lean Six Sigma*. [Consulté le 28 juillet 2012]. Disponible en ligne sur : <http://leansixsigma.free.fr/>.

- [22]. XL Formations. *Qui sont acteurs des projets Lean Six Sigma*. [Consulté le 25 octobre 2012]. Disponible en ligne sur : <http://www.xl-sa.fr/formations/lean-six-sigma-certification/certification-lean-six-sigma/quels-sont-acteurs-des-projets-lean-six-sigma.html>.
- [23]. GATTI, T. TPM - Total Productive Management. *Techniques de l'Ingénieur. Génie industriel*. 2003, AG 4840, 14 p.
- [24]. Le cercle, Les échos. *Le management visuel, une opportunité de s'améliorer*. [Consulté le 03 septembre 2012]. Disponible en ligne sur: <http://lecercle.lesechos.fr/le-cercle-entrepreneur/developpement/221132298/le-management-visuel-une-opportunit-e-de-s-ameliorer>.
- [25]. FOUQUE, F. *Fiche outil n°29 – PDCA. Lean Six Sigma*. [Consulté le 07 août 2012]. Disponible en ligne sur : <http://leansixsigma.free.fr/>.
- [26]. ALLO, O.; BLANC, P. et DALMASSO, M-A. *Pharmacie galénique B.P., 2^{ème} éd.* Cahiers du préparateur en pharmacie. Collections Porphyre. 2005. p. 97. ISBN : 2-910228-96-7.
- [27]. FONTENEAU, J-M et KLUSIEWICZ, P. *Travaux pratiques de préparation et de conditionnement des médicaments*. Cahiers du préparateur en pharmacie. Collections Porphyre. 2008. p. 84-85. ISBN : 978-2-915585-50-6.
- [28]. ALLAIN, P. Pharmacorama. *Voies d'administration – Voie cutanée ou transdermique*. [Consulté le 26 octobre 2012]. Disponible en ligne sur : <http://www.pharmacorama.com/Rubriques/Output/Pharmacocinetiquea5.php>.
- [29]. ANSM. *Autorisation de Mise sur le Marché - Modification des codes identifiants de présentation dans les AMM de spécialités pharmaceutiques*. [consulté le 26 octobre 2012]. Disponible en ligne sur : [http://ansm.sante.fr/Activites/Autorisations-de-Mise-sur-le-Marche-AMM/Modification-des-codes-identifiants-de-presentation-dans-les-AMM-de-specialites-pharmaceutiques/\(offset\)/4](http://ansm.sante.fr/Activites/Autorisations-de-Mise-sur-le-Marche-AMM/Modification-des-codes-identifiants-de-presentation-dans-les-AMM-de-specialites-pharmaceutiques/(offset)/4).
- [30]. MAQUART, B. Inspection générale des affaires sociales. *La suppression de la vignette pharmaceutique - Evaluation des modalités de mise en œuvre*. IGAS, Rapport N°RM2012-095P. Juillet 2012, p. 9. [consulté le 26 octobre 2012].

Disponible en ligne sur : http://www.igas.gouv.fr/IMG/pdf/RM2012-095P_sans_signature.pdf.

[31]. INSEE. *Productivité INSEE – Définition et méthodes*. [Consulté le 05 août 2012].

Disponible en ligne sur :

<http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/productivite.htm>.

[32]. FOUQUE, F. *Fiche outil n°13 – les 5S. Lean Six Sigma*. [Consulté le 25 août 2012].

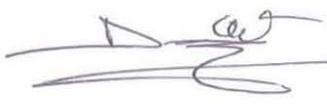
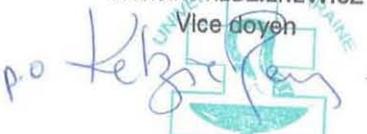
Disponible en ligne sur: <http://leansixsigma.free.fr/>.

[33]. OUATI. *Simogramme*. [Consulté le 26 août 2012]. Disponible en ligne sur :

<http://www.ouati.com/simogramme.html>.

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : le vendredi 30 novembre 2012 à 14 heures

<p align="center">DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE</p> <p>présenté par : Audrey THIERY</p> <p><u>Sujet</u> : Les outils du Lean Manufacturing appliqués à la production pharmaceutique : « Illustration avec deux projets pratiques ».</p> <p><u>Jury</u> :</p> <p>Président : Madame Francine KEDZIEREWICZ, Maître de Conférences.</p> <p>Directeur : Monsieur Benjamin DROUILLET, Pharmacien-Responsable Unité de Production Formes Sèches.</p> <p>Juges : Madame Véronique FALK, Maître de Conférences. Monsieur Jérôme HAISNE, Responsable d'Atelier.</p>	<p align="right">Vu,</p> <p align="right">Nancy, le 08 NOV. 2012</p> <p align="center">Le Président du Jury Directeur de Thèse</p> <p align="center">   </p>
<p align="center">Vu et approuvé,</p> <p align="center">Nancy, le 08 NOV. 2012</p> <p align="center">Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center">Francine KEDZIEREWICZ Vice doyen</p> <p align="center">  </p> <p align="center">Francine PAULUS</p> <p align="center">  </p>	<p align="right">Vu,</p> <p align="right">Nancy, le 12 NOV. 2012</p> <p align="center">Le Président de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center">   </p> <p align="center">Pierre MUTZENHARDT</p> <p>N° d'enregistrement : 5095</p>

N° d'identification :

TITRE

LES OUTILS DU LEAN MANUFACTURING APPLIQUES A LA PRODUCTION PHARMACEUTIQUE :
« ILLUSTRATION AVEC DEUX PROJETS PRATIQUES ».

Thèse soutenue le vendredi 30 novembre 2012

Par Audrey THIERY

RESUME :

De nos jours, l'industrie automobile japonaise Toyota est connue, dans toute sorte d'industrie, pour son système de production: la Toyota Production System ou « production au plus juste ». Après un vif succès notamment en termes de performance, productivité, flexibilité mais aussi qualité, ce système fût alors développé au fil des années pour aboutir à un nouveau mode de pensée : le Lean Manufacturing.

Un des principes les plus fondamentaux du Lean est l'élimination des gaspillages, c'est-à-dire que cette approche consiste à éliminer toutes les tâches à non-valeur ajoutée au travers d'une amélioration continue. Ainsi depuis quelques années, les industries pharmaceutiques cherchent, elles aussi, à gagner en performance, en implantant ce système.

Le but de cette thèse est d'expliquer cette approche et d'illustrer son déploiement au sein d'un laboratoire pharmaceutique. Cette thèse, composée dans un premier temps d'une présentation du Lean Manufacturing et de ses outils, sera illustrée par deux projets pratiques :

- Le lancement d'un chantier Lean au sein d'un atelier de production d'une pommade ;
- La mise en place d'une unité autonome de production regroupant trois lignes de conditionnement de comprimés.

Cette mise en pratique a été réalisée lors d'un stage en industrie pharmaceutique au sein d'une unité de production. Ces deux projets concrets apportent une vision possible de l'utilisation des outils issus du Lean Manufacturing.

MOTS CLES : Lean Manufacturing, performance industrielle, chantier, unité autonome de production, production pharmaceutique.

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
Monsieur Benjamin DROUILLET	Industrie Pharmaceutique SANOFI	Expérimentale <input checked="" type="checkbox"/> Bibliographique <input checked="" type="checkbox"/> Thème 6

Thèmes

1 – Sciences fondamentales	2 – Hygiène/Environnement
3 – Médicament	4 – Alimentation – Nutrition
5 - Biologie	6 – Pratique professionnelle