



**HAL**  
open science

# La value stream mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliquée à l'industrie pharmaceutique

David Garnier

## ► To cite this version:

David Garnier. La value stream mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliquée à l'industrie pharmaceutique. Sciences pharmaceutiques. 2010. dumas-00593118

**HAL Id: dumas-00593118**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00593118v1>**

Submitted on 13 May 2011

**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.

UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER  
FACULTÉ DE PHARMACIE DE GRENOBLE

---

Année : 2010

N°

LA VALUE STREAM MAPPING :  
UN OUTIL DE REPRÉSENTATION DES PROCÉDÉS ET  
DE RÉFLEXION POUR L'AMÉLIORATION LEAN  
APPLIQUÉ À L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

THÈSE PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE  
DOCTEUR EN PHARMACIE

DIPLÔME D'ÉTAT

**David GARNIER**

Né le 19 Juin 1986 à Échirolles (38)

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE GRENOBLE

**Le Lundi 13 Décembre 2010**

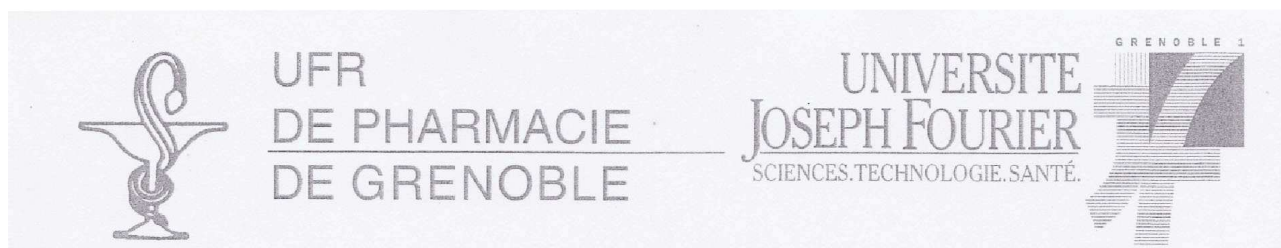
DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

Professeur Aziz BAKRI – *Président du Jury*

Monsieur Fabien MANGIONE – *Directeur de Thèse*

Madame Gülgün ALPAN – *Membre du Jury*

Madame Nawel KHALEF – *Membre du Jury*



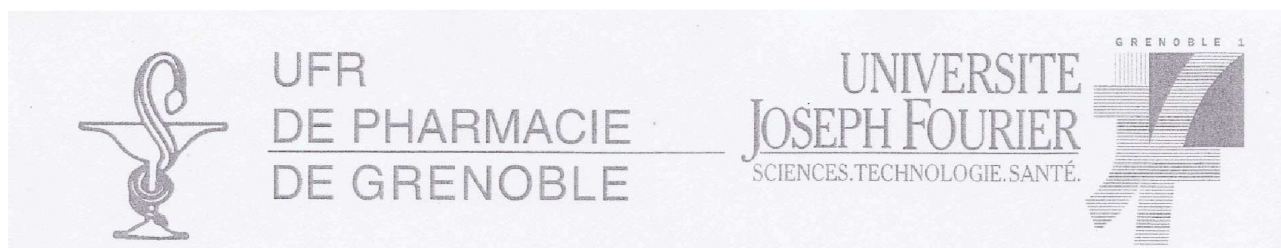
UNIVERSITE JOSEPH FOURIER  
**FACULTE DE PHARMACIE DE GRENOBLE**  
 Domaine de la Merci 38700 LA TRONCHE

Doyen de la Faculté : Mme le Professeur **Renée GRILLOT**  
 Vice –Doyen et Directeur des Etudes : Mme **Edwige NICOLLE**

**Année 2009-2010**

**PROFESSEURS A L'UFR DE PHARMACIE (N=17)**

<b>BAKRI</b>	Aziz	Pharmacie Galénique et Industrielle, Formulation et Procédés Pharmaceutiques (LR)
<b>BOUMENDJEL</b>	Ahcène	Chimie Organique (D.P.M.)
<b>BURMEISTER</b>	Wilhelm	Physique (U.V.H.C.I)
<b>CALOP</b>	Jean	Pharmacie Clinique (PU-PH)
<b>DANEL</b>	Vincent	Toxicologie (SMUR SAMU / PU-PH)
<b>DECOUT</b>	Jean-Luc	Chimie Inorganique (D.P.M.)
<b>DROUET</b>	Christian	Immunologie Médicale (GREPI – TIMC)
<b>DROUET</b>	Emmanuel	Microbiologie (U.V.H.C.I)
<b>FAURE</b>	Patrice	Biochimie (HP2 / PU-PH)
<b>GODIN-RIBUOT</b>	Diane	Physiologie – Pharmacologie (HP2)
<b>GRILLOT</b>	Renée	Parasitologie - Mycologie Médicale (Directeur UFR / LAPM, PU-PH)
<b>LENORMAND</b>	Jean Luc	Ingénierie Cellulaire, Biothérapies (Therex, TIMC)
<b>PEYRIN</b>	Eric	Chimie Analytique (D.P.M.)
<b>SEVE</b>	Michel	Biochimie - Biotechnologie (IAB, PU-PH)
<b>RIBUOT</b>	Christophe	Physiologie - Pharmacologie (HP2)
<b>ROUSSEL</b>	Anne-Marie	Biochimie Nutrition (L.B.F.A)
<b>WOUESSIDJEWE</b>	Denis	Pharmacotechnie (D.P.M.)

**PROFESSEUR EMERITE (N=1)****FAVIER**

Alain

**PROFESSEURS ASSOCIES (PAST) (N=2)****BELLET**

Béatrice

Pharmacie Clinique

**RIEU**

Isabelle

Qualitologie (Praticien Attaché - CHU)

**TROILLER**

Patrice

Santé Publique (Praticien Hospitalier - CHU)

**PROFESSEUR AGREGE (PRAG) (N=1)****GAUCHARD**

Pierre Alexis

Chimie (D.P.M.)

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

DPM : Département de Pharmacochimie Moléculaire

HP2 : Hypoxie Physiopathologie Respiratoire et Cardiovasculaire

IAB : Institut Albert Bonniot

LBFA : Laboratoire de Bioénergétique Fondamentale et Appliquée

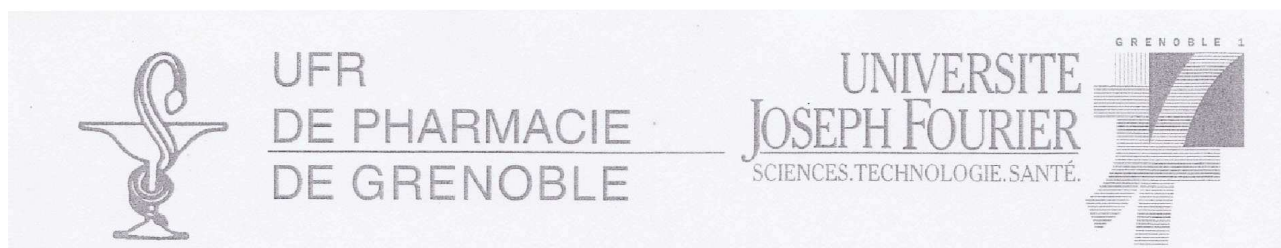
LCIB : Laboratoire de Chimie Inorganique et Biologie

LR : Laboratoire des Radio pharmaceutiques

PAST : Professeur Associé à Temps Partiel

PRAG : Professeur Agrégé

UVHCI: Unit of Virus Host Cell Interactions



UNIVERSITE JOSEPH FOURIER  
**FACULTE DE PHARMACIE DE GRENOBLE**  
 Domaine de la Merci 38700 LA TRONCHE

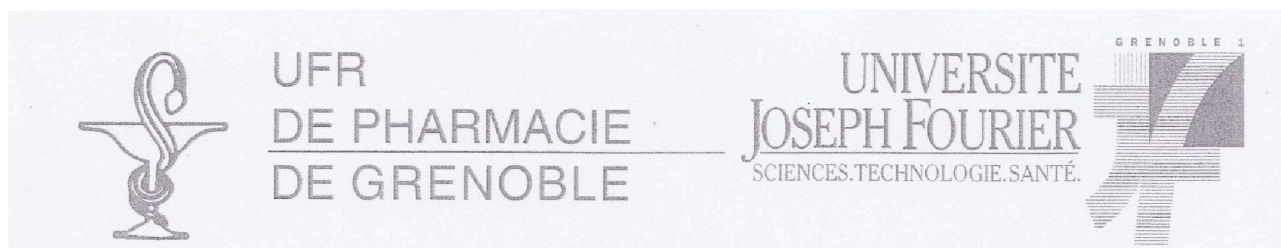
Doyen de la Faculté : Mme le Professeur **Renée GRILLOT**  
 Vice -Doyen et Directeur des Etudes : Mme **Edwige NICOLLE**

**Année 2009-2010**

**MAITRES DE CONFERENCES DE PHARMACIE (n = 32)**

<b>ALDEBERT</b>	Delphine	Parasitologie - Mycologie (L.A.P.M)
<b>ALLENET</b>	Benoît	Pharmacie Clinique (ThEMAS TIMC-IMAG / MCU-PH)
<b>BATANDIER</b>	Cécile	Nutrition et Physiologie (L.B.F.A)
<b>BRETON</b>	Jean	Biologie Moléculaire / Biochimie (L.C.I.B - LAN)
<b>BRIANCON-MARJOLLET</b>	Anne	Physiologie Pharmacologie (HP2)
<b>BUDAYOVA SPANO</b>	Monika	Biophysique (U.V.H.C.I)
<b>CAVAILLES</b>	Pierre	Biologie Cellulaire et génétique (L.A.P.M)
<b>CHOISNARD</b>	Luc	Pharmacotechnie (D.P.M)
<b>DELETRAZ-DELPORTE</b>	Martine	Droit Pharmaceutique
<b>DEMEILLIERS</b>	Christine	Biochimie (L.B.F.A.)
<b>DURMORT-MEUNIER</b>	Claire	Biotechnologies (I.B.S.)
<b>GEZE</b>	Annabelle	Pharmacotechnie (D.P.M.)
<b>GERMI</b>	Raphaële	Microbiologie (U.V.H.C.I. / MCU-PH)
<b>GILLY</b>	Catherine	Chimie Thérapeutique (D.P.M.)
<b>GROSSET</b>	Catherine	Chimie Analytique (D.P.M.)
<b>GUIEU</b>	Valérie	Chimie Analytique (D.P.M)
<b>HININGER-FAVIER</b>	Isabelle	Biochimie (L.B.F.A)
<b>JOYEUX-FAURE</b>	Marie	Physiologie -Pharmacologie (HP2)
<b>KRIVOBOK</b>	Serge	Biologie Végétale et Botanique (L.C.B.M)
<b>MOUHAMADOU</b>	Bello	Cryptogamie, Mycologie Générale (L.E.C.A)
<b>MORAND</b>	Jean-Marc	Chimie Thérapeutique (D.P.M.)
<b>MELO DE LIMA</b>	Christelle	Probabilités Biostatistiques (LE.C.A)
<b>NICOLLE</b>	Edwige	Chimie Organique (D.P.M.)
<b>PEUCHMAUR</b>	Marine	Chimie Organique (D.P.M)
<b>PINEL</b>	Claudine	Parasitologie - Mycologie Médicale (CIB / MCU-PH)
<b>RACHIDI</b>	Walid	Biochimie (L.C.I.B)
<b>RAVEL</b>	Anne	Chimie Analytique (D.P.M.)
<b>RAVELET</b>	Corinne	Chimie Analytique (D.P.M.)
<b>SOUARD</b>	Florence	Pharmacognosie (D.P.M)
<b>TARBOURIECH</b>	Nicolas	Biophysique (U.V.H.C.I.)
<b>VANHAVERBEKE</b>	Cécile	Chimie organique (D.P.M.)
<b>VILLET</b>	Annick	Chimie Analytique (VP Form Adjoint UJF, D.P.M.)

Mise à jour du 03/09/2009

**ASSISTANTS HOSPITALO-UNIVERSITAIRES (AHU) (N=2)**

<b>BUSSER</b> Benoit	Biochimie (IAB, AHU- Biochimie)
<b>MONNERET</b> Denis	Biochimie (HP2, AHU- Biochimie)

**ENSEIGNANTS ANGLAIS (N = 3)**

<b>COLLE</b> Pierre Emmanuel	Maitre de Conférence
<b>FITE</b> Andrée	Professeur Certifié
<b>GOUBIER</b> Laurence	Professeur Certifié

**ATER (N = 5)**

ATER	<b>ELAZZOUI</b> Samira	Pharmacie Galénique
ATER	<b>SHEIKH HASSAN</b> Amhed	Pharmacie Galénique
ATER	<b>MAS</b> Marie	Anglais Master ISM
ATER	<b>ROSSI</b> Caroline	Anglais Master ISM
ATER	<b>SAPIN</b> Emilie	Physiologie Pharmacologie

**MONITEURS ET DOCTORANTS contractuels (N= 6)**

**Lydia CARO** (01-10-2007 au 30-09-2010)  
**Benjamin DUCAROUGE** (01-10-2008 au 30-09-2011)  
**Romain HAUTECOEUR** (01-10-2008 au 30-09-2011)  
**Laureline POULAIN** (01-10-2009 au 30-09-2012)  
**Audrey BOUCHET** (01-10-2009 au 30-09-2012)  
**Mathieu FAVIER** (01-10-2009 au 30-09-2012)

**ATER** : Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherches  
**CHU** : Centre Hospitalier Universitaire  
**CIB** : Centre d'Innovation en Biologie  
**DPM** : Département de Pharmacochimie Moléculaire  
**HP2** : Hypoxie Physiopathologie Respiratoire et Cardiovasculaire  
**IAB** : Institut Albert Bonniot, Centre de Recherche « Oncogenèse et Ontogenèse »  
**IBS** : Institut de Biologie Structurale  
**LAPM** : Laboratoire Adaptation et Pathogenèse des Microorganismes  
**LBFA** : Laboratoire de Bioénergétique Fondamentale et Appliquée  
**LCBM** : Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux  
**LCIB** : Laboratoire de Chimie Inorganique et Biologie  
**LECA** : Laboratoire d'Ecologie Alpine  
**TIMC-IMAG** : Laboratoire Technique de l'Imagerie, de la Modélisation et de Cognition  
**UVHCI** : Unit of Virus Host Cell Interactions

<b>REMERCIEMENTS</b>
----------------------

*A Monsieur **Fabien MANGIONE**, pour m'avoir fait l'honneur de diriger ma thèse, pour votre disponibilité, et pour toute l'aide que vous m'avez fournie.*

*A Monsieur **Aziz BAKRI**, pour avoir accepté de présider ce jury de thèse, pour votre patience, et pour le dévouement dont vous faites preuve envers l'ensemble des étudiants de Pharmacie de Grenoble.*

*A Madame **Gülgün ALPAN** et Madame **Nawel KHALEF**, pour avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse.*

<b>DEDICACES</b>
------------------

A **mes parents**, qui me supportent encore et qui n'ont jamais douté que je finirai ma thèse, un jour ...

A **Perrine** et **Robin**, laisse le tranquille, il est gentil fais lui un bisou ... **MON GAMIN !!!**

A **Violaine**, la petite parisienne, qui me supporte quoi qu'il arrive ... tilalilalou ...

A **Mamie** et **René**, ça y est Jappy est docteur !!

A toute la famille **DELEPLANQUE**, **HABIG**, **CARCELES**, et **GARNIER**, sans qui Noël serait une fête beaucoup trop calme.

A tous les membres de la famille **ROUSSET**, qui m'ont élevé depuis mes 3 mois.

A **Florian**, plus pour être surtout toujours là pour m'expliquer la différence entre professeurs et maîtres de conf'.

A **Mig**, parce que toi au moins tu es interne.

A **Lolo**, peut être reviendras-tu un jour de Tahiti, de Los Angeles, ou peut être de Las Vegas ...

A **Henri**, parce qu'être un **GARNIER**, ça n'a pas de prix.

A **toutes les dindes**, parce que tous ces Week-ends, déguisements, soirées, chorégraphies, voyages, crêpes parties, gloussades n'auraient jamais été aussi génial sans vous.

A **Fabien** et **Matthieu**, parce qu'il y a toujours l'un de vous prêt à aller boire un coup, faire une partie de squash, un match de foot ... ou un déménagement.

A **Denis**, j'espère que tu resteras toujours le même petit enfant qui pleurait pour avoir un bioman noir, et ce même lorsque tu n'auras plus ta patte folle.

A **Manue**, **Julien**, **Alice**, **Elsa** et **Céline**, moi qui pensais qu'après le lycée, je serai enfin débarrassé ... :p

A **Ag du pouv'**, **LB**, **Jérém'**, **MT**, **Chris**, **Dodo**, **Alex** et **Clém de Bross**, parce qu'après Grenoble, Albi, la Belgique, le Canada, New York ... nous avons encore beaucoup d'aventures à vivre.

A la **Bête**, s'il te plait ne me mange pas !!



<b>TABLE DES FIGURES</b>
--------------------------

Figure 1 : Évolution de la relation offre-demande.....	3
Figure 2 : Changement dans le calcul du prix de vente <sup>1</sup> .....	4
Figure 3 : Mode d'action des différentes méthodes d'amélioration .....	6
Figure 4: Maison Lean Manufacturing .....	8
Figure 5 : Amélioration continue versus Innovation <sup>5</sup> .....	9
Figure 6 : Roue de Deming .....	10
Figure 7 : Synergie entre le Lean Manufacturing et le Six Sigma.....	12
Figure 8 : Cartographie des macro-processus d'une entreprise.....	15
Figure 9 : Exemple de processus composant le macro-processus "Réalisation de l'offre" .....	16
Figure 10 : Exemple de tableau SIPOC - Réparation d'une voiture endommagée .....	17
Figure 11 : Complémentarité des flux de matières et d'information .....	18
Figure 12 : Chaîne de création de valeur d'un produit .....	21
Figure 13 : Schéma du Temps de Cycle .....	21
Figure 14 : Schéma du Délai d'Exécution <sup>18</sup> .....	22
Figure 15 : Schéma du Temps de Valeur Ajoutée.....	22
Figure 16 : Déroulement d'une Value Stream Mapping .....	24
Figure 17 : Exemple de Diagramme de Pareto .....	25
Figure 18 : Macro-processus de fabrication de comprimés - Entreprise MED.....	31
Figure 19 : Icône Usine et Case de Données .....	35
Figure 20 : Case processus et Icône Stock <sup>14</sup> .....	36
Figure 21 : Multiples flux parallèles .....	37
Figure 22 : Exemple de diagramme spaghetti .....	37
Figure 23 : Icône Opérateur <sup>15</sup> .....	38
Figure 24 : Organigramme du Processus Granulation de l'entreprise MED .....	40
Figure 25 : Icônes Déplacement de produitset Expédition par camion .....	41
Figure 26 : Flux d'information papier, Flux d'information électroniqueet Icône de description du flux.....	42
Figure 27 : Flux poussé et Flux tiré <sup>1</sup> .....	42
Figure 28 : Exemple d'une ligne de temps .....	44
Figure 29 : Exemple d'une ligne de temps utilisant les temps de valeur ajoutée .....	45
Figure 30 : Migration d'un fonctionnement en îlots isolés vers un flux continu .....	49
Figure 31 : Icône du dépôt de stockage .....	50
Figure 32 : Système à flux tiré avec dépôt de stockage .....	51
Figure 33 : Fonctionnement d'un couloir FIFO .....	52
Figure 34 : Choix du processus régulateur dans deux cas différents de fonctionnement de la production.....	53
Figure 35 : Icône de lissage de charge.....	54
Figure 36 : Représentation de l'effet coup de fouet.....	55
Figure 37 : Lissage de charge pour un planning de 3 produits (R1, R2 et R3) .....	56

Figure 38 : Production transitant par un dépôt de stockage.....	60
Figure 39 : Production directement acheminée au quai d'expédition .....	61
Figure 40 : Lissage de la charge entre le contrôle de la charge et le processus régulateur.....	69
Figure 41 : Lissage de charge entre le processus régulateur et l'étape amont <sup>49</sup> .....	69
Figure 42 : Icône kaizen <sup>50</sup> .....	71
Figure 43 : La méthode 5S .....	74
Figure 44 : Tableau A3 général .....	77
Figure 45 : Construction des chaînes de valeur de l'état actuel et de l'état futur.....	81
Figure 46 : Travail prioritaire sur l'étape goulot .....	82
Figure 47 : Graphique PICK.....	82
Figure 48 : Diagrammes spaghetti d'une ligne de conditionnement, avant et après l'événement Lean .....	85

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple de matrice produit/équipement destinée au regroupement des produits en familles.....	26
Tableau 2: Coefficients de corrélation des produits.....	28
Tableau 3 : Calcul de variances et covariance pour les produits D et G .....	29
Tableau 4 : Réorganisation de la matrice produit/équipement du tableau 1.....	30
Tableau 5 : Résumé des détails des processus de fabrication des médicaments A, F et C.....	33
Tableau 6 : Exigences du client ZAC.....	35
Tableau 7 : Symboles utilisés dans la réalisation d'un Organigramme de Processus .....	39
Tableau 8 : Questions structurant le remaniement de la chaîne de valeur .....	58
Tableau 9 : Demande Client moyenne .....	64

## TABLE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Temps de cycle des processus de l'entreprise MED .....	62
Graphique 2 : Diagramme de Gantt d'un éventuel flux continu Granulation-Compression.....	63
Graphique 3 : Diagramme de Gantt du couloir FIFO Enrobage-Conditionnement .....	65
Graphique 4 : Coûts de production (en % des revenus), 2007-2008 .....	87

<b>TABLE DES MATIERES</b>
---------------------------

REMERCIEMENTS.....	V
DEDICACES.....	VI
TABLE DES FIGURES.....	VII
TABLE DES TABLEAUX.....	VIII
TABLE DES GRAPHIQUES.....	VIII
TABLE DES MATIERES.....	IX
INTRODUCTION.....	1
<b>CHAPITRE I : LE LEAN MANUFACTURING.....</b>	<b>2</b>
1.1    Historique.....	3
1.1.1.    Les Trente Glorieuses.....	3
1.1.2.    L'impact du choc pétrolier.....	3
1.1.3.    Une nouvelle vision.....	4
1.2    Présentation du Lean Manufacturing.....	5
1.2.1.    Les gaspillages.....	5
1.2.2.    Définition de la Valeur.....	5
1.2.3.    Les fondements du Lean Manufacturing.....	7
1.2.4.    La méthode du Lean Manufacturing.....	7
1.2.5.    Le Kaizen.....	9
1.2.6.    La roue de Deming (méthode PDCA).....	10
1.2.7.    Le Lean Six Sigma.....	11
1.3    L'approche DMAIC.....	13
1.3.1.    Les processus de l'entreprise.....	14
1.3.2.    Le SIPOC.....	16
1.3.3.    Value Stream Mapping (VSM).....	17

<b>CHAPITRE II : LA VALUE STREAM MAPPING</b> .....	19
2.1 Notions.....	20
2.1.1. La chaîne de valeur .....	20
2.1.2. La philosophie de la VSM .....	20
2.1.3. Les types de temps.....	21
2.1.4. Les avantages de la Value Stream Mapping .....	23
2.2 Construction d'une carte VSM .....	24
2.2.1. Choix de la famille de produits .....	25
2.2.2. Dessin de l'état actuel .....	31
2.2.3. Analyse .....	46
2.2.4. Dessin de l'état futur.....	58
<b>CHAPITRE III : COMMENT IMPLANTER UN SYSTEME LEAN ?</b> .....	73
3.1 Facteurs clés de succès .....	75
3.1.1. Démarche personnalisée.....	75
3.1.2. Implication de la direction.....	75
3.1.3. Allocation des ressources nécessaires .....	76
3.1.4. Importance de la communication.....	76
3.1.5. Méthodologie structurante .....	77
3.1.6. Equipes pluridisciplinaires .....	78
3.1.7. Performances mesurées en permanence.....	79
3.2 Conduite du Changement .....	80
3.2.1. Définir les objectifs .....	80
3.2.2. Démarrer les formations .....	80
3.2.3. Réaliser des actions « coup de point ».....	80
3.2.4. Définir l'état actuel .....	80
3.2.5. Prioriser et réaliser les interventions.....	81
3.2.6. Adapter la démarche.....	83
3.3 Le Lean Manufacturing dans le milieu médical et pharmaceutique .....	84
3.3.1. L'implémentation d'un programme Lean au sein d'un laboratoire pharmaceutique .....	84
3.3.2. Application des outils Lean à un établissement de transfusion sanguine.....	88

CONCLUSION .....	90
BIBLIOGRAPHIE .....	92
<b>ANNEXES</b> .....	<b>94</b>

## INTRODUCTION

Depuis 2006, la production de médicaments en Europe se stabilise, et les laboratoires connaissent un **ralentissement** dans l'augmentation régulière de leurs chiffres d'affaires.

Les politiques de maîtrise de dépenses de santé, l'augmentation du coût de développement des nouveaux médicaments associé au faible nombre de nouvelles molécules découvertes, l'explosion du marché des génériques et le développement de la concurrence provenant des pays émergents sont autant de facteurs expliquant le fléchissement du développement de l'industrie pharmaceutique, en France et en Europe.

Dans ce contexte concurrentiel, la **maîtrise des coûts de production** et l'**augmentation de la productivité** sont des avantages compétitifs certains. C'est pourquoi le **Lean Manufacturing**, démarche d'amélioration issue de l'industrie automobile, est aujourd'hui appliqué à la production de médicaments.

La **Value Stream Mapping** (ou Cartographie de la Chaîne de Valeur) est un des outils du Lean Manufacturing. Elle est largement utilisée pour représenter les procédés et réfléchir à de nouvelles organisations réduisant les gaspillages.

L'objectif de cette thèse est de présenter, dans un premier temps, la démarche du Lean Manufacturing. Puis, dans un second chapitre, nous verrons plus en détails comment utiliser la Value Stream Mapping, et quels sont les avantages de cet outil. Enfin, dans une troisième et dernière partie, sera développée la méthode d'implantation d'un système Lean, étayée par des exemples précis issus du secteur pharmaceutique et médical.

# **CHAPITRE I :** **LE LEAN MANUFACTURING**

## 1.1 Historique

### 1.1.1. Les Trente Glorieuses

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, le tissu économique mondial était essentiellement axé sur la production d'armes et d'infrastructures militaires. Les pays alors dévastés par la guerre furent reconstruits, et leurs économies remises sur pied. Cette période est connue sous le nom de « **trente glorieuses** », caractérisée par le plein emploi, une forte croissance de la production industrielle, une expansion démographique, et l'évolution vers la société de consommation.

Le facteur crucial qui encouragea une telle croissance économique pendant cette période fût la situation de **pénurie** : l'offre était inférieure à la demande. Les industries ne se souciaient pas de la vente de leurs produits, elles étaient assurées de tout écouler.

### 1.1.2. L'impact du choc pétrolier

Comme le montre la Figure 1, la tendance s'inversa après le choc pétrolier de 1973 : l'offre devint supérieure à la demande, le marché imposa une baisse des prix et les clients furent plus regardant sur la qualité des produits.

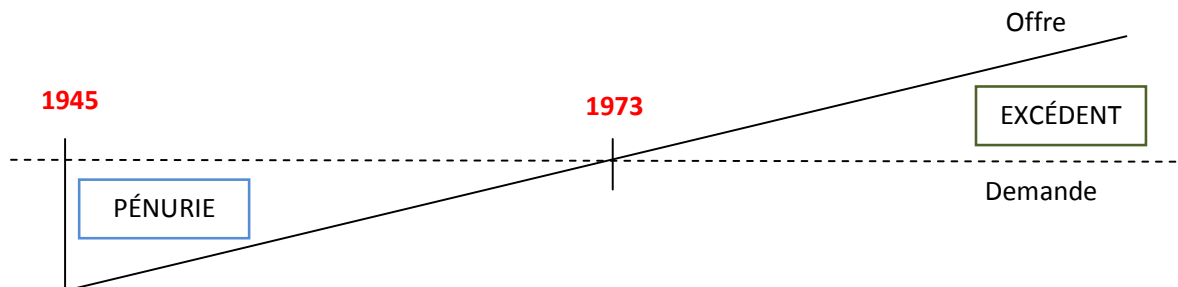
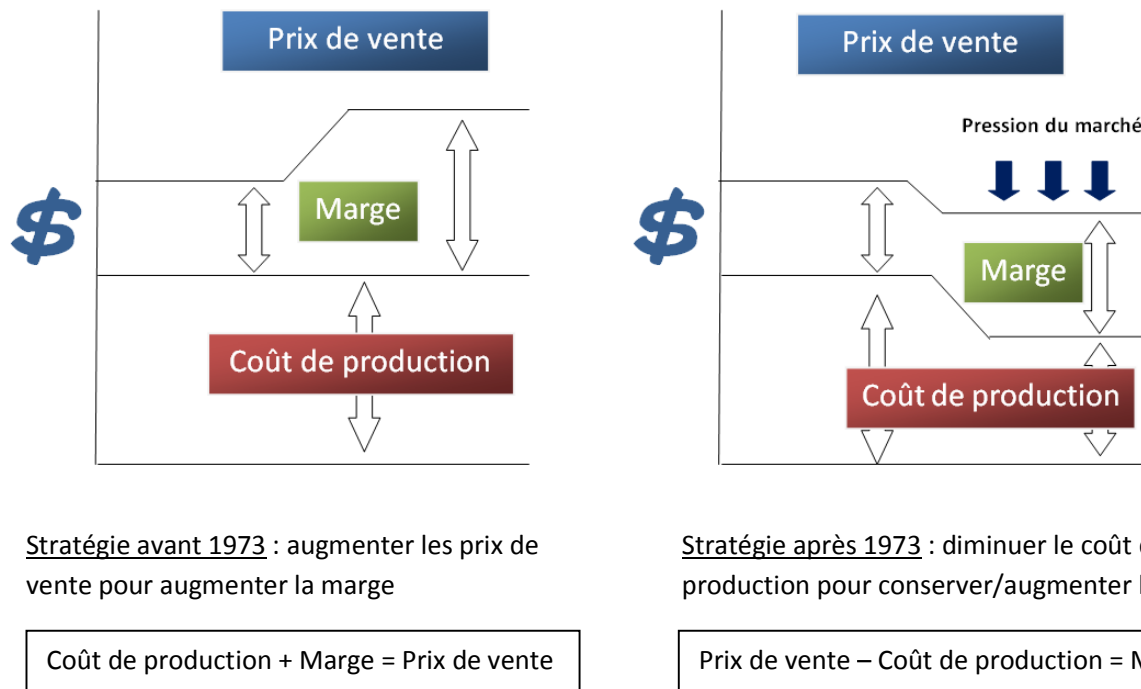


Figure 1 : Évolution de la relation offre-demande<sup>1</sup>

Les entreprises devinrent alors tributaires du marché. Il ne leur était plus possible d'augmenter leur marge au détriment du prix de vente. C'est pourquoi leur stratégie évolua vers la réduction des coûts de production des produits, comme l'illustre la Figure 2.

<sup>1</sup> Source : Cours de G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009



Figure 2 : Changement dans le calcul du prix de vente<sup>2</sup>

Dans cette logique nouvelle s'est développé et répandu le **Lean Manufacturing** : une méthode qui agit sur les gaspillages afin de réduire les coûts de production.

### 1.1.3. Une nouvelle vision

Le Lean Manufacturing est issu du modèle de production de Toyota mis au point en 1950 par Taiichi OHNO : le **Toyota Production System (TPS)**.

À l'époque, Toyota était une petite entreprise guère compétitive qui vendait peu de voitures. Il est apparu vital pour sa survie de réduire ses coûts et d'améliorer l'efficacité de sa production.

La méthode traditionnelle (anglo-saxonne) de développement d'entreprise reposait sur deux principes :

- Travailler plus longtemps, plus dur, plus vite
- Ajouter des ressources (hommes ou équipements)

La philosophie retenue par Toyota fut différente : améliorer le flux de valeur, non pas en augmentant la capacité de production, mais en diminuant les **gaspillages** (traduit par « **mudas** » en japonais).

<sup>2</sup> Source : Cours de G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

## 1.2 Présentation du Lean Manufacturing

### 1.2.1. Les gaspillages

T. OHNO identifia huit sources de gaspillages:

- **Surproduction** : produire plus tôt, plus rapidement ou en plus grande quantité que ne le demande le client
- **Stock** : dépôts de matières premières, d'en-cours ou de produits finis
- **Attente** : personnes ou pièces attendant la fin d'un cycle de production
- **Déplacement** : mouvements inutiles de personnes ou de matières au sein d'un processus de fabrication
- **Transport** : mouvements inutiles de personnes ou de matières entre les processus de fabrication
- **Rebuts – Rejets** : pièces mauvaises ou pas bonnes du premier coup, répétition ou correction du procédé
- **Surtraitement** : traitement au-delà du niveau requis par le client
- **Potentiel humain** : compétences non ou mal utilisées, essentiellement à cause d'un manque de formation et de flexibilité du personnel.

Le système Lean Manufacturing est un ensemble de principes, de techniques et d'outils destinés à gérer une production ou un service, tout en faisant la chasse aux gaspillages, c'est-à-dire aux activités de **non valeur ajoutée**.

***NB** : « Lean » signifie « maigre », « sans gras » ou encore « dégraissé ». Le Lean Manufacturing peut donc être traduit par « production allégée », dénuée d'étapes inutiles.*

### 1.2.2. Définition de la Valeur<sup>3</sup>

« La **valeur** est l'estimation du service ou produit fourni au client, tel qu'il le définit. Il existe deux types de valeurs : la valeur ajoutée et la non valeur ajoutée. »

« La **valeur ajoutée** correspond à toutes activités qui augmentent la valeur (marchande ou fonctionnelle) du produit aux yeux du client, c'est-à-dire les activités pour lesquelles le client est prêt à payer. »

---

<sup>3</sup> Source : S. LAMBER, G.ABDUL-NOUR, M-F. LORTIE, *Cartographie de la chaîne de valeur : Cerner la valeur pour obtenir un avantage concurrentiel*, Université du Québec à Trois-Rivières

« La **non valeur ajoutée** représente les activités qui n'ajoutent aucune valeur au produit, ce sont des sources de gaspillages. Certaines de ces activités ne peuvent pas être évitées (sauf investissements importants). »

Dans la Figure 3, les temps de valeur ajoutée sont représentés en vert, tandis que ceux de non valeur ajoutée sont de couleur rouge. Le cumul des deux types de temps forme le délai d'exécution, c'est-à-dire le temps nécessaire pour produire une pièce.

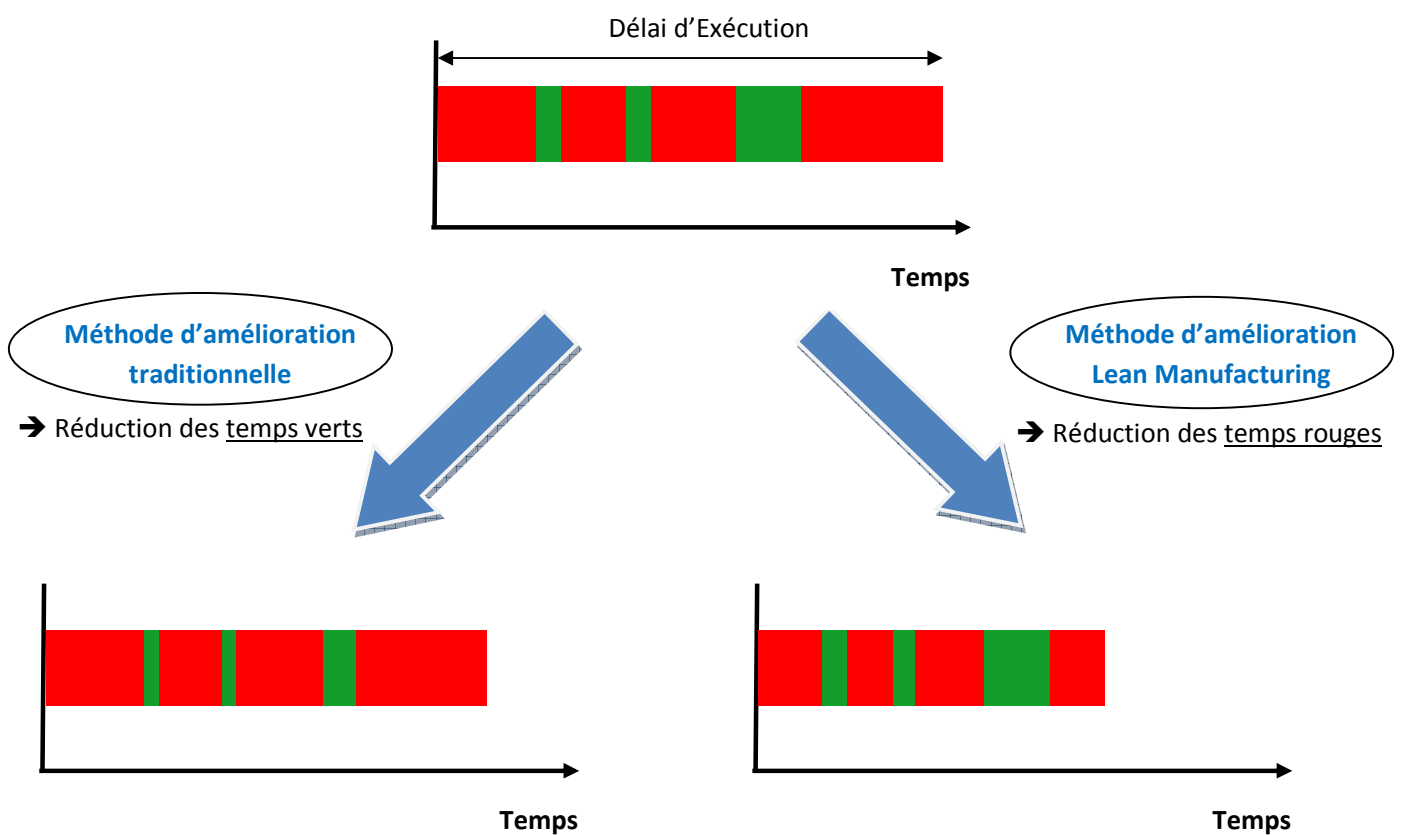


Figure 3 : Mode d'action des différentes méthodes d'amélioration<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Source : Cours de G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

### 1.2.3. Les fondements du Lean Manufacturing<sup>5</sup>

En 1996, James WOMACK et Daniel JONES ont décrit les cinq fondamentaux du Lean Manufacturing dans un livre intitulé *Lean Thinking* (traduit en français et publié sous le titre *Système Lean*) :

- **Définir la valeur ajoutée** : prendre le point de vue du client et regarder ce pour quoi il est prêt à payer
- **Identifier la chaîne de valeur** : reconnaître et caractériser les différentes étapes de fabrication, puis déterminer si elles apportent ou non de la valeur
- **Favoriser l'écoulement des flux** : organiser la production pour que les opérations à valeur ajoutée s'enchaînent et ne soient pas stoppées
- **Produire en flux tiré** : préférer le pilotage du flux par les besoins réels du client plutôt que par des estimations
- **Viser la perfection** : fixer des objectifs ambitieux et entretenir la culture de l'amélioration continue pour les atteindre

### 1.2.4. La méthode du Lean Manufacturing

La méthode Lean Manufacturing repose sur 2 principes :

- le **Just in Time** (**Juste à temps**, également appelé flux tendu ou production au plus juste) : fabriquer ce qui est nécessaire, lorsque cela est nécessaire et en quantité voulue, le tout dans des délais les plus courts possibles  
**Objectif** : éliminer les stocks
- le **Jidoka** : remédier aux dysfonctionnements le plus tôt possible pour éviter que les problèmes ne perdurent et se propagent. Cela passe par un ensemble de systèmes de détection des non conformités qui permettent d'arrêter la production (manuellement ou automatiquement) pour ne pas produire des pièces défectueuses.  
**Objectif** : éliminer la récurrence

---

<sup>5</sup> Source : J. WOMACK, D. JONES, *Lean Thinking*, Free Press, 1996

Ces deux principes constituent les piliers de la Maison Lean Manufacturing, représentée dans la Figure 4.

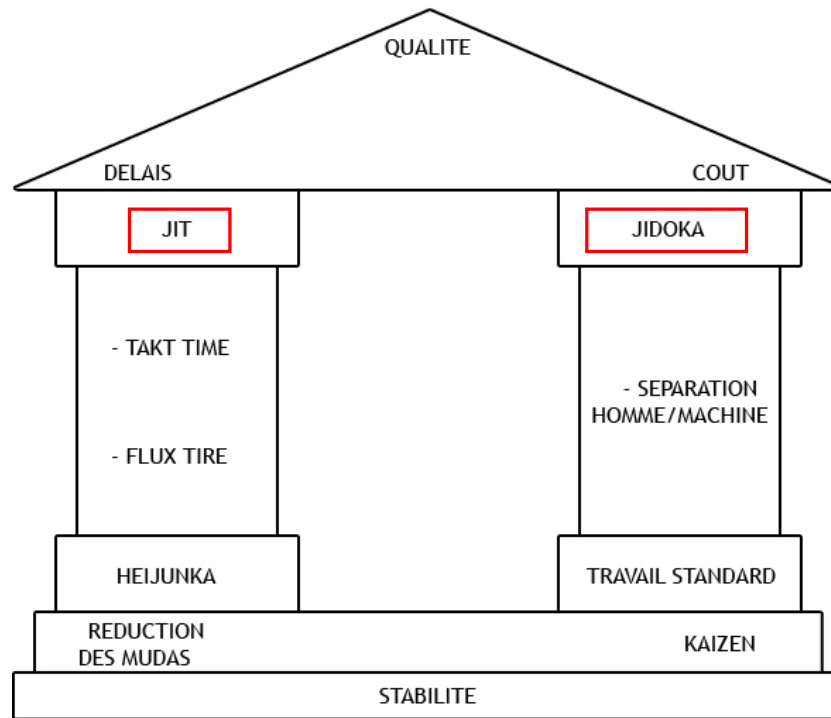


Figure 4: Maison Lean Manufacturing<sup>6</sup>

La maison Lean Manufacturing est le symbole utilisé par J. WOMACK et D. JONES pour expliquer la cohérence et l'harmonie du système Lean.

- la **stabilité** en est la fondation. Cela inclut la stabilité des équipes, la standardisation des méthodes, ainsi qu'une stratégie continue dans le temps.
- Le socle est composé de l'**élimination des gaspillages** et de la dynamique **Kaizen** (progression pas à pas vers l'excellence). Tout deux mettent le système en mouvement.
- Au dessus du **Heijunka** (lissage de la production) et du **travail standardisé** s'élèvent les deux piliers du Lean Manufacturing. Le **Just-In-Time** repose sur le **flux tiré** et le **Takt time**, et le **Jidoka** sur l'**autonomation**, aussi appelé séparation homme-machine (un opérateur gère plusieurs machines et les machines détectent leurs propres erreurs)
- Le toit, qui est le but recherché par la méthode Lean Manufacturing, est défini par les trois éléments du CQD: la baisse des **Coûts** de production, l'amélioration du niveau de **Qualité**, et l'adaptation des **Délais** des processus aux besoins du client.

<sup>6</sup> Source : <http://www.vision-lean.fr>, consulté le 12 Octobre 2010

### 1.2.5. Le Kaizen<sup>7</sup>

Un outil indispensable mis en œuvre dans le Lean Manufacturing est le **Kaizen**, mot japonais signifiant « amélioration continue ». Ce concept est basé sur de petites améliorations faites au quotidien, n'induisant pas ou peu d'investissements, et impliquant tous les opérateurs dans la recherche continue de l'atteinte des objectifs.

Il s'oppose à l'innovation, qui se veut être une progression brutale issue d'investissements importants, comme le montre la Figure 5.

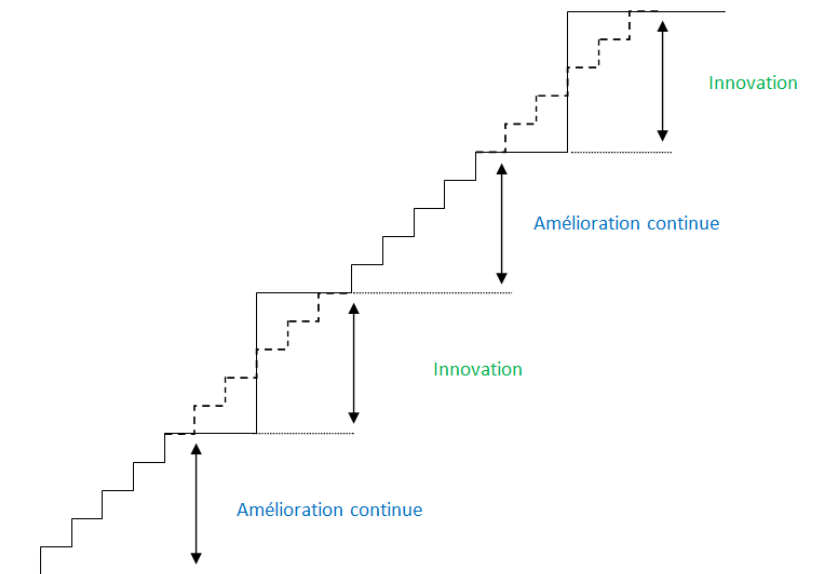


Figure 5 : Amélioration continue versus Innovation<sup>5</sup>

Le Kaizen est un état d'esprit car il concerne tous les acteurs de l'entreprise et requiert un effort quotidien de la part de tout le monde : identifier les sources d'amélioration et réaliser les changements nécessaires afin de réduire chaque jour un peu plus les gaspillages.

<sup>7</sup> Source : Cours de G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

### 1.2.6. La roue de Deming (méthode PDCA)

L'amélioration continue repose sur la **méthode PDCA** représentée par la **roue de Deming** de la Figure 6. Elle est divisée en quatre étapes :

- **Plan** – Planifier : définir les objectifs, choisir la démarche pour les atteindre et construire l'échéancier
- **Do** – Faire : exécuter le travail qui a été prévu
- **Check** – Vérifier : s'assurer que les objectifs visés sont atteints, sinon mesurer l'écart et interpréter
- **Act** – Corriger : prendre les mesures correctives pour parvenir au résultat escompté

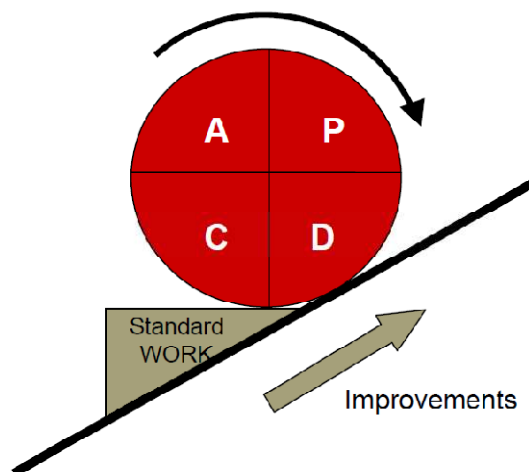


Figure 6 : Roue de Deming<sup>8</sup>

Chaque étape permet d'entraîner la suivante afin de mettre en place un cercle vertueux. La roue ne peut pas redescendre car elle est bloquée par une cale : le **travail standardisé**. En effet, une fois qu'un projet a été mené à bien, la standardisation assure qu'il n'y aura pas de retour en arrière.

<sup>8</sup> Source : <http://www.idecq.com>, consulté le 30 Novembre 2010

### 1.2.7. Le Lean Six Sigma<sup>9</sup>

Le Lean Manufacturing vise donc l'élimination des tâches sans valeur ajoutée, des pertes, la simplification des processus en augmentant la fluidité, la flexibilité, l'agilité et ce dans l'objectif d'accroître la valeur pour le client et de contribuer à l'amélioration des performances de l'entreprise.

Il est de plus en plus associé à un autre outil : le **Six Sigma**. Ce dernier n'est pas orienté sur l'élimination des gaspillages, mais sur la maîtrise des conditions de production afin de minimiser les non-conformités.

Le **Six Sigma** est une philosophie d'amélioration de la qualité qui préfère la prévention des défauts plutôt que leur détection. Cela passe par la fiabilisation des processus afin de les rendre stables, prévisibles et reproductibles.

La satisfaction client est directement liée à la qualité des produits. C'est pourquoi la réduction de la variabilité des processus et des non-conformités constitue un avantage compétitif certain.

Quatre idées reprennent l'esprit Six Sigma :

- **Travail en équipe** : assignation à des groupes de personnes de projets clairement définis et qui ont un impact certain sur la qualité des produits
- **Formation à l'outil statistique pour tous** : cela permet également de mettre en avant des personnes ayant une compréhension accrue de la méthode et des compétences dans le management de projet, et qui pourront encadrer une équipe de projet
- **Utilisation de l'approche DMAIC** dans la résolution de problème
- **Support de la part de l'encadrement** : pour fonctionner, le Six Sigma doit être une stratégie d'entreprise clairement établie

Le **Lean Six Sigma** est l'application de deux concepts : le Lean Manufacturing et le Six Sigma. C'est la fusion des deux démarches qui relient les notions de productivité (le Lean Manufacturing) et de qualité (le Six Sigma).

---

<sup>9</sup> Source : Guide interne HP Invent, *Lean Sigma – Memory Jogger*, Common Edition, 2008



La complémentarité de ces deux approches est symbolisée par la Figure 7 :

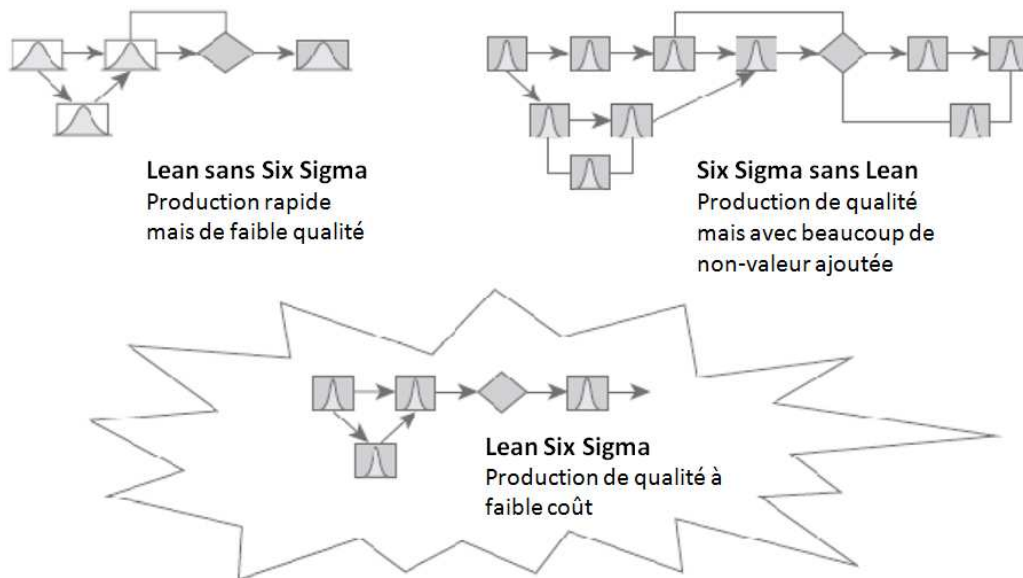


Figure 7 : Synergie entre le Lean Manufacturing et le Six Sigma<sup>10</sup>

La démarche Lean Six Sigma est devenue aujourd'hui la référence en matière d'amélioration continue car elle intègre la satisfaction client à la productivité fournisseur.

<sup>10</sup> Source : M. PILLET, *Six Sigma comment l'appliquer*, Edition d'Organisation, 2004

### 1.3 L'approche DMAIC<sup>11</sup>

Le modèle DMAIC est une approche structurée de résolution de problèmes, largement utilisée dans la démarche Lean Six Sigma. Il fournit une base de réflexion qui structure le travail d'une équipe projet d'amélioration continue. Cet outil simple permet d'obtenir rapidement des résultats probants, et repose sur 5 étapes : **Define, Measure, Analyze, Improve et Control**.

- **Define (Définir) :**

La première étape de la démarche DMAIC est l'identification et la description de l'objet de l'étude et de la mission que va accomplir l'équipe projet. Cela inclut :

- la définition de la problématique, des limites du projet, du planning, de l'équipe projet → rédaction de la charte de projet
- l'écoute de la voix du client dans le but de rassembler ses exigences, cela servira de fil conducteur tout au long du projet
- la compréhension des processus, et leur cartographie

- **Measure (Mesurer)**

Cette phase, qui consiste à recueillir des données dans le but de caractériser le procédé, est divisée en deux :

- la définition de (ou des) l'indicateur(s) à suivre pour le projet et validation du système de mesure
- la collecte d'informations en vue de compléter la cartographie des processus

- **Analyse (Analyser)**

L'analyse des données récoltées pendant l'étape précédente amène à :

- identifier les causes induisant les dysfonctionnements étudiés
- reconnaître les causes initiales (ou causes profondes) à l'origine de la problématique, afin de travailler sur les vrais problèmes plutôt que sur les symptômes qu'ils révèlent

---

<sup>11</sup> Source : F. FOUQUE, *A la découverte du Lean Six Sigma*, Edition Fouque, 2009

- **Improve (Améliorer)**

Cette étape fait appel aux capacités d'innovation, de réflexion et d'action de l'équipe. Il s'agit de :

- proposer des solutions en vue de répondre aux causes identifiées lors de la phase précédente
- établir un plan d'action
- mettre en place les solutions sélectionnées

- **Control (Contrôler)**

La dernière étape du DMAIC est la phase de prise de recul par rapport au projet afin de :

- contrôler que les modifications implémentées ont eu les effets escomptés
- communiquer sur le projet qui vient d'être mené
- faire le bilan du projet afin de le clôturer

Le DMAIC est une méthode de conduite de projet d'amélioration très puissante, si le problème est correctement posé et les limites du sujet clairement établies. La phase Define est donc primordiale. Elle passe entre autre par la **cartographie des processus** étudiés.

### 1.3.1. Les processus de l'entreprise

Aujourd'hui une entreprise n'est plus décrite par son organisation hiérarchique, mais par la cartographie des processus qui la composent. Il s'agit là d'une exigence de l'organisme ISO (International **O**rganization for **S**tandardization) dans le cadre de la mise en place de la démarche d'assurance qualité, cela se nomme l'**approche processus**.

« Un **processus** est un ensemble structuré d'activités transformant des entrées en sorties avec une finalité connue. La vision processus est transversale, et se démarque de l'organisation fonctionnelle et hiérarchique qui elle est verticale. Cette nouvelle philosophie favorise l'échange d'information et développe la coopération entre les acteurs du processus de l'entreprise, voire de la chaîne logistique globale. Elle correspond à une manière nouvelle de représenter les modèles de l'entreprise et propose de nouvelles formes d'organisation pour celle-ci. »<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Source : Cours INSA Lyon – Génie industriel dans les systèmes hospitaliers, *L'analyse de l'existant*, disponible sur <http://agbo.insa-lyon.fr/>, consulté le 21 Octobre 2010

Il existe trois catégories de processus<sup>13</sup> :

- **processus pilote** : management, stratégie, vision, politique qualité, environnement, sécurité, communication externe, finances ...
- **processus opérationnel** : conception, développement, fabrication, évaluation, expédition ...
- **processus support** : gestion des bâtiments et des équipements, achats et approvisionnements, ressources humaines/formation ...

La Figure 8 présente l'organisation de ces trois types de processus dans la représentation d'une entreprise.

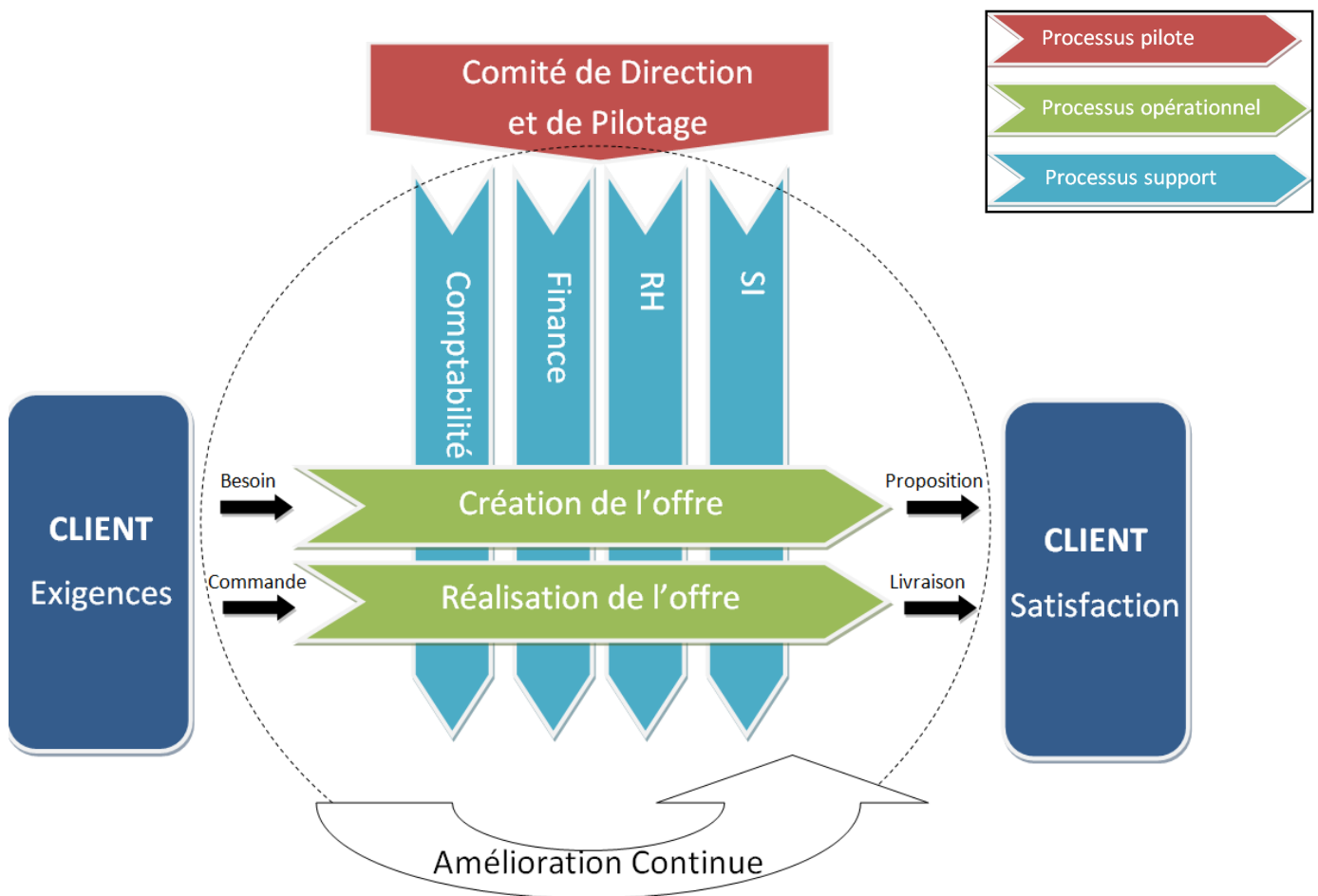


Figure 8 : Cartographie des macro-processus d'une entreprise

<sup>13</sup> Source : A. GDOURA, Présentation pour l'EuroMed Innovation and Technology Programme, *Pilotage et évaluation des activités d'un incubateur*, 2008

L'approche processus organise l'entreprise par rapport au **client** : l'objectif de l'activité est de répondre à ses exigences afin de le satisfaire.

La cartographie des processus de l'entreprise de la Figure 8 donne une vue globale de l'activité de l'entreprise. Le degré de détail n'est pas suffisant pour sélectionner le (ou les) processus qui fera (feront) l'objet du DMAIC.

La Figure 9 est une extension du macro-processus opérationnel « Réalisation de l'offre ».

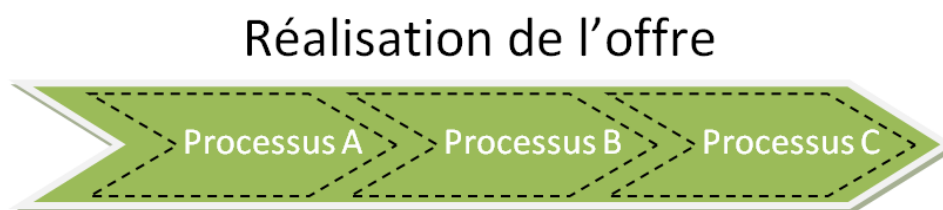


Figure 9 : Exemple de processus composant le macro-processus "Réalisation de l'offre"

La succession des processus élémentaires A, B et C constitue le macro-processus « Réalisation de l'offre ». Ils peuvent être étudiés individuellement ou collectivement en fonction du niveau de détail requis.

#### 1.3.2. Le SIPOC

Il s'agit de l'acronyme de **S**uppliers (Fournisseurs), **I**nputs (Entrées), **P**rocess (Processus), **O**utputs (Sorties), **C**ustomers (Clients).

Cet outil de modélisation est destiné à dresser un tableau récapitulatif du fonctionnement du macro-processus étudié. Il s'intègre dans la première partie du DMAIC, l'étape Define.

Le SIPOC, présenté dans la Figure 10, permet de déterminer les frontières du macro-processus, de résumer quelles sont les entrées et les sorties, et d'identifier les fournisseurs et les clients.

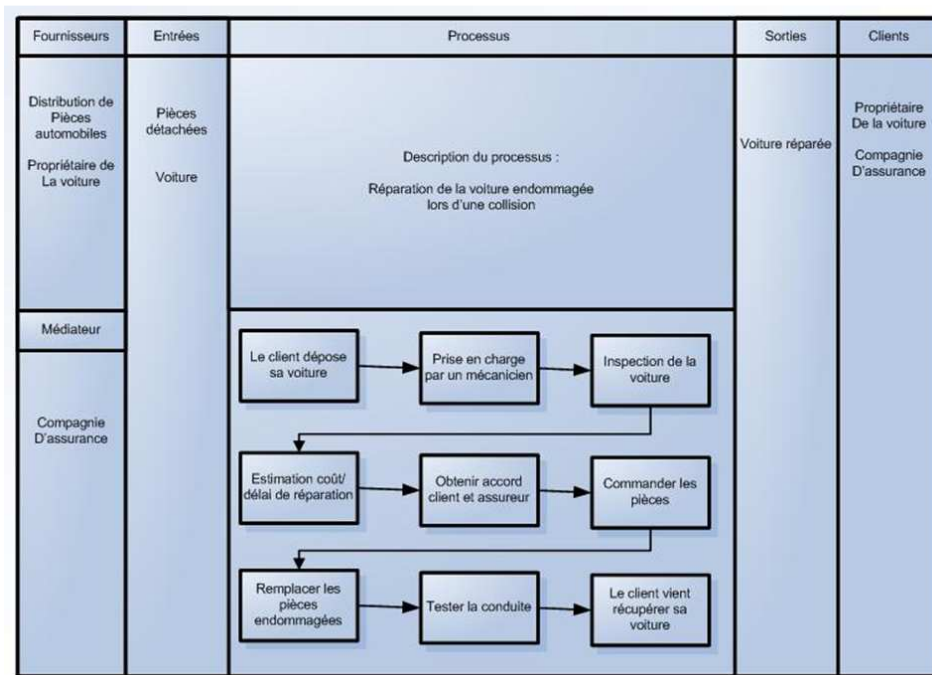


Figure 10 : Exemple de tableau SIPOC - Réparation d'une voiture endommagée<sup>14</sup>

Le SIPOC pose les bases de la réflexion et donne à toutes les personnes de l'équipe projet un point de départ commun : **une vision claire des acteurs et du fonctionnement du macro-processus.**

Cependant, il ne fournit qu'une vue simpliste de l'activité et seuls les flux de matières sont représentés. Il n'est qu'une étape intermédiaire entre la représentation des macro-processus (Figure 7) et la cartographie des processus élémentaires.

### 1.3.3. Value Stream Mapping (VSM)

Le flux de production est très souvent associé uniquement au mouvement des matières premières et des produits finis. Mais il y a un autre flux tout aussi important, celui de l'information. Il permet à chaque unité de production de savoir ce qu'elle va faire ou fabriquer dans les minutes ou les heures qui viennent.

<sup>14</sup> Source : <http://itil.fr>, consulté le 18 Octobre 2010

Comme le montre la Figure 11, les **flux de matières** et les **flux d'information** sont les deux facettes d'une même pièce, la même importance doit être apportée aux deux.



Figure 11 : Complémentarité des flux de matières et d'information<sup>15</sup>

La **Value Stream Mapping** est un modèle de représentation plus complète que le SIPOC car elle intègre ces deux catégories de flux : **matières** et **information**.

Le deuxième chapitre de cette thèse est consacré à l'outil VSM, puissant et efficace lorsqu'il est maîtrisé, mais inutile et très chronophage s'il est mal appréhendé.

---

<sup>15</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

# **CHAPITRE II :** **LA VALUE STREAM MAPPING**



## 2.1 Notions

La **Value Stream Mapping**, ou **VSM**, à été francisée en **Cartographie de la Chaîne de Valeur**.

La « **cartographie** » désigne la réalisation de carte, c'est-à-dire la simplification de phénomènes complexes, synthétisée sur un support physique, et permettant une compréhension rapide et pertinente.

Dans ce cas précis, la cartographie concerne la « **chaîne de valeur** ».

### 2.1.1. La chaîne de valeur<sup>16</sup>

La **chaîne de valeur** est la décomposition de l'activité de l'entreprise en une séquence d'opérations élémentaires. Elle permet d'identifier les opérations à valeur ajoutée (et celles de non valeur ajoutée) entrant dans la composition/fabrication du service/produit, tel qu'il est attendu par le client.

La détection de la non valeur ajoutée se fait en suivant le produit tout au long de sa fabrication, et en identifiant les gaspillages. Les opérations à valeur ajoutée sont à l'inverse les activités qui transforment la matière et contribue à la rendre conforme aux attentes du client.

### 2.1.2. La philosophie de la VSM

Introduite par Michael PORTER en 1985, la chaîne de valeur mise sur l'analyse des processus internes et des procédés d'une entreprise pour répondre à un avantage concurrentiel.

L'outil VSM s'est imposé comme une méthode destinée à repérer les sources de gaspillages dans les **chaînes de valeur individuelles**, c'est-à-dire pour un produit ou une famille de produit.

La valeur étant une notion définie par le **client**, il est logique de commencer par lui. La méthodologie suivie est donc la suivante :

- 1) Suivre le chemin de fabrication d'un produit à partir du client jusqu'au fournisseur
- 2) Représenter visuellement et précisément chaque procédé tout au long du flux du matériel et de l'information
- 3) Poser les questions clés et dessiner la nouvelle chaîne de valeur

---

<sup>16</sup> Source : S. LAMBER, G.ABDUL-NOUR, M-F. LORTIE, *Cartographie de la chaîne de valeur : Cerner la valeur pour obtenir un avantage concurrentiel*, Université du Québec à Trois-Rivières

Ainsi, comme l'illustre la Figure 12, la construction de la carte VSM va dans le sens inverse de la chaîne de création de valeur.

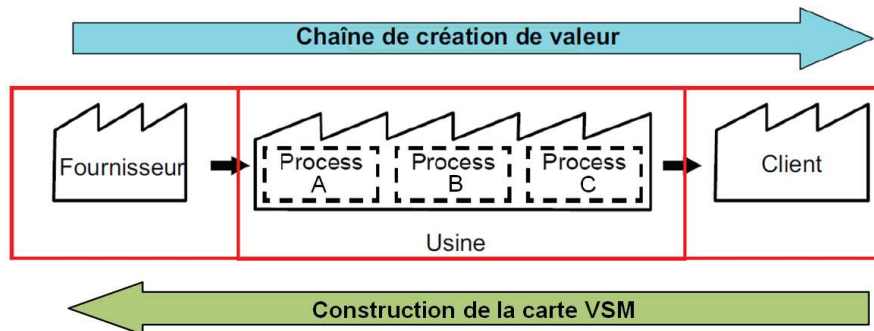


Figure 12 : Chaîne de création de valeur d'un produit<sup>17</sup>

### 2.1.3. Les types de temps

Le formalisme du dessin sera détaillé plus loin. Avant tout, il est nécessaire d'introduire plusieurs types de temps nécessaires pour la construction de la carte VSM.

- Le **Temps de Cycle (TC)**

Il s'agit du temps qui s'écoule entre la production de deux pièces par le processus. Il se calcule en divisant une durée par le nombre d'éléments produit par le processus pendant ce laps de temps.<sup>17</sup>

Dans l'exemple de la Figure 13, si la machine du processus A produit 20 pièces à la minute, alors le Temps de Cycle est de **3s**.

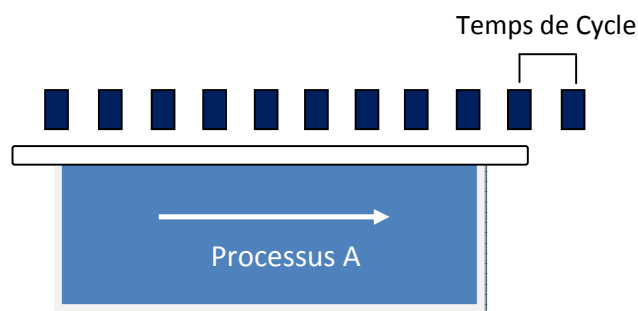


Figure 13 : Schéma du Temps de Cycle<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Source : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

<sup>18</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

- Le **Délai d'Exécution (DE)**

C'est le temps qu'il faut pour une pièce pour parcourir un processus dans sa totalité. Pour le mesurer, il suffit de choisir une pièce et de la suivre du début à la fin, comme l'illustre la Figure 14.<sup>19</sup>

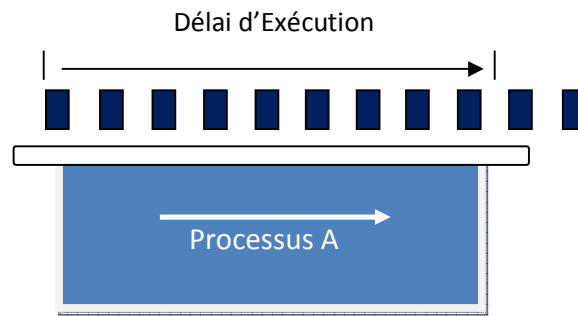


Figure 14 : Schéma du Délai d'Exécution<sup>18</sup>

Le **Lead Time (Délai de Production en français)**, est le délai d'exécution appliqué à la totalité de la production du produit ou service, c'est-à-dire de la réception des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis.

- Le **Temps de Valeur Ajoutée (TVA)**

Comme expliqué précédemment, il s'agit du temps de travail consacré aux tâches de production qui transforment le produit de telle façon que le client accepte de payer pour l'avoir.<sup>19</sup>

Il se calcule en faisant la somme des temps dits « verts » (aussi appelés temps de valeur ajoutée), par opposition au temps « rouges » qui sont des temps de non valeur ajoutée. Ces deux types de temps sont présentés dans la Figure 15.

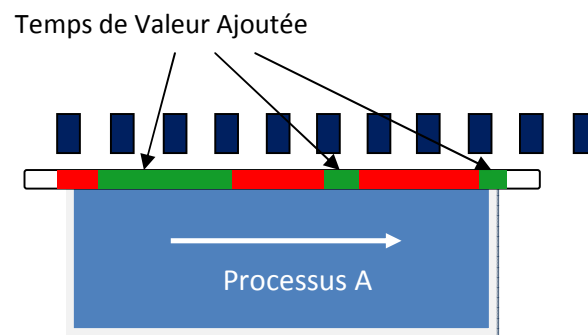


Figure 15 : Schéma du Temps de Valeur Ajoutée<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Source : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

<sup>20</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

La relation entre le délai d'exécution et le temps de valeur ajoutée est la suivante :

$$TVA \leq DE$$

Le cas où  $TVA = DE$  signifie que tous les temps du processus sont des temps verts, donc que chaque seconde passée par la pièce dans le processus apporte de la valeur ajoutée à cette dernière.

#### 2.1.4. Les avantages de la Value Stream Mapping<sup>21</sup>

La VSM est un outil essentiel dans le Lean Manufacturing, et ce pour plusieurs raisons :

- elle met en évidence la **création de valeur**.
- elle aide à dépasser le niveau des processus individuels simples – par exemple : assemblage, emboutissage ... – et à **visualiser la chaîne de production dans son ensemble** (la carte VSM débute avec l'arrivée des matières premières de chez le fournisseur et se termine avec l'expédition des produits finis vers le client final)
- elle permet d'aller au-delà des manifestations du **gaspillage** : elle en **indique les causes**
- elle fournit une **base d'échange** pour discuter de l'intérêt des divers processus de fabrication
- elle constitue un avant-projet de conversion vers une **démarche au plus juste**, l'ébauche du plan d'une future organisation
- la carte VSM fait ressortir les **liens entre les flux de matières et les flux d'information**

---

<sup>21</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

## 2.2 Construction d'une carte VSM

La VSM s'inscrit dans la démarche DMAIC. La constitution de la carte n'est donc pas une fin en soi, ce n'est que la première étape de la réorganisation de la chaîne de production pour prétendre à un système Lean. Un projet VSM complet, c'est-à-dire de l'état des lieux jusqu'au réagencement, se déroule suivant les étapes de la Figure 16.

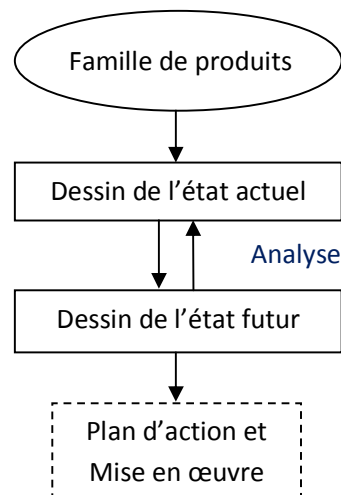


Figure 16 : Déroulement d'une Value Stream Mapping<sup>22</sup>

Déterminer la **famille de produits** qui va faire l'objet de la VSM est la première étape. Il est également nécessaire de choisir à quel niveau sera réalisée la VSM (procédé, usine, groupes d'usines, entreprise complète).

Puis commence le travail de cartographie à proprement parlé : le **dessin de l'état actuel**. Son objectif est de présenter un processus de façon rapide et visuelle afin d'aider à cibler les problèmes.

Cependant, la cartographie à elle seule n'apporte aucune solution. Elle permet seulement de réfléchir, d'**analyser** et de proposer. Néanmoins, des idées d'amélioration émergent généralement pendant la réalisation de la cartographie de l'état actuel alors que l'équipe se questionne sur la structure et l'organisation des étapes de conception.

Puis vient l'étape de **dessin de l'état futur**. A partir des idées et des observations cumulées pendant les étapes précédentes, il devient possible d'imaginer une meilleure organisation et de la représenter.

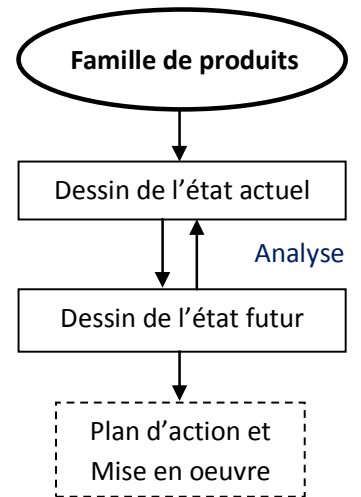
La dernière partie de la démarche est la rédaction d'un **plan d'action et sa mise en œuvre**. Cette partie ne sera pas traitée dans le Chapitre II.

<sup>22</sup> Source : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

2.2.1. Choix de la famille de produits

Avant de commencer la construction de la carte VSM, il est nécessaire de choisir quel sera l'objet de l'étude. Lorsque l'entreprise est de taille modeste et possède un portefeuille de produits restreint, le choix se porte habituellement sur le produit phare, c'est-à-dire celui qui représente les plus grosses ventes.

Pour les entreprises de taille plus importante, l'étude se portera sur une **famille de produits**. Il s'agit d'un groupe de produits qui subissent des traitements semblables, c'est-à-dire qui passent sur des équipements similaires.



La méthode ABC est un bon point de départ dans le choix de la famille de produits.

- La méthode ABC<sup>23</sup>

La méthode ABC a pour but de catégoriser des éléments en trois classes : A, B et C. Elle repose sur le même principe que le diagramme de Pareto.

*NB : Le diagramme de Pareto est basé sur la loi des 80/20 : 20 % des causes entraînent 80 % des effets. Cela revient à dire qu'il est possible d'avoir un impact maximum sur un phénomène en agissant sur un minimum de causes. La Figure 17 est un exemple de diagramme de Pareto.*

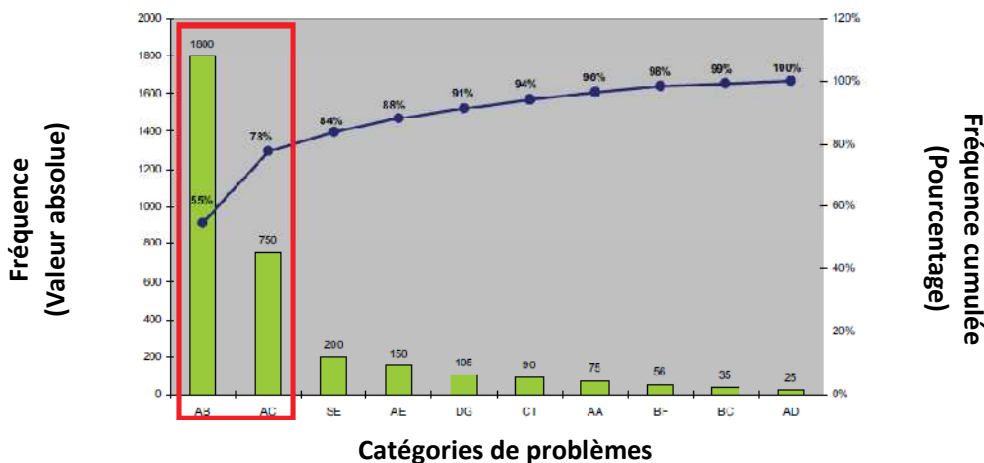


Figure 17 : Exemple de Diagramme de Pareto<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Source : <http://chohmann.free.fr>, consulté le 13 Novembre 2010

<sup>24</sup> Source : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

Reprenant le modèle du diagramme de Pareto, la méthode ABC s'applique aux produits d'une entreprise et propose de distinguer trois classes A, B et C qui se distribuent de la manière suivante :

- Classe A : les éléments représentant 80 % de l'effet observé
- Classe B : les éléments représentant les 15 % suivants
- Classe C : les éléments représentant les 5 % restants

Dans le cas de la recherche de la famille de produits à étudier, l'effet observé sera « les ventes » (exprimées en valeur, et non en volume) et les éléments seront « les produits de l'entreprise ». Une fois la classification établie, le choix sera logiquement fait parmi les produits de la Classe A.

S'il y a trop de produits dans la Classe A, alors une seconde sélection peut devenir nécessaire. Pour ce faire, il est conseillé de dresser un tableau tel que le Tableau 1, résumant quels équipements sont utilisés pour les différents produits de la classe A. Cela revient à créer une **matrice produits/équipements** composée de « 0 » et de « 1 ».

		PRODUITS							
		A	B	C	D	E	F	G	H
EQUIPEMENTS	1	1	0	1	0	0	1	0	1
	2	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	1
	4	1	0	1	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	1	0
	6	0	1	0	0	1	0	0	1
	7	0	0	0	0	1	0	0	1
	8	1	0	1	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	1	0
	10	0	1	0	0	0	0	1	0

Tableau 1 : Exemple de matrice produit/équipement destinée au regroupement des produits en familles

Ce type de matrice révèle parfois de manière évidente les familles de produits. Ce n'est pas le cas pour le Tableau 1. Il va pouvoir être réorganisé grâce à un outil mathématique : l'**Analyse en Composantes Principales (ACP)**, afin de regrouper les produits proches en termes d'utilisation d'équipements.

- L'Analyse en Composantes Principales (ACP)<sup>25</sup>

Cette méthode est basée sur le calcul des **coefficients de corrélation** entre les séries de valeurs de deux variables afin de déterminer si elles sont dépendantes l'une de l'autre. Pour ce faire, il est nécessaire de calculer la variance de chacune des séries (valeur qui caractérise la dispersion d'une distribution) et la covariance entre les deux séries (valeur qui caractérise la dispersion d'une distribution par rapport à une autre).

Les formules sont les suivantes :

Soit deux variables  $x$  et  $y$ , alors les variances de  $x$  et  $y$  sont égales à :

$$S_{xx} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \text{ et } S_{yy} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

La covariance est égale à :

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

On en déduit le coefficient de corrélation  $r$  défini par :

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}} \times \sqrt{S_{yy}}}$$

**NB** : pour la détermination des familles de produits, les valeurs que pourront prendre  $x$  et  $y$  seront 1 ou 0, et  $n$  sera le nombre d'équipements.

Le **coefficient de corrélation**  $r$  est une valeur entre -1 et 1 qui reflète le degré de linéarité entre deux séries de données, c'est-à-dire dans quelle mesure deux variables « varient ensemble ». Plus le coefficient est proche des valeurs extrêmes -1 et 1, plus la corrélation entre les variables est forte. Une corrélation égale à 0 signifie que les variables sont linéairement indépendantes.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Source : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

<sup>26</sup> Source : <http://office.microsoft.com/fr-be/excel-help>, consulté le 25 Octobre 2010



Dans le cadre de la formation de famille de produits, cela équivaut à dire que :

- plus  $r$  se rapproche de 1, plus les produits utilisent les mêmes équipements (corrélation positive)
- plus  $r$  se rapproche de 0, moins il n'y a de lien entre les produits en terme d'utilisation d'équipements
- plus  $r$  se rapproche de -1, moins les équipements utiles à l'un des produit, ne le sont pour l'autre (corrélation négative)

Nous distinguerons donc seulement les coefficients proches de 1 (c'est-à-dire ayant une valeur entre 0.2 et 1), qui permettent de conclure que les produits font partie de la même famille, et ceux non-proche de 1, qui correspondent à des produits de famille différentes.

- Application de l'ACP pour la détermination de familles de produits

En se servant du Tableau 1, il devient possible de calculer le coefficient de corrélation entre les produits et de les placer dans le Tableau 2.

		PRODUITS							
		A	B	C	D	E	F	G	H
PRODUITS	A	1							
	B	-0.53452	1						
	C	0.801784	-0.42857	1					
	D	-0.40825	-0.32733	-0.32733	1				
	E	-0.40825	0.218218	-0.32733	-0.25	1			
	F	1	-0.53452	0.801784	-0.40825	-0.40825	1		
	G	-0.53452	0.047619	-0.42857	0.763763	-0.32733	-0.53452	1	
	H	-0.25	0.356348	-0.08909	-0.40825	0.612372	-0.25	-0.53452	1

Tableau 2: Coefficients de corrélation des produits

**NB :** Le Tableau 2 a été réalisé avec l'aide de la fonction `COEFFICIENT.CORRELATION` de Microsoft Office Excel 2007 (fonction `CORREL` pour la version Excel 2007 en anglais) : elle calcule le coefficient de corrélation entre deux séries de valeurs préalablement sélectionnées.

Pour plus de compréhension et a titre d'exemple, voici comment a été obtenue la valeur inscrite dans la case bleu turquoise du Tableau 2, correspondant au coefficient de corrélation entre les produits D et G.

- a) Tout d'abord il faut calculer les variances et covariance pour les produits D et G, dont les valeurs sont inscrites dans le Tableau 3 :

		PRODUITS	
		D	G
EQUIPEMENTS	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	<b>1</b>	<b>1</b>
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	<b>1</b>	<b>1</b>
	10	0	<b>1</b>
Variance		<b>0.16</b>	<b>0.21</b>
Covariance		<b>0.14</b>	

Tableau 3 : Calcul de variances et covariance pour les produits D et G

- b) S'ensuit le calcul du coefficient de corrélation :

$$r_{dg} = \frac{S_{dg}}{\sqrt{S_{dd}} \times \sqrt{S_{gg}}} = \frac{0.14}{\sqrt{0.16} \times \sqrt{0.21}} = \mathbf{0.763763}$$

Le code couleur du Tableau 2 (vert, violet, bleu turquoise) correspond aux familles identifiées. Après regroupement des produits de même couleur dans le Tableau 4 (obtenu en modifiant l'ordre des lignes et des colonnes du Tableau 1), il devient plus évident qu'ils font partie de la même famille.

		PRODUITS							
		A	F	C	H	E	B	G	D
EQUIPEMENTS	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	4	1	1	1	0	0	0	0	0
	8	1	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	7	0	0	0	1	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	1	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	1	1	0
	5	0	0	0	0	0	0	1	1
	9	0	0	0	0	0	0	1	1

Tableau 4 : Réorganisation de la matrice produit/équipement du tableau 1

Trois familles de produits ont été identifiées avec cette méthode :

- famille 1 : produits A, F et C
- famille 2 : produits H, E et B
- famille 3 : produits G et D

Il s'agit seulement d'une catégorisation à titre indicatif, le choix définitif de la famille de produits qui fera l'objet de l'étude est fait par l'équipe projet et peut être différent du résultat de l'ACP. Les autres facteurs pouvant être pris en compte sont par exemple la consommation des produits, le niveau de complexité de fabrication, ou les priorités de l'entreprise.

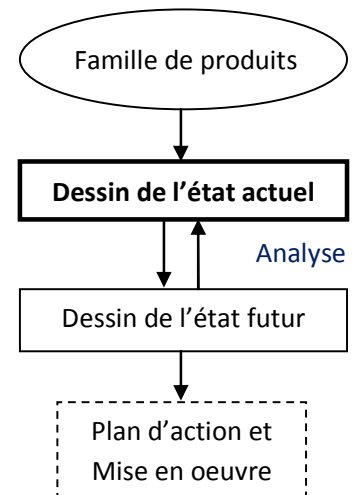
***NB :*** La famille de produits retenue pour la suite de la présentation de la démarche est la n°1 : produits A, F et C.

### 2.2.2. Dessin de l'état actuel

Pour élaborer une carte remaniée de la chaîne de valeur d'un produit ou d'une famille de produits, il faut tout d'abord connaître la situation actuelle. Cette partie est consacrée au dessin de la carte VSM dans sa version courante.

Afin d'illustrer la méthode suivie, les explications se baseront sur un exemple, celui de **l'entreprise MED** productrice de médicaments, dont les détails se trouvent ci-dessous

***NB** : Les parties de texte encadrées sont relatives à l'exemple de l'entreprise MED. Cette société est totalement fictive. Toute ressemblance ne serait que fortuite.*



## Entreprise MED

L'entreprise MED est un façonnier pharmaceutique qui produit des médicaments de diverses formes (injectables, comprimés, gélules...). Le choix de la famille de produits étudiée a été porté sur la production de trois **comprimés** (médicaments A, F et C). Le macro-processus de production est résumé dans la Figure 18.

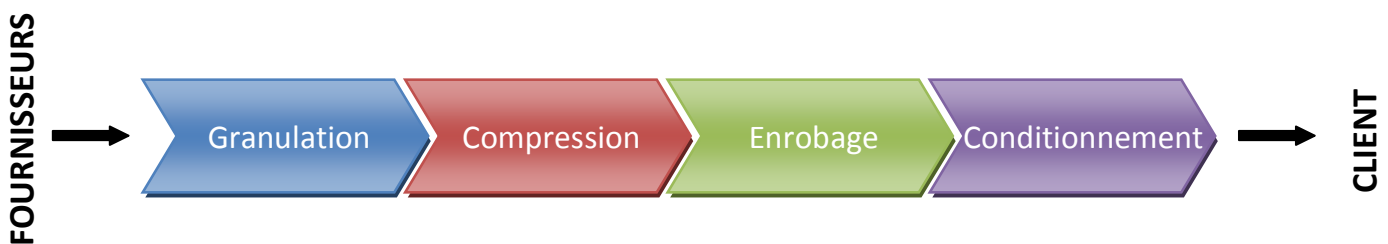


Figure 18 : Macro-processus de fabrication de comprimés - Entreprise MED

Chacun des trois types de comprimés passent par ces quatre étapes : **Granulation** (séchage inclus), **Compression**, **Enrobage** et **Conditionnement**.

Les médicaments A, F et C ont la même composition, ne changent que la couleur de leur enrobage et leur nom. Les étapes de granulation et de compression sont les mêmes. L'enrobage est différent pour chacun des médicaments (la couleur de l'excipient d'enrobage varie en fonction du médicament), ainsi que le conditionnement (la notice, le blister, la boîte et le carton sont spécifiques à chaque médicament).

- Exigences du Client

L'unique client, un laboratoire pharmaceutique du nom de **ZAC**, demande en moyenne par mois :

- **840 000 comprimés de A** (soit 28 000 boîtes de 30 comprimés, 1 400 cartons de 20 boîtes, 25 palettes de 56 cartons)
- **720 000 comprimés de F** (soit 36 000 boîtes de 20 comprimés, 1 200 cartons de 30 boîtes, 40 palettes de 30 cartons)
- **1 200 000 comprimés de C** (soit 12 000 boîtes de 100 comprimés, 500 cartons de 24 boîtes, 10 palettes de 50 cartons)

Le poids de chaque comprimé est de 500 mg. Le client demande des lots de fabrication de 60 kg, ce qui représente 120 000 comprimés par lot.

Les livraisons au client sont hebdomadaires, et se font par camion.

- Fournisseurs

Toutes les matières premières nécessaires à la fabrication des comprimés (granulation, compression, enrobage) proviennent d'un même fournisseur, la société **PowderPro**. Elle livre l'entreprise MED trois fois par semaine, par camion.

Un second fournisseur, l'imprimerie **Printinstinct** livre par camion les lundis et mercredis les produits nécessaires au conditionnement des comprimés, c'est-à-dire les notices, blisters, boîtes et cartons.

- Gestion de la production

Il y a 20 jours de travail par mois. L'usine fonctionne avec 2 équipes, chacune travaillant 8 heures par jour (avec 30 minutes de pause pendant lesquels les machines sont arrêtées).

L'entreprise MED :

- reçoit les prévisions de la part de son client à 12, 8 et 4 semaines.
- reçoit chaque lundi la commande hebdomadaire ferme du client pour la semaine suivante
- délivre hebdomadairement au service d'expédition les demandes de livraison du client
- transmet les prévisions de commandes pour les 4 semaines à venir à ses fournisseurs
- confirme les commandes fournisseurs chaque semaine pour la semaine suivante
- organise de manière hebdomadaire le lancement des lots et adapte le plan de production au quotidien

- Détails des étapes du processus

		Granulation	Compression	Enrobage	Conditionnement
Equipement	Type	Granulateur, Sécheur	Presse	Lit d'air fluidisé	Chaîne de conditionnement
	Nombre d'op. nécessaire	1	1	1	2
	Disponibilité pour A, F, C	100%	100%	60%	60%
Temps	Cycle	30 kg /4h	60 000 cps/h	120 000 cps/3.5h	80 000 cps/h
	Chang. de fab. (B to B)	1 h	0.75 h	0.5 h	1 h
	Chang. de fab. (P to P)	2 h	5 h	3.5 h	5 h
Stock de matières premières		1200 kg de poudre (20 lots)	4 lots de A 3 lots de F 6 lots de C	6 lots de A 5 lots de F 9 lots de C	3 lots de A 2 lots de F 4 lots de C

Tableau 5 : Résumé des détails des processus de fabrication des médicaments A, F et C

Il y a également un stock de produits finis après l'étape de conditionnement, il est en moyenne constitué de 4 lots de chaque type de médicaments.

**NB :** Dans le cadre de l'exemple de l'entreprise MED, le terme « processus de fabrication » correspond aux processus élémentaires de granulation, de compression, d'enrobage ou de conditionnement, tandis que le terme « macro-processus » se réfère à l'association des quatre.

« B to B » signifie « Batch to Batch », c'est-à-dire passage d'un lot de médicaments à un autre de même type, tandis que « P to P », diminutif de « Product to Product », correspond à un changement de fabrication entre deux types de médicaments différents.

- Symboles

Pour représenter les processus et les flux, la VSM utilise une série de symboles simples et communs. Les principaux sont résumés dans l'Annexe 1. Il est également possible de créer d'autres icônes, mais ceux-ci doivent être compréhensibles et uniformes du début à la fin de la VSM.

- Préalable au dessin de la VSM

Voici quelques conseils pour le dessin de la VSM :

- quelque soit le niveau de VSM visé, il est conseillé de commencer par une **observation** attentive, **pas à pas des activités de l'usine**.
- pour obtenir une information précise et à jour, la personne qui souhaite dessiner une VSM doit faire **elle-même, à pied**, et avec un **chronomètre à la main, le circuit** des matières premières et de l'information à cartographier.
- parcourir une **première fois rapidement**, pas à pas, la chaîne de valeur dans sa totalité est un bon **point de départ**. Cela permet de bien saisir le sens de l'écoulement des flux, avant de refaire le trajet et de rassembler les informations relatives à chaque processus.
- plutôt que de partir du quai de réception des matières premières et de descendre vers l'aval, il est préférable de commencer du point d'expédition des produits finis et de **remonter vers l'amont**. De cette manière, les processus les plus intimement liés au client seront recensés en premiers, ce qui facilitera d'autant plus le travail pour le reste de la chaîne.
- proscrire l'ordinateur. Le **tracé** de la VSM se fait **à la main**, avec **un crayon à papier** et sur **une feuille unique** (format A3 ou A4).  
Ecrire au crayon à papier permet de noter sur le schéma au moment même où les informations sont reçues, ainsi que d'effacer et de corriger à volonté. De plus, cela amène à une meilleure appropriation du sujet et à une plus grande compréhension de l'enchaînement des processus.  
**Le but n'est pas de faire de beaux schémas, mais de les faire justes.**

***NB** : Contrairement à ce qui a été expliqué précédemment, les dessins de VSM présentés dans cette thèse ont été faits sur ordinateur et non pas à la main. Cela se justifie par la nécessité de clarté et d'intégration des schémas dans le corps du texte.*

*La construction de la carte VSM de l'état actuel de l'entreprise MED constitue l'Annexe 2. Chacune des phases est représentée.*

### 2.2.2.1 Première phase du dessin : Le Client

La VSM s'inscrit dans une démarche d'amélioration orientée sur la chaîne de valeur. Cela implique une définition claire de la valeur du (ou des) produit(s), **aux yeux du client**.

Le dessin d'une VSM commence donc par la représentation du **Client**, et la liste de ses exigences.

Une icône **Usine** (aussi appelée **Source Extérieure**) identique à celle de la Figure 19 est placée dans le coin en haut à droite de la feuille : il représente le client, c'est-à-dire le laboratoire ZAC.



Figure 19 : Icône Usine et Case de Données<sup>27</sup>

En dessous est dessinée une **Case Données** résumant, en plus de celles qui figurent dans le Tableau 6, les exigences du client suivantes :

- Masse des comprimés : 500 mg
- Livraison quotidienne
- Mode de transport : palettes

		A	F	C
Taille de lot	en kg	60	60	60
	en comprimés	120 000	120 000	120 000
	en palettes	3.57	6.67	1.00
Demande mensuelle	en kg	420	360	600
	en comprimés	840 000	720 000	1 200 000
	en lot	7	6	10

Tableau 6 : Exigences du client ZAC

<sup>27</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008



### 2.2.2.2 Deuxième phase du dessin : Les Processus de Fabrication

Ensuite, les deux icônes utilisées dans la VSM sont celle des processus de fabrication, aussi appelée **Case Processus**, et celle des **Stocks**.

Les cases processus représentent des opérations où la matière brute subit un traitement. Afin de limiter leur nombre sur le dessin, les étapes reliées entre elles ou les postes de travail appartenant à un seul processus ne sont représentés que par une seule icône.

Par contre, si une opération est coupée de la suivante (géographiquement ou temporellement) et que des **stocks intermédiaires** s'accumulent entre les deux ou sont déplacés par lots, alors deux cases processus sont nécessaires. Cette différenciation dépend également de l'objet de l'étude, si l'objectif est de comprendre en détail une opération, alors il sera nécessaire d'utiliser une case processus pour chacune de ses étapes.

Les symboles précédemment décrits, Case Processus et Icône Stock, sont représentés dans la Figure 20.

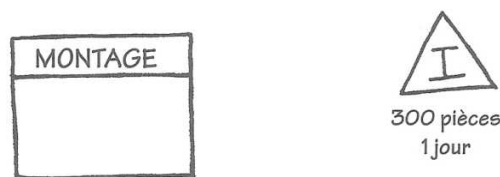


Figure 20 : Case processus et Icône Stock<sup>28</sup>

Dans le cas de l'entreprise MED, quatre processus de fabrication ont été identifiées :

- Granulation
- Compression
- Enrobage
- Conditionnement

S'ajoute une case supplémentaire : Expédition. Elle ne sera pas étudiée ici mais sa présence permet une meilleure compréhension du procédé.

Mis bout à bout, les cases processus constituent le flux de matière, qui est placé dans la moitié inférieure du dessin de la VSM, de gauche à droite dans le sens du traitement des matières et non pas selon la disposition physique des lieux.

<sup>28</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

Entre chaque case processus se trouve une icône stock, en dessous de laquelle sont inscrits le nombre d'éléments qui s'y trouvent ainsi que leur type. Il y en a également une au début de la chaîne : elle schématise les matériaux provenant directement du fournisseur.

L'exemple de l'entreprise MED présente un flux de matière linéaire, ce n'est cependant pas toujours le cas. Certaines chaînes de valeur sont composées de plusieurs flux qui se rejoignent ensuite, tel que dans la Figure 21.

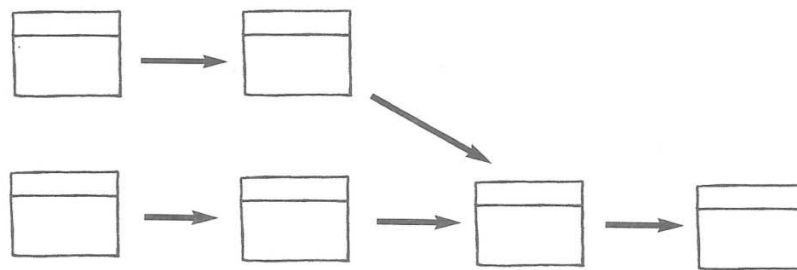


Figure 21 : Multiples flux parallèles<sup>29</sup>

**NB :** La disposition géographique des équipements et les déplacements des matières et des opérateurs ne sont pas représentés dans la VSM. Un autre outil est consacré à ce type de cartographie, il s'agit du **diagramme spaghetti**. Il reprend le plan de la zone de production concernée, et symbolise les déplacements des opérateurs par des traits entre les équipements. Un exemple est présenté dans la Figure 22.

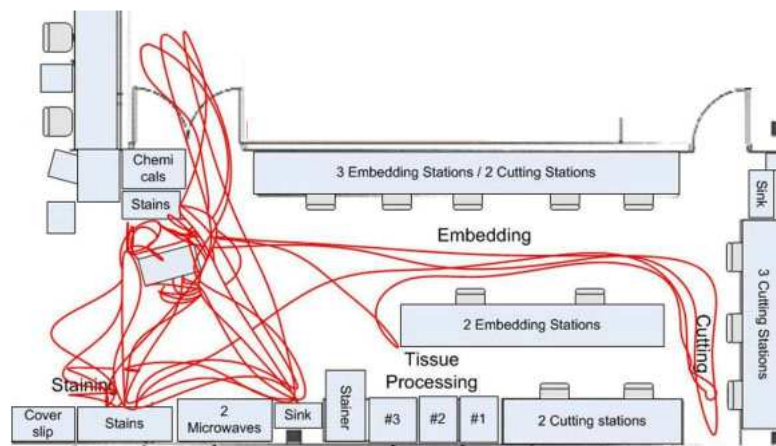


Figure 22 : Exemple de diagramme spaghetti<sup>30</sup>

<sup>29</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

<sup>30</sup> Source : <http://www.sprickstegall.com>, consulté le 25 Novembre 2010

*Cette méthode est utilisée dans la réorganisation des zones de travail : la quantification de la distance parcourue par les opérateurs et des croisements qui ont lieu permet d'imaginer une disposition des locaux qui diminuerait les déplacements (un des huit gaspillages, voir page 5).*

Dans les cases processus est placé la Figure 23 représentant une **icône Opérateur**. Elle est associée à un chiffre qui indique le nombre d'opérateur requis pour le fonctionnement de ce processus.



Figure 23 : Icône Opérateur<sup>31</sup>

En dessous de chaque case processus se situe une case données qui résume les informations importantes relatives au processus représenté. Voici quelques exemples de renseignements qui peuvent se retrouver listés :

- Le temps de cycle (TC)
- Le temps de valeur ajoutée (TVA)
- Le délai d'exécution (DE)
- Le temps de changement de fabrication
- Le nombre CPC (chaque pièce chaque [heure, jour, semaine ...])
- Le nombre de produits différents
- Le temps de travail disponible
- Le temps utilisable
- Le taux de mise au rebut
- ...

Ces informations sont récoltées sur le terrain, en suivant le flux de matière pas à pas.

---

<sup>31</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

- Les Organigrammes de Processus

Pour faciliter ce travail de collecte de données, un **organigramme de processus** peut être utilisé. Un exemple de ce type de tableau est présenté dans l'Annexe 3. Il est rempli en suivant le produit et/ou les opérateurs, et utilise cinq symboles de bases (détaillés dans le Tableau 7) qui permettent de catégoriser facilement les étapes du processus en **opération, contrôle, transport, délai** ou **stockage**.






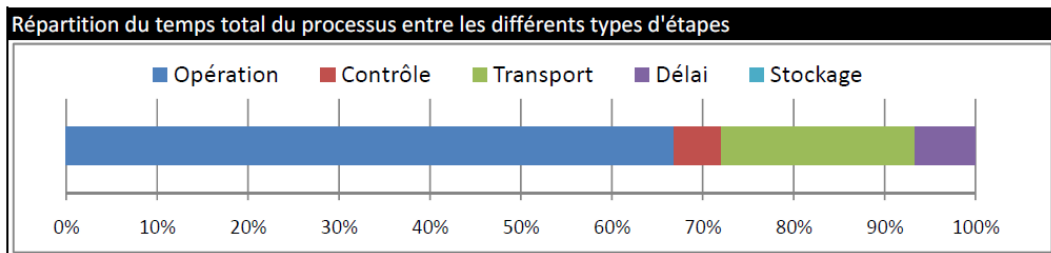
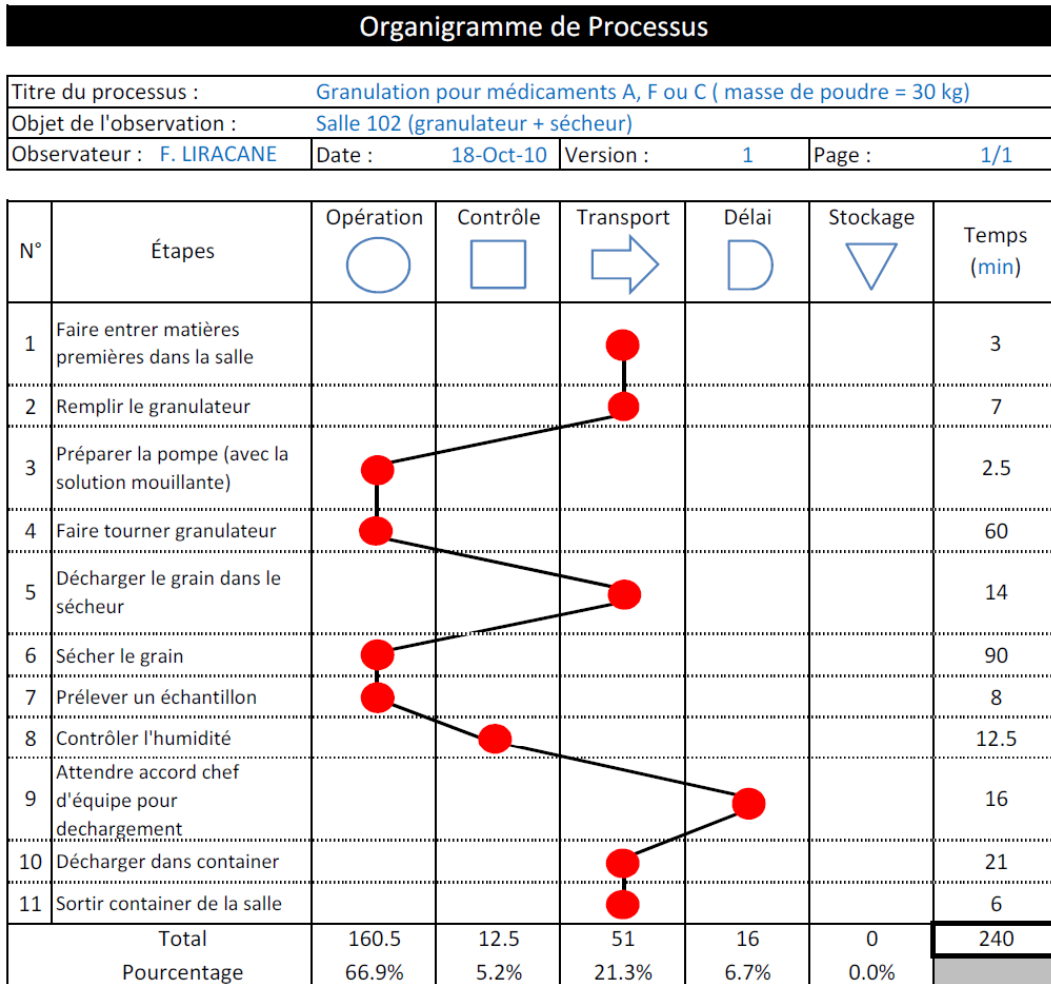
Symbole	Nom	Explications
	Opération	Opération physique réalisé sur le produit, avec ou sans un équipement, apportant de la valeur ajoutée
	Contrôle	Point du processus où le produit est inspecté ou lorsque l'opérateur réalise un test
	Transport	Mouvement de l'opérateur, du produit ou de l'équipement
	Délai	Temps d'attente ou retard dans le processus de fabrication
	Stockage	Mise au dépôt du produit en attendant la prochaine étape

Tableau 7 : Symboles utilisés dans la réalisation d'un Organigramme de Processus<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Source : <http://www.bola.biz>, consulté le 02 Novembre 2010

La Figure 24 est l'organigramme de l'étape de granulation entrant dans le processus de fabrication des médicaments A, F et C, au sein de l'entreprise MED.



**Commentaires**

nombre d'opérateur requis : 1

Figure 24 : Organigramme du Processus Granulation de l'entreprise MED

L'étape de granulation se fait en deux fois : les premiers 30 kg subissent le processus, puis la deuxième moitié du lot fait de même. Les deux parties sont réassociées ensuite dans un container unique.

Le temps requis pour granuler 30 kg de poudre est de 240 minutes, soit exactement 4 heures. Si cette durée est ramenée à un lot complet (60 kg), alors le délai d'exécution du processus Granulation est égal à **8 heures**.

### 2.2.2.3 Troisième phase du dessin : Les Fournisseurs

Après s'être intéressé au client, puis aux processus de fabrication, l'objet de la troisième étape concerne logiquement les fournisseurs.

Ils sont placés dans le coin supérieur gauche, et représentés par une icône usine (ou source extérieure), la même que celle de la Figure 19. Les données relatives aux fournisseurs sont inscrites dans une case données dessinée en dessous de l'icône usine.

La représentation de la fréquence et du mode de livraison constituent l'intermédiaire entre le(s) fournisseur(s) et la première étape du processus, ainsi qu'entre la dernière étape et le(s) client(s). Une flèche large indique une **livraison entre deux usines**, et un camion (ou un avion, un bateau ...) quel **mode de livraison** est utilisé. Tous deux sont représentés dans la Figure 25.



Figure 25 : Icônes Déplacement de produits et Expédition par camion<sup>33</sup>

Dans le cas de l'entreprise MED, il y a deux fournisseurs à dessiner : PowderPro, qui livre par camion les matières premières nécessaires au processus de granulation, et Printinstinct, qui fournit, également par camion, les éléments complémentaires requis pour l'étape de Conditionnement.

<sup>33</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

#### 2.2.2.4 Quatrième phase du dessin : les Flux d'Information

À ce stade de la construction de la carte VSM, seuls les flux de matières ont été dessinés. La quatrième phase a pour but de représenter les flux d'information.

Pour cela, il faut introduire de nouvelles icônes essentielles à la compréhension du dessin : une ligne droite représente un **flux d'information physique** (sur papier en général), tandis que l'éclair correspond à un **flux d'information électronique**.

Un cadre placé au milieu d'un flux d'information est utilisé pour **décrire ce flux** (en donnant une fréquence d'échange par exemple).

Ces trois nouvelles icônes sont présentées dans la Figure 26.



Figure 26 : Flux d'information papier, Flux d'information électronique et Icône de description du flux<sup>34</sup>

Ces symboles permettent de matérialiser les liens qui existent entre les processus fournisseurs et les processus clients.

Il y a un autre type de connexion qu'il est important de caractériser : les déplacements de matières entre les processus de fabrication. Deux configurations sont possibles pour organiser la production : soit les produits sont **poussés** par le processus fournisseur, soit ils sont **tirés** par le processus client. Deux nouvelles icônes sont nécessaires, elles sont présentées dans la Figure 27.

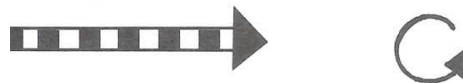


Figure 27 : Flux poussé et Flux tiré<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

Le système de **flux poussé** est basé sur les prévisions des besoins du processus aval. Par définition, ces prévisions ne correspondent pas à la réalité et donc la production de chaque processus n'est jamais en parfaite adéquation avec celles des autres. Chacun se comporte comme un « ilot isolé » qui tente de gérer individuellement son calendrier et son rythme de production.

Dans ce type d'organisation apparaissent des **stocks intermédiaires**. Ils permettent au processus amont de continuer de fonctionner même si ses produits n'ont pas encore tous été utilisés par le processus aval. Voilà pourquoi ce système est appelé flux poussé : chaque processus produit à son rythme et lorsqu'il a terminé, il pousse les pièces vers le processus suivant.

L'organisation en **flux tiré** est tout autre : c'est le processus aval qui fait la demande au processus amont de produire. La quantité d'en-cours est ainsi réduite, et la réactivité du macro-processus de production accrue.

***NB** : Le fonctionnement en Juste à Temps (Just in Time), l'un des piliers de la maison Lean Manufacturing (voir page 8), repose sur l'organisation en flux tiré.*

Le contrôle de la production de l'entreprise MED est représenté par une case processus au centre de la partie supérieure du dessin. Elle est ensuite reliée au client et aux fournisseurs avec des éclairs (flux d'information électroniques), et aux différentes étapes du processus de fabrication par des flèches droites (calendriers sur format papier).

L'entreprise MED possède un système de production basé sur le flux poussé, voilà pourquoi des flèches larges en pointillés relient les icônes Granulation, Compression, Enrobage, Conditionnement et Expédition.

#### 2.2.2.5 Cinquième phase du dessin : la Ligne de Temps

Le schéma obtenu est divisé en deux : la partie supérieure est consacrée au flux d'information, tandis que la partie inférieure comporte les données relatives au flux de matières. Il s'agit là d'une représentation des opérations du processus de fabrication plus visuelle et facile à comprendre que le schéma d'installation de l'usine.

Il reste toutefois une dernière étape à la cartographie de la chaîne de valeur : la représentation de la **ligne de temps**. Cette ligne est tracée sous les cases processus de fabrication et les icônes des stocks (partie inférieure du dessin) et a pour but de calculer le **Lead Time** (ou **Délai de Production**), c'est-à-dire le temps entre la réception des matières premières jusqu'à l'expédition du produit fini.



### Méthode de calcul

En dessous de chaque case processus sont recopiés les délais d'exécution correspondants.

Pour les icônes stock, les temps utilisés sont ceux passés par chacun des éléments dans ces stocks. Les délais sont exprimés en jours et se calculent en divisant la quantité de pièces entreposées par le nombre de produits requis quotidiennement par le client final.

L'addition des délais d'exécution et des temps de stockage donne une estimation relativement juste du Lead Time (dans la majorité des cas, le temps passé par une pièce dans les processus de fabrication est négligeable en comparaison avec le délai de stockage).

La somme des délais d'exécution des processus de fabrication correspond au **Temps de Traitement** appliqué à chacune des pièces.

L'exemple de la Figure 28 permet de mieux comprendre ces nouvelles notions (la demande client est de 100 pièces par jour).

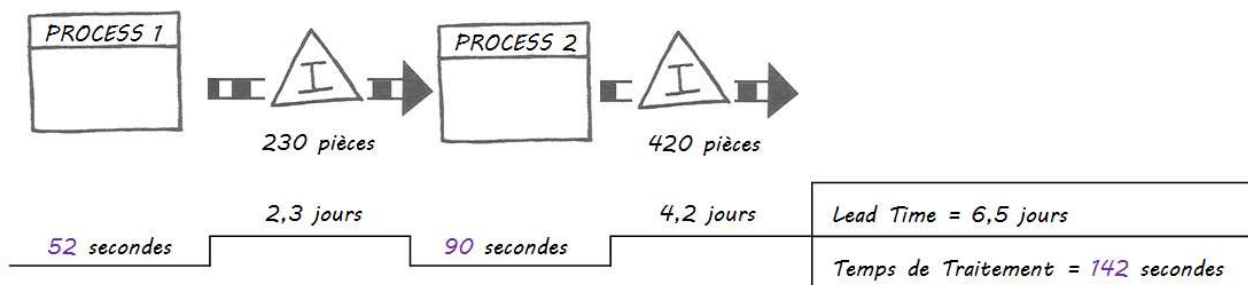


Figure 28 : Exemple d'une ligne de temps

Dans un souci de plus grande justesse, il serait nécessaire de prendre en compte non pas les délais d'exécution dans le calcul du temps de traitement, mais les temps de valeur ajoutée. La représentation de la ligne des temps en serait modifiée, par exemple à la façon de la Figure 29.

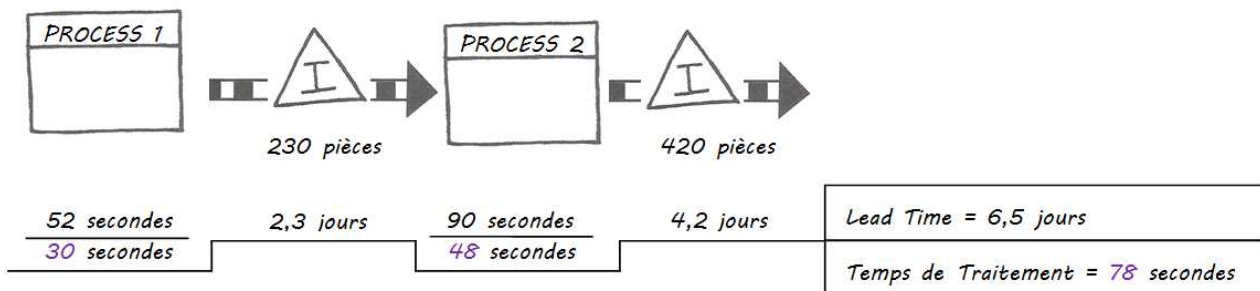


Figure 29 : Exemple d'une ligne de temps utilisant les temps de valeur ajoutée

Dans de telles conditions, le temps de traitement correspond au temps vert (temps de valeur ajoutée), tandis que le temps rouge (temps de non valeur ajoutée) est égal à la différence entre le Lead Time et le temps de traitement.

Pour les chaînes de valeurs composées de multiples flux parallèles, le chemin le plus long sera utilisé pour déterminer les temps globaux (Lead Time et temps de traitement).

Pour faciliter la compréhension de l'exemple que constitue l'entreprise MED, le temps de traitement sera calculé avec les délais d'exécution (les temps de valeur ajoutée sont estimés égaux aux délais d'exécution, ce qui équivaut à dire qu'il n'y a pas de gaspillage au cours des processus de fabrication).

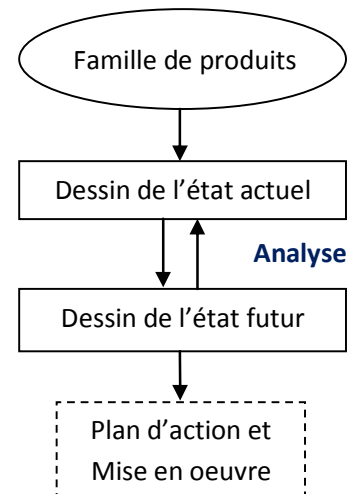
#### 2.2.2.6 Cartographie de la chaîne de valeur terminée

La cartographie de l'état actuel est maintenant terminée. Cet exercice, basé sur l'exemple de l'entreprise MED, a du éveiller un certain nombre de questions et d'observations concernant les zones de surproduction. Le travail réalisé jusqu'alors aura été vain si la carte de l'état actuel n'est pas analysée et remaniée, afin de construire le dessin de l'état futur.

### 2.2.3. Analyse

La troisième partie de la démarche VSM est une étape de transition : elle a pour but l'**analyse** de l'état actuel afin de réfléchir à l'état futur.

Pour cela, il faut s'approprier un nouveau mode de fonctionnement de la fabrication des produits appelée **production au plus juste** (correspond au juste à temps : l'un des piliers du Lean Manufacturing).



#### 2.2.3.1 La surproduction

Un élément qui surprend lorsqu'on regarde la carte VSM de l'entreprise MED est le temps de traitement (15 heures, l'équivalent d'un jour de travail) comparé au Lead Time (65.3 jours). Le rapport des deux est égal à 0.015, ce qui veut dire que seulement 1.5 % du temps passé par les produits dans l'entreprise est du temps de valeur ajoutée (temps vert). La carte VSM explique clairement ce que sont les 98.5 % restant : du temps de stockage, c'est-à-dire du temps d'attente entre deux processus (temps rouge).

Le phénomène qui est à l'origine de cette accumulation d'en-cours est la **surproduction** : lorsque un processus produit plus, plus tôt ou plus rapidement que ne l'exige l'étape suivante. C'est une sécurité pour chacun des postes lorsqu'ils sont considérés de manière isolée, mais dans une vision Lean donc globale de l'entreprise ce n'est que du **gaspillage**.

***NB** : Le terme « en-cours » désigne tous les produits non finis qui ne sont pas non plus des matières premières. Ils sont généralement entreposés dans des stocks intermédiaires entre les processus de fabrication.*

En effet, ces produits ne sont pas utilisés immédiatement après être sorti du processus précédent, cela entraîne de la manutention, une comptabilisation, une gestion de stock etc. ... Des moyens humains et matériels ainsi que de l'espace sont réquisitionnés pour gérer ces en-cours, et tout cela en pure perte. S'ajoutent à cela une immobilisation d'argent, une perte de temps, une potentielle dégradation des produits, ainsi qu'un retard dans la détection des non-conformités.

La surproduction est la conséquence du fonctionnement en **flux poussé** : il n'y a pas de connexion entre les processus de fabrication donc chacun produit à son rythme et fait en sorte que le poste suivant ne tombe pas en rupture d'approvisionnement.

### 2.2.3.2 Principe de la production pensée au plus juste

Le « Lean Enterprise Institute » (organisme américain fondé en 1997 par J. WOMACK, dont le but est de former, publier, chercher et organiser des conférences sur le Lean Manufacturing) indique que la démarche de production au plus juste « se résume à configurer la chaîne de valeur de façon que **chaque processus ne produise que ce dont le prochain processus a besoin**, au moment où il en a besoin. Le but visé est de relier tout les processus – à rebours, depuis la livraison au consommateur jusqu'à la réception de la matière brute – le long d'une chaîne souple et directe qui favorise les délais les plus courts, le plus haut niveau de qualité et les coûts les plus faibles »<sup>35</sup>.

Cette définition repose sur six fondements qui sont développés ci-dessous.

***NB** : Les explications qui suivent décrivent la méthode VSM préconisée par le Lean Enterprise Institute, et décrite dans l'ouvrage « Bien voir pour mieux gérer » (« Learning to See » en anglais), de Mike ROTHER et John SHOOK, édition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008.*

### 2.2.3.3 Les fondements de la production pensée au plus juste

#### Fondement n°1 : Faire correspondre le rythme de production avec la demande client

Tout d'abord il est nécessaire d'introduire la notion de **Takt Time**<sup>36</sup>. « Takt » est un mot allemand signifiant « battement », « rythme », « métronome ».

Le Takt Time cadence le processus de fabrication sur le rythme de la **demande client**. Il se calcule suivant la formule :

$$Takt\ Time = \frac{Temps\ d'ouverture\ total^*}{Demande\ client}$$

\* seuls les arrêts autorisés sont déduits (pauses, repas, réunions, nettoyage de poste). La cadence n'autorise pas les arrêts machines (pannes, changements de séries).

Afin de satisfaire la demande client, tous les temps de cycle des différents processus de la production doivent être inférieurs ou égales au Takt Time.

<sup>35</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

<sup>36</sup> Source : G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

Exemple : L'entreprise XYZ produit des volants de voiture. Elle fonctionne avec 2 équipes qui travaillent chacune 8 heures par jour (avec 30 minutes de pause). La demande client est de 600 volants par jour.

$$Takt\ Time\ XYZ = \frac{(8 - 0.5) \times 2 \times 3600}{600} = \frac{54\ 000\ secondes}{600\ volants} = 90\ secondes$$

Le Takt Time de l'activité « production de volant » de l'entreprise XYZ est de **90 secondes**. Cela équivaut à dire que si la société souhaite répondre à la demande client, un volant doit sortir de sa ligne de production toutes les 90 secondes.

Le Fondement n°1 implique donc que les temps de cycle de chacun des processus de fabrication correspondent au Takt Time, ou tout du moins ne le dépassent pas. Cette adaptation de la production exige :

- une réponse efficace aux problèmes fonctionnels entraînant des retards systématiques
- l'élimination des causes d'arrêts imprévus (pannes, non-conformités...)
- le redécoupage des étapes de fabrication

Fondement n°2 : Mettre en place un flux continu à chaque fois qu'il est possible de le faire.

Un processus en flux continu est de type chaîne de montage : réalisation d'un produit à la fois, chacun des produits passant d'une opération à l'autre de la chaîne de fabrication sans période d'arrêts entre les étapes.

Dans le dessin de l'état futur, si un flux continu est instauré entre deux processus, alors leurs délais d'exécution se cumuleront et les deux cases processus fusionneront pour n'en former qu'une seule. Mais attention, conformément au Fondement n°1 le temps de cycle global doit être inférieur au Takt Time.

Pour instaurer un flux continu comme dans l'exemple de la Figure 30, il est préférable de commencer avec deux ou trois opérations, puis de fiabiliser cette nouvelle organisation en travaillant sur les

temps de changement de fabrication et sur la formation du personnel. Seulement ensuite, le modèle du flux continu pourra être étendu à d'autres étapes, voire au macro-processus complet.

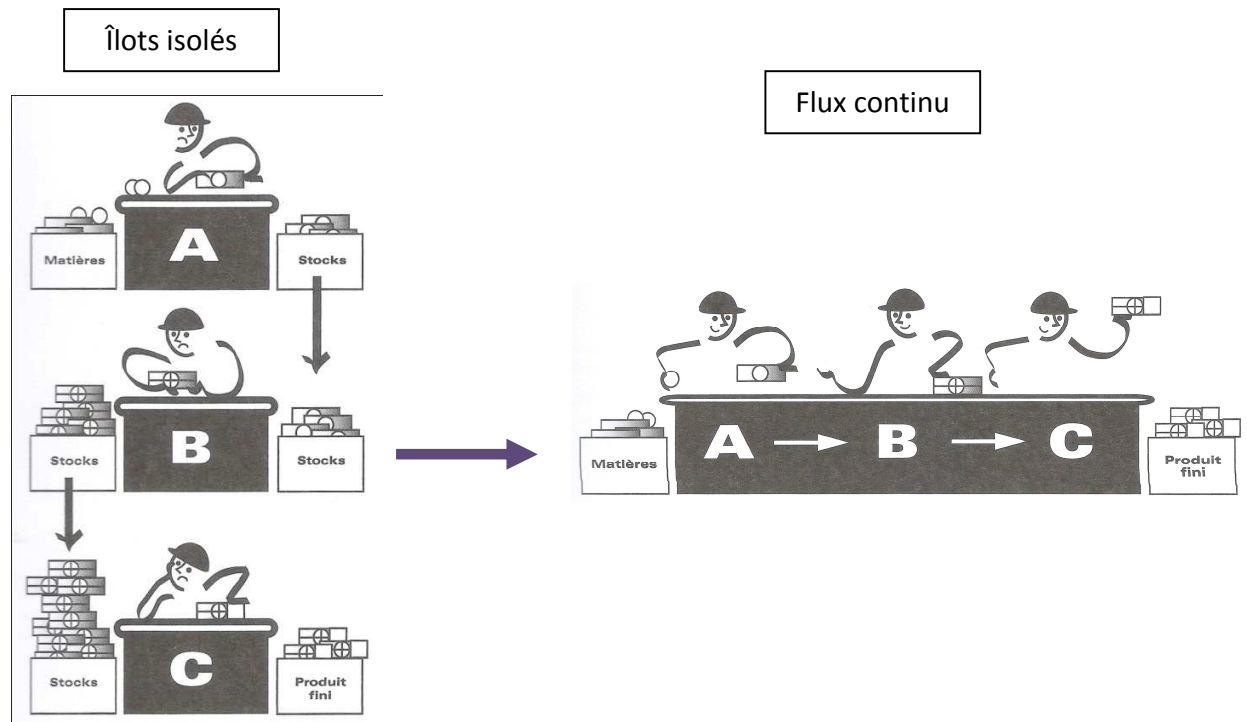


Figure 30 : Migration d'un fonctionnement en îlots isolés vers un flux continu<sup>37</sup>

**Fondement n°3 :** Lorsqu'un flux continu n'est pas envisageable, instaurer un système de flux tiré avec dépôts de stockage ou un couloir FIFO.

Le Fondement n°2 est très clair : un flux continu doit être instauré « à chaque fois qu'il est possible de le faire », cela implique qu'il y a des domaines et des situations où le flux continu est impossible. Par exemple lorsque :

- deux opérations sont géographiquement loin l'une de l'autre et qu'il n'y a aucun moyen de les rapprocher
- un équipement de la chaîne de valeur est utilisé pour la production d'autres produits

<sup>37</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

- une opération de la chaîne de valeur possède un délai d'exécution trop long ou trop aléatoire
- le rassemblement trop important d'opérations induit un temps de cycle global supérieur au Takt Time

Toute la chaîne de valeur ne doit pas être obligatoirement en flux continu. Lorsque des situations telles que celles décrites ci-dessus se présentent, il y a deux autres alternatives : le **flux tiré avec dépôts de stockage** ou le **couloir FIFO**.

- Le flux tiré avec dépôts de stockage

Par définition, si un flux continu est inenvisageable, cela implique que deux flux discontinus sont conservés à un endroit de la chaîne de valeur. La liaison entre ces deux processus peut être gérée grâce à des dépôts de stockage, dont le symbole constitue la Figure 31.



Figure 31 : Icône du dépôt de stockage<sup>38</sup>

Afin d'éviter de recréer une situation de surproduction et d'accumulation de produits dans les stocks, il est préférable de piloter le processus par l'aval (**flux tiré**) plutôt que de tenter de programmer la fabrication avec des estimations des besoins du client. L'introduction d'un système **Kanban** est alors nécessaire.

Le Kanban<sup>39</sup> est un mode de gestion de flux créé par Toyota qui est basé sur des **étiquettes** (Kanban = étiquette en japonais). Le principe est très simple : le processus client retire du dépôt de stockage ce dont il a besoin, au moment où il en a besoin, puis le processus d'approvisionnement lance la production des éléments qui viennent d'être retirés du dépôt pour les remplacer.

Les étiquettes (également appelées « cartes ») sont le vecteur d'information assurant l'organisation de la production. Elles sont placées sur chacun des éléments qui viennent d'être produits. Lorsque le client prélève l'un de ces éléments du dépôt il retire l'étiquette qui se trouve dessus et la range dans

<sup>38</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

<sup>39</sup> Source : <http://www.actors-solutions.com>, consulté le 14 Novembre 2010

un tableau récapitulatif. Le fournisseur consulte régulièrement ce tableau et sait ainsi ce qui a été consommé et ce qu'il doit produire à nouveau, les étiquettes deviennent alors des ordres de fabrication.

**NB** : Les étiquettes Kanban décrites précédemment sont dites « de production » : elles déclenchent la production de pièces. Il existe également des étiquettes dites « de prélèvement », qui sont des listes de pièces à aller chercher par le manutentionnaire et à acheminer à un endroit indiqué.

Un système à flux tiré avec dépôt de stockage se schématise comme sur la Figure 32.

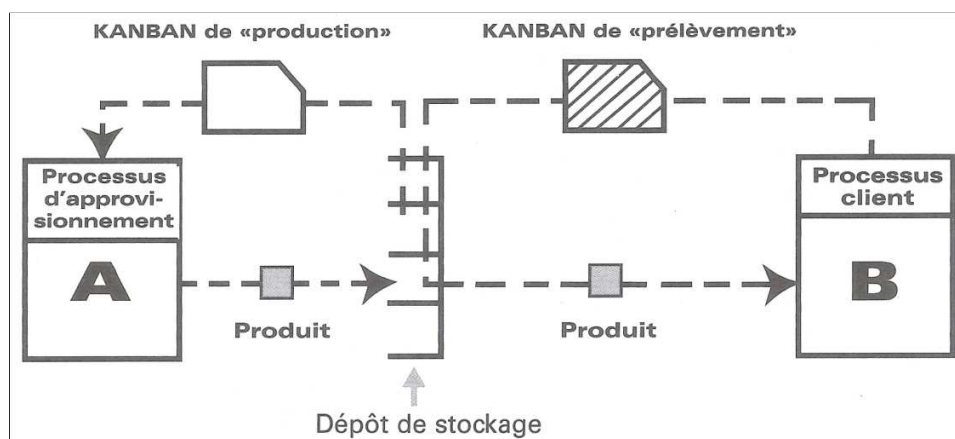


Figure 32 : Système à flux tiré avec dépôt de stockage<sup>40</sup>

Géographiquement, le dépôt de stockage se trouve préférentiellement à côté du processus d'approvisionnement. Cette situation accentue la vision que le processus en aval est un client qui vient retirer ses produits au dépôt, et se faisant, déclenche la production chez le fournisseur.

Flux continu et flux tiré sont parfaitement complémentaires dans la gestion de la production. En intercalant les deux il devient possible de piloter le flux grâce aux étiquettes Kanban et de limiter les zones de stockage et le nombre d'en-cours. Le processus de fabrication gagne ainsi en réactivité et en rapidité, et la programmation basée sur les estimations devient inutile.

**NB** : Les « stocks intermédiaires » sont associés au flux poussé, tandis que les « dépôts de stockage » se rapportent au flux tiré. Ces deux types de zones de stockage ont chacun leur icône car ils sont différents.

<sup>40</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008



- Le couloir FIFO (First In, First Out)

Le flux tiré est une bonne alternative au flux continu lorsque celui-ci est impossible, il n'est cependant pas applicable efficacement dans tous les cas. Par exemple, il est difficile d'avoir un dépôt de stockage dans lequel se trouvent tous les éléments du processus d'approvisionnement lorsque le nombre de versions est grand, ou lorsque la taille des pièces est importante. Il en est de même s'il s'agit de pièces faites sur mesure (donc unique), coûteuses ou ayant une durée de stockage limitée.

Le couloir FIFO est une solution adaptée aux cas de figures décrits précédemment. Il s'établit entre deux processus discontinus pour faire la liaison. Son principe est simple :

- lorsqu'une pièce sort du processus amont, elle entre dans le couloir FIFO et se place en tête de file, ce sera donc elle qui sera prélevée en premier par le processus aval
- si d'autres pièces sont produites par le processus amont avant que la première pièce n'ait été consommée par le processus aval, alors elles seront stockées en file indienne et utilisées suivant leur ordre d'arrivée
- le couloir FIFO possède une capacité maximum qui, lorsqu'elle est atteinte, stoppe la production du processus amont
- la production ne reprendra que lorsqu'une partie des stocks aura été prélevée

La Figure 33 illustre ce qui a été expliqué ci-dessus.

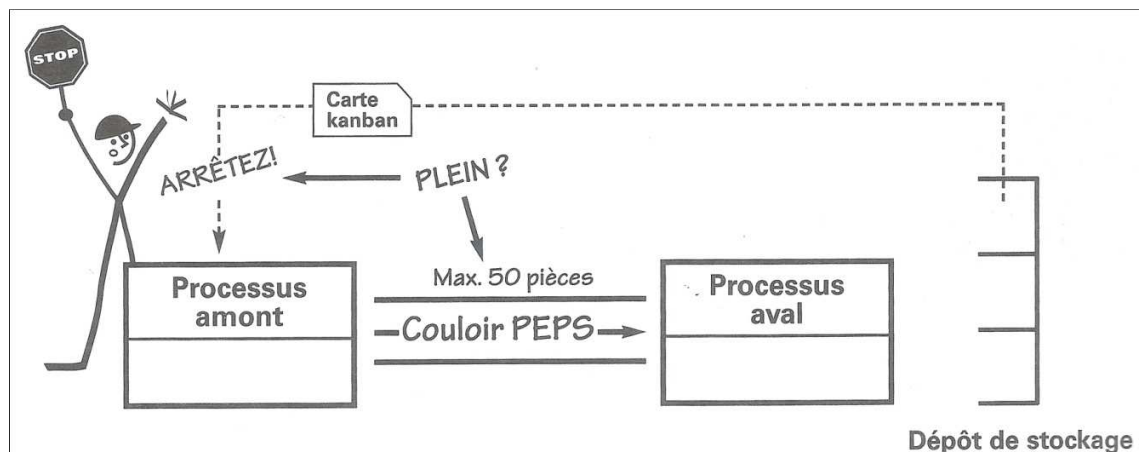


Figure 33 : Fonctionnement d'un couloir FIFO<sup>41</sup>

**NB** : Le terme FIFO a été francisé en PEPS pour « Premier Entré, Premier Sorti »

<sup>41</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

Dans le cas où la capacité maximum du couloir FIFO est égale à 1, alors la production est décrite comme suivant un fonctionnement en **One Piece Flow**<sup>42</sup>. Il s'agit d'une bonne alternative lorsque le flux continu est impossible car il n'y a qu'une pièce entre deux processus de fabrication discontinus : lorsque le produit sort du processus amont il est transporté vers le processus aval qui, dès qu'il est disponible, le traitera.

**Fondement n°4** : Piloter la production en appliquant la programmation client sur un seul processus : le « processus régulateur ».

L'application des Fondements n°2 et n°3 crée un lien entre le travail réalisé par chacun des processus de fabrication, il devient alors possible de piloter l'ensemble de la production en agissant seulement sur l'un d'entre eux. Il sera nommé **processus régulateur**, et propagera les informations provenant du contrôle de la production à l'ensemble de la chaîne.

Il y a une règle incontournable dans la désignation du point de programmation que représente le processus régulateur : il ne peut pas y avoir de zone de stockage et/ou de flux tiré en aval du processus régulateur. C'est pourquoi, le choix se porte souvent sur le processus situé juste après le dernier stock de la chaîne de valeur.

La Figure 34 propose deux exemples d'organisation de la production pour lesquels le choix du processus régulateur est différent.

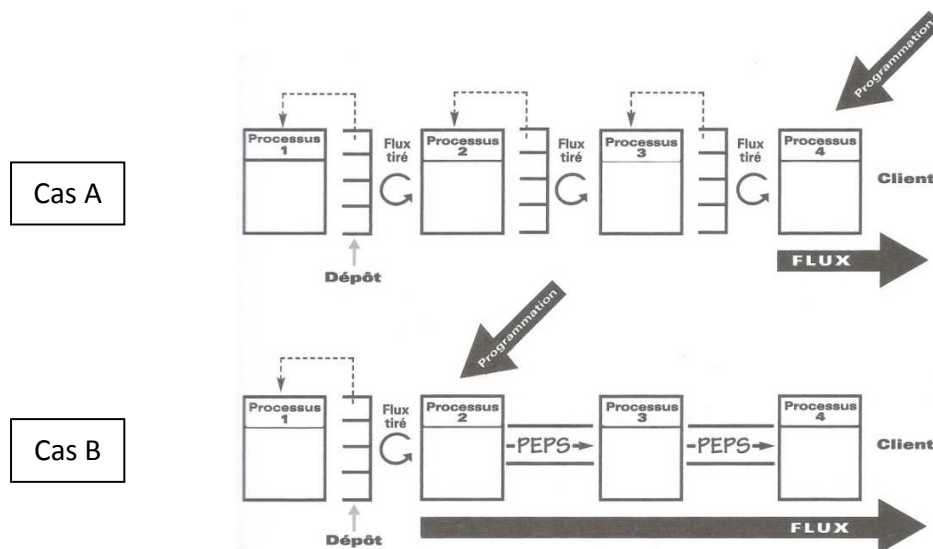


Figure 34 : Choix du processus régulateur dans deux cas différents de fonctionnement de la production<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Source : <http://www.strategosinc.com>, consulté le 27 Novembre 2010

<sup>43</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

Le cas A de la Figure 34 s'applique à une production entièrement basée sur des flux tirés, le dernier processus de fabrication constitue donc le point de programmation. Pour le cas B, le processus régulateur se trouve plutôt dans la partie amont de la chaîne de valeur, comme c'est souvent le cas pour les fabrications à la commande.

Plus le processus régulateur se trouve en amont et plus la réactivité de la chaîne de production diminue. Il s'agit du principal inconvénient à l'utilisation des couloirs FIFO.

#### Fondement n°5 : Lisser la charge

Le **lissage de la charge** est représenté sur une carte VSM avec l'icône de la Figure 35. Il englobe deux notions distinctes : le **lissage des volumes** et le **lissage des types de produit**.



Figure 35 : Icône de lissage de charge<sup>44</sup>

- Lissage des volumes de production

Il appartient à la programmation de cadencer la production, c'est-à-dire de **fixer un rythme de fabrication**, plutôt que de délivrer une liste de lots à produire dans la journée ou dans la semaine sans se soucier du moment où ce sera fait. Cette action est d'autant plus facile que le processus régulateur constitue l'unique zone de déclenchement de la production.

Le rythme de lancement de fabrication choisi constitue l'unité de temps selon laquelle la chaîne va fonctionner, il est appelé **pas de production**. Un ordre de fabrication sera émis à chaque pas de production. Il peut par exemple être défini comme le temps de cycle du processus régulateur, ou le temps nécessaire pour produire une unité de conditionnement avec laquelle le client veut être livré (unité, carton, palette ...).

Ce lissage des volumes contribue à ne pas répercuter les aléas de la demande sur la production. Le rythme de travail est préservé, l'efficacité de la chaîne est accrue et le flux de production est prévisible.

---

<sup>44</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

- Lissage de la typologie des produits demandés

Il est plus pratique de produire de nombreuses pièces du même type à la suite, puis de reconfigurer le matériel et de démarrer une nouvelle série de pièces différentes des précédentes. Cependant cela encourage la constitution de stocks qui, à cause de l'**effet coup de fouet**, est d'autant plus importante que la zone de stockage se situe en amont dans la chaîne de fabrication.

**NB** : L'**effet coup de fouet**<sup>45</sup> (**Bullwhip effect** en anglais) est une amplification extraordinaire des variations de la demande au fur et à mesure que l'on s'éloigne du client final. Il en résulte essentiellement un surstock et un mauvais service client. L'origine de ce phénomène est une communication insuffisante, un manque de confiance entre les différents intervenants et un mode de fonctionnement par îlots isolés. La Figure 36 illustre parfaitement l'effet coup de fouet.

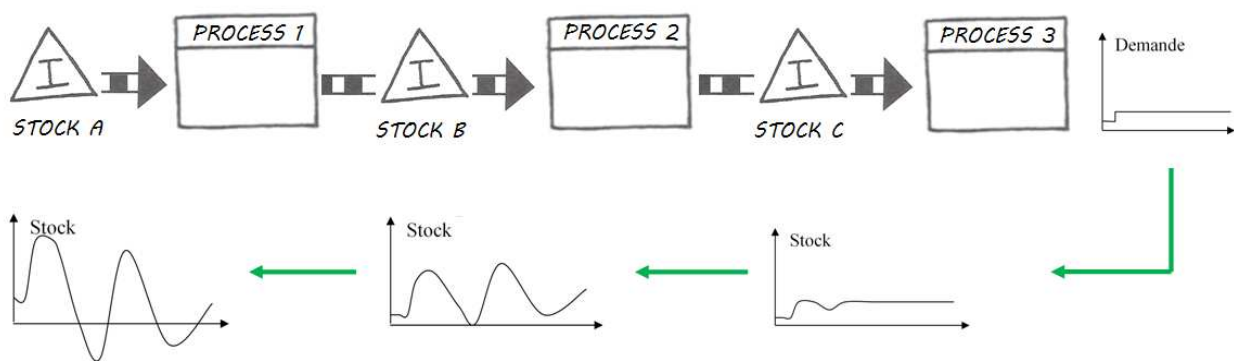


Figure 36 : Représentation de l'effet coup de fouet<sup>46</sup>

Le mode de pensée Lean Manufacturing préconise plutôt de produire régulièrement et en petite quantité chacun des types de produits. Cette diminution des tailles de lots permet de réduire les stocks et confère une plus grande flexibilité et réactivité à l'entreprise.

L'inconvénient majeur de ce type d'organisation est une augmentation du nombre de changement de fabrication, mais il peut devenir négligeable si des efforts sont faits sur la diminution des délais pour la reconfiguration des équipements.

<sup>45</sup> Source : <http://www.al-consulting.com>, consulté le 15 Novembre 2010

<sup>46</sup> Source : Cours de M. LAURAS, *Gestion des chaînes logistiques – Introduction à la logistique aval*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2008

La Figure 37 illustre le passage d'un ordonnancement sans lissage de charge à celui avec.

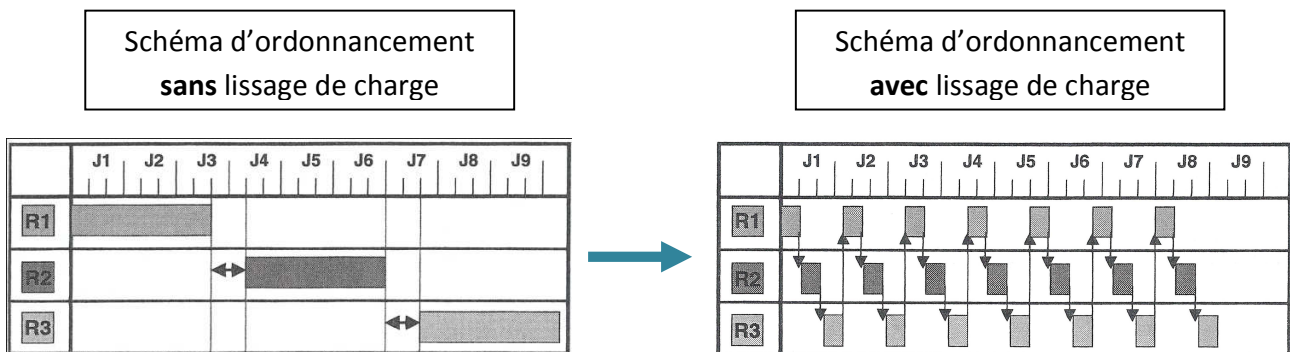


Figure 37 : Lissage de charge pour un planning de 3 produits (R1, R2 et R3)<sup>47</sup>

#### Fondement n°6 : Choisir une des tailles de lots les plus petites possibles

La manière la plus simple pour déterminer la taille initiale des lots pour chacun des processus de fabrication est de se baser sur le temps disponible pour les changements de fabrication.

Exemple : Si la demande client quotidienne est de 30 pièces et qu'il faut 30 minutes pour en produire une, alors le temps de production sera de 15 heures par jour. Admettons que le temps d'ouverture soit de 16 heures par jour, cela laisse 1 heure de « libre ». Si le temps unitaire pour un changement de fabrication est de 20 minutes, alors il sera possible de réaliser 3 changements par jour, donc de produire 3 lots de pièces différents.

Ce calcul peut également mener à déterminer le pas de production (Fondement n°5), c'est-à-dire le temps pour produire un lot. Dans le cas de l'exemple précédent, le pas de production serait égal à :

$$\frac{30 \text{ pièces}}{3 \text{ lots}} \times \frac{30 \text{ minutes}}{60 \text{ minutes}} = 5 \text{ heures}$$

<sup>47</sup> Source : Cours de G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

Pour augmenter le nombre de lots quotidien, deux leviers sont envisageables :

- Diminuer le temps de production, en augmentant la vitesse de production par exemple
- Réduire le temps de changement de fabrication. La **méthode SMED** a été développée dans ce but.

- Méthode SMED<sup>48</sup>

Cet acronyme signifie **Single Minute Exchange of Die**. Il se traduit en français par « Changement d'outil en moins de 10 minutes ».

Cette méthode a été mise au point par un ingénieur de Toyota en 1969 du nom de Shigeo SHINGO. Elle s'appuie sur l'amélioration de l'ergonomie des postes de travail, la répétabilité des opérations de changements de fabrication et la formation des opérateurs. L'objectif est la réduction au maximum du temps d'arrêt des machines du aux changements de fabrication. Pour cela, quatre étapes sont nécessaires :

- **Identifier** les différentes opérations de changement de fabrication, il y en a deux types :
  - ➔ les **opérations internes**, réalisées lorsque les équipements sont arrêtés
  - ➔ les **opérations externes**, effectuées pendant le temps masqué, c'est-à-dire lorsque les machines fonctionnent : avant la fabrication de la dernière bonne pièce du lot précédent ou après celle de la première bonne pièce du lot suivant
- **Extraire** les opérations internes qui pourraient être faites en externe grâce à une meilleure organisation
- **Convertir** le maximum d'opérations internes en opérations externes, cette étape se différencie de la précédente car elle requiert des investissements
- **Réduire** les opérations internes pour qu'elles nécessitent le minimum de temps

---

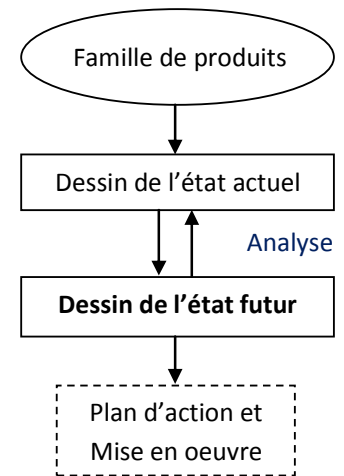
<sup>48</sup> Source : Cours de G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

#### 2.2.4. Dessin de l'état futur

La quatrième et dernière partie de ce second chapitre est consacrée au **remaniement de la carte VSM**. Cette phase de représentation de l'état futur de la chaîne de valeur entre dans l'étape Improve de la démarche DMAIC.

L'objectif du Lean Manufacturing est d'identifier et d'éliminer les sources de non valeur ajoutée. Certains gaspillages sont liés à la technologie utilisée, à l'implantation des machines dans l'usine, ou à la conception des produits. Ces thèmes ne sont pas explorés dans le dessin de l'état futur, ils pourront cependant faire l'objet d'études complémentaires grâce à d'autres outils que la VSM.

Les six fondements décrits dans la partie précédente constitue la base de réflexion pour établir le nouvel état. Le Lean Enterprise Institute propose une démarche de reconfiguration de la chaîne de valeur, s'appuyant sur ces fondements, et organisée suivant 8 questions clés. Celles-ci sont énumérées dans le Tableau 8.



	Fondements					
	1	2	3	4	5	6
<b>Question A -</b> Quel est le Takt Time de la chaîne de fabrication ?	X					
<b>Question B -</b> Les produits finis vont-ils séjourner dans un dépôt ou seront-ils directement acheminés au quai d'expédition ?		X	X	X		
<b>Question C -</b> Où est-il possible d'établir un flux continu ?		X				
<b>Question D -</b> Où est-il nécessaire de mettre en place un flux tiré ? un couloir FIFO ?			X			
<b>Question E -</b> Quel sera le processus régulateur ?				X		
<b>Question F -</b> Comment sera lissée la charge ?					X	
<b>Question G -</b> Quel sera le pas de production ?					X	X
<b>Question H -</b> Quelles sont les autres améliorations à mener ?						

Tableau 8 : Questions structurant le remaniement de la chaîne de valeur

Les questions du Tableau 8 vont être reprises une à une et appliquées aux cas de l'exemple de l'entreprise MED. Ainsi il deviendra possible d'envisager une nouvelle organisation de la production et une carte VSM remaniée.

**Question A** - Quel est le Takt Time de la chaîne de fabrication ?

Dans le cas de l'entreprise MED, la demande client est de 23 lots par mois. Deux équipes se relaient, chacune travaille 8 heures par jour avec 30 minutes de pause, 20 jours par mois.

$$Takt\ Time\ MED = \frac{(8 - 0.5) \times 2 \times 20}{23} = \frac{300\ heures}{23\ lots} = 13\ heures$$

Pour répondre à la demande du laboratoire ZAC, l'entreprise MED doit produire un lot de médicaments toutes les **13 heures**.

Attention, le Takt Time ne tient pas compte du temps de changement de fabrication, de l'immobilisation des équipements pour cause de panne ou de maintenance, ou des délais engendrés par la production par les équipements de pièces non conformes (due par exemple à de mauvais réglages). Dans tous les cas cités précédemment, l'entreprise pourra accélérer sa production pour compenser le retard engendré, mais le Takt Time ne pourra pas être modifié : c'est une donnée fixée par le client.

**Question B** - Les produits finis vont-ils séjourner dans un dépôt ou seront-ils directement acheminés au quai d'expédition ?

Les lots de médicaments A, F et C sont des produits dédiés : la production se fait sur commande. Il n'est donc pas possible de constituer un stocks de produits finis à la fin de la chaîne de valeur et d'attribuer les lots en fonction de la demande client.

Les lots de médicaments seront par conséquent **directement acheminés au quai d'expédition**.



Les deux modes de fonctionnement proposés possèdent chacun des avantages et des inconvénients:

- **produits finis transitant par un dépôt de stockage**

La production est déclenchée par les besoins du client : le prélèvement dans les stocks de produits finis en vue de remplir le camion destiné au client génère un ordre de fabrication par libération d'une carte Kanban. Le processus régulateur (Question E) est donc dès lors désigné : il s'agit de l'expédition, comme l'illustre la Figure 38.

Ce type de fonctionnement s'applique à la production sur stock : les produits sont plutôt de petites tailles, facilement entreposables, ne présentant que peu de versions différentes, ou lorsque les matières premières ne peuvent être conservées longtemps.<sup>49</sup>

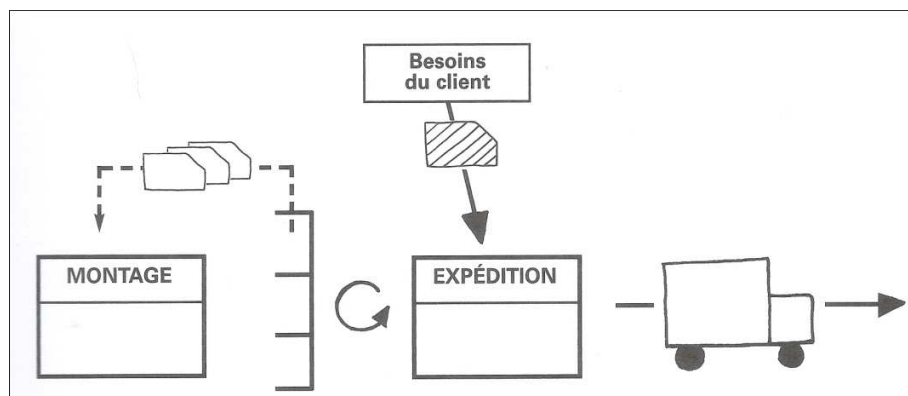


Figure 38 : Production transitant par un dépôt de stockage<sup>50</sup>

- **produits finis acheminés directement au quai d'expédition**

Dans ce cas, le contrôle de la production programme la fabrication. N'est produit que ce qui a été demandé par le client.

Ce mode d'organisation est destiné à la production sur commandes, c'est-à-dire aux produits chers, encombrants, personnalisés ou affichant un grand nombre de versions. Son fonctionnement est représenté sur la Figure 39.

<sup>49</sup> Source : <http://www.logistiqueconseil.org>, consulté le 17 Novembre 2010

<sup>50</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

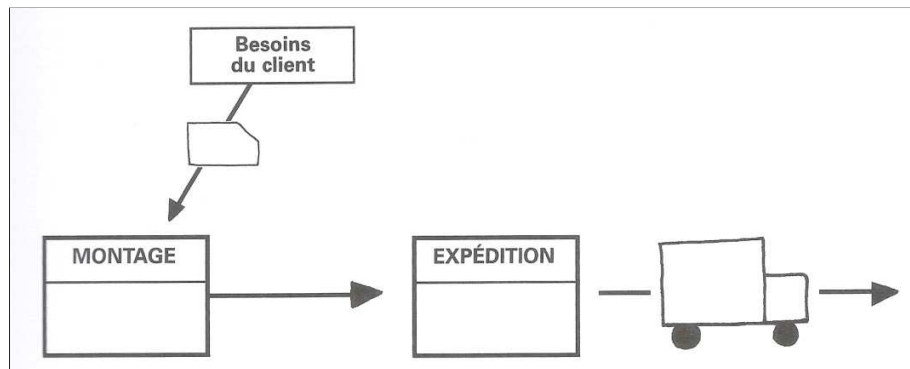


Figure 39 : Production directement acheminée au quai d'expédition<sup>51</sup>

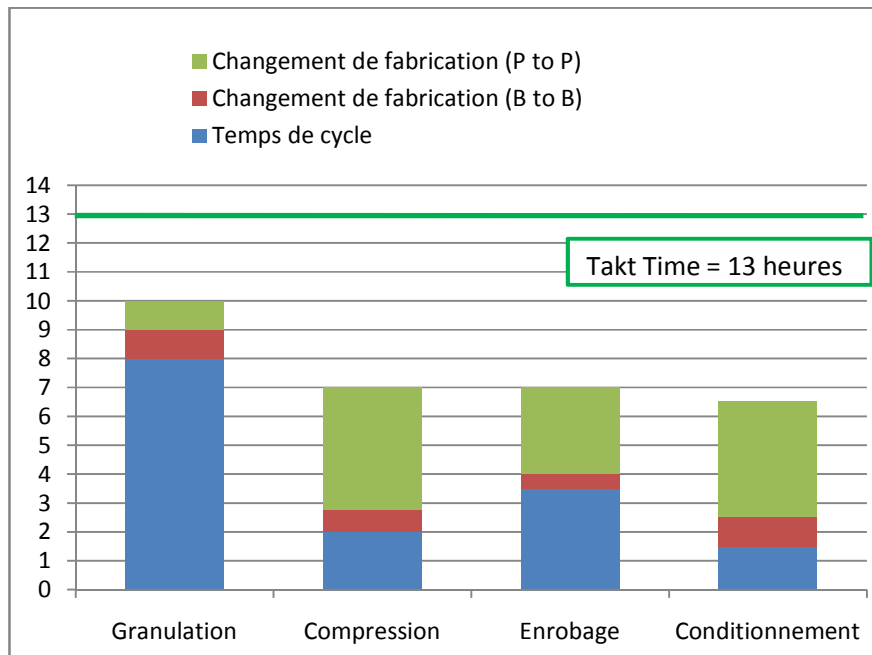
### Question C - Où est-il possible d'établir un flux continu ?

Le Graphique 1 présente les temps de cycles des différents processus qui composent la fabrication des médicaments A, F et C au sein de l'entreprise MED. Tous sont inférieurs au Takt Time, temps de changement de fabrication inclus. Il apparaîtrait donc cohérent de rassembler certains d'entre eux en flux continu et ainsi de réduire le nombre d'étapes.

Cependant, il est important de garder à l'esprit que les équipements nécessaires à l'enrobage et au conditionnement ne sont disponibles qu'à 60 % pour la production de A, F et C. Cela est dû au fait qu'ils sont également utilisés pour d'autres médicaments. Ils ne peuvent pas être intégrés à un flux continu commun aux quatre étapes, car ils seraient alors dédiés aux seuls médicaments appartenant à la famille de produits étudiée : A, F et C.

Un flux continu qui joindrait seulement les étapes d'enrobage et de conditionnement n'est pas non plus envisageable sans savoir si, pendant les 40 % du temps de non disponibilité, les équipements (lit d'air fluidisé et chaîne de conditionnement) fonctionnent ensemble.

<sup>51</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008



Graphique 1 : Temps de cycle des processus de l'entreprise MED

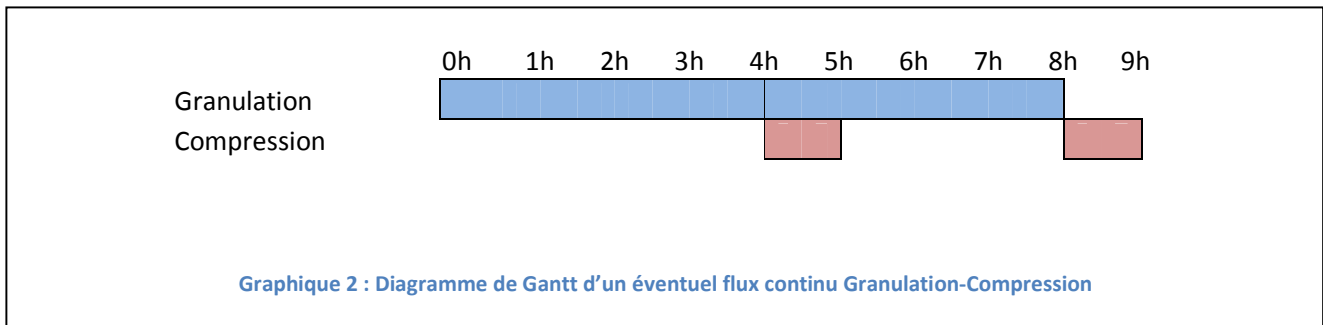
**NB :** Dans le cas de l'entreprise MED, les temps de cycle de chacun des processus sont égaux aux délais d'exécution respectifs car les équipements ne traitent qu'un lot à la fois.

En ce qui concerne les étapes de granulation et de compression, le cumul de leurs temps de cycle équivaut à 10 heures, et leurs changements de fabrication Batch to Batch durent respectivement 1 heure et 0.75 heure, le total est donc de 11.75 heures : inférieur au Takt Time (13 heures).

Les temps de changement de fabrication Product to Product ne sont pas pris en compte car les équipements sont dédiés aux médicaments A, F et C qui ont la même composition. Il n'y a donc pas de changement de produit, mais seulement des changements de lot.

**NB :** Dans l'industrie pharmaceutique, des nettoyages complets périodiques sont menés, par exemple une fois tous les trois mois. Lorsqu'ils ont lieu, les temps retenus sont ceux des changements de fabrication Product to Product.

Comme le montre la Figure 24, l'étape de granulation se décompose en deux cycles de 4 heures, chacun traitant la moitié d'un lot. Si un flux continu est instauré entre la granulation et la compression, alors la compression pourrait commencer après les 4 premières heures avec la première moitié de lot granulée. Le Graphique 2 rapporte que le temps de cycle global (Granulation+Compression) serait de 9 heures, au lieu des 10 heures calculées préalablement.



**NB :** Le **diagramme de Gantt** est un outil visuel de planification de l'avancement d'un projet ou d'une tâche. Des traits horizontaux représentant les temps affectés à chacun des acteurs (ou étapes) sont organisés dans un planning général.

Malgré les explications précédentes, le regroupement des étapes de granulation et compression est impossible. En effet, le domaine de l'industrie pharmaceutique possède ses règles propres : les **Bonnes Pratiques de Fabrication**, et des autorités qui veillent à leur respect, telles que l'Afssaps (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé). La réglementation impose par exemple des contrôles analytiques entre les étapes, une séparation des processus et une production par lot. L'établissement d'un flux continu entre la granulation et la compression n'est donc pas possible.

En conclusion, pour répondre à la Question C : Où est-il possible d'établir un flux continu ?, la réponse est : **nulle part**.

**Question D** - Où est-il nécessaire de mettre en place un flux tiré ? Un couloir FIFO ?

- Fournisseur Powder Pro

Avant tout, il est important de s'attarder sur le stock de matières premières nécessaire aux processus de fabrication. **PowderPro** livre trois fois par semaine le dépôt qui comporte l'équivalent de 20 lots, soit 17.4 jours. Il est nécessaire de préciser que dans l'industrie pharmaceutique tous les produits entrants dans la fabrication de médicaments sont testés (vérification de la conformité à la pharmacopée). Il n'est donc pas possible de travailler en flux complètement tendu car les analyses qualité entraînent des délais dans la libération des matières premières. Cependant, sachant que le fournisseur livre trois fois par semaine, deux jours de production, plus un jour de sécurité et un jour pour les analyses semblent suffisant comme stock.

La demande est de 23 lots par série de 20 jours, donc le nombre de lots nécessaires pour 4 jours est égal à :

$$\frac{23 \times 4}{20} = 4.6 \sim \mathbf{5 \text{ lots}}$$

- Granulation-Compression

Comme cela a été démontré dans la réponse à la Question C, même s'il serait intéressant de lier les processus de granulation et de compression, il n'est pas possible de créer un flux continu entre eux. Cependant il est envisageable d'instaurer un **couloir FIFO** : les deux processus seraient toujours distincts mais leurs productions seraient corrélées.

L'un des cinq fondamentaux du Lean Manufacturing est « viser la perfection », c'est pourquoi le fonctionnement idéal en **One Piece Flow** sera retenu : la capacité maximale de ce couloir FIFO sera égale à 1 lot.

Le Tableau 9 résume la demande client moyenne qui sera utilisée pour les dimensionnements de stocks et la réorganisation de la carte VSM.

	Demande Client moyenne			Total
	A	F	C	
Mensuelle (en lots)	7	6	10	23
Hebdomadaire (en lots)	1.75 ↻	1.5 ↻	2.5 ↻	5.75 ↻
Hebdomadaire arrondie (en lots)	2 ↻	2 ↻	3 ↻	6 ↻

Tableau 9 : Demande Client moyenne

Si l'on considère que le besoin de production est de 6 lots par semaine, alors le temps global de réalisation de la granulation et de la compression est égal à  $11.75 \times 6 = 70.5$  heures. Le temps d'ouverture hebdomadaire est de  $15 \times 5 = 75$  heures, il est donc envisageable de former un opérateur sur les équipements des deux processus et de lui confier la Granulation et la Compression.

Une action Kaizen pourra également être menée pour réduire le temps cumulé de 11.75 heures afin de libérer du temps pour le changement de fabrication Product to Product et ne pas limiter la production à 6 lots par semaine. En effet, si l'on cumule les demandes client hebdomadaires arrondies pour les trois médicaments, on arrive à  $2 + 2 + 3 = 7$  lots, ce qui veut dire qu'il est possible que certaines semaines la demande soit de 7 lots et non pas de 6.

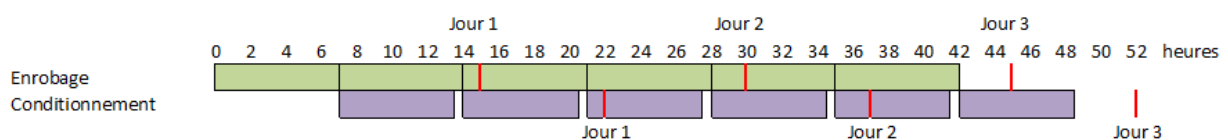
- Compression-Enrobage

La liaison des processus de compression et d'enrobage ne peut se faire par un flux continu car, comme cela a été décrit dans la Question C, leurs équipements ne sont pas dédiés aux médicaments A, F et C. Par contre, un **flux tiré** est possible : le processus d'enrobage pourra prélever un lot dans un dépôt de stockage de comprimés, une carte Kanban sera alors libérée et commandera le renouvellement de ce lot au niveau de la granulation. Pour commencer, le dépôt de stockage sera dimensionné pour accueillir la demande client hebdomadaire arrondie, c'est-à-dire 2 lots de A, 2 lots de F et 3 lots de C.

- Enrobage-Conditionnement

La création d'un flux continu intégrant l'enrobage et le conditionnement n'est pas concevable sans données sur les 40 % du temps où le matériel ne fonctionne pas pour les médicaments A, F et C. Il se peut qu'à ce moment là l'enrobage soit consacré à un produit X et le conditionnement à un produit Y. Par contre, il est possible de mettre en place un **couloir FIFO** dans le cadre des trois médicaments qui nous intéressent : le premier lot qui sort du processus d'enrobage sera le premier à être conditionné.

La demande client est hebdomadaire, les lignes d'enrobage et de conditionnement sont donc disponible 3 jours pour chaque commande ( $60\% \times 5 \text{ jours} = 3 \text{ jours}$ ). Le Graphique 3 montre que ce temps est suffisant pour réaliser les 6 lots qui sont demandés en moyenne par semaine ( $3.5 + 3.5 = 7$  heures pour l'enrobage,  $1.5 + 5 = 6.5$  heures pour le conditionnement). Par contre, pour répondre à une demande exceptionnelle de 7 lots il faudra mener une action Kaizen pour diminuer ces délais, notamment en travaillant sur les temps de changement de fabrication (3.5 heures et 5 heures).



Graphique 3 : Diagramme de Gantt du couloir FIFO Enrobage-Conditionnement

***NB :*** Dans le calcul des temps pour l'enrobage et le conditionnement, les temps de changements considérés sont *Product to Product*, car l'excipient d'enrobage est différent suivant le type de médicaments, tous comme le sont les notices, blisters, boîtes et cartons pour le conditionnement.

D'après le Graphique 3, il n'y a pas besoin que la capacité du couloir FIFO excède 1 : le temps de cycle de l'étape de conditionnement est plus faible que celui de l'enrobage. Un fonctionnement en **One Piece Flow** sera donc instauré.

Une intervention Kaizen sur le temps de cycle du processus d'enrobage serait intéressante : s'il est ramené à 6.5 heures alors l'enrobage et le conditionnement seraient en parfaite harmonie. De plus, après étude des 40 % du temps utilisé pour d'autres médicaments, l'instauration d'un flux continu entre les deux processus pourrait éventuellement être envisagée. Le cumul des temps de cycle serait alors égal à  $6.5 + 6.5 = 13$  heures, ce qui correspond parfaitement au Takt Time.

- Flux d'information

Les **flux d'information** doivent également être remaniés, sinon il paraît impossible de mettre en place les modifications détaillées précédemment.

La livraison auprès du laboratoire ZAC ainsi que ses commandes s'organisent sur une base hebdomadaire. Une nouvelle organisation des flux d'information pourrait mener au fonctionnement suivant:

- le client fournit ses prévisions à 4 semaines, et transmet sa commande ferme chaque lundi (semaine X) pour la semaine suivante (semaine X+1)
- l'expédition des médicaments A, F et C est faite le lundi (semaine X+1) : chargement des camions le matin et transport l'après-midi
- cela implique que tous les lots à livrer doivent être terminés le vendredi soir de la semaine X : d'après le Graphique 3 l'étape de conditionnement doit commencer le mercredi matin, et l'enrobage une demi journée avant, c'est-à-dire durant l'après midi du mardi
- les lots de comprimés entreposés dans le dépôt de stockage seront prélevés du mardi au vendredi, et les cartes Kanban ainsi libérés programmeront la Granulation et la Compression jusqu'au mardi suivant.

La production exclusive des médicaments A, F et C sur 3 jours consécutifs ne correspond pas vraiment à la pensée Lean Manufacturing car elle instaure une certaine rigidité dans l'organisation. Cependant, dans le cadre de cette étude et sans plus d'information sur les 40 % du temps où l'enrobage et le conditionnement ne sont pas utilisés pour A, F et C, cette solution est acceptable.

Les prévisions provenant du **laboratoire ZAC** comportent le nombre de lots (avec les numéros de commandes et de lots correspondants) estimés nécessaires par semaine pour les 4 semaines à venir. L'écart avec les commandes fermes résident dans la date de demande de livraison : il peut y avoir une différence d'une semaine par rapport à ce qui était prévu. Mais l'ordre dans lequel vont être demandés les lots pour un même type de médicament reste inchangé.

Prenons un exemple : Considérons que pour la semaine X, le laboratoire ZAC ait estimé qu'il aurait besoin d'un lot de A (n° de commande = 00A46), d'un lot de F (n° de lots = 00F37), et de trois lots de C (n° de lots = 00C75, 00C76 et 00C77). Si finalement il a besoin d'un lot supplémentaire de A pour la semaine X, alors celui de la semaine suivante X+1 (probablement portant le n° de lot 00A47) sera avancé d'une semaine pour s'ajouter à l'expédition prévue. Cette modification ne bouleversera pas toute la production, étant donné que le dépôt de stockage possède deux lots de A : nécessairement le 00A46, et le suivant sur la liste le 00A47.

De plus, si le premier lot prélevé du stock est un lot de comprimés A, alors le prochain lot qui sera granulé et comprimé sera également un lot de A, du fait de la carte Kanban libérée. Le stock de A sera donc recomposé 11.75 heures plus tard. Le lissage de charge décrit dans la Question F prévient la rupture d'approvisionnement.

L'une des améliorations futures sera de diminuer progressivement la taille du dépôt de stockage pour arriver à un lot par type de médicament. Pour le moment, une certaine sécurité est conservée.

Concernant le dépôt de matières premières nécessaires au conditionnement et fournis par **Printinstinct**, le réapprovisionnement se fait par camion les lundis et mercredis. La nouvelle organisation (processus de conditionnement seulement du mercredi au vendredi) suggère de conserver la livraison du lundi pour recomposer les stocks utilisés la semaine précédente, et de déplacer celle du mercredi au jeudi, c'est-à-dire au milieu des trois jours de fonctionnement des équipements de conditionnement.

Avec ce nouveau calendrier d'approvisionnement (préalablement négocié avec le fournisseur), la quantité de produits en stock peut être revue à la baisse. Elle est actuellement de 23 lots en moyenne, soit 20 jours de production. Un stock assurant la production d'une semaine paraît suffisant, soit le nécessaire pour 2 lots de A, 2 lots de F et 3 lots de C.



Les prévisions à 4 semaines seront conservées, par contre les commandes fermes seront transmises non plus de façon hebdomadaire mais la veille des livraisons. Les commandes urgentes faites jusqu'alors par téléphone pourront ainsi être supprimées. Ce mode d'approvisionnement sera également appliqué à PowderPro.

**Question E - Quel sera le processus régulateur ?**

Tous les processus qui se trouvent en aval du processus régulateur doivent appartenir à un flux continu ou à couloir FIFO. La programmation se fera donc sur l'enrobage. Il n'est pas possible de remonter plus en amont car un flux tiré s'intercale entre la compression et l'enrobage.

**Question F - Comment sera lissé la charge ?**

La liste des lots à réaliser dans la semaine est délivrée au processus d'enrobage le mardi. Elle est composée de 6 lots en moyenne. La logique productive suggère de suivre l'ordre AAFCC afin de minimiser les changements de fabrication.

Néanmoins, la production de lots successifs de même type aggrave les dysfonctionnements éventuels, allonge les délais de production et entraîne des pointes soudaines de la demande au dépôt de stockage de comprimés. Cette situation est généralement compensée par des stocks importants, mais cela contribue à accroître les délais de production, à aggraver les problèmes de production et à multiplier les gaspillages dus à la surproduction.

Le mode de pensée Lean Manufacturing va à l'encontre de cette organisation. Il privilégie le lissage de charge, c'est-à-dire l'alternance des produits dans la fabrication, et incite à travailler sur la réduction des temps de changement de fabrication.

Après lissage, la séquence de production pourrait être AFCAFC.

Le lissage de la charge est réalisé grâce à un **casier de lissage** qui regroupe les cartes Kanbans et les organise par rapport au pas de production. Deux endroits différents peuvent accueillir ce tableau :

- **Option 1 : entre le contrôle de la production et le processus régulateur**

Le casier de lissage peut être instauré en aval du contrôle de la production : il comprendrait les cartes Kanban de prélèvement, correspondant à la demande du client, qui désigneraient quel lot de comprimés devra subir l'enrobage et dans quel ordre. Les lots de comprimés seraient ainsi prélevés du dépôt de

stockage et les cartes Kanban de production libérées définiraient le travail des étapes de granulation et de compression. La Figure 40 est le schéma de fonctionnement de cette option.

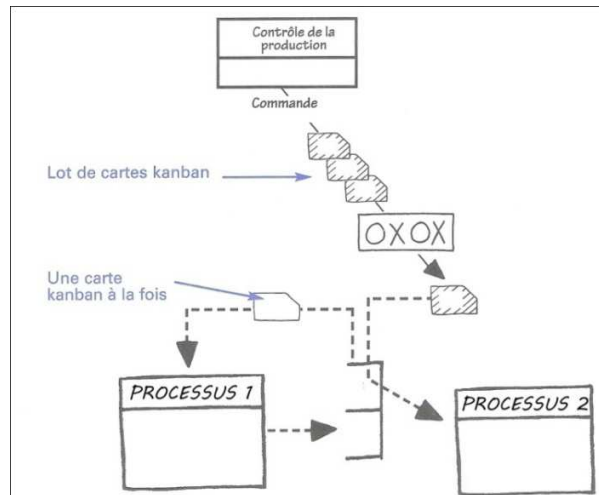


Figure 40 : Lissage de la charge entre le contrôle de la charge et le processus régulateur<sup>52</sup>

- **Option 2 : entre le processus régulateur et l'étape en amont qui va interpréter les cartes Kanban**

La demande client serait transmise au processus régulateur qui prélèverait dans n'importe quel ordre dans le dépôt de stockage. Le lissage de charge s'opérerait alors sur les cartes Kanban de production et non de prélèvement, comme l'illustre la Figure 41.

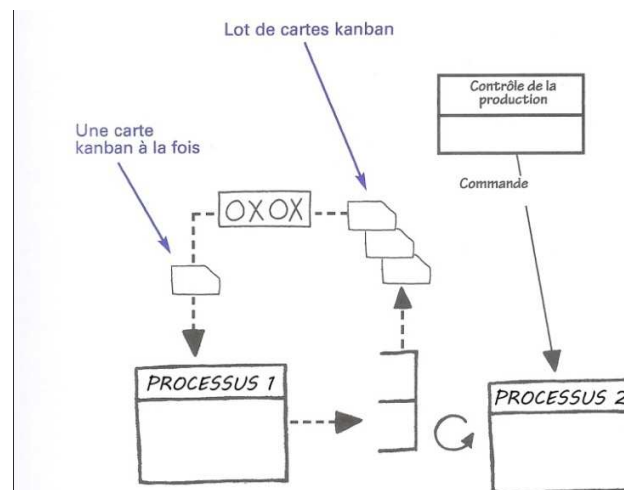


Figure 41 : Lissage de charge entre le processus régulateur et l'étape amont<sup>49</sup>

<sup>52</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

Le choix pour la carte remaniée s'est porté sur l'**Option 1**.

En effet, l'option 2 aurait été intéressante si :

- les prélèvements réalisés pour alimenter le processus d'enrobage avaient été faits simultanément et non pas un par un ; dans le cas présent les cartes Kanban de production sont libérées les une après les autres, aucun lissage de charge n'est donc possible
- le processus régulateur avait été le dernier processus de la chaîne de valeur, car sinon la production qui se trouve en aval du processus régulateur ne profite pas du lissage de charge.

**Question G** - Quel sera le pas de production ?

Le pas de production, l'unité de temps selon laquelle le contrôle de production organisera la fabrication des médicaments A, F et C, est de **7 heures**. Il s'agit de la somme du temps de cycle et du temps de changement de fabrication pour le processus d'enrobage ( $3.5 + 3.5 = 7$  heures). Il n'y a que le conditionnement en aval, et il ne nécessite que 6.5 heures par lot ( $1.5 + 5$  heures = 6.5 heures) donc il peut suivre une cadence de production de 7 heures.

Le casier de lissage sera donc placé devant le poste d'enrobage. Il sera découpé par tranche de 7 heures et comportera les cartes Kanban de prélèvement des lots à fabriquer pour le lundi suivant.

Le fonctionnement pourra être le suivant :

- le mardi matin, une personne du contrôle de la production placera dans le casier de lissage les cartes Kanban de prélèvement correspondant aux lots demandés par le client
- le mardi après-midi, au démarrage du second quart de travail, l'opérateur en charge de l'enrobage prendra la première carte et prélèvera le lot correspondant du dépôt de stockage, puis il réalisera l'enrobage de celui-ci
- une fois cette étape terminée (7 heures plus tard), le manutentionnaire acheminera ce lot à la ligne de conditionnement, pendant que l'opérateur d'enrobage prendra la seconde carte et prélèvera le second lot de comprimés
- à chaque fois qu'un lot de comprimés sera prélevé du stock, la carte Kanban de production qui était dessus sera placée dans un tableau récapitulatif Kanban qui se trouve à proximité du granulateur : l'opérateur en charge de cet équipement renouvellera donc le lot qui a été prélevé.

Le renouvellement des lots de comprimés est plus long (11.75 heures) que leur consommation par le processus d'enrobage (7 heures). Mais si le lissage s'opère correctement il ne devrait pas y avoir de rupture d'approvisionnement.

### Question H - Quelles sont les autres améliorations à mener ?

La nouvelle organisation décrite dans les réponses aux sept questions précédentes sera complétée par une série d'actions Kaizen à mener, dont l'icône est présentée dans la Figure 42 :



- Obtenir une certification de la part des fournisseurs : il s'agit d'une assurance que les matières premières livrées sont conformes à la pharmacopée en vigueur et peuvent être utilisées dans les processus de fabrication de médicaments sans contrôles préalables. Cela permet de diminuer les stocks de sécurité.

***NB** : La certification fournisseur passe par des audits, la mise en place d'analyses croisées, et des contrôles occasionnels.*

Figure 42 : Icône kaizen<sup>50</sup>

- Discuter avec les fournisseurs a propos des prévisions : sont-elles vraiment nécessaires ? Si oui, est-ce envisageable de les ramener à 1 ou 2 semaines ?
- Réduire les temps de cycle de la granulation (9 heures) et de la compression (2.75 heures) afin de n'avoir qu'un seul opérateur pour ces deux étapes et de pouvoir produire jusqu'à 7 lots par semaine
- Diminuer la taille du dépôt de stockage jusqu'à avoir un lot par type de médicament
- Ramener le temps de cycle du processus d'enrobage à 6.5 heures, comme pour le conditionnement
- Discuter avec le client concernant la taille de lot : si elle peut être diminuée alors la production gagnera en flexibilité.

<sup>53</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

- Dessin de l'état futur terminé

La construction de la VSM de l'état futur est désormais achevée, et constitue l'Annexe 4.

Grâce aux réorganisations menées, le Lead Time est passé de 65.3 jours à **12.2 jours**. La différence entre les deux provient des volumes de stocks qui ont été réduits ou éliminés. Le rapport du temps de traitement sur le Lead Time était de 1.5 %, il a été multiplié par plus de cinq et est maintenant de **8.2 %**.

Il est important de remarquer que le temps de traitement (temps vert) n'a pas été modifié, le remaniement qui a été mené n'a concerné que les stocks, c'est-à-dire les gaspillages (temps rouge).

D'autres améliorations peuvent être apportées à ce nouveau fonctionnement. Par exemple, les stocks de matières premières provenant de chez PowderPro et Printinstinct pourraient être gérés par des Kanbans, et être ainsi réduits à nouveau. Une étude pourrait également être menée sur les 40 % du temps d'enrobage et de conditionnement utilisé pour d'autres médicaments, afin de déterminer si un flux continu peut être instauré entre ces deux processus de fabrication.

Il ne faut par ailleurs pas oublier de conduire les actions Kaizen qui ont été identifiées.

**CHAPITRE III :**  
**COMMENT IMPLANTER UN**  
**SYSTEME LEAN ?**

John W. DAVIS décrit le Lean Manufacturing comme étant une « philosophie de croissance à long terme par création de valeur pour le client, dont les objectifs sont la **réduction des coûts**, la **diminution des temps de livraison** et l'**amélioration de la qualité** par l'élimination des gaspillages »<sup>54</sup>.

Pour atteindre les objectifs évoqués ci-dessus, des **événements Lean** (Value Stream Mapping, SMED, 5S, Kaizen, mise en place de Kanban ...) sont nécessaires.

**NB** : Le but de l'outil 5S est l'organisation du plan de travail en un environnement fonctionnel. Il se nomme ainsi car il est composé de 5 étapes dont les noms japonais commencent par « S » :

- **Seiri – Débarrasser** : supprimer tout ce qui est inutile sur l'espace de travail et son environnement
- **Seiton – Ranger** : trouver la bonne place pour chaque chose
- **Seiso – Tenir propre** : rendre l'espace de travail propre et le garder en état
- **Seiketsu – Standardiser** : définir des règles
- **Shitsuke – Impliquer** : respecter ce standard, faire respecter et progresser<sup>55</sup>

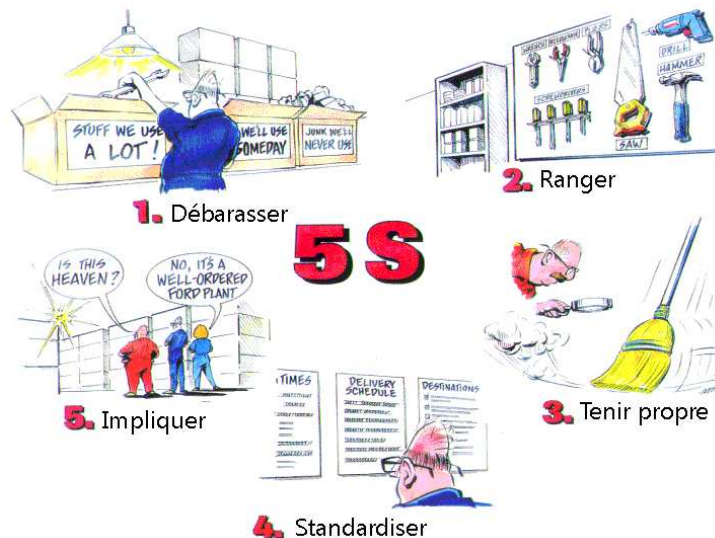


Figure 43 : La méthode 5S<sup>56</sup>

<sup>54</sup> Source : J. DAVIS, *Lean Manufacturing*, Industrial Press, New York, USA, 2006

<sup>55</sup> Source : Présentation de S. QUESNEL à l'Université de Nancy, *Le 5S*, 2007

<sup>56</sup> Source : <http://www.5ssystem.info>, consulté le 27 Novembre 2010

### 3.1 Facteurs clés de succès

La mise en place d'un système Lean tel que l'ont décrit J. WOMACK et D. JONES (voir page 16) repose sur **sept facteurs clés de succès** :

#### 3.1.1. Démarche personnalisée

Les japonais inventèrent le concept de Lean Manufacturing avec le **Toyota Production System** : modèle développé spécifiquement pour Toyota. Il n'est pas possible de l'appliquer directement à toutes les sociétés qui désirent instaurer un système Lean, il doit être adapté au cas par cas et s'appuyer sur les objectifs de l'entreprise, sur ses atouts et faiblesses, son organisation et sa culture.

#### 3.1.2. Implication de la direction

Il existe un frein majeur à la mise en place d'un système Lean : la **résistance au changement**. Il s'agit d'une réaction humaine de blocage face à la modification de l'environnement (de travail dans ce contexte). La mise à plat de l'organisation de l'entreprise en vue de la remanier va donc se heurter aux « habitudes » du personnel. Une réflexion classique qui pourra être entendue est « Mais pourquoi vouloir changer ? Ça fait X années que l'on travaille de la sorte et ça a toujours marché ».

Ainsi, La direction ne peut pas réclamer la mise en place d'un système Lean, elle doit convaincre et inciter au changement. L'**adhésion du personnel** autour du projet nécessite une attitude exemplaire de la part des dirigeants, et la diffusion de l'idée que « chaque problème n'est pas un frein mais une opportunité d'améliorer ». La volonté de changement se propage par le haut, c'est-à-dire des dirigeants vers leurs collaborateurs.

« La moitié des implantations d'un système Lean dans les entreprises échouent, dans 90 % des cas la principale cause est la non-implication de la direction. »<sup>57</sup> Les dirigeants doivent donc faire l'objet d'une attention toute particulière, car, paradoxalement, ils sont généralement les plus difficiles à convaincre. Ils ont une culture traditionnelle de la production (taille de lot importante, nombre de changement minimum, ne jamais arrêter la production) qui s'oppose à la vision Lean<sup>58</sup>.

---

<sup>57</sup> Source : V. GROVER, W. KETTINGER, J. TENG, *Business and Economic Review*, 46(2), pages 14-18, 2000

<sup>58</sup> Source : F. A. ABDULMALEK, J. RAJGOPAL, *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study*, *International Journal of Production Economics*, n°107, pages 223-236, 2007



### 3.1.3. Allocation des ressources nécessaires

L'implémentation d'un système Lean a pour but de réduire les gaspillages et donc de diminuer les coûts de production. Cela requiert l'allocation de ressources :

- l'organisation de l'entreprise doit être décrite, mesurée, puis repensée, et remaniée. Cela implique des **moyens humains** internes à l'entreprise : opérateur, ingénieurs, dirigeants..., mais également externes : consultants
- le **temps** passé par le personnel à travailler sur le système Lean est autant de temps en moins alloué à la production ou au fonctionnement global de l'entreprise
- la **formation** du personnel est primordiale pour avoir une dynamique Lean efficace et structurée
- les ressources citées précédemment sont couplées au besoin de **financement**, que ce soit pour assurer les conseils d'intervenants externes, pour embaucher du personnel dont la mission sera de mener la démarche Lean, ou pour financer le changement (achat de nouvelles machines, modifications des installations existantes ...)

### 3.1.4. Importance de la communication

La **communication** est également un facteur clés de succès, il est important que les bonnes informations passent au bon moment et aux bonnes personnes. Communiquer permet de préparer une décision, mais également de favoriser le dialogue au sein de l'entreprise et d'assurer que le travail demandé soit correctement exécuté.

Les informations diffusées concernent par exemple l'avancement des événements Lean, les bons et les mauvais résultats, le planning des formations... Toutes ces données contribuent à structurer l'objectif global d'amélioration Lean, et permet à chaque membre de l'entreprise d'être au courant de ce qui se passe sur son lieu de travail. La motivation du personnel s'accroît car le sentiment d'appartenance à une équipe qui contribue à la progression de l'entreprise est renforcé.

Une des formes de communication particulièrement développée dans le Lean Manufacturing est la **communication visuelle**. Elle repose sur des schémas, des images ou du texte présentant les informations clés du moment comme la description des événements Lean en cours ou les objectifs annuels. Les supports généralement utilisés sont des panneaux situés dans les couloirs ou les salles de production. Le but est qu'ils soient dans un lieu très fréquenté, visibles de loin et rapidement interprétables.

L'un des outils de présentations utilisés dans la communication visuelle est le **tableau A3**. Il résume les principales caractéristiques (de l'identification à la mise en place d'un plan d'action) d'une démarche de résolution de problème ou de conduite de changement. La Figure 44 présente les neuf cases qui composent un tableau A3.

A3 title: <name>		Team: <participants>
Start: <start date>		Evaluated by: <the forum evaluating progress>
Date: <update date>		
<b>1. Reason for change</b>	<b>4. Gap analysis</b>	<b>7. Implementation plan</b>
The reason why there is a need for change. Any restrictions that apply.	Analysis of the problems that need solving in order to move from "current state" to "target state".	Plan for implementing the improvements: typically a table with assignments and deadlines or a Gantt chart.
<b>2. Current state</b>	<b>5. Solution model</b>	<b>8. Confirmed state</b>
Description of the present situation, supported by data.	The solution implemented to move from Box 2 to Box 3.	State of the KPIs affected by the improvement. Continually updated after improvement is implemented.
<b>3. Target state</b>	<b>6. Experiments</b>	<b>9. Learning</b>
The target situation in the future, including improvement goals.	Potential solution components that need testing.	Conclusion with respect to what went well and what could have been done better.

Figure 44 : Tableau A3 général<sup>59</sup>

L'incorporation de photos, de graphiques, de tableaux, de diagrammes ou de schémas dans le tableau A3 est conseillé car il attirera d'autant plus l'œil du personnel, et sera plus agréable à lire.

### 3.1.5. Méthodologie structurante

Une **conduite structurée** dans l'instauration de la démarche Lean au sein de l'entreprise favorise son acceptation par le personnel et accroît le gain potentiel qu'elle peut apporter. La planification annuelle des étapes prévues est un bon moyen d'organiser le travail à accomplir.

<sup>59</sup> Source confidentielle

La création d'une équipe dédiée au Lean Manufacturing encourage la dynamique de changement. Sa composition peut être très simple : une à deux personnes responsables de l'évolution de l'entreprise vers un système Lean. De la curiosité, de l'exigence, des qualités managériales et de l'expérience dans l'animation d'équipes seraient autant d'atouts pour remplir à bien cette mission.

La présence sur site de gestionnaires Lean atteste de la volonté de la direction d'évoluer vers un Système Lean et empêche que la démarche d'amélioration continue soit relayée au second plan. Le rôle de l'équipe est d'**encadrer la démarche Lean**, cela implique de :

- coordonner les actions entreprises
- suivre les indicateurs de performance
- former le personnel
- animer les réunions sur le Lean
- construire le calendrier des interventions.

### 3.1.6. Equipes pluridisciplinaires<sup>60</sup>

La constitution des équipes pour les événements Lean est décisive pour la conduite à terme des interventions. Un groupe de 7 à 8 personnes est suffisant, au-delà, la gestion du groupe deviendrait plus importante que la gestion du projet, et en deçà, la confrontation de point de vue ne serait pas suffisante pour faire émerger le meilleur compromis.

Afin que le groupe soit efficace, la composition généralement retenue est la suivante :

- **1/3 d'utilisateurs**, c'est-à-dire de personne qui connaissent parfaitement le sujet parce qu'ils se servent des équipements impliqués ou qu'ils réalisent les activités étudiées (exemple : opérateurs de production si le sujet est un procédé de fabrication, personnel administratif pour la réorganisation du système de rangement des dossiers ...)
- **1/3 de clients**, ils peuvent être internes (opérateurs de l'étape suivante) ou externes (clients finaux)
- **1/3 d'« œil neuf »**, entrent dans cette catégories les membres de l'équipe Lean s'il y en a une, les personnes d'autres services, ainsi que les dirigeants

***NB*** : Conformément au facteur clés n°2 – Implication de la direction – au moins un membre du groupe doit être manager (chef de département, responsable d'unité, directeur ...).

---

<sup>60</sup> Source : S. ANDERSON, A. ARMSTRONG, A. BJÖRE et al., *Making medicinal chemistry more effective – application of lean sigma to improve processes, speed and quality*, *Drug Discovery Today*, volume 14, June 2009

### 3.1.7. Performances mesurées en permanence

Le cinquième fondement du Lean Manufacturing préconise de viser la perfection (voir page 16), c'est-à-dire de fixer des **objectifs** ambitieux qui vont piloter la démarche d'amélioration. Le choix d'**indicateurs** fiables et appropriés assure le suivi de l'évolution de l'entreprise, la mesure de l'écart par rapport aux objectifs, ainsi que la construction du planning.

Le pilotage de l'entreprise par les objectifs participe à l'implication de tous les employés et permet d'aller plus loin dans les propositions et les améliorations.

Si les objectifs ne sont finalement pas atteints, cela signifie que le plan d'action n'était pas adapté. A l'inverse, si les objectifs sont dépassés, cela veut dire qu'ils n'étaient pas assez ambitieux

## 3.2 Conduite du Changement

L'implantation d'un système Lean s'appuie sur les sept facteurs clés de succès développés précédemment, et s'organise généralement suivant un schéma global présenté dans cette partie.

### 3.2.1. Définir les objectifs

L'implantation d'un système Lean démarre par l'élaboration d'une **stratégie d'entreprise** par le comité de direction. Elle fixe le cap de la société grâce à des **objectifs** mesurés par des **indicateurs**. La communication intervient dès ce stade de l'implantation : le personnel tout entier doit être au courant des objectifs fixés.

### 3.2.2. Démarrer les formations

L'explication du Lean Manufacturing et de ses outils est primordiale. Des **formations** impliquant jusqu'à 10 personnes et organisées en **ateliers** assurent une appropriation des outils par le personnel. Par exemple, la simulation d'un flux poussé, puis d'un flux tiré pour la réalisation d'un dessin ou la construction d'un avion en papier permet de comprendre facilement la différence entre les deux principes et de retenir leur fonctionnement.

### 3.2.3. Réaliser des actions « coup de point »

L'**application réelle des outils** est le meilleur moyen de convaincre le personnel que des améliorations simples et efficaces sont possibles. La **méthode 5S** s'adapte parfaitement aux actions « coup de point » car elle apporte des résultats rapides et visibles en termes d'organisation des plans de travail.

### 3.2.4. Définir l'état actuel

Les trois points précédents avaient pour but d'initier la dynamique d'amélioration Lean. La quatrième étape – Définir l'état actuel – permet d'avoir une **photographie du fonctionnement** de l'entreprise et donc d'identifier les zones d'amélioration éventuelles.

La **Value Stream Mapping** s'intègre parfaitement dans cette partie de la démarche Lean. Le dessin de l'état actuel et le remaniement sont réalisés par l'équipe Lean assistée d'au moins une personne par département.

La construction est généralement réalisée avec des post-its sur le mur d'une salle, comme sur la Figure 45.

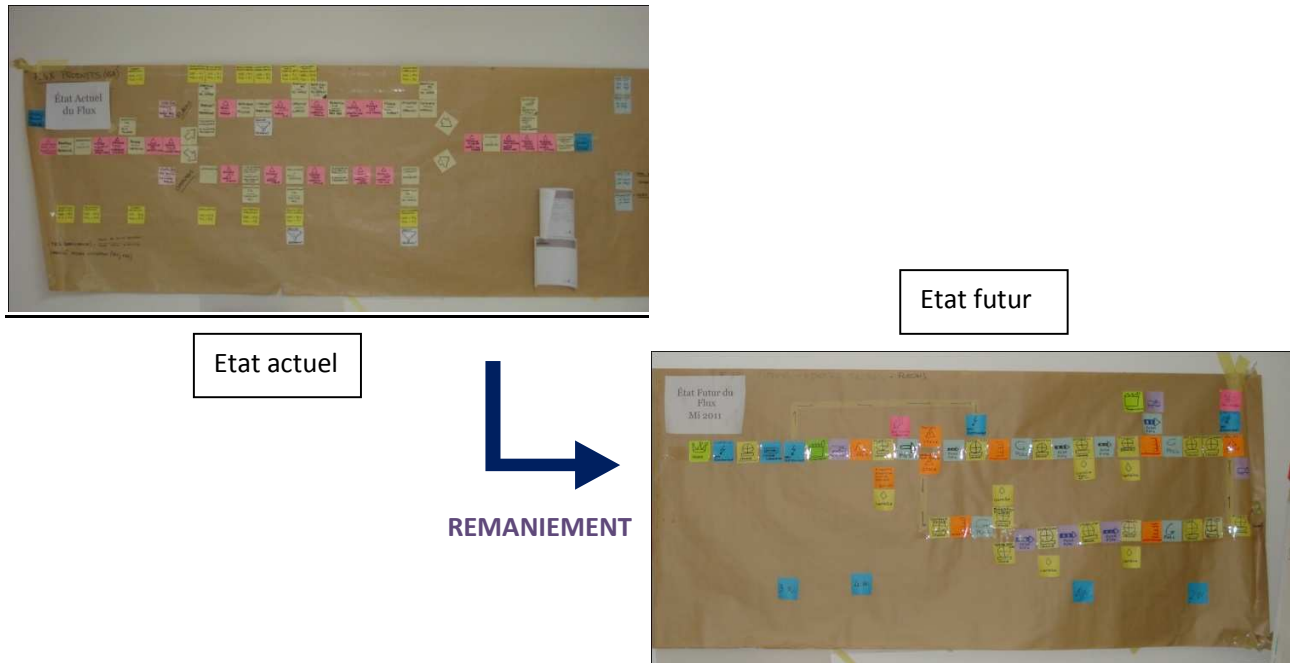


Figure 45 : Construction des chaînes de valeur de l'état actuel et de l'état futur<sup>61</sup>

Tout comme pour l'exemple de l'entreprise MED dans le Chapitre II, le dessin de la chaîne de valeur révèle les améliorations et les changements nécessaires, et permet de rédiger la liste des actions à mener.

### 3.2.5. Prioriser et réaliser les interventions

Toutes les actions identifiées (Kaizen, 5S, mise en place de Kanban ...) ne peuvent pas être conduites de front, une **priorisation** est donc nécessaire en vue de construire un calendrier.

Les événements Lean qui sont prioritaires concernent généralement les **goulots d'étranglements**, appelés en anglais *Bottleneck*. Ce sont les étapes limitantes d'un procédé, il est donc judicieux de travailler d'abord sur ces étapes en vue d'augmenter le rendement globale, comme sur la Figure 46.

<sup>61</sup> Source confidentielle

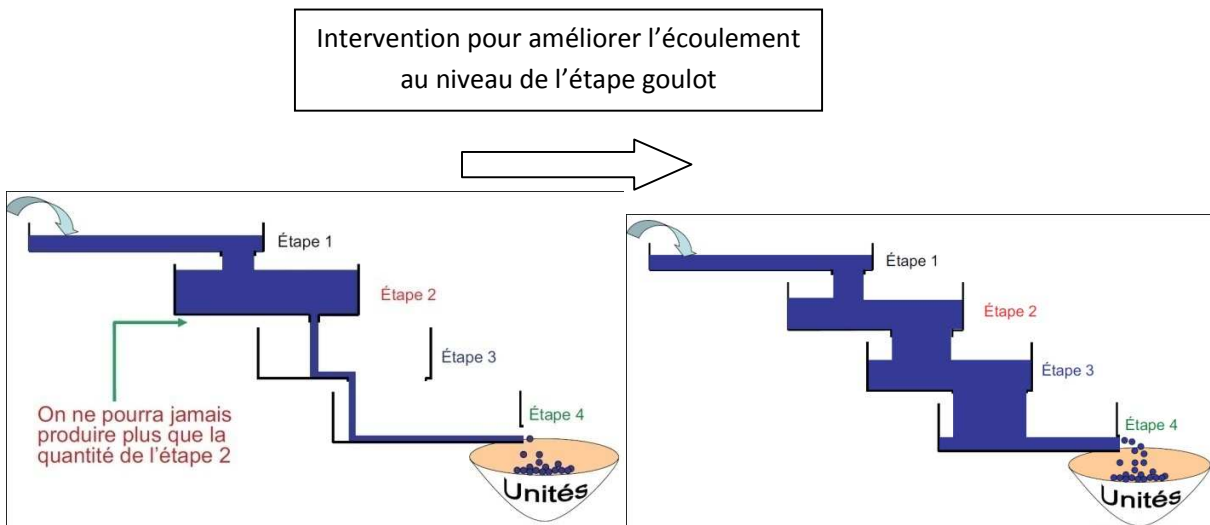


Figure 46 : Travail prioritaire sur l'étape goulot<sup>62</sup>

Le second facteur de choix dans la priorisation est la place qu'occupe la cible de l'intervention dans la chaîne de valeur : la logique Lean – commencer du client et remonter dans la chaîne de valeur – incite à choisir d'abord **les étapes les plus en aval**.

Il y a un dernier mode de décision dans la priorisation des actions : l'utilisation du **graphique PICK**, représenté sur la Figure 47.

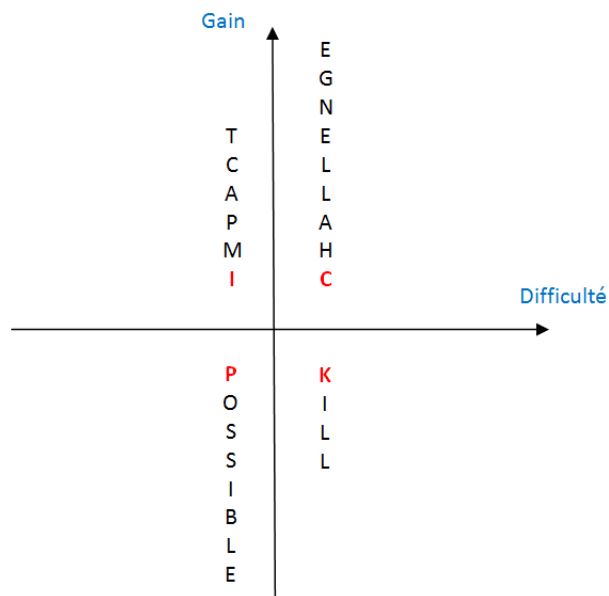


Figure 47 : Graphique PICK

<sup>62</sup> Source : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

Les actions à mener sont rangés dans le graphique PICK en fonction de leur difficulté et du gain potentiel qu'elles peuvent apporter. Ce classement a lieu après le dessin de l'état futur de la Figure 45 : les post-its correspondant aux événements Lean sont retirés de la chaîne de valeur et placés sur le graphique PICK.

La priorité est généralement donnée à la catégorie **Impact** : actions rapides et avec un gain important. Lorsque cette case est épuisée, ce sont les événements des classes **Challenge** et **Possible** qui sont mis en œuvre. L'alternance entre les deux assure un équilibre entre le gain et la difficulté. La dernière catégorie, **Kill**, regroupe les interventions qui ne seront pas menées, car trop difficiles à réaliser et sans réel avantage.

Le nombre d'intervention retenu pour un an ne doit pas être trop élevé car sinon il y a un risque que de nombreux événements Lean soient commencés mais que tous ne soient pas terminés. Un projet par mois semble être un bon compromis.

Il appartient à l'équipe Lean de suivre chacun des événements Lean et de s'assurer qu'ils soient clôturés, par exemple en réalisant une réunion par semaine avec les chefs des différentes équipes (de projets et de production).

### 3.2.6. Adapter la démarche

La dernière phase de la méthode consiste à **recommencer chaque année** à partir de l'étape 4 – Définir l'état actuel. L'impact des changements mis en œuvre pourra être évalué en comparant le dessin de l'état actuel avec celui de l'année précédente, et la construction du calendrier des interventions prendra en compte les nouvelles priorités identifiées.



### 3.3 Le Lean Manufacturing dans le milieu médical et pharmaceutique

#### 3.3.1. L'implémentation d'un programme Lean au sein d'un laboratoire pharmaceutique<sup>63</sup>

Plusieurs entreprises pharmaceutiques ont déjà choisi d'implanter un système Lean afin de simplifier les opérations de production et de réduire leurs coûts, comme AstraZeneca, Johnson et Johnson, Pfizer, Lundbeck.

L'une des préoccupations majeure pour ces sociétés est de savoir comment intégrer la méthodologie Lean aux Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF), dont le but est de garantir la sécurité du patient. Cependant, contrairement aux idées reçues, l'approche Lean et les BPF ne sont pas contradictoires, elles sont orientées vers un objectif commun : **assurer une qualité maximale à moindre coûts**.

L'entreprise Lundbeck releva ce défi en 2005. Son objectif était de créer la **chaîne logistique la plus efficace de l'industrie pharmaceutique** ; ce projet s'appliquait à l'ensemble des usines Lundbeck. Le comité de direction convint alors que le meilleur moyen d'y parvenir était de mettre en place une démarche Lean. La société a mené une série d'événements Kaizen destinée à mettre en place des améliorations à un rythme jamais vu auparavant au sein de Lundbeck. La culture de l'entreprise évolua progressivement vers une culture de l'amélioration, où des améliorations rapides sont la façon naturelle de travailler au quotidien.

##### 3.3.1.1 Déroulement de la méthode

La méthode utilisée est découpée en quatre phases :

###### Phase I – Créer un consensus dans le groupe de direction (avant 2006)

Les **chefs d'équipe** sont les mieux placés pour obtenir le soutien de leurs collaborateurs, pour comprendre comment le Lean peut impacter les objectifs de l'entreprise, et quelles sont les zones sur lesquelles il faut porter l'accent. C'est pourquoi la première phase de la démarche eut pour but de les impliquer dans une dynamique de changement pilotée par des objectifs,

###### Phase II – Prouver que le Lean fonctionne (2006)

Une étude pilote a été réalisée sur seulement une des usines de l'entreprise afin de convaincre et d'impliquer toutes les personnes dirigeantes. Le projet comporta **20 événements Lean** et fournit une base solide pour commencer le processus de transformation de l'ensemble des sites Lundbeck.

---

<sup>63</sup> Source : C. HOUBORG, *Implementing a successful lean programme : Where do you begin ?*, *Pharmaceutical Technology Europe*, pages 52-57, September 2010

L'un des premiers événements Lean a eu pour résultat une économie annuelle d'environ un demi million de dollar, un autre a réduit de 40 % le temps de changement de fabrication d'une ligne de conditionnement, comme l'illustre la Figure 48 .

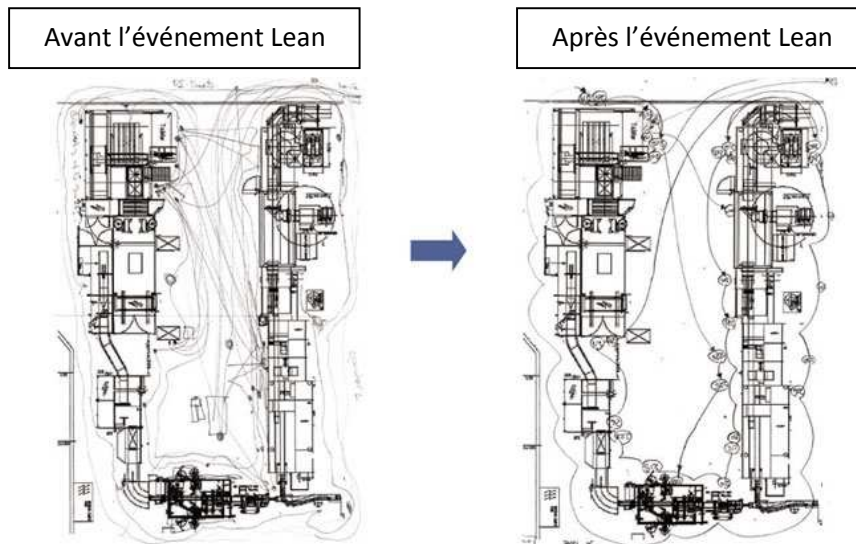


Figure 48 : Diagrammes spaghetti d'une ligne de conditionnement, avant et après l'événement Lean<sup>64</sup>

Phase III – Mener un grand nombre d'événements Lean et construire une culture autour de ces événements (2006-2008)

La **conduite régulière d'événements Lean** encouragea et inspira les salariés de Lundbeck. Le rythme de changement appliqué fût le plus important de l'histoire de l'entreprise : le nombre d'événements Lean réalisés chaque année était égal au nombre d'employés de l'entreprise divisé par dix. Cela a permis de garantir la participation de tous les salariés, d'obtenir des résultats rapides, et d'apprendre à toutes les personnes de l'organisation comment se servir des outils Lean.

Pendant la première année, 40 événements Lean ont été menés, depuis 70-80 événements supplémentaires sont conduits chaque année, impliquant les 800 personnes du service logistique.

Chaque événement correspond à **300-500 heures de travail**, et implique en moyenne **10 personnes**.

<sup>64</sup> Source : C. HOUBORG, *Implementing a successful lean programme : Where do you begin ?*, *Pharmaceutical Technology Europe*, pages 52-57, September 2010

Globalement, entre 2006 et 2009, 250 événements Lean ont été conduits. Ils s'organisent tous de la même manière :

- tout d'abord les personnes de l'équipe se réunissent en **atelier** et représentent le **processus** dans son ensemble grâce à des outils simples (stylos et post-its)
- ensuite elles imaginent le **nouveau fonctionnement**
- la **mise en œuvre** des améliorations décidées commence dès que l'atelier est terminé, en commençant par les petites modifications, puis en passant aux changements plus importants

Les outils Lean utilisés dans les événements Lean sont simples et permettent d'apporter des améliorations significatives au cours de la semaine suivant l'atelier. Cependant, le maintien du nombre élevé d'événements est difficile et l'organisation est complexe. Sur six mois, l'organisation a besoin d'utiliser 10 % de ses ressources à apporter des améliorations.

#### Phase IV – Mettre l'accent sur les dirigeants (à partir de 2008)

Après deux ans de résultats concluants, la quatrième phase était l'introduction du **programme de développement du Leadership Lean**.

En 2008, l'ensemble des 115 dirigeants de la logistique a suivi 12 jours de formation, dont le but était d'intégrer les méthodes de développement du leadership dans la pratique du Lean. Cette formation était découpée en quatre modules :

- Introduction aux principes de leadership et création d'un **plan de développement individuel**.
- Identification des **forces et des faiblesses** de chaque dirigeant, et vérification qu'il possède les outils et les compétences nécessaires pour engager tous ses collaborateurs dans le Lean et les motiver à soutenir le changement.
- Analyse de la **situation actuelle de l'entreprise** en insistant sur ce qui a fonctionné et ce qui n'a pas marché dans les événements Lean. Chaque dirigeant a également reçu des commentaires qui lui sont propres afin d'ajuster son style de leadership.
- Confrontation des nouveaux acquis sur le leadership dans le cadre de la **gestion d'un événement Lean**, puis partage d'expérience avec les autres dirigeants.

Ce programme de formation se poursuit avec l'ajout de nouveaux modules chaque année. L'une des évolutions majeures dues à ce programme est le fait que les employés qui étaient auparavant engagés dans les événements Lean travaillent maintenant en partenariat avec leurs dirigeants.

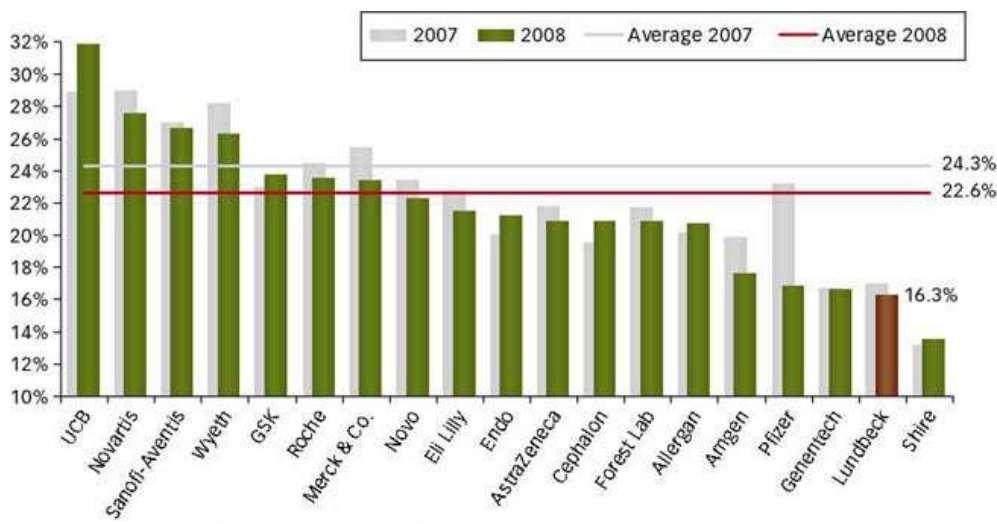
### 3.3.1.2 Résultats

Les principales améliorations apportées entre 2006 et 2009 par l'utilisation du Lean Manufacturing chez Lundbeck sont :

- diminution de la **valeur des stocks de 30 %**
- **productivité** multiplié par **2** (1.75 million d'unités par mois en 2006, 3.5 millions d'unités en 2009)
- **délai** du à la **libération des lots** réduit de **90 %**
- réduction de **30 %** des **coûts de production**
- 

Lundbeck remporta en 2008 le **Danish Supply Chain Award**. Cette distinction récompense une « solution logistique qui met l'accent sur l'innovation, le développement, la satisfaction du client, et qui réunit l'approbation et la participation de tous les employés ». <sup>65</sup>

L'entreprise se place aujourd'hui parmi les laboratoires pharmaceutiques ayant les coûts de production les plus faibles. Le Graphique 4 l'atteste.



Graphique 4 : Coûts de production (en % des revenus), 2007-2008

<sup>65</sup> Source : C. HOUBORG, *Implementing a successful lean programme : Where do you begin ?*, *Pharmaceutical Technology Europe*, pages 52-57, September 2010

### 3.3.1.3 Conclusion

L'exemple du laboratoire Lundbeck démontre que l'**industrie pharmaceutique** est un domaine dans lequel s'applique le Lean Manufacturing. Les résultats présentés par l'entreprise illustrent les bénéfices que peut apporter le Lean, en termes de **réduction de coûts** mais également dans l'**organisation** et la **culture du groupe**.

Les **Bonnes Pratiques de Fabrication** ne constituent pas un frein à la mise en place du Lean. Ce sont les **aprioris** et les préoccupations des employés quant à la conformité des changements aux BPF qui ralentissent l'instauration du Lean.<sup>66</sup>

### 3.3.2. Application des outils Lean à un établissement de transfusion sanguine<sup>67</sup>

Les **Etablissements de Transfusion Sanguine (ETS)** ont pour principale mission de délivrer/ distribuer tous les jours les **Produits Sanguins Labiles (PSL)** prescrits aux patients nécessitant des transfusions. Depuis le début des années 2000, la France, comme d'autres pays européens, connaît une augmentation des besoins en produits sanguins à cause du vieillissement de la population.

Dans ce contexte d'accroissement des besoins, associé à la volonté constante d'améliorer la satisfaction des patients, les **Etablissements Français du Sang (EFS)** s'intéressent aux outils d'amélioration organisationnelle utilisés dans l'industrie.

#### 3.3.2.1 Méthode 5S appliquée à l'EFS Rhône-Alpes

Les 60 managers de l'EFS Rhône-Alpes ont visité une usine ayant déployée la méthode 5S, 80 % d'entre eux ont estimé qu'elle était applicable à l'EFS.

Un plan de formation aux 5S a donc été mis en place : 120 personnes (personnel et encadrement) ont ainsi été formées en 2008. Les projets 5S menés concernaient les activités de préparation des PSL, le contrôle qualité, les achats, la gestion du magasin, les ressources humaines et l'assurance qualité.

L'**implication du personnel** dans la recherche d'améliorations des conditions de travail fût très forte. Les équipes étaient motivées et très **fières du travail** qu'elles avaient **accompli**.

---

<sup>66</sup> Source : T. MELTON, *The Benefits of Lean manufacturing – What lean thinking has to offer the process industries*, *Chemical Engineering Research and Design*, n°83, pages 662-673, 2005

<sup>67</sup> Source : F. BERTHOLEEY, P. BOURNIQUEL, E. RIVERY et al., *Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS)*, *Transfusion Clinique et Biologique*, n°16, pages 93-100, 2009

La direction demanda un état d'avancement en 2009 : des **plans d'actions** pour chacun des postes de l'EFS avaient été mis en place, et tous les membres du personnel se sentaient responsables de leurs bons déroulements.

### 3.3.2.2 La Value Stream Mapping à l'EFS Pays de la Loire

La méthode VSM déployée dans l'EFS Pays de la Loire en 2008 ne concerna que les activités de préparations des PSL. Associée à un consultant, l'équipe projet a établi une nouvelle organisation qui a permis :

- d'améliorer la **qualité des produits** en réduisant les temps d'attentes entre les étapes
- de maintenir les PSL à **température constante**
- d'augmenter la **capacité de production**
- d'améliorer la **satisfaction du personnel**

### 3.3.2.3 Conclusion

Dans les deux cas cités précédemment, un **management participatif** a été mis en place. Il a pour but de susciter les évolutions par les personnes travaillant au sein de l'EFS plutôt que de les imposer par l'encadrement.

La réussite de ces deux expériences a impliqué les facteurs suivants :

- le démarrage d'une **dynamique d'équipe** sur le terrain
- le développement d'un **espace d'autonomie** pour les équipes
- le partage par la direction, l'encadrement et les collaborateurs de la même **volonté de transformation** en vue d'améliorer les conditions de travail et la qualité des produits

Le Lean Manufacturing n'est donc pas seulement applicable dans l'industrie ; les **EFS** ont une organisation qui peut faire l'objet d'événements Lean, tout en garantissant la **sécurité des patients** et la **qualité des produits**.

THÈSE SOUTENUE PAR : David GARNIER

TITRE : La Value Stream Mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliqué à l'industrie pharmaceutique.

## CONCLUSION

Le **Lean Manufacturing** a été inventé il y a plus de 50 ans par le constructeur automobile japonais Toyota. Il s'étend aujourd'hui à tous les domaines de l'industrie car il répond à la volonté universelle et grandissante de **réduction des coûts de production**.

La **Value Stream Mapping** (ou Cartographie de la Chaîne de Valeur) est un outil du Lean Manufacturing qui assure une vision claire des procédés composant une entreprise. La représentation des flux de matières et d'information permet de prendre conscience des gaspillages qui ont lieu et qui pénalisent la productivité.

Dans cette thèse, la description de la Value Stream Mapping s'est faite au travers de l'**entreprise MED**, un façonnier fictif de l'industrie pharmaceutique. Il est apparu que la méthode n'est pas seulement utilisée pour peindre l'état actuel, mais également pour imaginer et établir un état futur plus efficace, plus réactif, moins couteux et plus coordonné. La VSM est une opportunité de mettre en mouvement l'entreprise dans un objectif commun : **réduire les gaspillages** tout en améliorant les conditions de travail.

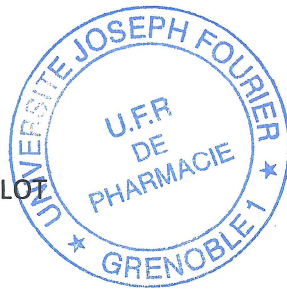
L'industrie pharmaceutique possède des contraintes qui lui sont propres : les **Bonnes Pratiques de Fabrication**, garantissant la **sécurité du patient**. Ce n'est cependant pas un frein réel à l'implantation d'un système Lean au sein d'une entreprise pharmaceutique, ou même d'un établissement de gestion des produits sanguins.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le 30 Nov 2010

LE DOYEN

Professeur Renée GRILLOT



LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Professeur Aziz BAKR



## BIBLIOGRAPHIE

### A) Ouvrages

J. WOMACK, D. JONES, *Lean Thinking*, Free Press, 1996

Guide interne HP Invent, *Lean Sigma – Memory Jogger*, Common Edition, 2008

M. PILLET, *Six Sigma comment l'appliquer*, Edition d'Organisation, 2004

F. FOUQUE, *A la découverte du Lean Six Sigma*, Edition Fouque, 2009

M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

J. DAVIS, *Lean Manufacturing*, Industrial Press, New York, USA, 2006

D. K. SOBEK II, A. SMALLEY, *Understanding A3 thinking, a critical component of Toyota's PDCA Management System*, CRC Press, 2008

F. OLIVIER, Thèse d'exercice de Pharmacie, *L'approche Lean : méthodes et outils appliqués aux ateliers de production pharmaceutique*, Université Joseph Fourier, Grenoble, 2009

### B) Cours et Présentations

G. REVENU, *L'amélioration continue pour accélérer les flux*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2009

Cours INSA Lyon – Génie industriel dans les systèmes hospitaliers, *L'analyse de l'existant*, disponible sur <http://agbo.insa-lyon.fr/>, consulté le 21 Octobre 2010

A. GDOURA, Présentation pour l'EuroMed Innovation and Technology Programme, *Pilotage et évaluation des activités d'un incubateur*, 2008

Présentation du Consortium de recherche FOR@C, *Value Stream Mapping - Formation*, Université de Laval

Cours de M. LAURAS, *Gestion des chaînes logistiques – Introduction à la logistique aval*, École des Mines d'Albi-Carmaux, 2008

Présentation de S. QUESNEL à l'Université de Nancy, *Le 5S*, 2007

### C) Articles scientifiques

S. LAMBER, G.ABDUL-NOUR, M-F. LORTIE, *Cartographie de la chaîne de valeur : Cerner la valeur pour obtenir un avantage concurrentiel*, Université du Québec à Trois-Rivières

V. GROVER, W. KETTINGER, J. TENG, *Business and Economic Review*, 46(2), pages 14-18, 2000

F. A. ABDULMALEK, J. RAJGOPAL, *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study*, *International Journal of Production Economics*, n°107, pages 223-236, 2007

S. ANDERSON, A. ARMSTRONG, A. BJÖRE et al., *Making medicinal chemistry more effective – application of lean sigma to improve processes, speed and quality*, *Drug Discovery Today*, volume 14, June 2009

C. HOUBORG, *Implementing a successful lean programme: Where do you begin ?*, *Pharmaceutical Technology Europe*, pages 52-57, September 2010

T. MELTON, *The Benefits of Lean manufacturing – What lean thinking has to offer the process industries*, *Chemical Engineering Research and Design*, n°83, pages 662-673, 2005

F. BERTHOLEEY, P. BOURNIQUEL, E. RIVERY et al., *Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS)*, *Transfusion Clinique et Biologique*, n°16, pages 93-100, 2009

### D) Sites Internet

<http://www.vision-lean.fr>, consulté le 12 Octobre 2010

<http://www.idecq.com>, consulté le 30 Novembre 2010

<http://itil.fr>, consulté le 18 Octobre 2010

<http://chohmann.free.fr>, consulté le 13 Novembre 2010

<http://office.microsoft.com/fr-be/excel-help>, consulté le 25 Octobre 2010

<http://www.sprickstegall.com>, consulté le 25 Novembre 2010

<http://www.bola.biz>, consulté le 02 Novembre 2010

<http://www.actors-solutions.com>, consulté le 14 Novembre 2010

<http://www.strategosinc.com>, consulté le 27 Novembre 2010

<http://www.al-consulting.com>, consulté le 15 Novembre 2010

<http://www.logistiqueconseil.org>, consulté le 17 Novembre 2010



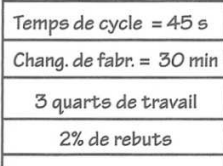

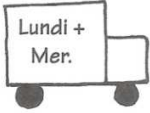

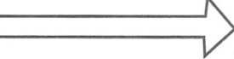

<http://www.5ssystem.info>, consulté le 27 Novembre 2010

# **ANNEXES**

Annexe 1 : Icônes utilisées dans le Value Stream Mapping.....	95
Annexe 2 : Construction de la carte VSM de l'état actuel de l'entreprise MED.....	98
Annexe 3 : Organigramme des Processus (Tableau vierge) .....	103
Annexe 4: Carte VSM de l'état futur de l'entreprise MED .....	104

## Annexe 1 : Icônes utilisées dans le Value Stream Mapping.

Les icônes et symboles utilisés dans le Value Stream Mapping sont de trois types : **matières** (pour les flux de matières), **information** (pour les flux d'information), et **générales**.<sup>68</sup>

Icônes Matières	Chose représentée	Observations
	Processus de fabrication	Une case représente une zone de flux. Tous les processus doivent être indiqués. La case peut aussi représenter un service de l'entreprise, comme le contrôle de la production.
	Source extérieure	Représente des clients, des fournisseurs et des sous-traitants extérieurs.
	Case données	On y consigne des données relatives aux processus de fabrication, aux services, etc.
	Stocks	On indique la quantité d'articles et la réserve en temps de travail qu'elle représente.
	Livraison par camion	Périodicité des livraisons
	Déplacement de la production par un système à flux poussé	Matières traitées et poussées vers le prochain poste de la chaîne de production avant que celui-ci en fasse la demande. Ce mouvement est généralement commandé par un programme central.
	Déplacement des produits finis vers le client	
	Dépôt de stockage	Dépôt de pièces servant à régulariser la production à un poste situé en amont.

<sup>68</sup> Source : M. ROTHER, J. SHOOK, *Bien voir pour mieux gérer*, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008

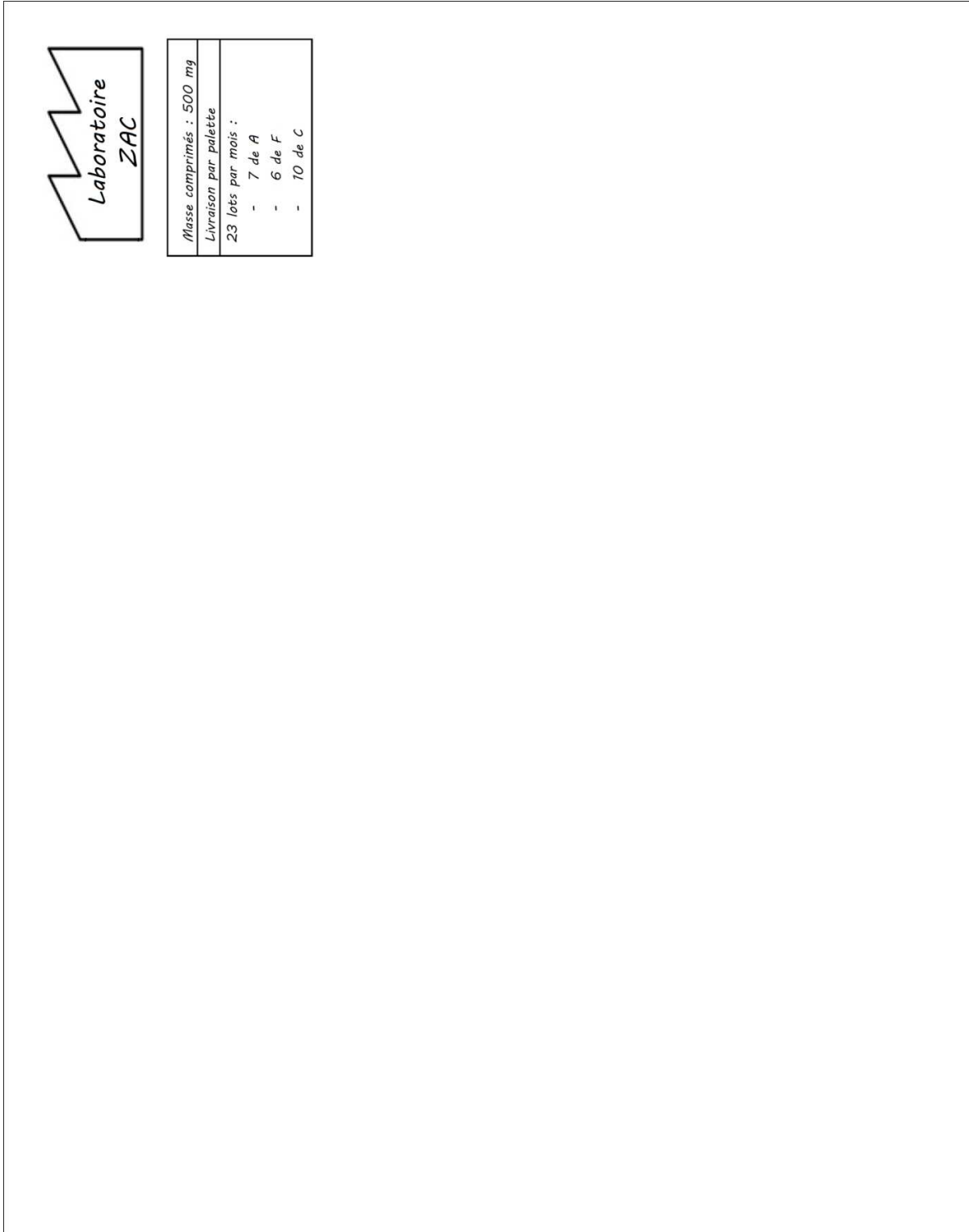
Icônes Matières	Chose représentée	Observations
	Prélèvement de matières	Indique un retrait de matières, généralement à partir d'un dépôt.
	Transfert entre processus de quantités contrôlées de matières, dans un système «Premier entré, premier sorti.»	Aménagement visant à limiter les quantités et à permettre un flux de matières entre processus, selon le système PEPS. Doit indiquer un maximum.
Icônes Information	Chose représentée	Observations
	Flux d'information sur papier	Par exemple : calendrier de production, d'expédition
	Flux d'information électronique	Par exemple, au moyen d'un système d'échange de données Programme hebdomadaire
	Information	Indique un flux d'information
	Carte kanban de production (le pointillé indique le sens du mouvement)	Carte («une par contenant») ou autre dispositif qui indique à l'opérateur d'un processus la quantité de ce qui peut être produit et lui en donne l'autorisation.
	Carte kanban de prélèvement	Carte ou dispositif qui ordonne au manutentionnaire d'aller chercher et de déplacer des pièces (par ex., d'un dépôt à un poste de travail).
	Carte kanban de signalisation	Carte kanban utilisée dans les traitements par lot («une par lot») indiquant que le seuil de réapprovisionnement a été atteint et donnant l'ordre de fabriquer un nouveau lot. Utilisée lorsque le processus fournisseur doit produire en lots, parce qu'il y a changement de fabrication.

Icônes Information	Chose représentée	Observations
	Cercle de système à flux tiré séquentiel	Donne l'ordre de réaliser immédiatement une quantité et un type préétablis de produit (généralement une unité). Il s'agit d'un système à flux tiré pour des processus de sous-montage n'utilisant pas de dépôt.
	Poste kanban	Endroit où les cartes kanban sont regroupées avant d'être transmises à destination.
	Lot de cartes kanban	
	Lissage de la charge	Moyen utilisé pour intercepter des lots de cartes kanban et lisser leur volume et leur combinaison sur une période de temps donnée.
	Invitation à consulter le calendrier de production	Rajustement des calendriers en fonction des niveaux de stocks.

Icônes générales	Chose représentée	Observations
	Amélioration (icône dentelée)	Amélioration (icône dentelée) Attire l'attention sur les améliorations à apporter à certains processus pour atteindre les buts visés par la nouvelle chaîne de valeur. Peut annoncer des ateliers kaizen
	Dépôt de stock tampon ou de réserve	Stock tampon ou de réserve intégré à la chaîne.
	Opérateur	Image schématique d'une personne en contre-plongée

Annexe 2 : Construction de la carte VSM de l'état actuel de l'entreprise MED

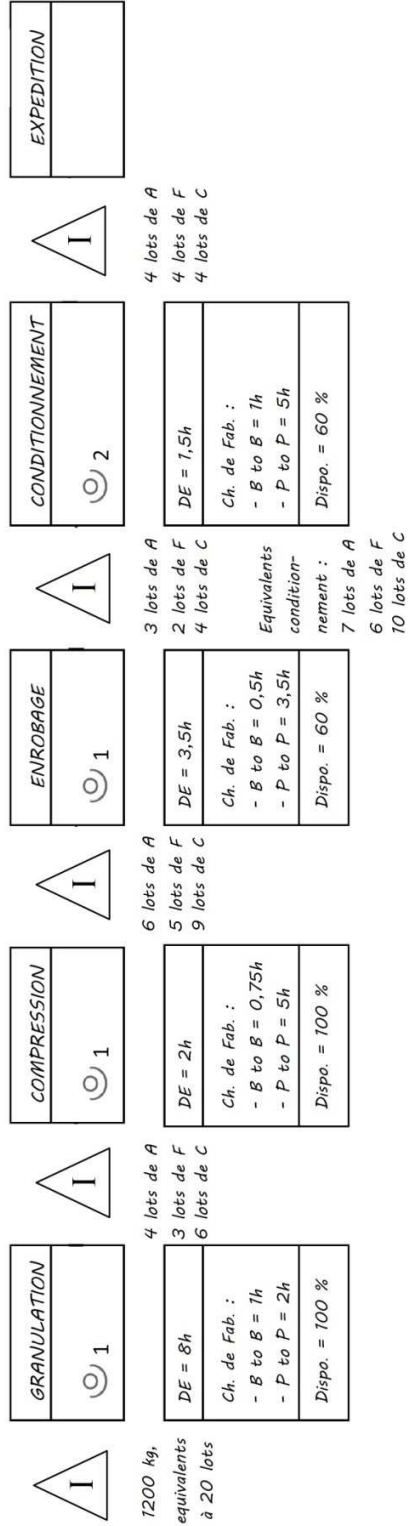
Première phase du dessin : Le Client



**Deuxième phase du dessin : Les Processus de Fabrication**

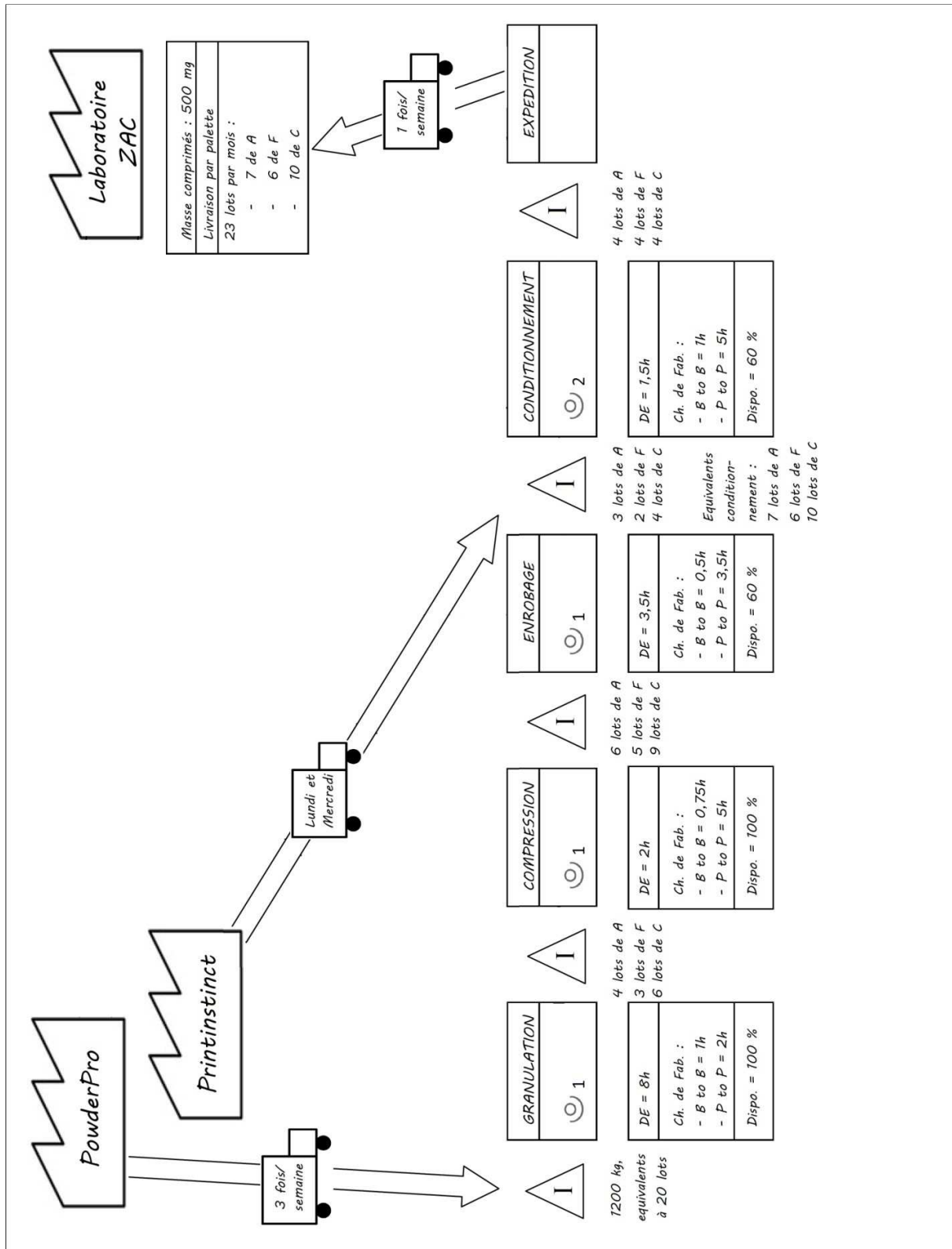


Masse comprimés : 500 mg
Livraison par palette
23 lots par mois :
- 7 de A
- 6 de F
- 10 de C

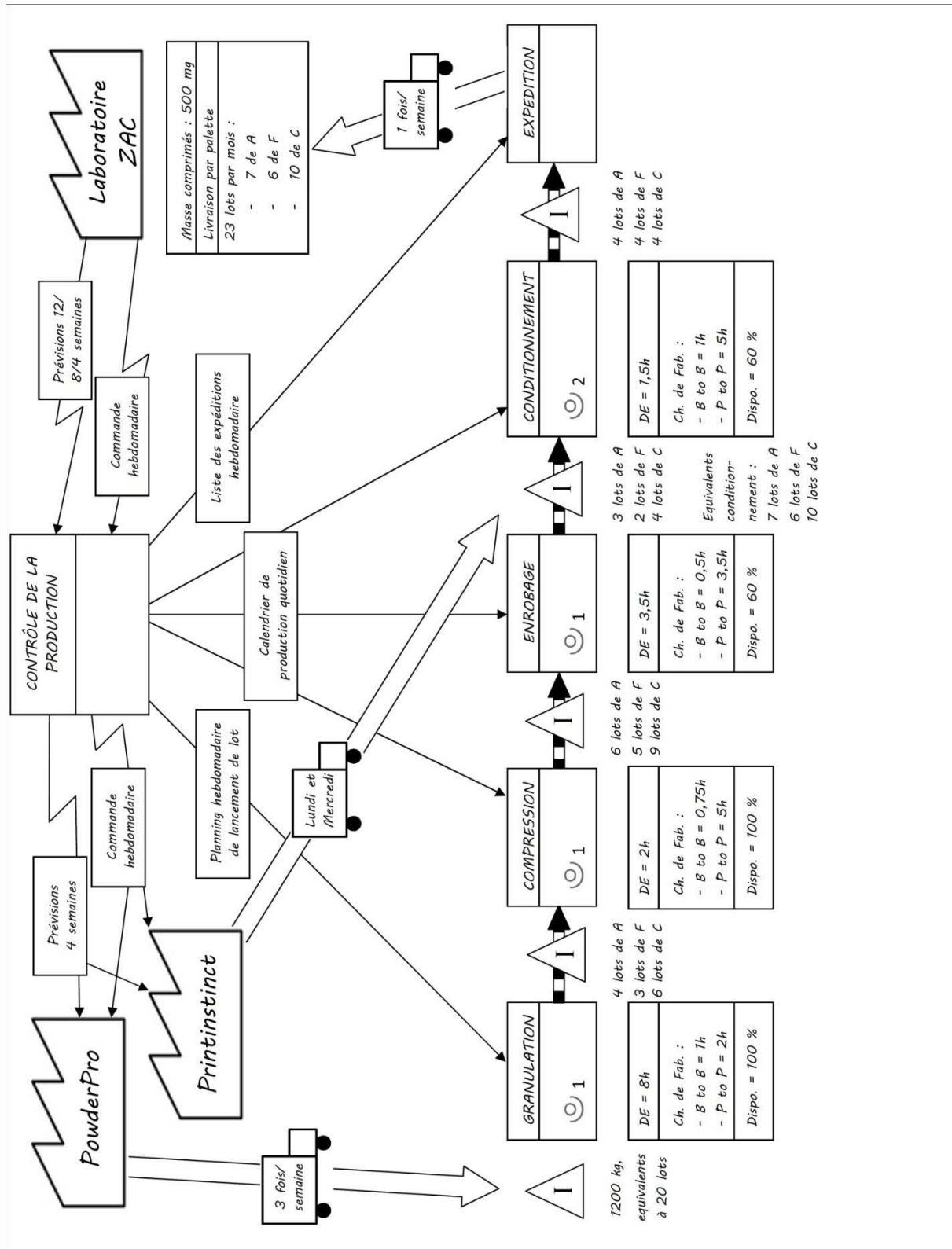




Troisième phase du dessin : Les Fournisseurs



Quatrième phase du dessin : Les Flux d'Information



Cinquième phase du dessin : La Ligne de Temps

