

*ÉCOLE DOCTORALE Mathématiques, Sciences de l'Information et de l'Ingénieur – ED269*

Icube UMR 7357 – Equipe CSIP

**THÈSE** présentée par :

**Sébastien Maranzana**

soutenue le : 20 Novembre 2023

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'Université de Strasbourg**

Discipline/ Spécialité : Génie Industriel

**Excellence Opérationnelle : Proposition  
d'une roadmap de déploiement du Lean  
dans la phase amont du cycle de vie produit  
Application dans l'entreprise Stäubli Electrical  
Connectors SAS**

**THÈSE dirigée par :**

**M. ROSE Bertrand**

Professeur, Université de Strasbourg

**RAPPORTEURS :**

**M. LAMOURI Samir**

**M. MERLO Christophe**

Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris

Professeur, ESTIA, Université de Bordeaux, Bidart

**EXAMINATEURS :**

**Mme FILIPAS-DENIAUD Ioana**

**M. SIADAT Ali**

Maître de conférences, Université de Strasbourg

Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Metz

**CODIRECTEUR :**

**M REY Vincent**

Directeur, Stäubli Electrical Connectors SAS



Thèse CIFRE préparée au sein du laboratoire ICube de Strasbourg et  
de l'entreprise STÄUBLI Electrical Connectors SAS à Hémingue.



# Remerciements

Une thèse ne peut-être menée à son terme sans un environnement favorable et impliqué.

Je tiens d'abord à remercier mon directeur de thèse, Monsieur Bertrand Rose, Professeur à l'Université de Strasbourg, pour m'avoir transmis sa passion pour la recherche. Merci pour ses conseils qui m'ont guidé tout au long de l'élaboration de cette thèse. Je n'oublierai jamais les innombrables réunions Teams, ni les histoires passionnantes qui ont rythmé ces années, traversées de surcroît par la COVID.

Je remercie les rapporteurs, Monsieur Samir Lamouri, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris ainsi que Monsieur Christophe Merlo, Professeur à l'ESTIA, Université de Bordeaux, Bidart, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

J'associe à ces remerciements, Madame Ioana Filipas-Deniaud, Maître de conférences à l'Université de Strasbourg ainsi que Monsieur Ali Siadat, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Metz, d'avoir accepté d'examiner ce manuscrit.

Par ailleurs, je tiens à remercier Monsieur Vincent Rey, Directeur de l'entreprise Stäubli EC SAS, pour avoir accepté de participer à ce projet en accueillant cette thèse sur le site de Hésingue et de m'avoir épaulé durant toutes ces années et permis d'atteindre mon objectif.

Je voulais adresser un merci particulier à Monsieur Jean-Rémy Lidy, pour avoir été à l'origine de mon parcours chez Stäubli ainsi qu'à Monsieur Jean-Michel Leiritz, pour m'avoir mis le pied à l'étrier dans mon aventure professionnelle naissante.

Un merci spécial à tout le personnel de l'entreprise Stäubli de Hésingue et plus particulièrement aux membres de l'équipe Flux d'information : Joëlle, Cathy, Cindy, Sandrine, Rachel, Véronique, Sabine, Morya et tous les autres. Merci pour l'ambiance chaleureuse et nos innombrables discussions.

Merci à mes parents pour leur soutien et leurs encouragements sans faille durant toutes ces années. Merci Maman, d'avoir été là dans la « course » des dernières relectures.

Merci à Nicolas, mon frère, de m'avoir donné l'envie, après lui, de relever ce défi.

Enfin, merci à celle qui m'a supporté et soutenu durant toutes ces années : Jeanne, toujours là pour moi et sans qui, je ne serais pas le même aujourd'hui.



# Table des matières

Remerciements .....	V
Table des matières.....	VII
Liste des tableaux .....	X
Liste des figures .....	XII
Annexes .....	XV
Introduction générale.....	1
Partie I Positionnement des travaux .....	7
Chapitre 1 : Contexte industriel.....	9
1.1 Les défis de l'industrie électrique française .....	9
1.2 Stäubli Electrical Connectors SAS .....	13
1.3 Problématiques liées au marché .....	15
1.4 Problématiques opérationnelles .....	17
Chapitre 2 : Contexte scientifique .....	19
2.1 La phase amont du cycle de vie produit .....	19
2.2 Système d'information .....	28
2.3 Performance industrielle .....	31
2.4 Excellence Opérationnelle.....	34
2.5 Le Lean.....	40
Chapitre 3 : Stratégie de recherche .....	47
3.1 Questions de recherche .....	47
3.2 Méthodologie de recherche .....	50
3.3 Originalité.....	53
Partie II Stratégie croisée.....	59
Chapitre 4 : Analyse des environnements de la phase amont du cycle de vie produit.....	61
4.1 Méthodologie .....	61
4.2 Analyse du cycle de vie produit.....	62
4.3 Résultats et conclusion du chapitre 4 .....	69
Chapitre 5 : Approche Top-Down, analyse de la littérature .....	73
5.1 Méthodologie .....	73

5.1.1	Approche générale.....	73
5.1.2	Définir les outils du Lean .....	74
5.1.3	Etablir Liens Muda/outils.....	74
5.1.4	Examiner les méthodologies de déploiement du Lean existantes .....	74
5.2	Résultats .....	75
5.2.1	Définition des outils du Lean .....	75
5.2.2	Lien entre Muda et outils du Lean.....	77
5.2.3	Analyse littérature méthodes de déploiement du Lean .....	78
5.2.4	Triade d'outils du Lean Aerospace Initiative .....	82
5.3	Conclusion du chapitre 5.....	85
Chapitre 6 : Approche Bottom-Up, analyse terrain .....		87
6.1	Méthodologie .....	87
6.1.1	Approche générale.....	87
6.1.2	Méthode enquête n°1 .....	88
6.1.3	Méthode enquête n°2 .....	89
6.2	Résultats .....	90
6.2.1	Résultat enquête n°1 .....	90
6.2.2	Résultat enquête n°2 .....	97
6.3	Conclusion du chapitre 6.....	109
Partie III Proposition d'une roadmap de déploiement.....		113
Chapitre 7 : Genèse de la roadmap de déploiement .....		115
7.1	Interactions des pratiques LEM.....	115
7.2	Pourquoi une roadmap ?.....	120
Chapitre 8 : Analyse des éléments constitutants et proposition d'une roadmap de déploiement .....		127
8.1	Démarche de construction.....	127
8.1.1	Démarche .....	127
8.1.2	Eléments constitutants .....	128
8.2	Proposition d'une roadmap de déploiement.....	137
Chapitre 9 : Mise en pratique et suivi des résultats.....		143
9.1	Outils de suivi du déploiement.....	143
9.2	Retour d'expérience .....	148

9.2.1 Application chez Stäubli EC SAS .....	148
9.2.2 Prise en compte de la vision intégrée dans la stratégie d'entreprise.....	155
Conclusion générale .....	161
Synthèse .....	163
Limites .....	167
Perspectives .....	171
Bibliographie.....	177
Annexes .....	189
Résumé .....	216
Résumé en anglais .....	216

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Modèle générique de Processus de développement produit (Ulrich et Eppinger, 2015).....	26
Tableau 2 : Les principales démarches de résolution de problèmes (Pillet et all, 2013) .....	34
Tableau 3 : Les 14 principes du TPS (Reinhard, 2017) .....	43
Tableau 4 : Muda du Lean (Ferreira et al, 2018) .....	45
Tableau 5 : Impacts des outils du Lean Intégré sur les Muda du Lean (Maranzana et al, 2023) .....	77
Tableau 6 : Analyse approche holistique du Lean Product Development, IT et Office .....	79
Tableau 7 : Principes primaires et secondaires du LEM (Pontes et al, 2020 repris de LAI MIT 2004).....	84
Tableau 8 : Résultats de l'enquête sur l'adhésion aux pratiques primaires du LEM par les entreprises dans la phase amont du cycle de vie du produit.....	96
Tableau 9 : Résultats de l'enquête sur l'ordre d'adoption des outils Lean par les participants dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	101
Tableau 10 : Résultats de l'évaluation gain/effort de l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	104
Tableau 11 : Variation du gain/effort de l'utilisation des pratiques LEM dans la phase amont du cycle de vie du produit en fonction du niveau de maturité Lean de l'organisation ..	106
Tableau 12 : Extrait de l'analyse qualitative des interactions entre les pratiques LEM à partir de (LAI MIT, 2004) .....	116
Tableau 13 : Analyse quantitative des interactions entre les pratiques LEM à partir du (LAI MIT, 2004) .....	117
Tableau14 : Résultats des enquêtes 1 et 2, utilisés pour réaliser l'analyse fréquence d'utilisation/efficience des pratiques LEM .....	130
Tableau 15 : Résultat de l'enquête n°2 concernant les outils du Lean à utiliser pour appliquer les pratiques LEM .....	134
Tableau 16 : Récapitulatif des outils du Lean plébiscités pour appliquer les pratiques LEM	134
Tableau 17 : Analyse quantitative de l'impact de l'outillage des pratiques LEM .....	135
Tableau 18 : Exemple renseigné de la grille d'évaluation de l'outil de suivi du déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit basé sur le LEM (LAI MIT, 2004) .	146

Tableau 19 : A3 projet n°1 : Implémentation d'un nouvel outil Groupe pour la création des données et définition du nouveau processus associé.....	149
Tableau 20 : A3 Projet n°2 : Transformation du processus de gestion des modifications.....	150
Tableau 21 : A3 Projet n°3 : Lancement de la démarche Kaizen .....	151
Tableau 22 : Outils utilisés au cours des trois projets .....	152
Tableau 23 : Pratiques LEM mises en œuvre au cours des trois projets (LAI MIT, 2004) ...	153
Tableau 24 : Les deux approches utilisées par le processus Excellence Opérationnelle de Stäubli EC SAS. ....	157

## Liste des figures

Figure 1 : Architecture de la thèse .....	4
Figure 2 : Répartition des chiffres au sein de la production industrielle électrique et électronique en 2023 (FIEEC, 2023) .....	10
Figure 3 : Les six leviers de la transformation vers l'industrie du futur (GIMELEC, 2014)...	12
Figure 4 : Divisions du Groupe Stäubli.....	13
Figure 5 : Implantation des sites de production de Stäubli Electrical Connectors.....	13
Figure 7 : Evolution des besoins clients ((Stäubli EC SAS).....	15
Figure 8 : Etapes du développement d'un nouveau produit (Stäubli EC SAS) .....	17
Figure 9 : Courbe en cloche, (Bernat et Marcon, 2001).....	20
Figure 10 : Courbes d'évolution des produits et courbes de cohabitation entre produits (Bernat et Marcon, 2001) .....	20
Figure 11 : L'entonnoir de l'innovation (Wheelwright et Clark, 1992).....	22
Figure 12 : Les phases amont de conception dans le processus NPD (Legardeur et al, 2008)	23
Figure 13 : APQP product quality planning (Bobrek et Sokovic, 2005) .....	24
Figure 14 : Processus de développement Stage-gate system (Cooper, 2001).....	24
Figure 15 : Alignement idéal du système d'information (Pepin et al, 2018).....	30
Figure 16 : Efficacité/Efficiency/Effectivité (Berrah, 2013).....	31
Figure 17 : La performance globale (Reynaud, 2003) .....	32
Figure 18 : Les paramètres intervenant dans l'indicateur de performance. (Berrah, 2013).....	33
Figure 19 : Modèle 4P ((Dalgaard et Dalgaard-Park, 1999) .....	36
Figure 20 : Operational Excellence model (Found and al, 2018) .....	38
Figure 21 : Excellence Model 2ème édition (EFQM, 2020).....	39
Figure 22 : Historique du Lean (Lyonnet,2010) .....	41
Figure 23 : Le modèle 4P de The Toyota Way (Liker, 2004).....	42
Figure 24 : La maison TPS (Reinhard, 2017 basée sur Liker 2004).....	44
Figure 25 : La stratégie Lean par rapport au paramètre coût/valeur (Hines et al, 2004) .....	46
Figure 26 : Problématiques de recherche et verrous associés .....	49
Figure 28 : Stratégie de la thèse .....	51
Figure 29 : Stratégie de recherche croisée (Rose, 2015).....	52
Figure 30 : Vision systémique : Enterprise Architecture Framework (Ninthingale, 2009) ....	54
Figure 31 : Thématiques des thèses sur le Lean en France sur la période 2013-2023 .....	55

Figure 32 : ECS Gate : Processus d'innovation Stäubli (Stäubli EC).....	62
Figure 33 : Détails des différentes étapes de l'ECS-Gate (Stäubli EC).....	64
Figure 34 : Processus opérationnel de développement d'un nouveau produit (Stäubli EC)....	65
Figure 35 : Organisation du système d'information (Stäubli EC SAS).....	68
Figure 36 : Environnements présents dans la phase amont du cycle de vie produit (Stäubli EC SAS).....	69
Figure 37 : Moyens de résolution de problèmes (Maranzana et al, 2021).....	71
Figure 38 : Approche intégrée du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit.....	72
Figure 39 : Récurrences des outils Lean IT/Product development/Office tools (Maranzana et al, 2022).....	75
Figure 40 : Dynamic model to Leanness (Anvari et al, 2011). .....	81
Figure 41 : Triade des outils du LAI (LAI MIT, 2001) .....	82
Figure 42 : Résultats de l'enquête n°1 (en %) sur le secteurs d'activité des participants.....	90
Figure 43 : Résultats de l'enquête n°1 (en %) sur l'effectif de l'entreprise des participants...	91
Figure 44 : Résultats de l'enquête n°1 (en %) sur la fonction occupée par les participants ....	91
Figure 45 : Résultats sur l'utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit par les entreprises des industriels consultés. ....	92
Figure 46 : Résultats (en %) sur le gain perçu par les participants de l'utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit .....	93
Figure 47 : Résultats de l'enquête sur l'utilisation (en %) du Lean dans les départements/activités de l'entreprise pendant la phase amont du cycle de vie du produit .....	94
Figure 48 : Résultats de l'enquête sur l'utilisation (en %) des outils Lean par les entreprises dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	95
Figure 49 : Résultats de l'enquête n°2 (en %) sur le secteur d'activité des participants .....	98
Figure 50 : Résultats de l'enquête n°2 (en %) sur l'effectif de l'entreprise des participants...	98
Figure 51 : Résultats de l'enquête n°2 (en %) sur les fonctions occupées par les participants	99
Figure 52 : Résultats (en %) du niveau de maturité perçu de leur organisation par les participants .....	100
Figure 53 : Résultats du ratio gain perçu/effort pour l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	102
Figure 54 : Résultats de l'enquête sur l'évaluation gain/effort de l'utilisation des pratiques LEM dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	105

Figure 55 : Résultats de l'enquête sur le lien entre les principes LEM et les outils Lean dans la phase amont du cycle de vie produit .....	107
Figure 56 : Interactions des pratiques LEM .....	118
Figure 57 : Criteria for Performance Excellence (NIST, 2005).....	120
Figure 58 : Méthode <i>5 steps</i> Valéo : les différents types de roadmap (Fall, 2009).....	122
Figure 59 : La maison <i>PSA Excellence System</i> (Magnani, 2018) .....	122
Figure 60 : Evolution du savoir (d'après Gardoni, 1999) .....	123
Figure 61 : Etapes et principales actions issues de l'analyse des différents modèles de déploiement du Lean (Anvari et al, 2011).....	123
Figure 62 : Lien supportant le déploiement de la triade d'outils LAI MIT (LAI MIT, 2001).....	124
Figure 63 : Graphique analyse 4 quadrants du gain/effort perçu de l'utilisation des pratiques de LEM dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	129
Figure 64 : Graphique analyse fréquence d'utilisation/efficience des pratiques LEM dans la phase amont du cycle de vie produit. ....	131
Figure 65 : Graphique analyse 4 quadrants du gain/effort perçus de l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit .....	132
Figure 66 : Roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit basée sur le LEM (MIT, 2004).....	138
Figure 67 : Positionnement de la roadmap par rapport à la triade d'outils du LAI MIT (d'après LAI MIT, 2001).....	139
Figure 68 : Périmètre d'utilisation de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit. ....	140
Figure 69 : Axes de l'outil de suivi du déploiement .....	144
Figure 70 : Exemple de résultats obtenus avec l'indicateur visuel de l'outil de suivi de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit .....	147
Figure 71 : Processus Excellence Opérationnelle et cartographie des processus de l'entreprise (Stäubli EC SAS) .....	156
Figure 72 : Stratégie croisée « Top-Down / Bottom-Up ».....	156
Figure 73 : Politique QSE 2023 (Stäubli EC SAS).....	158

## Annexes

Annexe 1 : Historique du Lean (Holweg, 2007) .....	190
Annexe 2 : Muda du Lean IT vision développeur VS utilisateurs (Ferreira et al, 2018).....	191
Annexe 3 : Analyse bibliographique des outils du Lean Product Development, IT et Office	192
Annexe 4 : Enterprise Transformation Roadmap To Lean (LAI MIT, 2004) .....	193
Annexe 5 : Organisation et structure de l'évaluation LESAT (LAI MIT 2001).....	193
Annexe 6 : Lean Enterprise Model (Lean Advancement Initiative MIT, 2004).....	195
Annexe 7 : Formulaire enquête n°1 .....	197
Annexe 8 : Formulaire enquête n°2 .....	202
Annexe 9 : Interdépendances pratiques principales LEM (à partir de LAI MIT, 2004).....	208
Annexe 10 : Outil de suivi de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC (à partir de LAI MIT, 2004) .....	212



# Introduction générale



Les entreprises sont aujourd'hui confrontées à de nombreux défis : Concurrence agressive, instabilité des marchés, révolution technologique, évolution normative et réglementaire, modification des pratiques de consommation, changement climatique, ...

Qu'ils représentent une contrainte ou une opportunité, ces défis ont un impact sur la performance des entreprises.

La notion de « performance » d'une entreprise est un concept multidimensionnel et complexe à définir, reposant sur différentes dimensions et indicateurs selon la perception voulue par l'entreprise, sa stratégie et ses objectifs (Issor, 2017).

L'innovation et le développement de nouveaux produits sont vus comme un élément-clé de la compétitivité des entreprises. Une entreprise capable de modifier sa stratégie, son organisation et ses méthodes de travail en fonction de l'identification et la prise en compte des facteurs de succès dans le processus de développement produit peut gagner des parts de marché et renforcer sa position concurrentielle (St-Pierre et Mathieu, 2004).

La recherche de performance dans l'ensemble des activités qui composent la phase amont du cycle de vie produit et qui permettent de proposer de nouveaux produits, apparaît ainsi comme un nouveau défi pour les entreprises en quête de croissance.

Depuis les années 2010, le concept « d'Excellence Opérationnelle » connaît un grand succès auprès des industriels à la recherche de performance. Bien que la définition de l'Excellence Opérationnelle ne soit pas figée dans la littérature, elle peut être définie par : « être excellent dans tout ce que l'on fait » (Pathmalatha et al, 2022).

L'Excellence Opérationnelle intègre les caractéristiques de différentes approches et méthodologies d'amélioration de la performance (Lean, Agile, amélioration continue, qualité, ...) et les applique à tous les niveaux et activités de l'entreprise (Found et al, 2018).

Ces thématiques d'actualité sont à l'origine de ce travail de recherche : A partir de l'état de l'art existant et des retours du terrain, proposer une démarche permettant de répondre à la problématique rencontrée par les entreprises : « Comment améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit ? ».

Cette thèse intitulée : « Excellence Opérationnelle : proposition d'une roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit – application dans l'entreprise Stäubli Electrical Connectors SAS », découle d'une synergie commune entre les thématiques d'intérêt de l'équipe Conception, Système d'Information et de Production (CSIP) du département Mécanique du

Laboratoire de recherche ICube UMR 7357 de Strasbourg (67) et des enjeux industriels rencontrés par l'entreprise Stäubli Electrical Connectors SAS de Héringue (68).

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'une Convention Industrielle de Formation à la Recherche (CIFRE), une collaboration tripartite entre l'Association Nationale de Recherche en Technologie (ANRT), le laboratoire de recherche ICube UMR 7357 et l'entreprise Stäubli Electrical Connectors SAS.

Afin de décrire le travail de recherche mené, nous avons articulé ce manuscrit autour de la structure représentée ci-dessous (Fig.1) :

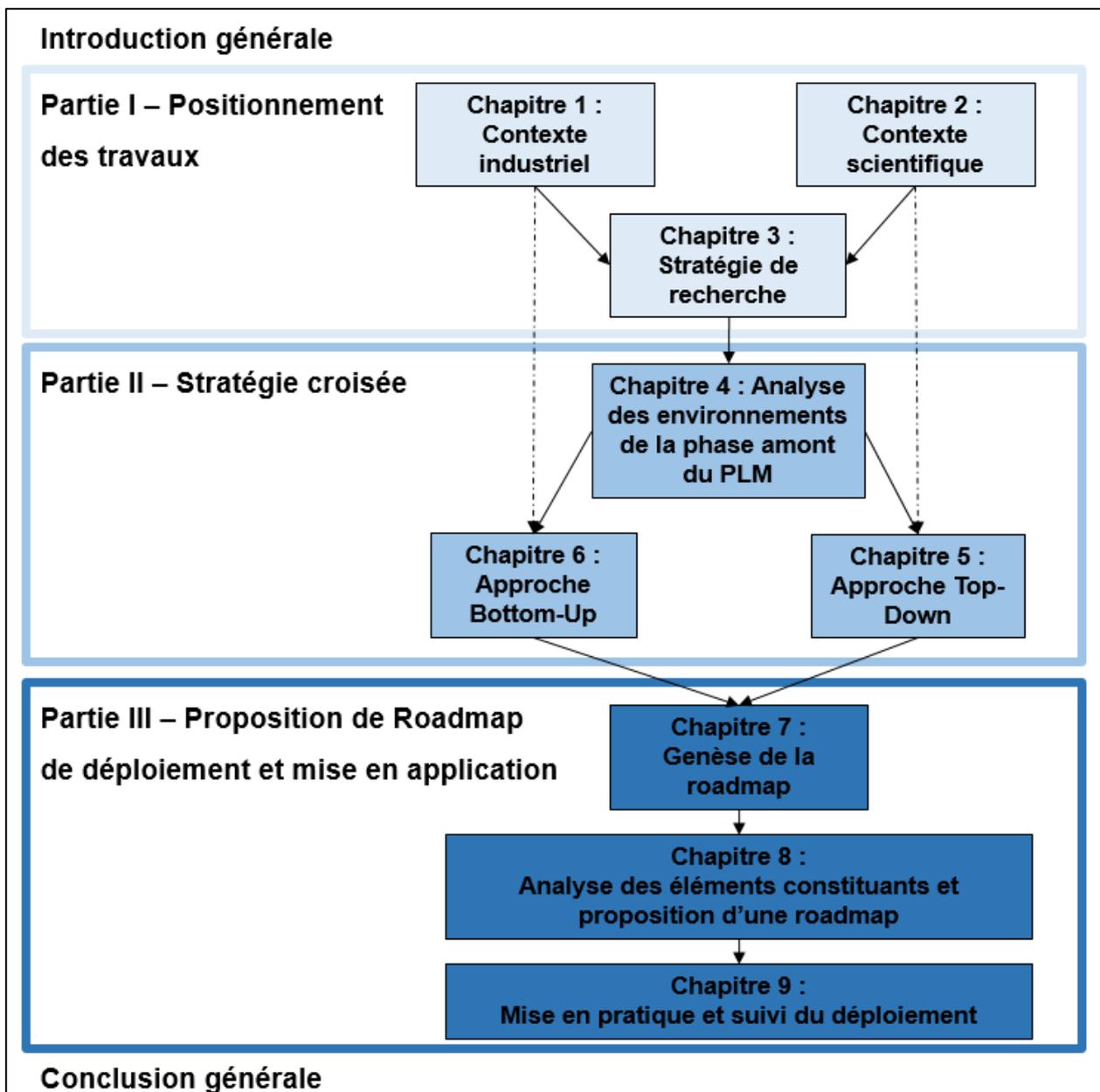


Figure 1 : Architecture de la thèse

Cette structure est basée autour de trois parties distinctes

- L'introduction générale, dans laquelle nous aborderons le contexte général de la thèse ainsi que le travail de recherche effectué. Nous présenterons également la structure que nous avons choisie d'utiliser et les différentes parties de ce manuscrit.

- La partie I, composée de trois chapitres est consacrée au positionnement des travaux de cette thèse.

Dans le premier chapitre, nous commencerons par présenter le contexte industriel de la thèse, le secteur de l'industrie électrique en France et plus particulièrement l'entreprise dans laquelle nous évoluons Stäubli Electrical Connectors SAS. Nous aborderons également les problématiques liées au marché rencontré par les entreprises du secteur et mais également les problèmes organisationnels qui en découlent. Cette partie nous permettra de définir les deux problématiques industrielles de cette thèse.

Dans le chapitre 2, nous introduirons ensuite le contexte scientifique de notre travail scientifique. Nous exposerons les thématiques de recherche associées à notre sujet de recherche et leurs états de l'art respectifs. Ce cadre bibliographique nous servira pour définir les deux problématiques scientifiques de cette thèse.

Le chapitre 3 exposera la stratégie de recherche utilisée pour cette thèse. Nous reprendrons les problématiques industrielles et scientifiques identifiées précédemment afin de définir les verrous de recherche associés. La méthodologie de recherche utilisée ainsi que l'originalité de ce travail de recherche seront ensuite présentées.

- La partie II a pour objectif de développer la stratégie croisée utilisée dans cette thèse afin de collecter des données qui serviront d'éléments de réponse aux problématiques posées.

Le chapitre 4 sera dédié à l'analyse des environnements présents dans la phase amont du cycle de vie produit. Cette analyse, servira de base pour l'ensemble de nos travaux.

Ensuite dans le chapitre 5, nous poursuivrons par la première approche suivie : la démarche Top-Down. Cette approche permettra de mettre en avant des éléments de réponse contextuels issus de la littérature.

Le chapitre 6, permettra de croiser les approches utilisées, grâce à la démarche Bottom-Up mis en œuvre dans l'objectif de recueillir des données du terrain.

- La Partie III de ce manuscrit est consacrée à la proposition d'une roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit et à son application.

Le chapitre 7, présentera la démarche qui nous a conduit à développer une roadmap de déploiement.

Ensuite dans le chapitre 8, une analyse détaillée des données recueillies dans la partie II, nous permettra de définir les éléments constitutants et de proposer une roadmap de déploiement du Lean adaptée à la phase amont du cycle de vie produit.

Enfin le chapitre 9, permettra d’embrayer sur la mise en pratique de la roadmap déploiement. Un outil de suivi de la mise en œuvre de la roadmap sera présenté ainsi qu’un retour d’expérience sur la démarche de déploiement sur le site Stäubli de Héringue.

- Une conclusion générale, dans laquelle nous tenterons de synthétiser les éléments de réponses apportés par ce travail aux problématiques et verrous de recherche associés.

Cette conclusion permettra également d’exposer les limites de ce travail de recherche et d’apporter des critiques sur la démarche menée.

Enfin nous conclurons et évoquerons les limites et les perspectives à court, moyen et long terme de cette thèse.

# Partie I

## Positionnement des travaux

La première partie est consacrée au positionnement des travaux de recherche de cette thèse par rapport au contexte et à l'état de l'art. Elle se compose de trois chapitres :

- Le chapitre 1, expose le contexte industriel et les problématiques associées.
- Le chapitre 2 est dédié à la présentation du contexte scientifique de cette thèse et expose l'état de l'art actuel.
- Le chapitre 3 a pour objectif d'exposer la stratégie de recherche utilisée dans cette thèse.



# Chapitre 1 : Contexte industriel

Ce premier chapitre a pour objectif de poser le contexte industriel de cette thèse.

Pour cela, nous allons commencer par présenter le secteur de l'industrie électrique en France avant de nous focaliser sur l'entreprise Stäubli Electrical Connectors SAS qui a accueilli cette thèse Cifre.

Nous allons ensuite exposer les problématiques rencontrées : tout d'abord, celles liées au marché de la connexion électrique puis celles rencontrées dans les activités opérationnelles de l'entreprise.

## 1.1 Les défis de l'industrie électrique française

L'industrie électrique a été propulsée sur le devant de la scène cette dernière décennie grâce à la volonté des politiques Européens d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 en limitant au maximum la production de gaz à effet de serre. Cette volonté a été matérialisée par l'adoption d'un « Pacte vert » sous la forme de la Loi Européenne sur le climat le 24 juin 2021. Au sein de l'Union Européenne, l'émission de Co2 par habitant est de 7.6 tonnes par habitant en 2019 soit 25% de plus que la moyenne mondiale (Eurostat, 2023). L'utilisation d'énergies décarbonées apparaît comme une des solutions privilégiées, créant une grande attente de solutions d'électrification et un besoin croissant de matériel électrique.

D'après le rapport d'activité 2022-2023 de la Fédération des Industries Electriques, Electroniques et de la Communication (FIEEC), le secteur seul de la production industrielle représente 297 000 salariés pour un chiffre d'affaires de 75.9 Milliards d'euros dont 38% à l'export. Le pourcentage du chiffre d'affaires investi dans l'activité Recherche et Développement du secteur est de 8.7% contre 2.6% dans l'industrie manufacturière en général, cela traduit l'intérêt de proposer de nouvelles solutions sur le marché (FIEEC, 2023).

La figure ci-dessous (Fig.2) donne la répartition de ces chiffres :

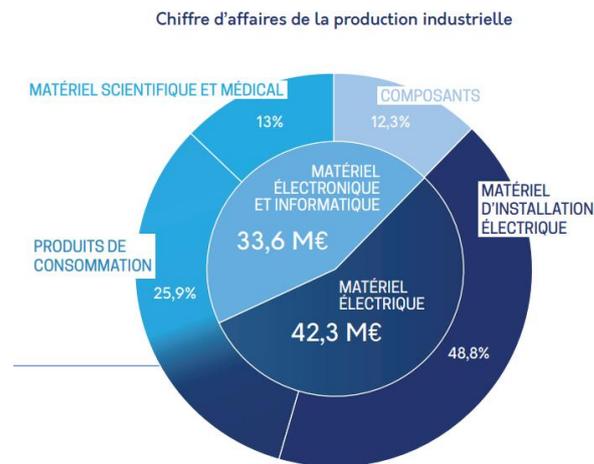


Figure 2 : Répartition des chiffres au sein de la production industrielle électrique et électronique en 2023 (FIEEC, 2023)

Laurent Bataille, Président du GIMELEC, le groupement des entreprises de la filière électronique française déclare dans le rapport 2023 :

« *Le corolaire de cette électrification massive et accélérée des usages est l'efficacité énergétique, autre cheval de bataille du GIMELEC depuis deux décennies. Enfin, la décarbonation et la digitalisation de l'industrie promues par nos entreprises s'imposent à tous pour assurer la réindustrialisation de notre pays sans compromettre nos objectifs environnementaux* » (GIMELEC, 2023).

En effet, pour répondre à cette attente sociétale qu'est la transition énergétique, la filière électrique française doit relever un certain nombre de défis : décarbonation et consommation durable, industrie du futur, digitalisation et sécurité numérique, responsabilité sociale et économie circulaire ...

Pour répondre à ces défis, le besoin de regrouper les acteurs du secteur afin de les fédérer autour de problématiques communes dans le but d'apporter des réponses coordonnées, est apparu.

C'est le rôle qu'a pris la FIEEC ou le GIMELEC, notamment en partageant les bonnes pratiques, en encourageant le travail collaboratif et les synergies au sein du secteur ainsi qu'en participant à l'innovation en intégrant l'élaboration du cadre réglementaire et normatif.

Une particularité de l'industrie électrique concerne la densité normative et réglementaire, liée à ce secteur d'activité.

En France, le site internet *entreprises.gouv.fr* rend disponible la liste de la réglementation (décrets, règlements et directives) à laquelle sont soumis le matériel électrique et électronique (entreprise.gouv, 2023). A cette liste s'ajoute l'ensemble des normes (ISO, ...) et certifications (CE, UL, TÜV, ...) spécifiques et nécessaires selon les applications et les marchés visés.

Ces aspects réglementaires et normatifs peuvent peser sur la compétitivité des entreprises. Si le besoin de créer de nouvelles règles lorsque de nouvelles préoccupations apparaissent est nécessaire, il peut également avoir un impact sur la compétitivité. A première vue, négatif et perçu comme une contrainte par les entreprises, normalisation et certification, représentent également un moyen pertinent pour monter en gamme, solidifier des partenariats commerciaux et gagner de nouveaux marchés. La normalisation étant de plus en plus régie à l'international, il est stratégique pour la France d'influencer ces règles mondiales (Bourdu et Souchier, 2015).

La normalisation (notamment ISO) a également des liens directs avec le processus d'innovation des entreprises. L'innovation peut prendre principalement quatre formes distinctes, définies par (Schumpeter, 1954) : l'innovation organisationnelle, liée au produit, à la technique et au marketing. Maurand-Valet montre un impact positif de la normalisation sur l'innovation organisationnelle, forçant les entreprises à réfléchir à leur organisation. A contrario, les impacts sont plus nuancés sur l'innovation touchant au produit, à la technique et au marketing, et va dépendre de la manière dont la normalisation est mise en œuvre dans l'organisation (Maurand-Valet, 2015).

Cette pression réglementaire et normative, représente aujourd'hui un moyen de se démarquer de la concurrence et pousse les entreprises à s'organiser. Suivre ces démarches permet également aux entreprises de suivre l'évolution des standards industriels.

Le grand tournant auquel est confronté actuellement le secteur de l'industrie électrique en France est l'industrie 4.0, la digitalisation et les nouvelles technologies. Cette transition vers l'industrie du futur, offre de nouvelles opportunités aux entreprises pour répondre aux problématiques rencontrées : gagner en productivité, conquérir de nouveaux marchés, diversifier ses activités ou gagner en flexibilité. Les nouveaux outils du 4.0 amènent de nouvelles possibilités mais transforment également la place de l'Homme dans l'entreprise et les métiers de demain. Ne pas suivre ce tournant, expose les entreprises à des difficultés (Blanchet, 2016).

Le rapport 2014 de GIMELEC sur l'industrie du futur identifie les six leviers à disposition des entreprises pour la transformation de leur appareil productif vers l'industrie du futur.

Ces six leviers segmentent les différents domaines identifiés de l'industrie du futur (Fig. 3) : la conception de produit et de processus, le pilotage et le contrôle de l'appareil de production, les opérations de fabrication, les services associés, les technologies du numérique et enfin l'organisation du travail.

Chacun de ces leviers, est divisé en trois niveaux de maturité distincts, selon le degré de disponibilité et d'accessibilité des technologies en question (GIMELEC, 2014).

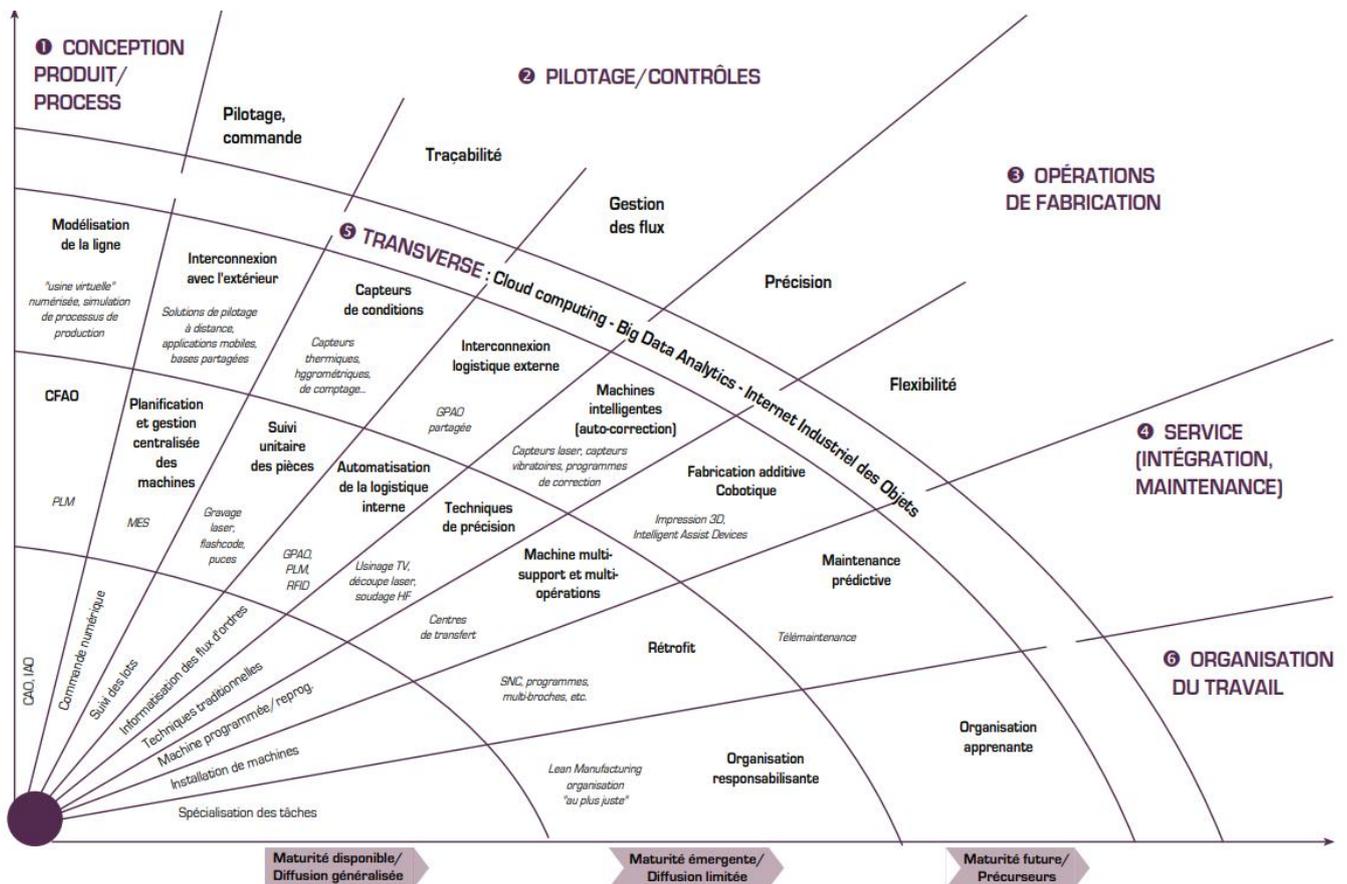


Figure 3 : Les six leviers de la transformation vers l'industrie du futur (GIMELEC, 2014)

Le rapport du CESI « Enseigner l'industrie du futur » de 2018, décrypte que la transition vers l'industrie 4.0 passe par l'intégration de nouveaux champs disciplinaires liés au numérique et donc la nécessité pour les entreprises d'intégrer de nouvelles compétences. La réussite de cette transition, indispensable pour la compétitivité de l'industrie, repose sur l'Homme et sa capacité à s'adapter à ces changements. La formation des collaborateurs en poste ainsi que l'enseignement académique des nouveaux diplômés aux nouveaux métiers et disciplines de l'industrie du Futur deviennent un enjeu majeur (Bourgognon et al, 2018).

## 1.2 Stäubli Electrical Connectors SAS

Stäubli Electrical Connectors SAS est une entreprise spécialisée dans la fabrication de connecteurs électriques. Basée à Hémingue (68), le site compte 100 salariés et appartient à la division Electrical Connectors (EC) du Groupe Stäubli (Fig.4).

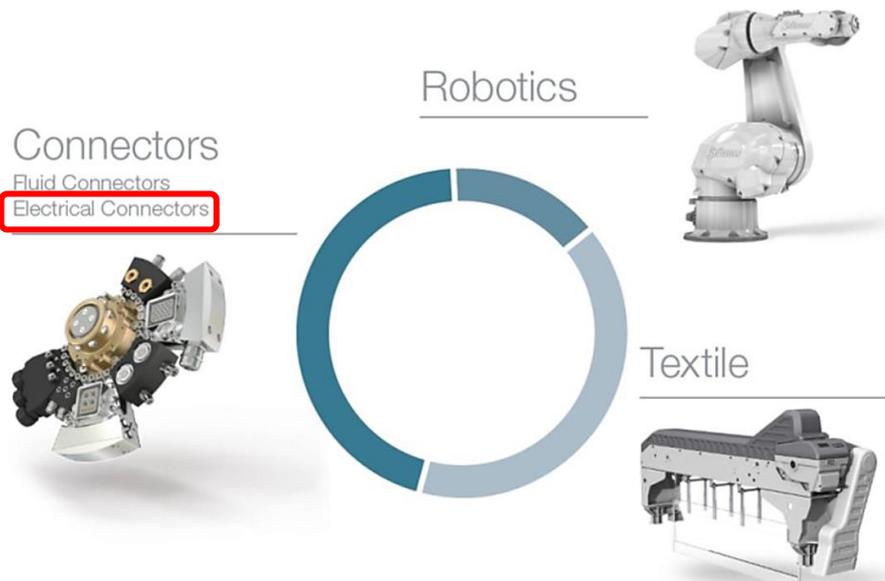


Figure 4 : Divisions du Groupe Stäubli

Cette division est composée de six sites dont trois historiquement implantés dans la Région des Trois Frontières (Allemagne, Suisse et France), concentrés dans un rayon de quelques kilomètres autour de la ville de Bâle (CH). Cette implantation (Fig.5) est issue d'une volonté de favoriser les échanges entre les sites et d'assurer une représentation nationale.



Figure 5 : Implantation des sites de production de Stäubli Electrical Connectors

Les connecteurs électriques Stäubli EC, basés sur la technologie des contacts à lamelles Multilam®, possèdent une résistance de contact très faible et maîtrisée permettant le passage de fort courant. Ces connecteurs sont voulus de haute qualité et conçus pour fonctionner dans des environnements exigeants, développés pour garantir un maximum de performance.

Centre de compétence ferroviaire (Certification IRIS - ISO TS 22163) et mobilité électrique, pour le marché français et international via le centre logistique et de distribution internationale de la division EC, situé sur le site d'Allschwil (CH). Le site de Héisingue possède un outil industriel complet : équipes projets et commerciales, bureau d'études, service achats et qualité, un outil de production (montage) moderne et un laboratoire d'essais complet. Ces moyens permettent une activité R&D importante, pour proposer des produits performants répondant aux besoins du marché mais également au développement de solutions sur mesure pour les clients (Engineering to Order).

L'éventail de produits développés et fabriqués par Stäubli EC SAS est très large et varié (Fig.6) allant du produit standard, présent au catalogue, aux solutions spécifiques pour des applications clients en passant par des développements R&D permettant de répondre à des problématiques du marché. Ce mix produit important implique une grande variabilité en termes de moyens de production, de volumes et de délais requis et impose une grande complexité des modes de gestion pour la Supply Chain.

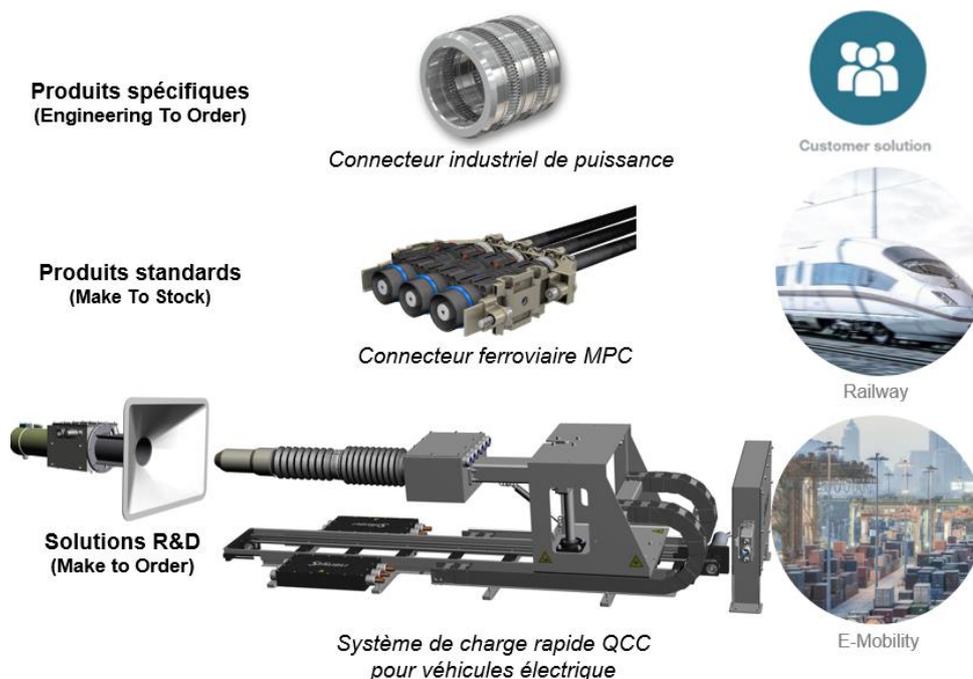


Figure 6 : Typologies de produits développés et fabriqués sur le site de Stäubli EC SAS (Stäubli EC)

### 1.3 Problématiques liées au marché

Présent sur des marchés en constante évolution et soumis à une forte pression concurrentielle et technologique, Stäubli EC SAS doit continuellement évoluer pour gagner en performance en optimisant le triptyque coût-qualité-délai. Un des facteurs de réussite réside dans la capacité à développer et produire des solutions complexes et variées pour répondre aux besoins des clients, et ce dans des délais toujours courts.

En effet, depuis les années 2000 le marché des connecteurs électriques a vu s'établir des acteurs implantés dans des pays à faible coût de production et l'ouverture des marchés permet aux clients d'avoir accès à un large choix de fournisseurs chez lesquels s'approvisionner. Les acteurs historiques et leaders du secteur sont particulièrement sensibles à cette pression concurrentielle.

Aujourd'hui, parmi les facteurs clés coût-qualité-délai pris en compte par les clients, la qualité et le prix des produits ne sont plus les principaux éléments de démarcation. Le délai de livraison tend à devenir un critère primordial dans le choix du fournisseur, en lien avec les politiques de réduction des stocks (Just-In-Time) et de retours sur investissement rapides menés par les sociétés industrielles. D'autres facteurs, comme les services et l'accompagnement proposés au client ou encore la flexibilité, intègrent les critères de sélection (Araz, et Ozkarahan, 2007) (Brunel et al, 2011).

De plus, on remarque une évolution du marché et des besoins (Fig.7), les clients sont davantage à la recherche de solutions globales assurant une fonction complète plutôt qu'un fournisseur de composants à intégrer.

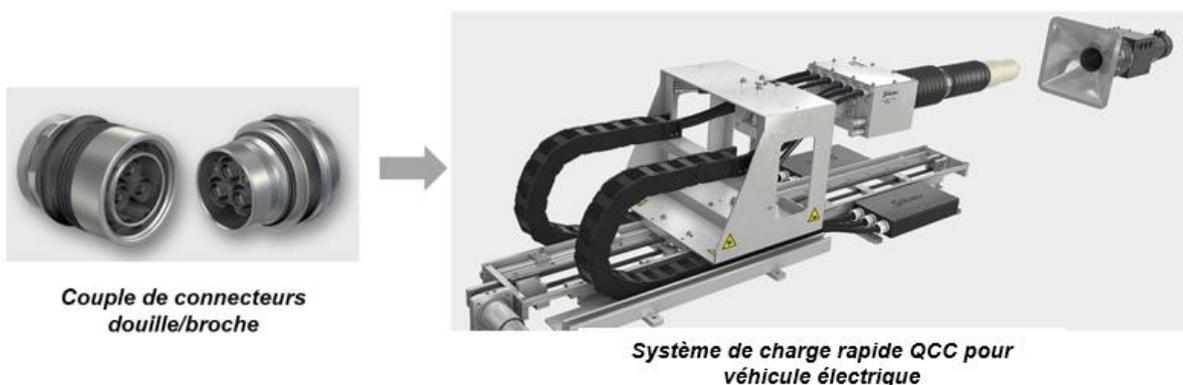


Figure 7 : Evolution des besoins clients ((Stäubli EC SAS))

Cette modification du mode de consommation entraîne une complexification des produits et des changements chez les fabricants (spécialisation et/ou changement de cœur de métier).

Le marché de la connectique électrique est également caractérisé par une évolution rapide des technologies, des normes et des standards ainsi que l'arrivée constante de nouvelles applications. Il offre des opportunités intéressantes, mais pour en profiter il est capital pour l'entreprise d'avoir la capacité de constamment évoluer pour adapter son offre au marché. L'émergence du besoin en solutions d'électrification, demande également une agilité et une réactivité accrues pour s'adapter, anticiper et accompagner les demandes des clients, dont le cahier des charges n'est souvent pas encore totalement figé.

Ces évolutions dans les attentes des clients et du marché, qu'elles soient techniques (performance du produit) ou commerciales (coût/qualité/délai) tendent à augmenter significativement la complexité des produits. Selon Tarondeau, la complexité et la nouveauté des produits tendent à augmenter la durée du cycle de conception (Tarondeau, 1994).

Des modèles ont démontré le lien entre la complexité du produit, l'effort de conception et la durée du développement (Bashir et Thomson, 2001).

La modélisation de la complexité et la compréhension de ces facteurs et caractéristiques, permet de mieux analyser les projets de développement (San Cristobal et al, 2018)

Pour rester concurrentielles, les entreprises sont confrontées à un défi antinomique : être capable de développer des produits plus complexes dans des délais plus courts. L'anticipation de l'effort de développement à fournir en fonction de la complexité du produit devient donc un enjeu stratégique pour les entreprises (Bolaños et Barbalho, 2021).

Dans un contexte industriel aux besoins en pleine mutation (électrification des applications croissantes : QCC) impactant en profondeur les métiers du secteur (automatisation, 4.0) ; comment l'entreprise doit évoluer pour réponse à ces nouveaux challenges.

Ces constats amènent vers la première problématique industrielle à laquelle Stäubli Electrical Connector SAS est actuellement confrontée :

***Comment livrer des produits plus complexes dans des délais toujours plus courts ?***

Maintenant que les problématiques qui incombent au marché des connecteurs électriques ont été exposées, il est intéressant de voir comment elles sont perçues par les entreprises du secteur.

## 1.4 Problématiques opérationnelles

La réponse à la problématique issue du Marché repose sur la capacité de l'entreprise à s'adapter aux besoins des clients : Proposer les bons produits dans les bons délais. Pour arriver à cet objectif, l'entreprise doit améliorer sa performance industrielle et par conséquent sa réactivité durant la phase amont du cycle de vie produit ; démarrant à la définition du besoin jusqu'aux premières productions en vie-série (Fig.8).

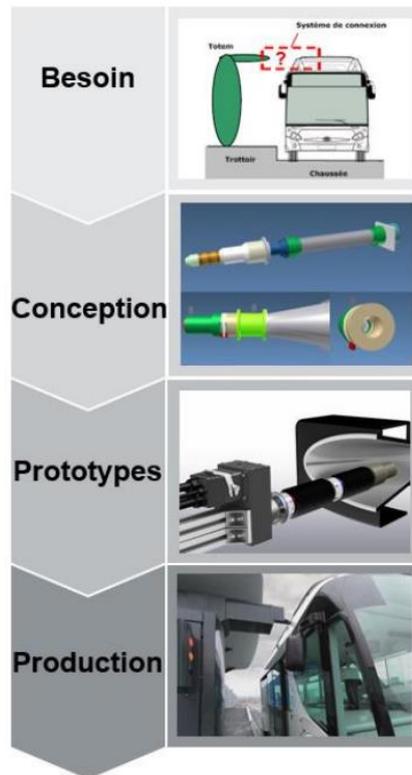


Figure 8 : Etapes du développement d'un nouveau produit (Stäubli EC SAS)

Le lancement d'un nouveau produit représente une période-clé dont la réussite repose tout particulièrement sur la performance du processus de développement produit de l'entreprise et la capacité des différents intervenants de l'entreprise (projet, bureau d'étude, industrialisation, achat, production ...) à travailler ensemble de manière efficace. De nombreuses caractéristiques qui influencent la réussite du produit sont définies durant cette période et le suivront durant l'ensemble de son cycle de vie.

Le développement d'un nouveau produit est composé d'une suite d'actions interdépendantes à effectuer, celles-ci peuvent être plus ou moins difficiles à organiser et réaliser selon la complexité du projet liée à la taille du projet, au nombre de technologies et de fonctions requises mais aussi au nombre d'interlocuteurs impliqués dans le projet. L'interdépendance et la nouveauté des

activités nécessaires au développement d'un nouveau produit génèrent de la complexité au sein même du processus de développement produit.

Tous ces facteurs entraînent une incertitude au niveau des résultats, des coûts et du planning du projet de développement (Sihvonen et Pajunen, 2019).

Pour répondre aux demandes du marché, Stäubli EC SAS doit développer des produits qui intègrent des technologies poussées pour atteindre de hauts niveaux de performance « produit » mais également challenger constamment ses processus internes (supply chain) afin de répondre aux exigences « commerciales » des clients (coût, qualité et délai). La complexité est d'autant plus présente lorsque la même organisation développe différents produits conjointement mais que ceux-ci évoluent sur des marchés éloignés et nécessitant l'emploi de technologies, processus de fabrication et mode de gestion (Make To Stock/Order) différents.

La complexité des processus est intimement liée à la complexité du produit associé. Les choix faits lors du développement du produit vont avoir des impacts sur les performances des processus (Hvam et al, 2020). Chez Stäubli EC SAS, l'évolution de l'offre passe de connecteurs avec une nomenclature de quelques pièces à des solutions complètes de connexions composées de centaines de composants. La complexification des produits entraîne automatiquement celle des processus associés (production, achat, logistique, ...).

Il est donc stratégique pour l'entreprise de définir le bon niveau de complexité : celui qui permet de garantir la satisfaction de ses clients et son positionnement sur le marché, tout en conservant un niveau de complexité acceptable pour son organisation (Moallic, 2023).

Pour développer un nouveau produit, l'entreprise doit mettre en œuvre un ensemble complexe d'activités et de parties prenantes tant du point de vue opérationnel qu'organisationnel. En écho à la problématique issue du marché, la recherche de la performance industrielle passe donc systématiquement par ces questionnements.

Ce qui nous amène vers la seconde problématique industrielle :

***Comment améliorer la performance industrielle durant la phase amont du cycle de vie produit ?***

Pour tenter de répondre à ces problématiques industrielles, nous allons étudier le contexte scientifique associé. L'étude de l'état de l'art des thématiques connexes à notre sujet de recherche, nous permettra d'orienter notre stratégie et d'apporter des éléments de réponse.

## Chapitre 2 : Contexte scientifique

Ce chapitre a pour intention de définir le contexte scientifique dans lequel cette thèse évolue, en définissant l'état de l'art associé aux thématiques relevées dans le chapitre 1.

Dans un premier temps, nous allons présenter le cycle de vie produit avec un point de focalisation sur sa phase amont. Dans un second temps, nous allons évoquer le système d'information avant de passer au troisième point de ce chapitre qui est consacré à la notion de performance industrielle. Ensuite, nous allons aborder l'Excellence Opérationnelle. Pour conclure, nous allons aborder la méthodologie Lean.

### 2.1 La phase amont du cycle de vie produit

La notion de cycle de vie produit apparaît pour la première fois dans les années cinquante et soixante à la suite de l'analyse de l'évolution caractéristique des marchés des produits, depuis leur apparition jusqu'à leur disparition.

Le cycle de vie produit (Product Life Cycle en anglais) est couramment représenté par une « courbe de vie » : cette courbe en forme de cloche (Fig.9) représente les trois phases caractéristiques de l'évolution du produit au cours de sa vie.

La première, représente une phase d'expansion correspondant à la mise sur le marché du produit de ses éventuelles adaptations aux besoins.

La seconde phase, prend la forme d'un plateau représentant la période d'utilisation du produit par les utilisateurs.

La dernière et troisième phase, dite de « récession », correspond à l'obsolescence du produit principalement liée à l'évolution technologique ou à la modification des pratiques de consommation.

La représentation habituelle montre l'évolution dans le temps de « *l'indice de satisfaction* » traduit en unité comptable : ventes, chiffre d'affaires ... [Bernat et Marcon, 2001].

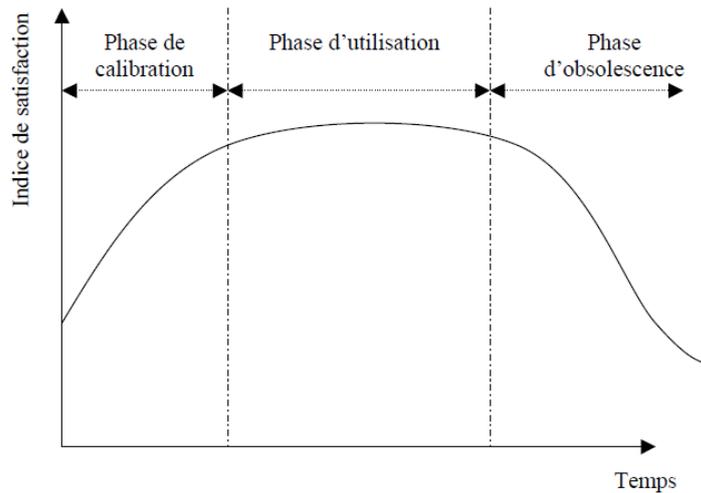


Figure 9 : Courbe en cloche, (Bernat et Marcon, 2001)

Cette courbe en cloche est bien sûr une représentation simplifiée, l'évolution du PLC d'un produit étant principalement rythmée par l'arrivée de nouveaux produits sur le marché : l'afflux de nouveaux concurrents, de nouvelles technologies ou encore l'évolution des pratiques de consommation. Dans la réalité, on obtient des chevauchements partiels des courbes de vie en fonction de l'arrivée de nouveaux produits sur le marché (Fig.10).

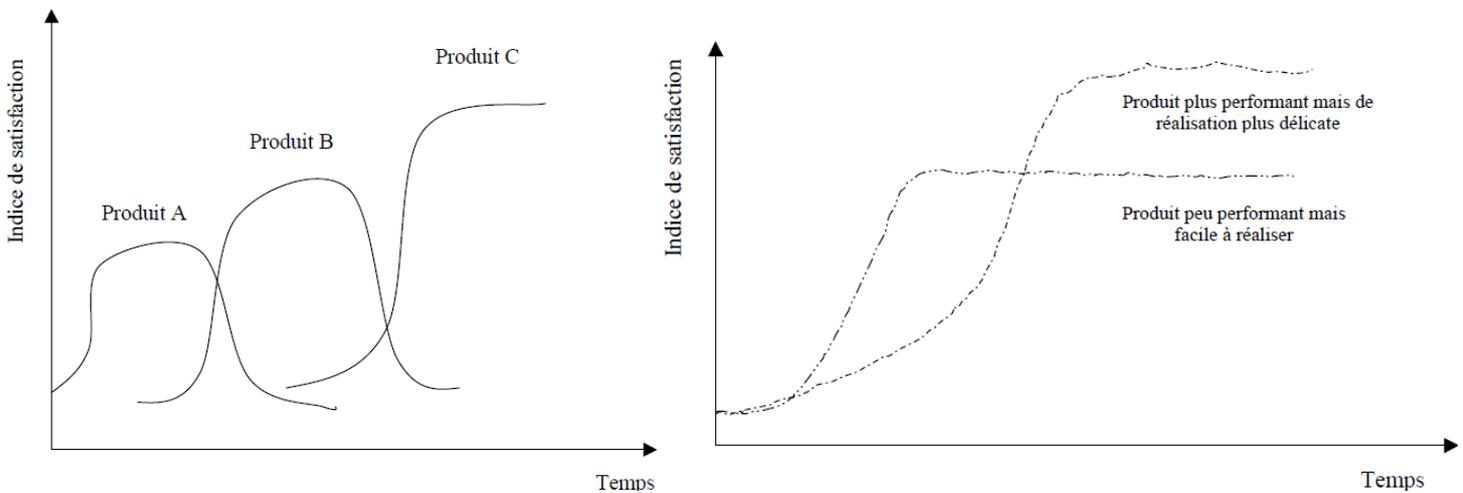


Figure 10 : Courbes d'évolution des produits et courbes de cohabitation entre produits (Bernat et Marcon, 2001)

Il arrive que des produits répondant aux mêmes besoins, cohabitent sur le même marché. Les courbes de vie (Fig.10) prennent alors des formes différentes en fonction du niveau de performance, du prix, de la difficulté de réalisation du produit.

La phase amont du PLC nous intéresse tout particulièrement, car elle condense de nombreux facteurs de la performance industrielle. La « naissance » d'un nouveau produit est intimement liée au processus d'innovation utilisé par l'entreprise. La représentation par processus de la démarche d'innovation a pour but de décrire les différentes fonctions et métiers mobilisés ainsi que le mécanisme et les différentes étapes/jalons permettant les prises de décision pour arriver à la mise au point d'un nouveau produit (Ferioli, 2018).

Le besoin de développement d'un nouveau produit peut être soit interne à l'entreprise dans le but de créer ou répondre à un besoin du marché (conception « poussée » ou Research & Development) ou découler d'un besoin spécifique d'un client (conception « tirée » ou Engineering to Order). (Arnold et al., 2012).

Le Dain, présente les trois typologies définies par Wheelwright et Clark en fonction de la temporalité de leur mise sur le marché et le niveau de nouveauté du produit mis sur le marché (Le Dain, 2015) (Wheelwright et Clark ,1992) :

- Projets d'anticipation, dont l'objectif est de créer de nouvelles connaissances et d'explorer des concepts de produit qui seront susceptibles d'aboutir un jour à un projet de développement d'un nouveau produit.
- Projets de développement de produits nouveaux, qui ont une visée commerciale définie et qui peuvent couvrir un éventail de produits allant de produits de rupture jusqu'à des produits nouveaux qui n'introduisent pas de rupture majeure dans l'architecture du produit ou dans les technologies utilisées. Ces projets permettent notamment le renouvellement de gamme mais également le développement de lignée de produits cherchant à réutiliser les connaissances produites en excès (Le Masson et al. 2006).
- Projets d'amélioration de produits existants, dont le niveau de nouveauté est faible. Le principal objectif de ces projets est d'améliorer la qualité ou de réduire les coûts d'un produit existant (Redesign to Cost) ou encore de proposer un nouveau design du produit (marketing).

Trois modèles sont couramment utilisés pour décrire de manière globale le processus d'innovation : l'*entonnoir de l'innovation*, le modèle *New Product Development Process*, la méthodologie *Advanced Product Quality Planning* et l'approche *State-Gate System*.

*L'entonnoir de l'innovation* (Wheelwright et Clark, 1992) est une stratégie d'innovation couramment utilisée en conception industrielle. Cette représentation (Fig.11) permet de mettre en évidence les objectifs, les actions, les équipes et les résultats ainsi que leurs interactions.

Son fonctionnement est sélectif et séquentiel. Plus on avance dans les différentes phases de l'entonnoir, plus les étapes de développement et les actions associées deviennent concrètes. L'entrée de l'entonnoir prend en compte l'ensemble des éléments (généralement des idées ou actions à réaliser). Plus on avance dans l'entonnoir, à chaque étape du processus d'innovation (génération d'idée, définition du projet, développement du concept, développement détaillé, ...), plus le goulet se réduit et les éléments retenus deviennent concrets, les autres sont éliminés. Les objectifs et contraintes tendent à serrer le goulet et le travail de l'équipe projet est de laisser passer uniquement les éléments pertinents. A la sortie de l'entonnoir, il reste seulement le travail de l'équipe et la réalisation des objectifs.

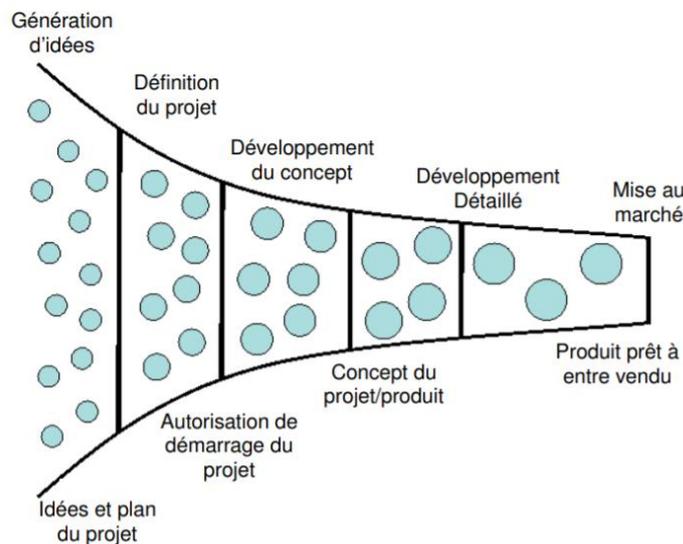


Figure 11 : L'entonnoir de l'innovation (Wheelwright et Clark, 1992)

Le modèle historique *New Product Development Process* (Fig. 12) consiste en une succession de phases d'activité appelées « Levels » (niveaux) et de points de contrôle appelés « Assesments » (évaluations). Chaque phase d'activité donne des informations et des tâches à réaliser à ce niveau d'avancement et chaque point de contrôle demande une prise de décision, exprimée par trois états : « go » pour continuer le processus, « hold » pour mettre en suspens et « kill » pour stopper le processus.

Les phases d'activité sont généralement les suivantes : design conceptuel, développement, conception détaillée, production et commercialisation, mais des étapes « phases amont informelles de conception » qui précèdent le projet peuvent aussi être incorporées. Elles désignent les actions informelles réalisées avant le lancement du projet (choix des intervenants, veille technologique, marketing stratégique, ...) (Legardeur et al, 2008). (Ferioli, 2018).

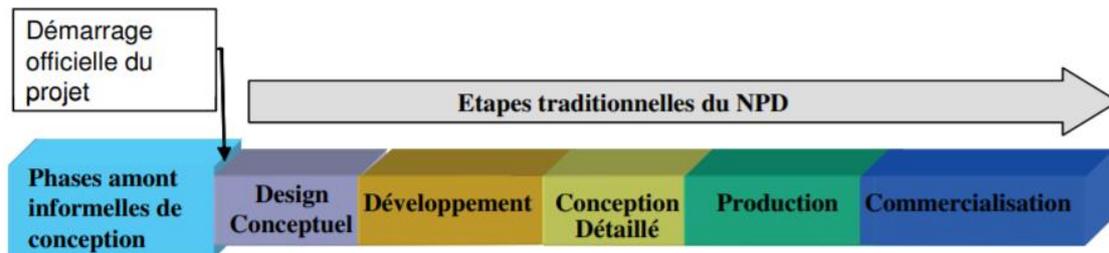


Figure 12 : Les phases amont de conception dans le processus NPD (Legardeur et al, 2008)

La méthodologie *Advanced Product Quality Planning* (APQP) a été développée par trois constructeurs automobiles américains (Chrysler, Ford et General Motors) en 1994 (APQP, 1994). L'APQP est une méthode structurée permettant de définir et d'établir les étapes nécessaires pour garantir qu'un produit satisfait le client, son objectif est de faciliter la communication avec tous les membres du projet afin de s'assurer que toutes les étapes requises sont achevées à temps (Bobrek et Sokovic, 2005).

L'APQP est basée sur cinq étapes (Fig.13) : la planification du projet, la conception et le développement du produit, la conception et le développement du processus industriel, la validation du produit et du processus industriel et le produit série. Tout au long du projet des boucles de vérification sont effectuées, permettant au besoin de mener des actions correctives (Stamatis,2018).

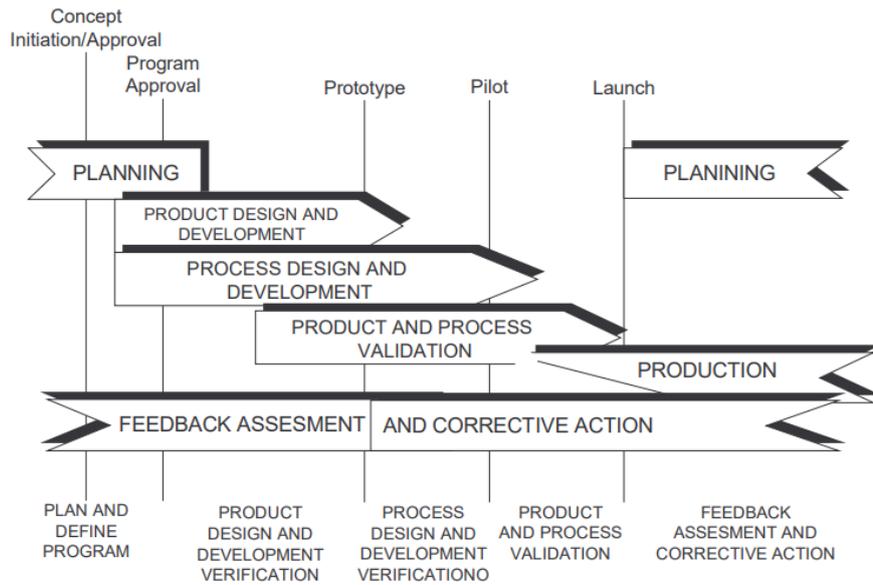


Figure 13 : APQP product quality planning (Bobrek et Sokovic, 2005)

Le modèle *Stage-Gate System* (Cooper, 2001) est un modèle d'innovation populaire dans l'Industrie. Ce modèle (Fig.14) divise le processus de développement de nouveaux produits en un ensemble d'étapes réalisées (stage) par l'équipe projet et à l'entrée de chaque étape se trouve un jalon (gate) qui représente des points de décision (go/no go). Les décisions sont prises à l'issue de revues faites par les décideurs de l'entreprise après analyse des informations collectées dans la phase précédente.

Le modèle *Stage-Gate System* a pour but de décrire facilement l'organisation des activités durant l'ensemble du processus et de permettre la prise de décision. Chaque étape devient plus complexe et coûteuse au fur et à mesure que l'engagement de l'entreprise dans le développement du produit augmente.

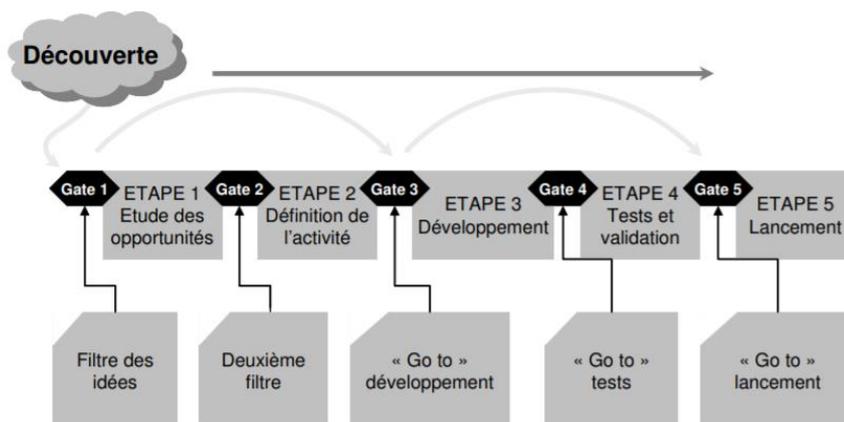


Figure 14 : Processus de développement Stage-gate system (Cooper, 2001)

Le modèle d'innovation et sa stratégie font partie intégrante du Processus de Développement Produit (PDP). D'après El Gamoussi, le PDP est le lieu de conversion du besoin client en solutions techniques, le moment où le produit est défini. Ce processus est composé d'un enchaînement de plusieurs activités interdépendantes qui se basent sur les besoins clients et les ressources internes de l'entreprise pour concevoir un produit avec pour objectif d'obtenir le meilleur compromis entre la satisfaction du client et la faisabilité industrielle. Ce processus est crucial pour l'entreprise, c'est de lui que dépend la capacité de mettre sur le marché des produits qui attirent les clients. Les choix et décisions prisent au cours de ce processus impactent l'ensemble de la durée de vie du produit et entraînent des conséquences sur tous les services de l'entreprise (production, achat, qualité, commercial, ...) (El Gamoussi, 2016).

D'après Schomberger, 85% des problématiques rencontrées en production émanent de décisions effectuées au cours du PDP (Schomberger, 1982).

Il existe de nombreuses modélisations du PDP dans la littérature (Tomivana et al, 2009). Le modèle proposé par Ulrich et Eppinger (Tab.1) est particulièrement intéressant puisqu'il reprend en six étapes (phases) l'ensemble du processus, de la définition du besoin client aux premières productions ainsi que les différentes fonctions en œuvre. (Ulrich et Eppinger, 2015) :

- *Phase 0 : Planification.* Analyse des enjeux stratégiques, des objectifs du marché et développements technologiques associés afin de définir les livrables, le marché cible, les objectifs commerciaux ainsi que les principales hypothèses, contraintes et stratégies.
- *Phase 1 : Concept de développement.* Identification des besoins client, génération et choix du concept.
- *Phase 2 : Conception système.* Définition de l'architecture du produit, décomposition en sous-systèmes et spécifications fonctionnelles du produit.
- *Phase 3 : Conception détaillée.* Définition des spécifications techniques de chaque composant du produit et des hypothèses de production.
- *Phase 4 : Test et perfectionnement.* Création de prototypes pour valider les orientations prises précédemment et choix des procédés à mettre en œuvre pour la version finale.
- *Phase 5 : Lancement en production.* Lancement de la production avec les moyens finaux. Formation des collaborateurs et identification des points d'amélioration.

	<b>Phase 1</b> Concept Development	<b>Phase 2</b> System-Level Design	<b>Phase 3</b> Detail Design	<b>Phase 4</b> Testing and Refinement	<b>Phase 5</b> Production Ramp-up
<b>Marketing</b>	Define market segments, Identify lead users, Identify competitive products.	Develop plan for product options and extended product family.	Develop marketing plan.	Develop promotion and launch materials, Facilitate field testing.	Place early production with key customers.
<b>Design</b>	Investigate concept feasibility, Develop industrial design concepts, Build and test experimental prototypes.	Generate alternative product architectures, Define major sub-systems and interfaces, Refine industrial design.	Define part geometry, Choose materials, Assign tolerances, Complete industrial design control documentation.	Do reliability, life, and performance testing, Obtain regulatory approvals, Implement design changes.	Evaluate early production output.
<b>Manufacturing</b>	Estimate manufacturing cost, Assess production feasibility.	Identify suppliers for key components, Perform make-buy analysis, Define final assembly scheme.	Define piece-part production processes, Design tooling, Design quality assurance processes, Begin procurement of long-lead tooling.	Facilitate supplier ramp-up, Refine fabrication and assembly, Train work force, Refine quality assurance processes.	Begin operation of entire production system
<b>Other functions</b>	Finance: Facilitate economic analysis. Legal: Investigate patent issues.	Finance: Facilitate make-buy analysis, Service: identify.		Develop promotion and launch materials, Facilitate field testing.	

Tableau 1 : Modèle générique de Processus de développement produit (Ulrich et Eppinger, 2015)

Le PDP possède quatre spécificités qui en font l'un des processus les plus complexes de l'entreprise alors qu'il est au cœur des enjeux stratégiques de l'entreprise (El Gamousi, 2016).

- Connaissances et flux virtuels : Le PDP est composé d'une suite d'activités complexes et interdépendantes reposant sur les connaissances (théoriques et pratiques) nécessaires pour développer un produit, ces connaissances deviennent des informations (cahier des charges, concepts, spécifications techniques, étude de marché, ...), selon Clark et al : un produit industrialisé n'est qu'un paquet d'informations incarné dans les matériaux (Clark et al, 1987). Ces informations sont transférées et gérées par des flux virtuels tout au long du processus (Hall et al, 2009).

- Environnement incertain et prises de décision : Deux types d'activités peuvent se distinguer durant le PDP : L'activité de prise de décision, majoritaire, nécessaire, pour définir le produit et les activités d'exécution qui succèdent aux décisions (Krishnan et Ulrich, 2001). Ces activités se déroulent dans un environnement incertain lié aux aléas de la conception (technologie) et du marché.
- Flux multidimensionnels avec itérations : De nombreux acteurs, dédiés au projet ou non, interviennent durant le PDP avec des compétences (techniques, commerciales, ...) et des niveaux hiérarchiques différents. Le PDP est un macro-processus qui fait intervenir différents « processus métiers » de l'entreprise. Les livrables d'un acteur sont les données d'entrée du suivant. Ces interactions et interdépendances dépassent fréquemment le cadre interne de l'entreprise avec la participation des fournisseurs et du client. Pour arriver au résultat souhaité, plusieurs boucles d'itération sont souvent nécessaires pour que tous les acteurs s'accordent.
- Projets de longue durée et de niveaux d'innovation différents : La durée d'un projet de développement d'un nouveau produit peut varier de quelques semaines à des années selon la complexité et le niveau d'innovation qu'il demande. Trois niveaux d'innovation peuvent être définis (Gero, 1990) : la conception routinière (variables et design prédéfinis), la conception innovante (variables et design non-définis) et la conception créative (nouvelles variables et design de rupture). Dans chaque projet de développement produit on retrouve des tâches de chaque niveau d'innovation, bien qu'il soit estimé que 80% des tâches d'un processus de conception sont des tâches de routine (Bluntzer et al., 2009).

Tout au long de cette thèse nous avons pris le parti de dire « la phase amont du cycle de vie produit », cette phase amont, réfère à la première partie du PLC (courbe en cloche) et correspond au PDP et l'ensemble des activités (étapes) qui s'y déroulent : de la définition du besoin aux premières productions en série.

De nos jours, la majorité des entreprises utilise des systèmes informatiques pour soutenir et lier les différentes activités qui composent le PDP. C'est donc naturellement que nous nous intéressons à ces systèmes.

## 2.2 Système d'information

Les organisations appuient leurs processus opérationnels et organisationnels sur un ensemble de ressources informatiques appelé : Système d'Information (SI).

D'après Pesqueux, le SI est aujourd'hui pour les organisations un enjeu d'efficacité stratégique. En effet, tout un environnement socioéconomique qui s'est créé autour de lui : externalisation partielle ou totale du système informatique, partage et transfert des informations, performance des logiciels ou encore la coordination et la modélisation des systèmes d'information passent de la spécificité à la généralité aujourd'hui (Pesqueux, 2020).

Un SI est un ensemble organisé de ressources organisationnelles et techniques permettant l'acquisition, le stockage et la diffusion de l'information afin de fournir des services opérationnels aux acteurs de l'organisation (El Mahou, 2018).

Reix et al, analysent le SI à travers une approche tridimensionnelle (Reix et al, 2011) :

- Une dimension informationnelle : création de l'information (les données)
- Une dimension technologique : les technologies déployées (matériels et logiciels)
- Une dimension organisationnelle : la coordination des utilisateurs (formation, procédure, ...)

La dimension informationnelle renvoie à la capacité du SI à atteindre son objectif (collecter, traiter et diffuser l'information à ses utilisateurs). Cette dimension intègre deux notions fondamentales : la représentation et la création de données. Pour être utilisée, l'information doit être matérialisée sous forme de signaux accessibles à nos sens à travers des représentations. Créée pour être utilisée, la représentation assure différentes fonctions : la conservation de l'information, la communication et l'analyse. Les données contenues dans l'information sont susceptibles de modifier la perception que l'on a de l'environnement (information = données + traitement). La qualité des représentations, peut influencer le comportement de l'utilisateur et faire varier la pertinence de l'information. Une information pertinente est une information exacte et fiable.

La dimension technologique réfère aux moyens techniques (hardware et software) permettant de réaliser les tâches demandées au SI. La technologie possède deux dimensions : les fonctionnalités (stockage, traitement, communication) et les performances (capacité, qualité et coût). Le déploiement de la technologie s'appuie sur la formation et l'appropriation des agents organisationnels.

La dimension organisationnelle prend deux aspects : Le fonctionnement du SI et celui de la structure connexe, l'organisation. La fonction principale du SI est de répondre aux besoins spécifiques des processus fonctionnels. La construction d'un SI requière des choix organisationnels relatifs aux caractéristiques de la structure organisationnelle, des besoins individuels et collectifs (Pesqueux, 2020).

Le SI agit sur plusieurs niveaux, qui peuvent se subdiviser en trois niveaux fondamentaux (Marsal et Travaillé 2007) :

- Le pilotage stratégique : Etablit les objectifs et la stratégie pour les atteindre. Il s'agit de l'aspect managérial de la définition du SI dans une perspective d'alignement (Marsal & Travaillé, 2007).
- Le pilotage opérationnel : Définit les actions à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs.
- Le pilotage fonctionnel : Détermine le partage des moyens de l'organisation auprès des différentes fonctions (production, approvisionnement...) tout en prévoyant des mécanismes pertinents de suivi et de correction.

Dans le cadre d'une entreprise, l'enjeu est donc de faire interagir les différentes dimensions et fonctions du SI entre elles afin d'arriver au niveau de performance souhaité (Fig.15).

Le gain dégagé par les entreprises par l'investissement dans les systèmes d'information s'explique par l'efficacité des applications et l'efficacité des opérations gérées par ces systèmes (Shimizu et al, 2006). Henderson et Venkatraman ont analysé l'importance stratégique du rôle joué par le SI au sein des entreprises, il a été montré que le SI peut impacter la capacité d'une entreprise à exécuter sa stratégie (Henderson et Venkatraman, 1993). Des divergences entre la stratégie du SI et les stratégies d'entreprise impactent sa performance organisationnelle d'où l'apparition de la notion d'alignement (Dahhani et al, 2021).

Pour assurer un service performant à l'entreprise, le SI doit être en adéquation avec la stratégie (business plan) et les processus de l'organisation (Gmati et Nurcan, 2007). Différents modèles ont été développés concernant l'alignement du SI avec le marché ou à la stratégie de l'entreprise : parmi les plus connus le modèle ARIS : Architecture of Integrated Information System (Scheer et Nuttgens, 2000) et le modèle SAM : Strategic Alignment Model (Henderson et Vendatraman, 1999). L'importance de l'alignement des systèmes d'information a depuis longtemps été étudié d'un point de vue stratégique (Weil et Broadbent, 1997), mais rarement d'un point de vue organisationnel ou opérationnel.

L'alignement des différents outils du SI est d'autant plus difficile dans les grandes structures ou les groupes ayant une cartographie de SI complexe (Adam et al, 2003).

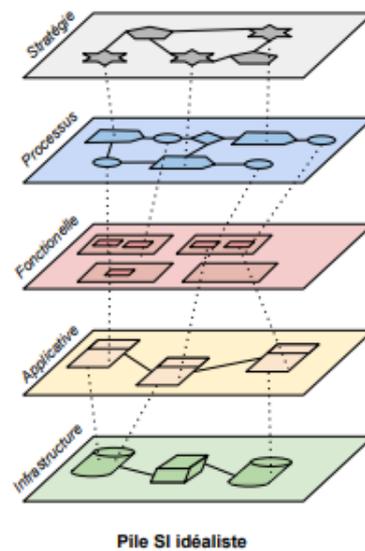


Figure 15 : Alignement idéal du système d'information (Pepin et al, 2018)

Cette réflexion d'organisation du SI et d'alignement est classiquement définie et mise en application par une entité appelée Direction des Systèmes d'information (DSI).

Ces dernières années la DSI est passée d'un rôle de gestionnaire de techniques à un rôle d'architecte avec des leviers pour la transformation des organisations (Rochet, 2006). En effet si la DSI maîtrise les fondements techniques, elle a la possibilité de mettre en œuvre les leviers d'action situés à l'interface avec les métiers (Achi, et Salinesi, 2015).

L'objectif de la DSI est d'améliorer la performance du SI et donc de l'organisation qu'il sert. Il nous apparait de ce fait intéressant d'approfondir maintenant la notion de performance.

## 2.3 Performance industrielle

Pour commencer il est important de définir le terme « performance ». Au sens commun, cela correspond à un résultat quantifiable, ce que l'on retrouve dans la définition du Larousse :

- Résultat chiffré (en temps ou distance) d'un athlète à l'issue d'une épreuve.
- Résultat obtenu dans un domaine précis par quelqu'un, une machine, un véhicule.

Dans l'industrie, la performance est absolument nécessaire : pour garantir la survie et la pérennité de son organisation, pour gagner de nouveaux avantages concurrentiels et gagner en croissance. En entreprise la notion de performance correspond au niveau de réalisation des résultats par rapport aux efforts engagés et aux ressources consommées (Issor, 2017).

D'après Berrah : « *Un système industriel est performant s'il est efficace, efficient et effectif* ».

Historiquement taylorienne, la notion de performance repose sur la réussite économique et prend en compte l'efficacité correspondant au rendement des équipements et de la productivité de la main-d'œuvre. Aujourd'hui néo-taylorienne, la notion de performance devient organisationnelle et prend désormais également en compte les éléments systémiques suivants (Fig.16) : L'efficacité qui représente la qualité dans l'atteinte des objectifs, le ratio entre les résultats et les moyens consommés pour y arriver. L'effectivité plus qualitative consiste à rapporter le résultat d'une action à l'intention qui la fonde (est-ce que l'action réalisée est celle qui avait été prévue ?) (Berrah, 2013).

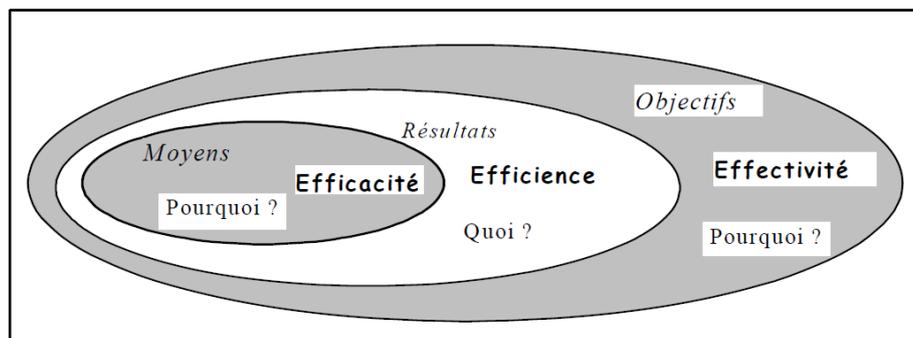


Figure 16 : Efficacité/Efficience/Effectivité (Berrah, 2013)

Pourquoi être plus performant ? Pour se démarquer de la concurrence, se développer ou simplement survivre sur des marchés en constante évolution.

Depuis les années 2000, la notion de performance devient multidimensionnelle avec le concept de « performance globale ». En entreprise, cette notion prend en compte non plus seulement les aspects économique, social et environnemental (Fig.17) (Renaud et Berland, 2010).

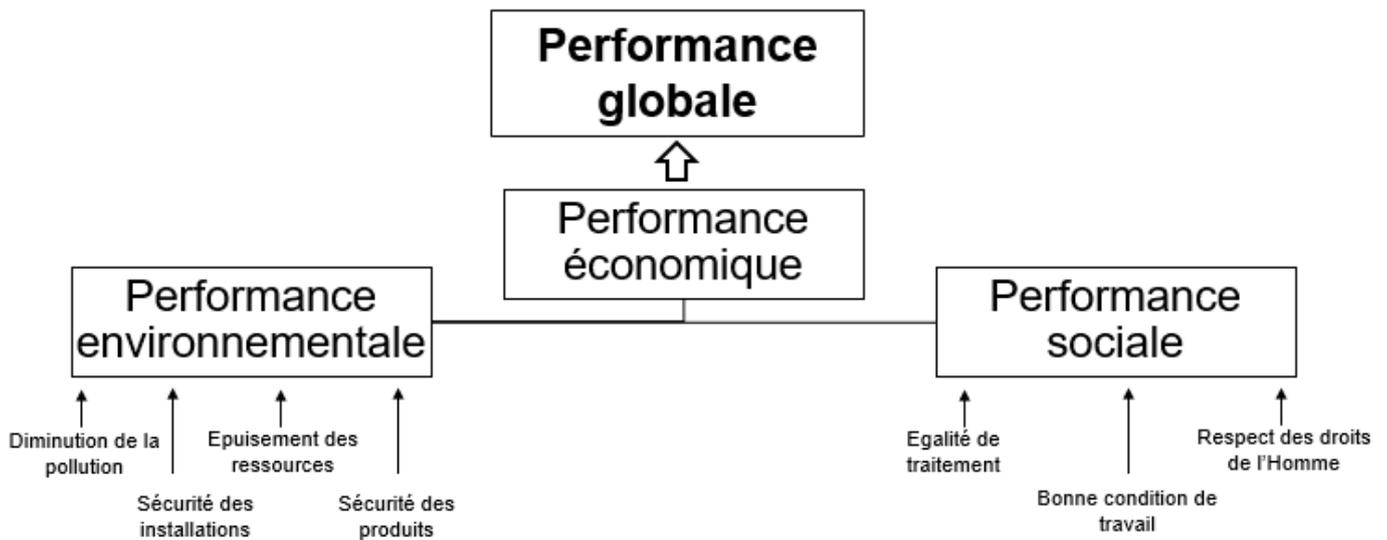


Figure 17 : La performance globale (Reynaud, 2003)

Pour assurer la pérennité de sa performance, au-delà de l'aspect financier, l'entreprise doit prendre en considération l'aspect social : l'intérêt des salariés, des clients et des territoires, mais également de l'environnement : les ressources, les évolutions des pratiques... [Galichet, 2018].

D'après Hamadmad, « *la performance ne prend sens que si elle se mesure* ». Pour effectuer des mesures, il faut définir les principaux critères que l'on veut évaluer, généralement des fonctions que l'on veut optimiser.

Cinq critères principaux sont généralement utilisés pour caractériser la performance industrielle (Hamadmad, 2016) :

- Le coût
- La qualité
- Le délai
- L'innovation
- Le développement durable

Basée sur ces critères et ayant pour vocation de mesurer la performance industrielle, la notion d'indicateur de performance apparaît.

Cet outil de mesure est défini par Ducq comme « *un indicateur de Performance est une donnée quantifiée, qui mesure l'efficacité des variables de décision par rapport à l'atteinte de l'objectif défini au niveau de décision considéré, dans le cadre des objectifs globaux de l'entreprise* » (Ducq, 1999).

L'indicateur de performance qu'il soit qualitatif ou quantitatif a pour vocation d'être utilisé comme outil de mesure de résultats à comparer aux objectifs, de diagnostic et comme support de décision.

Le fonctionnement d'un indicateur peut être schématisé de la manière suivante (Fig.18) :

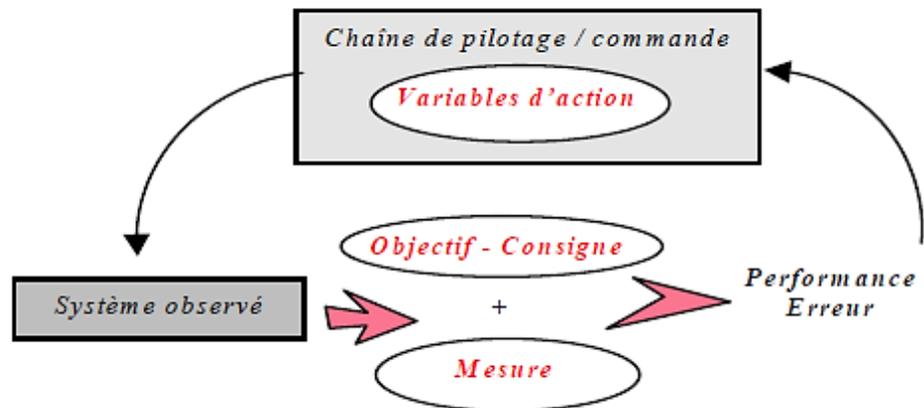


Figure 18 : Les paramètres intervenant dans l'indicateur de performance. (Berrah, 2013)

De nombreux travaux ont été menés pour définir des modèles de systèmes d'indicateurs de la performance. L'objectif de ces modèles d'indicateurs de la performance est de former un tableau de bord, servant d'outil d'aide à la décision et de diagnostic multicritère, destiné aux dirigeants de l'entreprise (Boucher et Burlat, 2003).

La performance peut être considérée comme la recherche de l'optimisation du rapport entre les entrants et les sortants d'un système comme une quantification de l'effectivité et/ou de l'efficience et/ou pertinence d'une action, par rapport à un objectif fixé (Mollard, 2007).

La mesure de la performance, implique une volonté d'amélioration de cette dernière. Le point suivant s'intéresse à la démarche de recherche de l'excellence.

## 2.4 Excellence Opérationnelle

Pour améliorer la performance industrielle d'une entreprise, celle-ci peut mettre en place une démarche de progrès basée sur la résolution de problèmes.

Pillet définit un problème comme : l'écart entre la situation existante et la situation souhaitée. Cet écart représente une source de progrès.

Cinq grandes catégories de sources de progrès ont été identifiées (Pillet, 2013) :

- Les aléas sur le flux et la non-qualité captés par les Systèmes d'Information.
- Les aléas non visibles par les systèmes d'information, nécessitant une investigation pour être découverts.
- Les perturbations de l'entreprise difficiles à capter à l'extérieur de leurs zones d'influence.
- Les sources de progrès issues de la confrontation des bonnes pratiques industrielles.
- Les pistes d'amélioration issues des relations avec les clients et fournisseurs.

Une fois la source de progrès identifiée, il s'agit de définir la démarche de résolution de problème à associer afin de mettre en place les actions permettant de combler l'écart entre la situation existante et celle souhaitée.

Il existe de nombreuses démarches de résolution de problème, voici les plus utilisées (Tab.2) :

PDCA (Deming)	DMAIC (Six Sigma)	7 Steps (Shoji Shiba)	8D (Ford)	Shainin	9 Steps
Plan	Définir le problème	Définir le problème	Former une équipe	Définir le problème	Définir le problème
Do	Mesurer Récouter des données	Récouter des données	Définir le problème	Définir le processus de mesure adapté	Récouter des Faits
Check	Analyser les causes racines	Analyser les causes racines	Prendre les actions de confinement	Générer des indices	Identifier le vrai problème
Act	Innover actions correctives	Identifier les actions correctives et les implémenter	Identifier les causes racines	Établir la liste des variables suspectes	Générer des solutions possibles
	Contrôler	Évaluer les effets	Identifier les actions correctives	Expérimenter	Évaluer les solutions
		Standardiser	Implanter les actions et valider	Déterminer les spécifications	Sélectionner la meilleure alternative
		Évaluer le processus de RP	Prévenir la récurrence	Maîtrise statistique des processus	Identifier et évaluer les risques
			Féliciter l'équipe	Validation des résultats	Prendre la décision
					Mettre en œuvre la solution
					Évaluer le résultat

Tableau 2 : Les principales démarches de résolution de problèmes (Pillet et all, 2013)

Ces différentes démarches de progrès sont issues d'une vision « qualité ». Elles permettent aux entreprises de mettre en place des actions structurées dans le but de résoudre des problèmes aussi bien opérationnels qu'organisationnels.

Les démarches de résolution de problèmes en tant que telles représentent davantage une boîte à outils orientée « qualité » à disposition des entreprises qu'une approche globale orientée vers la performance.

Pour répondre de manière globale à cette recherche continue de la performance, les entreprises sont rentrées dans une quête d'excellence.

Le concept « d'Excellence Opérationnelle » (ExOp) est populaire auprès des industriels ces dernières années et le nombre de publications dans des journaux scientifiques augmente de manière exponentielle depuis 1995 (Found et al, 2018).

Le concept a même fait la tribune du journal Les Echos du 23 mai 2017 « Manifeste pour l'Excellence opérationnelle » du Mouvement des entreprises de France (MEDEF) et de l'Association Française Qualité et Performance (AFQP) (Les Echos, 2017).

Une des premières apparitions du concept d'ExOp date de 1982 dans le livre « In search of Excellence » (Peter and Waterman, 1982), qui rassemble les bonnes pratiques des entreprises américaines les plus performantes.

Plus tard, Hammer définit le concept d'ExOp par: « *refers to achieving high performance via existing modes of operation: ensuring that work is done as it ought to be to reduce errors, costs and delays but without fundamentally changing how that work gets accomplished* » (Hammer, 2004).

Ce qui peut se traduire par : avoir le meilleur niveau de qualité et de performance possible dans toutes les actions menées. Ce concept reste néanmoins vague et les définitions varient selon les auteurs (Aguilera et Ruiz, 2019).

Les travaux de Dahlgaard J. et Dahlgaard-Park, S. M. entre 1999 et 2015 s'intéressent à la définition de l'excellence ((Dahlgaard et Dahlgaard-Park, 1999 ; Dahlgaard-Park et Dahlgaard, 2007), la caractérisation de l'ExOp (Dahlgaard et al, 2013 ; Dahlgaard-Park, 2015) ainsi qu'à sa modélisation (Dahlgaard et Dahlgaard-Park, 2004 ; Dahlgaard-Park, 2009 ; Dahlgaard-Park, 2013).

Le modèle « 4P » est utilisé pour définir l'ExOp ((Dalgaard et Dalgaard-Park, 1999) :

- D'excellentes Personnes
- D'excellents Partenariats
- D'excellents Processus
- D'excellents Produits

Ce modèle peut se résumer par « d'excellentes personnes qui établissent d'excellents partenariats avec des fournisseurs et clients afin de mettre en place d'excellents processus pour permettre de produire d'excellents produits, capables de ravir les clients ».

Pour atteindre l'ExOP (Fig.19), qui permet à une entreprise de réussir à long terme, celle-ci doit mettre en œuvre les 4P mais également avoir le « Leadership » (donner la direction) de son organisation, définir sa stratégie et ses processus (Sony, 2019).



Figure 19 : Modèle 4P ((Dalgaard et Dalgaard-Park, 1999)

L'ExOp est souvent confondue et associée avec l'Excellence Organisationnelle. Pour qu'une entreprise arrive à ses objectifs, un certain nombre de tâches doivent être réalisées par différentes parties prenantes. La répartition de ces tâches entre les parties prenantes relève de l'organisationnel, la réalisation de ces tâches par la partie prenante concernée, de l'opérationnel (Pathmalatha et al, 2022).

Pour Mann et al, l'ExOp revient à développer et renforcer les systèmes de gestion et les processus de l'ensemble de l'organisation afin d'améliorer en permanence les performances de l'organisation et de créer une meilleure valeur pour les parties prenantes (Mann et al, 2012).

Pour The Business Transformation & Operational Excellence Society (BTOES), l'ExOp correspond à l'amélioration continue de l'ensemble des opérations, au sein d'une organisation, démarche indispensable pour satisfaire le client et bénéficier d'avantages concurrentiels. (BTOES Insight, 2023).

Ces deux notions sont donc complémentaires et interdépendantes, l'Excellence Organisationnelle agit sur la stratégie de l'organisation alors que l'ExOp, se concentre sur les réalisations au niveau opérationnel.

Antony et al, à partir de l'analyse de la littérature ont défini les facteurs de succès qui influencent la réussite d'une démarche ExOp dans les entreprises manufacturières.

Cette étude a montré que la mise en œuvre de l'ExOp était fortement influencée par : l'implication des collaborateurs, la formation du personnel, l'engagement de la direction et la création de ressources dédiées à la mise en œuvre de l'ExOp.

Dans une moindre mesure : le leadership, la sélection et priorisation des projets, la culture de l'organisation, la communication, les relations avec les partenaires, le travail en équipe et le système de gestion de la performance, influencent positivement la réussite d'une démarche ExOp en entreprise (Antony et al, 2022).

Found et al propose une modélisation de l'ExOp (Fig.20). Ce modèle reprend l'ensemble des éléments nécessaires pour mettre en œuvre et pérenniser une démarche d'excellence en entreprise. (Found et al, 2018).

Ce modèle d'ExOp se base sur l'alignement de la vision et des résultats par le biais de produits et de technologies, de relations avec les partenaires, en utilisant et en développant les compétences et les capacités à utiliser un ensemble d'outils et de systèmes interdépendants avec des mesures et des contrôles appropriés. Tous ces éléments reposent sur la culture tournée vers l'excellence que l'entreprise essaie de cultiver. La stratégie et les objectifs émanent des valeurs, des principes, leadership et gestion du changement, impulsés par l'entreprise.

Le modèle est dynamique car il existe deux boucles d'amélioration continue, la première vers la stratégie et les objectifs, la seconde vers le leadership et la gestion du changement.

L'ensemble constitue une approche systémique de l'ExOp.

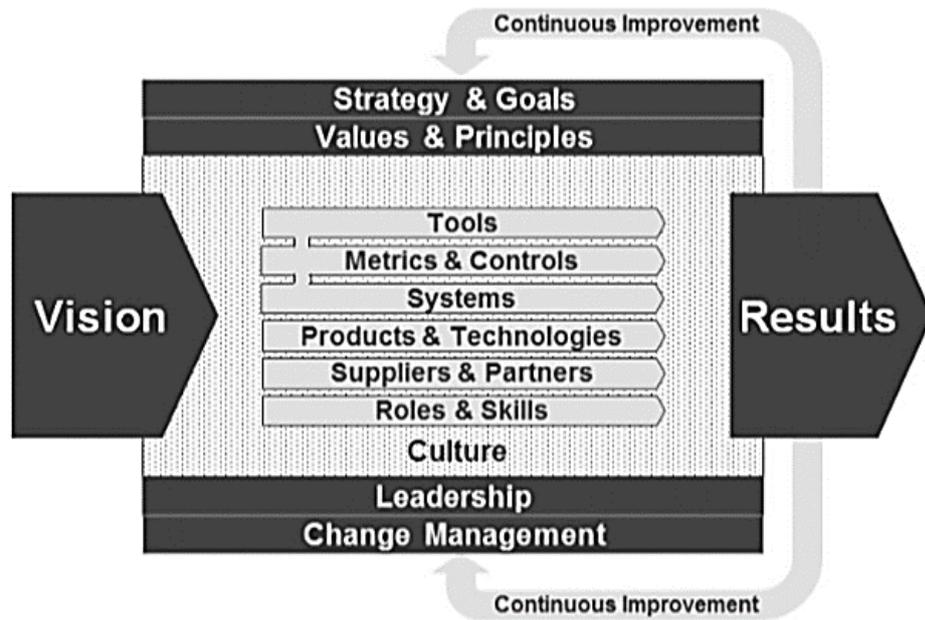


Figure 20 : Operational Excellence model (Found and al, 2018)

La démarche ExOp joue un rôle important dans le succès et la pérennité des organisations. Pour arriver à cet objectif d'excellence, l'utilisation de méthodologie tel que le Lean management, le Six Sigma, Lean Six Sigma, etc. est plébiscité. L'utilisation des outils de ces méthodologies d'amélioration continue supporte et contribue à la réalisation des objectifs de l'ExOp (Sà et al, 2022).

Les travaux de Carvahlo et Macedo, montrent que la méthodologie Lean issue du Toyota Production System (TPS) sert de base aux différents modèles ExOp (Carvalho et Macedo, 2021).

L'European Foundation of Quality Management (EFQM, 2020) propose l'Excellence Model, un outil d'autoévaluation de l'ExOp qui mesure les points forts et les domaines d'amélioration d'une organisation dans l'ensemble de ses activités. Le terme « excellence » est focalisé sur ce que l'organisation peut produire ou faire pour fournir d'excellents produits, services ou résultats à ses clients ou utilisateurs.

Ce modèle (Fig.21) repose sur 7 critères d'évaluation :

- Raison d'être, vision et stratégie
- Culture et Leadership
- Engagement des parties prenantes
- Création de valeur durable
- Pilotage de la performance et conduite de la transformation

- Perception des parties prenantes
- Performance stratégique et opérationnelle

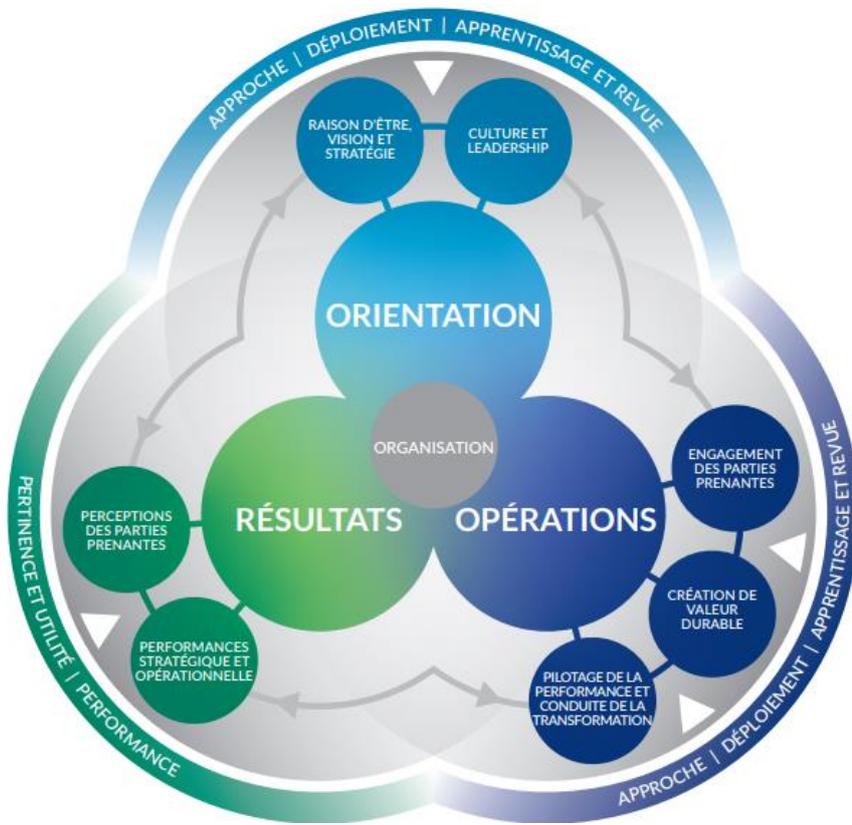


Figure 21 : Excellence Model 2ème édition (EFQM, 2020)

Enfin, d'après Carvalho et al, l'ExOp n'est pas un outil pour encourager le changement mais plutôt une démarche qui permet de le mettre en œuvre (Carvalho et al, 2017).

Au-delà d'une approche de la performance, l'ExOp définit un idéal d'excellence à rechercher.

Ces différentes démarches sont bien implantées dans une activité industrielle manufacturière, dans le cadre de nos travaux s'intéressant à la phase amont du PLC, il convient de définir quelle méthode est la plus pertinente.

Ces éléments nous amènent à poser la première problématique scientifique :

***Quel type de démarche utiliser pour améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit ?***

Nous allons maintenant nous intéresser à une méthodologie qui semble être plébiscitée et avoir fait ses preuves pour permettre aux entreprises d'atteindre l'ExOP.

## 2.5 Le Lean

Conjointement au développement des méthodes d'amélioration continue dans les années 1990. Le Lean, depuis sa définition en 1990 (Womack and Jones, 1990) et sa démocratisation au courant des années 2000, a su démontrer son efficacité en matière d'amélioration des performances industrielles des entreprises manufacturières.

La définition du Lean varie selon les auteurs, mais il peut être défini comme une philosophie ou un ensemble de pratiques visant la réalisation des améliorations en suivant les voies les plus économiques tout en se focalisant sur la réduction des gaspillages (Elrhanimi et al, 2015).

Suite à des études rétrospectives du TPS, Womack et Jones synthétise la philosophie Lean en cinq principes dans l'ouvrage « Lean Thinking » (Womack et Jones, 1996) :

- Identifier précisément la valeur ajoutée des produits, d'un point de vue du client.
- Déterminer la chaîne de valeur des produits.
- Etablir des flux continus de valeur.
- Tirer les flux par le client.
- Viser l'excellence.

Holweg, dans son article de référence « Genealogy of Lean Production » retrace l'historique du Lean. Le Lean tire ses origines de l'entreprise automobile Toyota et de ses pratiques novatrices qui lui ont permis d'arriver à des hauts niveaux de performance dès la fin des années 1950.

Ces pratiques et principes ont été énoncés et décrits dans les années 1980 à travers le Toyota Production System, d'abord en japonais (Ohno, 1978) puis en anglais (Monden, 1983).

Suite aux crises pétrolières des années 1973 et 1978 et à la pression concurrentielle Japonaise, les Américains et notamment le Massachusetts Institute of Technology (MIT) s'intéressent à cette nouvelle philosophie de produire.

Dans les années 1990, le terme « Lean » apparaît en tant que tel, modélisé à partir d'études rétrospectives des pratiques industrielles de Toyota, dans les ouvrages fondateurs « The Machine that Changed the World » (Womack et al, 1990), « Lean Thinking » (Womack et Jones, 1996) et « Thinking Beyond Lean » (Cusumano et Nobeoka, 1998)

En 2004, le TPS est repris par Liker dans le livre Best-Seller « The Toyota Way » avec une focalisation encore plus tournée vers l'Humain (Liker, 2004).

La frise chronologique de Holweg (annexe 1) retrace les évènements marquants et les publications importantes de l'histoire du Lean (Holweg, 2007).

Lyonnet présente également un historique simplifié des éléments marquants du Lean (Fig.22) :

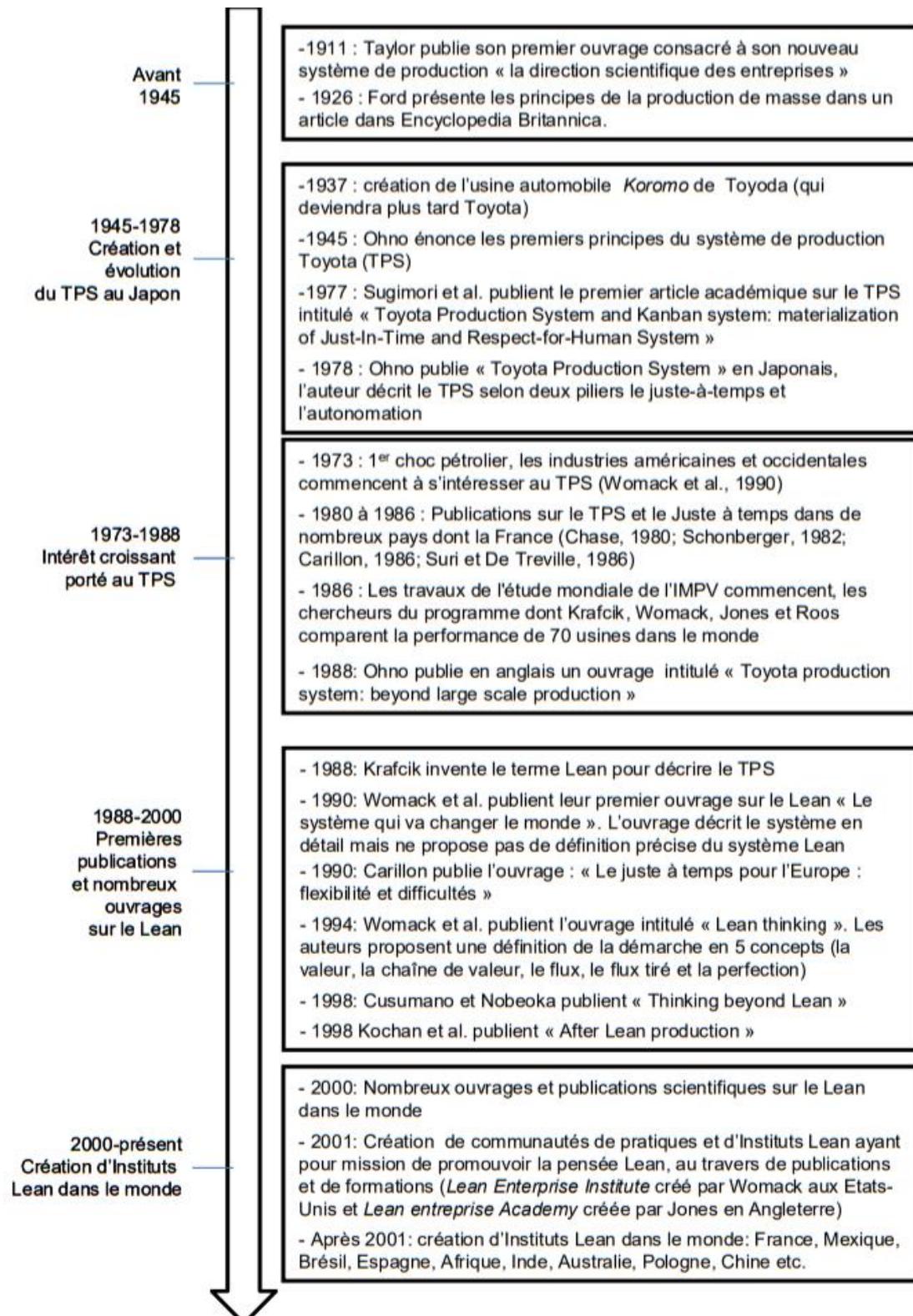


Figure 22 : Historique du Lean (Lyonnet,2010)

Les pratiques issues du Toyota Production System (TPS) ont été analysées et transposées dans l'ouvrage « The Toyota Way » (Liker, 2004).

Liker propose le modèle des « 4P » pour présenter les quatre fondements du TPS représentés sous la forme d'une pyramide (Fig.23).

La base de cette pyramide repose sur la Philosophie à long terme qui se concentre sur le dépassement des besoins et des attentes du client.

Le deuxième étage, est consacré aux Processus et à l'optimisation de leurs efficacités afin d'améliorer leurs performances.

Le troisième état concerne les Personnes et partenaires, la culture de l'entreprise doit enseigner à ses collaborateurs le travail en équipe pour atteindre des objectifs communs.

Enfin, le sommet de la pyramide repose sur la résolution de Problèmes : les employés cherchent des moyens pour résoudre les problèmes rencontrés, via l'amélioration continue et l'apprentissage.

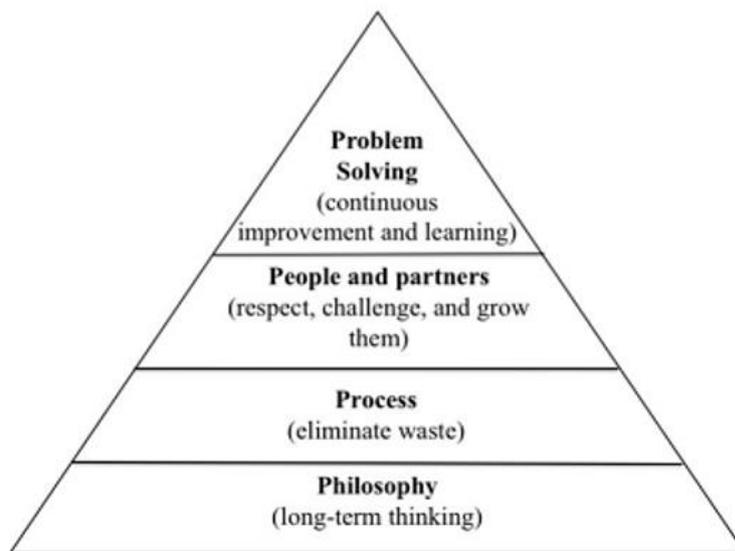


Figure 23 : Le modèle 4P de The Toyota Way (Liker, 2004)

Ces quatre fondements sont incarnés au travers de quatorze principes de la TPS énoncés dans le livre « The Toyota Way » par Liker (Liker, 2004)

Chacun de ces principes est associé à un fondement (Tab.3) :

Catégorie	Principe
<b>Philosophie</b> : une philosophie fondée sur une réflexion de long terme.	Principe 1. Fonder ses décisions managériales sur une philosophie à long terme, et en accepter les coûts à court terme.
<b>Processus</b> : une attention portée aux processus pour l'élimination systématique des gaspillages	Principe 2. Créer un flux continu dans ses processus pour faire apparaître les problèmes ( <i>Jidoka</i> ).
	Principe 3. Tirer plutôt que pousser pour éviter la surproduction (Principe du JAT mis en œuvre par le système <i>Kanban</i> ).
	Principe 4. Lisser les activités ( <i>Heijunka</i> ).
	Principe 5. Affirmer dans la culture de l'entreprise la volonté de tout arrêter si besoin pour résoudre les problèmes au fur et à mesure qu'ils apparaissent, afin d'assurer un excellent niveau de qualité dès le premier produit ( <i>Andon</i> ).
	Principe 6. La standardisation du travail est la base de l'amélioration continue et de l'implication du personnel.
	Principe 7. Le management visuel permet de s'assurer que les défauts ne restent pas cachés.
	Principe 8. N'utiliser que des technologies testées et éprouvées dans les processus de fabrication.
	<b>Personnes</b> : respect des hommes –employés et partenaires-, mise au défi et développement
Principe 10. Recruter et former un personnel de qualité exceptionnelle, organisé en équipes et qui suit la philosophie de l'entreprise.	
Principe 11. Respecter le réseau étendu des partenaires et fournisseurs en les encourageant à toujours mieux faire et en les aidant à s'améliorer.	
<b>Problèmes</b> : résolution des problèmes par l'amélioration continue et l'apprentissage	Principe 12. Aller soi-même voir ce qui se passe sur le terrain ( <i>Gemba</i> ) afin de comprendre les situations pratiques ( <i>Genchi Genbutsu</i> ).
	Principe 13. Prendre les décisions lentement, par consensus, en considérant toutes les options ( <i>Nemawashi</i> ).
	Principe 14. Devenir une organisation apprenante par une réflexion au fil de l'eau ( <i>Hansei</i> ) et par l'amélioration continue ( <i>Kaizen</i> ).

Tableau 3 : Les 14 principes du TPS (Reinhard, 2017)

Les fondements et principes du système TPS sont habituellement représentés sous la forme de la « maison TPS » (Fig.24), une représentation qui montre l'importance de l'ensemble des éléments qui la compose.

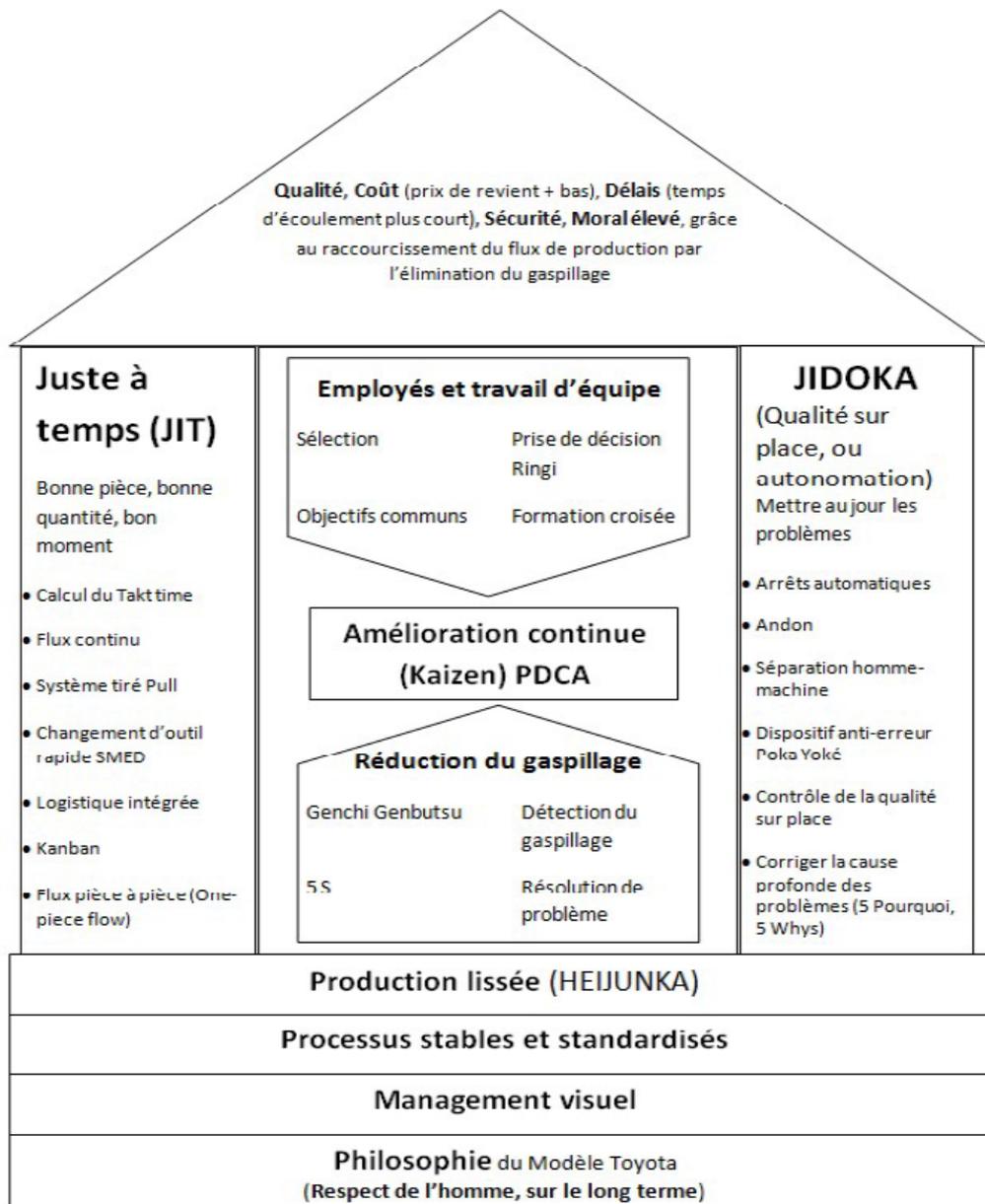


Figure 24 : La maison TPS (Reinhard, 2017 basée sur Liker 2004)

La base de cette maison repose sur deux piliers principaux complémentaires :

- Le Juste à temps (JIT) : livrer les bonnes pièces, à la bonne quantité, au bon moment, en utilisant les bonnes ressources.
- Le JIDOKA : aussi appelé « automatisation », garantir la qualité totale à chaque étape du processus en stoppant la production à la moindre anomalie détectée.

Ces deux piliers reposent sur la stabilité des processus et la suppression des causes de variabilité. Le centre de la maison est dédié à l'amélioration continue, le Kaizen (en japonais Kai = changement et Zen = bien) qui intègre deux composantes : le travail d'équipe et la réduction des gaspillages.

Enfin, le but recherché est de réduire les délais et les coûts, augmenter la qualité et la sécurité par l'optimisation des flux et la chasse aux gaspillages.

Le méthodologie Lean consacre une attention particulière à l'élimination de la non-valeur ajoutée et des gaspillages.

Ces gaspillages sont appelés « Muda » et sont identifiés (Tab.4), ils sont au nombre de huit : surproduction, surstock, transports inutiles, processus inutiles, mouvements inutiles, erreurs et rebuts, temps d'attente et sous- utilisation des compétences des collaborateurs.

Deux autres typologies de non-valeur ajoutée ont également été définies : la variabilité (Mura) et la surcharge de travail (Muri).

Lean Muda		Lean Thinking
<b>Inventory</b>		<i>Excessive products in stock implying the existence of outdated products</i>
<b>Over production</b>		<i>Excessive production of goods and service compared to what is needed, production does not keep up with the market demand</i>
<b>Waiting / delays</b>		<i>Execution of the work on hold, for resources or for decision</i>
<b>Transports</b>		<i>Unnecessary transport of materials from one place to another</i>
<b>Over processing</b>		<i>Adding excess value without the customer requesting, that is, doing more work than wanted</i>
<b>Motion</b>		<i>Any motion according to the activities performed, that does not add value</i>
<b>Defects / rework</b>		<i>Defects that require corrections, reprocessing of work already done</i>

Tableau 4 : Muda du Lean (Ferreira et al, 2018)

Hines et al, dans leurs travaux synthétisent la stratégie du Lean (Fig.25) par rapport à la relation coût/valeur perçue d'un produit ou d'un service (Hines et al, 2004)

Plus un produit est situé haut par rapport à la ligne d'équilibre coût/valeur, plus il est attractif pour les clients. Cette ligne d'équilibre correspond à la situation où le produit apporte exactement autant de valeur au client qu'il est prêt à payer.

La stratégie du Lean apporte deux solutions pour améliorer le positionnement du produit :

- Réduire les coûts internes en chassant les gaspillages.
- Augmenter la valeur perçue par le client, en se focalisant sur ses besoins et la valeur-ajoutée du produit.

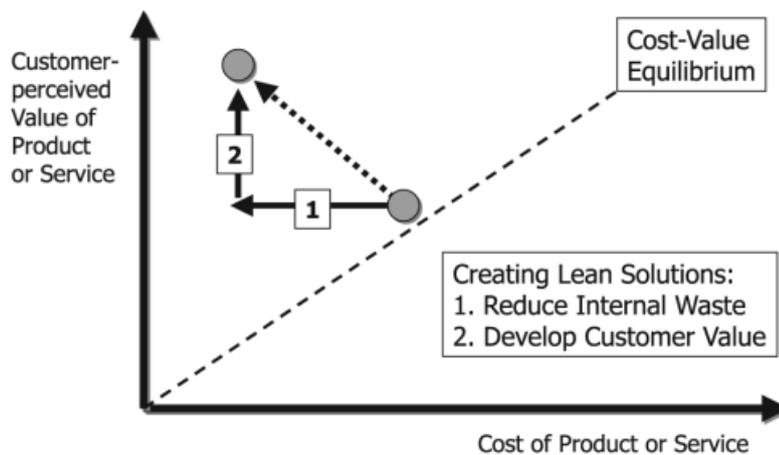


Figure 25 : La stratégie Lean par rapport au paramètre coût/valeur (Hines et al, 2004)

Initialement Lean Manufacturing, car issu des ateliers de production automobiles, les principes du Lean ont été transposés de la production à d'autres secteurs de l'entreprise et à d'autres activités économiques.

Depuis le début des années 2000, le Lean sort des lignes de production et ses principes sont déclinés tout d'abord dans l'univers du management (Lean Management) et des Services (Lean Service) puis adaptés à de nombreuses activités : les services administratifs (Lean Office), le développement de produit (Lean Product Développement) ou encore le développement informatique (Lean Software développement) (Ughetto, 2012).

Cela nous amène à la seconde problématique scientifique :

***Comment déployer et outiller une démarche Lean adaptée à la phase amont du cycle de vie produit ?***

## Chapitre 3 : Stratégie de recherche

Ce troisième chapitre est consacré à la présentation de la stratégie utilisée dans ce travail de recherche.

Pour commencer, nous allons reprendre les problématiques industrielles et scientifiques afin de définir les verrous de recherche associés. Poursuivre par la description de la méthodologie de recherche utilisée dans la thèse. Enfin, terminer par démontrer l'originalité de ces travaux.

### 3.1 Questions de recherche

Au cours des précédents chapitres de la partie I, l'analyse du contexte et de l'état de l'art, nous a permis de formuler des problématiques industrielles et scientifiques. Nous avons également défini les verrous associés à ces problématiques. Ces verrous nous permettront de préciser et d'énoncer les questions associées que nous allons essayer de débloquent pour répondre à ces différentes problématiques.

Dans le chapitre 1 - Contexte industriel, consacré à la présentation du contexte de cette étude, nous avons dans un premier temps dans la section 1.3 développé les problématiques liées au marché de la connectique électrique.

Ce qui nous a posé la première problématique industrielle : « ***Comment livrer des produits plus complexes dans des délais toujours plus courts ?*** ». Le premier verrou de recherche de recherche associé est le suivant : « ***Quels mécanismes et éléments entrent en compte dans le développement de nouveaux produits ?*** ».

Dans un second temps, dans la section 1.4, nous avons exprimé les enjeux opérationnels rencontrés par les entreprises du secteur. Ce qui nous a amené à la seconde problématique industrielle, thématique-clé de cette thèse : « ***Comment améliorer la performance industrielle durant la phase amont du cycle de vie produit ?*** ». Nous avons relié cette question à deux verrous distincts. Le deuxième verrou de recherche est : « ***Quelle stratégie adopter pour améliorer le développement de nouveaux produits ?*** » et le troisième verrou : « ***Comment optimiser le ratio gain/effort des actions à mettre en œuvre ?*** ».

Le chapitre 2 – Contexte scientifique, dans lequel nous avons introduit l'état de l'art connexe à nos thématiques de recherche, nous a conduit à l'issue de la section 2.4 dédiée à l'ExOp à notre première problématique scientifique : « *Quel type de démarche utiliser pour améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Cette problématique est reliée à trois verrous de recherche, le quatrième verrou : « *Pourquoi une approche globale du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit est-elle nécessaire ?* », le cinquième : « *Quelles sont les démarches Lean associables à la phase amont du cycle de vie produit ?* » et le verrou n°6 : « *Comment évaluer les pratiques et outils du Lean utilisés dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

Suite à la présentation de la méthodologie Lean dans la section 2.5, nous avons exprimé la deuxième problématique scientifique: « *Comment déployer et outiller une démarche Lean adaptée à la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Cette question vient engendrer les trois derniers verrous de ce travail de recherche. Le septième verrou : « *Comment opérationnaliser une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* », amène vers le huitième : « *Quelle vision court et long terme de la performance instaurer dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Enfin le dernier verrou, le n°9 : « *Comment s'assurer du déploiement efficace du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

La figure de synthèse (Fig.26) permet de visualiser le lien entre les quatre différentes problématiques exprimées et les neuf verrous de recherche associés.

En effet, la première problématique industrielle issue du besoin des entreprises, conduit à la seconde problématique industrielle, la principale à laquelle nous allons essayer de répondre dans cette thèse au travers des deux problématiques scientifiques qui en découlent. La première problématique scientifique étant focalisée sur le choix de la méthode et la seconde portant quant à elle sur l'aspect du déploiement et comment l'outiller.

Les flèches → indiquent dans quels parties et chapitres de ce document, nous essaierons d'apporter des éléments de réponse afin de débloquent ces différents verrous.

Les flèches en pointillé ⇢ indiquent que la réponse aux verrous se fait au travers du positionnement sémantique des éléments présentés dans les chapitres indiqués.

Au début de chaque chapitre nous indiquerons les verrous correspondants qui seront discutés, de même à la fin des chapitres, un encart reprendra de manière synthétique les éléments de réponse à ces verrous.

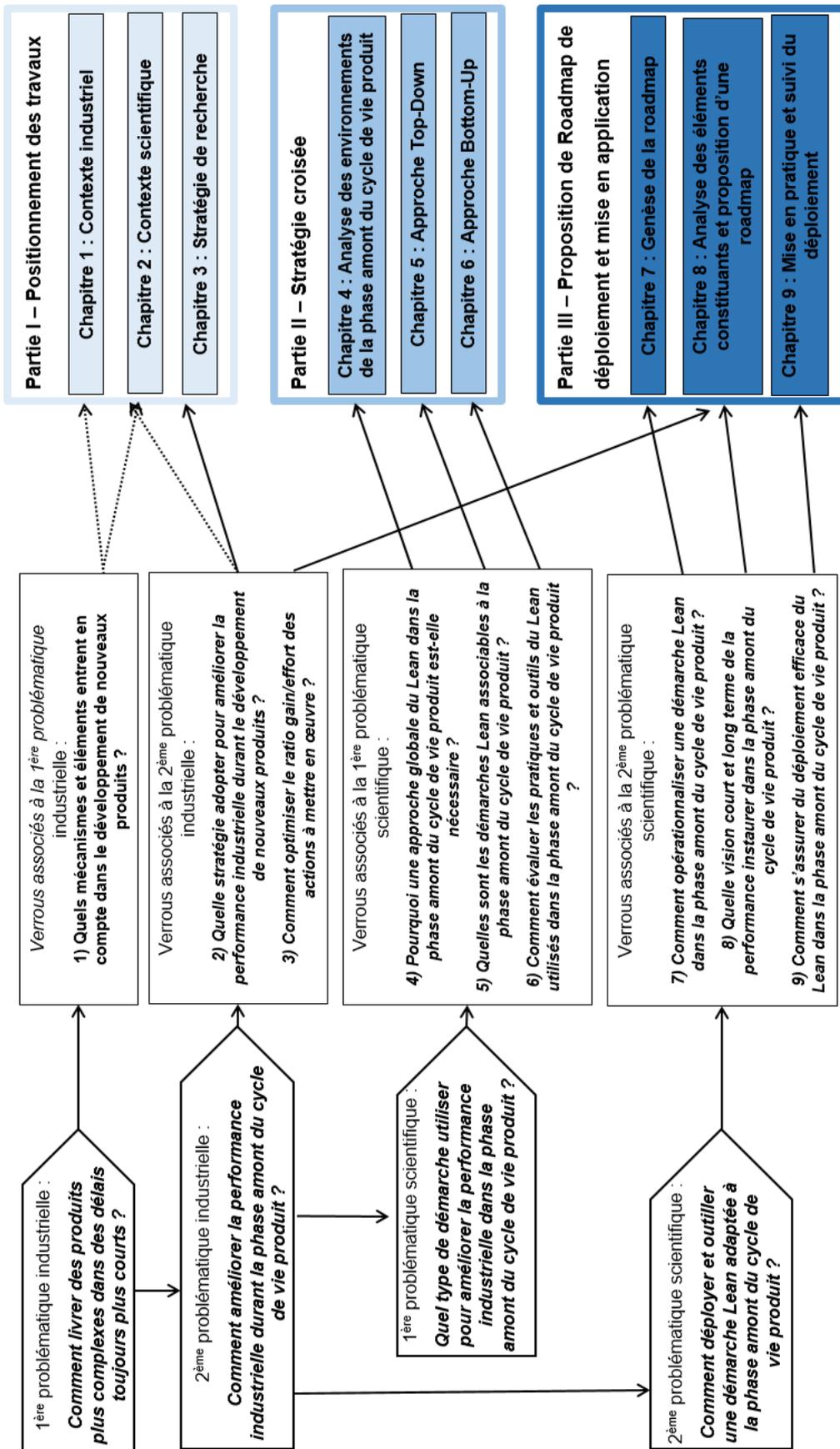


Figure 26 : Problématiques de recherche et verrous associés

## 3.2 Méthodologie de recherche

Dans le domaine du génie industriel, nous pratiquons la recherche appliquée dont l'objectif est d'approfondir un domaine spécifique pour répondre à un problème provenant généralement d'un contexte industriel (Perry, 2007).

Ce projet de recherche intègre et vient compléter les travaux menés par l'équipe CSIP du laboratoire ICube de Strasbourg.

Les thématiques d'intérêt de cette équipe sont les suivantes :

- Organisation des systèmes d'information et de production.
- Prise en compte de l'ensemble du cycle de vie du produit par les systèmes d'information et de production.
- Evaluation de la performance des systèmes d'information et de production par rapport aux besoins du processus de conception de produit.

La figure ci-dessous (Fig.27) récapitule les thématiques de recherche de l'équipe CSIP, qui s'articulent autour du thème central qu'est la conception et le développement de nouveaux produits. Nos travaux qui s'intéressent à l'amélioration de la performance industrielle dans la phase amont du PLC s'inscrivent donc parfaitement dans les thématiques du laboratoire.

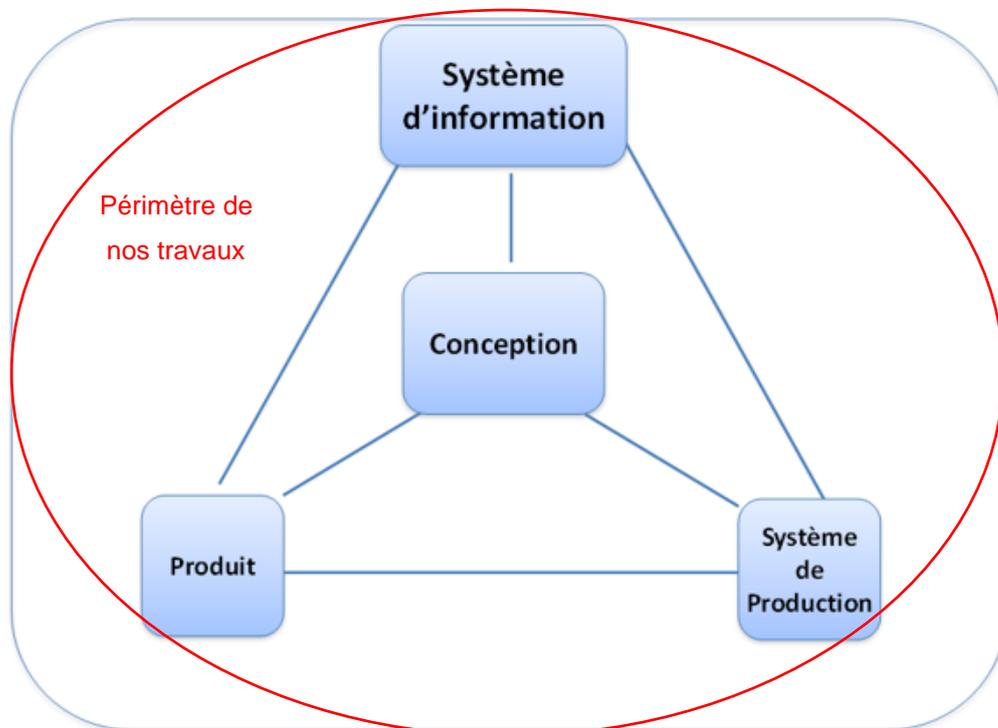


Figure 27 : Thématiques de recherche de l'équipe CSIP et périmètre de nos travaux

Cette thèse s'articule autour d'une stratégie de recherche croisée (Fig.28), basée sur l'utilisation combinée des approches Top-Down et Bottom-Up.

Ces deux approches sont à l'origine dédiées à la définition d'indicateurs de performance ou d'une stratégie de déploiement (Saidani et al, 2017).

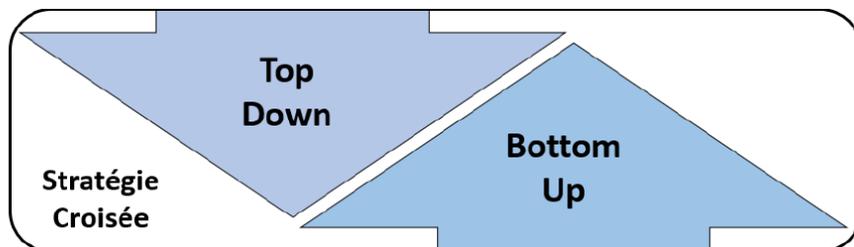


Figure 28 : Stratégie de la thèse

D'après Chamaret, une démarche Top-Down correspond à une approche « experte », basée sur les sciences techniques et alors qu'à l'inverse la démarche Bottom-Up prône une approche « participative » fondée sur les sciences sociales (Chamaret, 2007).

Pour Saidani et al, l'approche Top-Down est basée sur des objectifs à atteindre alors que l'approche Bottom-Up, prend en compte les informations du terrain (Saidani et al, 2017).

L'approche Top-Down est basée sur deux idées principales : une évaluation doit permettre de simplifier les problématiques afin d'en donner une lecture plus aisée aux décideurs et doit reposer sur des justifications scientifiques pour fournir une information de qualité. (Reed et al., 2006).

L'approche Bottom-Up quant à elle, repose sur l'idée que l'évaluation doit représenter la diversité des points de vue et des divergences soulevées afin de devenir un outil de communication, d'information et de dialogue entre les acteurs (Rey-Valette et al., 2006).

Ces deux approches divergentes, laissent de la place pour le développement de méthodologies hybrides permettant de combiner les avantages des deux approches. Une double approche présente un potentiel non négligeable pour répondre aux défis posés. (Chamaret, 2007).

La stratégie de recherche utilisée dans cette thèse (Fig.29) se base donc sur une approche hybride combinant deux stratégies de recherche *Grounded Methodology 1st Concepts* (Top-Down) et *Case Study* (Bottom Up).

La stratégie de recherche *Grounded Methodology 1st Concepts* se base sur l'utilisation systématique de méthodes inductives et des travaux de recherche qualitative afin de développer une théorie (Charmaz, 2003). Cette stratégie de recherche désigne les méthodologies de recherche qui utilisent la collecte et l'analyse de données.

La stratégie de recherche *Case Study* (Yin, 2008) est basée sur les pratiques industrielles et les retours du terrain. Elle permet aux chercheurs la prise en compte des caractéristiques globales et significatives d'évènements observés dans la vie réelle (processus de management et organisationnel, niveau de maturité, de performance, ...) d'une ou de plusieurs entreprises. Le but même d'une étude de cas est d'expliquer une décision ou un ensemble de décisions présent dans un cas défini (Schramm, 1971). L'objectif est de construire une théorie en utilisant les observations et réflexions associées à un cas, une situation particulière avec la volonté de valider ou non cette théorie dans une nouvelle étude avec une configuration différente (George et Bennett, 2005).

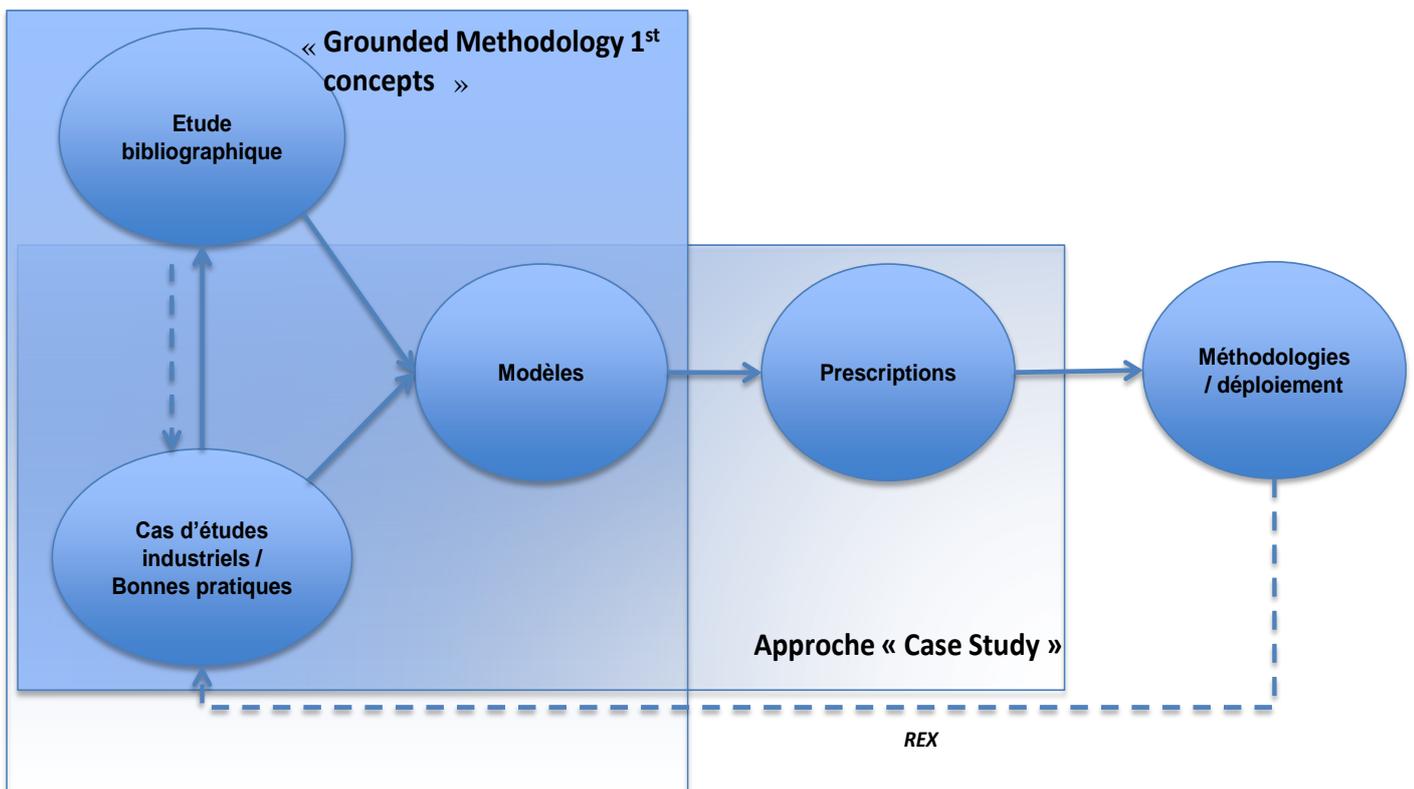


Figure 29 : Stratégie de recherche croisée (Rose, 2015)

### 3.3 Originalité

Au cours des chapitres précédents, nous avons dans un premier temps présenté le contexte industriel de cette étude et ses différentes problématiques et dans un second temps, rapporté l'état de l'art scientifique relatif qui a permis de poser le contexte scientifique de ce travail de recherche. Ces éléments de contextualisation ont permis d'établir des problématiques industrielles, d'exposer les verrous scientifiques existants ainsi que la démarche de recherche utilisée. Il s'agit maintenant de démontrer l'originalité de ce travail de recherche, sa valeur ajoutée et le manque qu'il vient combler.

**L'originalité de cette thèse et des travaux que nous avons menés reposent sur la prise en compte de l'aspect holistique et systémique de l'entreprise et de ses processus dans la phase amont de son PLC.**

En effet, la vision holistique et systémique de Nightingale, correspond à l'approche que nous avons voulu utiliser dans cette thèse dans le but d'apporter les réponses les plus complètes possibles aux problématiques rencontrées.

Longtemps, les missions d'analyse des organisations ont été confiées à des experts dans des domaines de compétences définis, ce qui mène à une vision unilatérale et segmentée. L'analyse de l'entreprise, nécessite une vision systémique, considérant l'ensemble de l'organisation comme un système holistique, à multiples facettes et avec d'un cadre global intégré (Nightingale et Rhodes, 2004).

Le modèle que Nightingale propose : Enterprise Architecture Framework (Fig.30) montre que la compréhension de l'entreprise doit intégrer la politique et les facteurs externes, la stratégie de l'entreprise aussi bien que son organisation interne, ses processus, la connaissance, les technologies de l'information, ses produits, le service rendu mais également les relations entre ces différents points de vue (Rhodes et al, 2009).

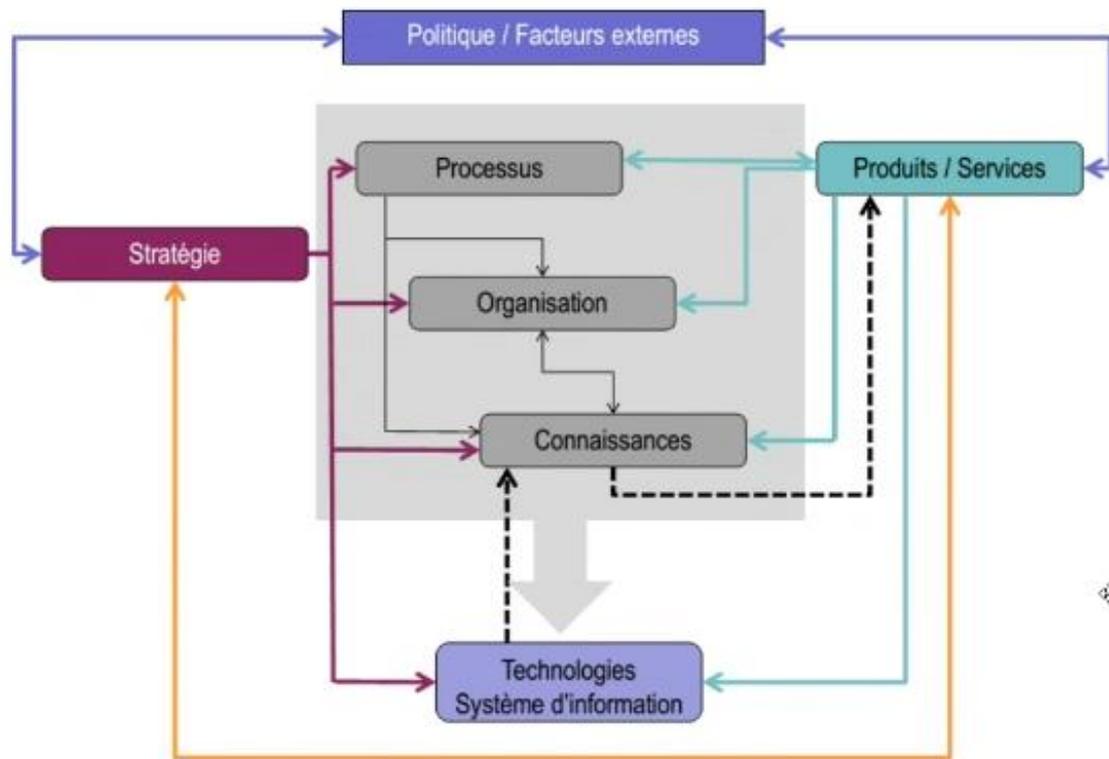


Figure 30 : Vision systémique : Enterprise Architecture Framework (Ninthingale, 2009)

La démarche que nous avons utilisée dans cette thèse reprend la philosophie de l'auteur. En effet, l'analyse du cadre de cette étude, la phase amont du PLC, repose sur une vision globale et systémique.

Les travaux que nous allons présenter sont basés sur l'analyse des différents environnements coexistant au sein du PLC, avec différents points de vue (opérationnel, projet, SI). Il s'agit de prendre en compte l'ensemble de la phase amont du PLC telle qu'elle est vécue par l'entreprise et non pas uniquement l'activité développement produit avec une vision technique ou gestion de projet comme elle est habituellement décrite.

La démarche de recherche utilisée, une démarche croisée (Top-Down/Bottom-Up) a elle-même vocation à renforcer l'approche globale et systémique de nos travaux en apportant une vision multifacette (experte vs terrain).

Enfin, les résultats de nos recherches, proposent une démarche intégrée et une réponse systémique et holistique pour améliorer la performance de la phase amont du cycle produit de l'entreprise.

Un autre élément qui montre l'originalité de ces travaux concerne le manque de publications sur cette thématique de recherche. A la lecture des problématiques scientifiques dans la section 3.1 celles-ci peuvent paraître usuelles et relèvent de sujets basiques du Génie Industriel. Dans les faits

très peu de travaux portent sur ces questions dans la période qui nous intéresse, la phase amont du cycle de vie produit.

D'après des recherches sur le site *Thèses.fr*, une base de données centrale qui regroupe l'ensemble des thèses de doctorat françaises depuis 1985, 33 thèses en Génie Industriel avec le mot-clé « Lean » ont été enregistrées entre 2013 et aujourd'hui.

Il nous a paru intéressant d'analyser les thématiques abordées dans ces thèses (Fig.31). Sans surprise la thématique Lean Manufacturing arrive en tête (7 thèses), suivi par le 4.0 (4 depuis 2019). Les thèmes suivants ont donné lieu à trois thèses : l'aspect Humain, les thématiques qualité et le Lean Product Development. Arrivent ensuite avec deux thèses sur la période 2013-23 : Lean and Green, les aspects commerce, Lean Construction, ergonomie et innovation. Enfin avec une thèse les thématiques autour de la santé, l'IT et Office.

Thèse	Thème
Lemieux, 2013	Lean Product Development
Li, 2013	Lean Manufacturing
Sol Perze Toralla, 2013	Lean et ergonomie
Dubouloz, 2013	Lean et innovation
Fercoq, 2014	Lean and Green
Curatolo, 2014	Lean et santé
Felipe Bernate Lara, 2014	Lean Manufacturing
Verrier, 2015	Lean and Green
Bacoup, 2016	Lean et qualité
Badets, 2016	Lean et l'Humain
Dakhli, 2016	Lean Construction
Alhuraish, 2016	Lean Manufacturing
de Gois pinto, 2016	Lean Product Development
EI Gamoussi, 2016	Lean Product Development
Souza Martin, 2016	Lean et l'Humain
Reinhard, 2017	Lean Office
Masai, 2017	Lean Manufacturing
Paillet, 2018	Lean commerce
Magnani, 2018	Lean et l'Humain
Leandro Elizondo, 2018	Lean et qualité
Azzamouri, 2018	Lean Construction
Galichet, 2018	Lean et ergonomie
Baudet, 2019	Lean IT
Tang, 2019	Lean Manufacturing
Vinardi, 2019	Lean et 4.0
Issandounou Barro, 2019	Lean et l'Humain
Possik, 2019	Lean Manufacturing
Slim, 2020	Lean et 4.0
Hafini, 2021	Lean et innovation
Corgues, 2021	Lean et qualité
Bolshakova, 2022	Lean et 4.0
Quenehen, 2022	Lean Manufacturing
Rosin, 2022	Lean et 4.0

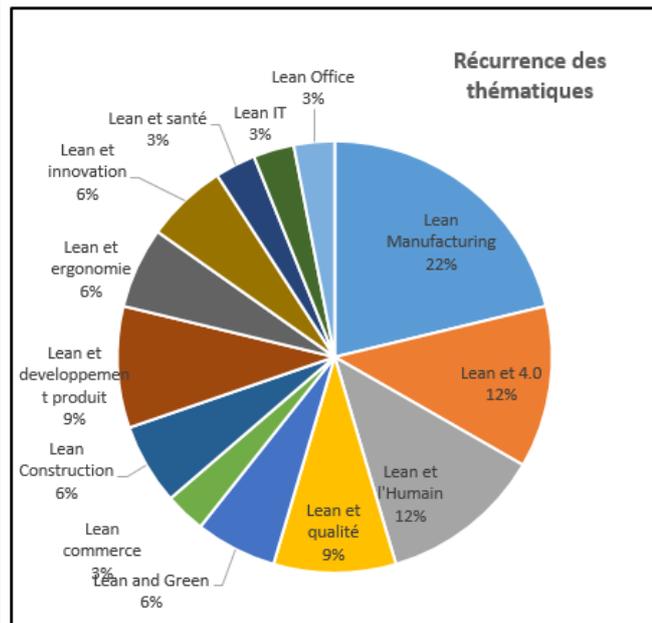


Figure 31 : Thématiques des thèses sur le Lean en France sur la période 2013-2023

Nous avons donc trouvé trois thèses Lean relatives au développement de nouveaux produits. Les deux premières portant sur l'utilisation conjointe des méthodologies Lean et Agile pour améliorer le processus de développement produit, dans l'industrie du luxe (Lemieux, 2013) et dans la conception de produits d'assistance aux personnes handicapées (de Gois pinto, 2016). La troisième thèse est focalisée sur l'analyse et l'augmentation de la valeur dans le PDP (El Gamoussi, 2016).

**Parmi ces travaux aucun ne porte sur l'amélioration des performances dans la phase amont du PLC avec un point de vue global et intégré, qui prend en compte l'interdépendance des environnements et processus qui la composent.**

L'analyse des thématiques de ces thèses a également l'intérêt de montrer que le Lean peut être abordé par de très nombreux aspects, très segmentés.

Enfin, **la valeur ajoutée de ce travail est de proposer aux entreprises un cheminement pour améliorer leurs performances dans la phase amont du PLC, tenant à la fois compte des « Best Practices »** identifiées dans l'état de l'art **et de la « réalité » industrielle** telle qu'elle est vécue par les entreprises industrielles.

Réponse au verrou de recherche n°2 « *Quelle stratégie adopter pour améliorer la performance industrielle durant le développement de nouveaux produits ?* » :

Ce verrou est issu des problématiques industrielles auxquelles sont confrontées de nombreuses entreprises, en particulier dans le domaine de la connexion électrique.

L'analyse de l'état de l'art associée aux thématiques qui composent ces problématiques industrielles, nous orientent vers l'utilisation d'une démarche Lean afin d'améliorer la performance des entreprises durant le développement de nouveaux produits. La méthodologie Lean semble en effet, proposer une démarche intéressante et adaptable aux processus qui permettent le développement de nouveaux produits. La stratégie croisée que nous allons mener va permettre de proposer une démarche de déploiement du Lean basée à la fois sur l'état de l'art mais également sur les retours du terrain afin d'atteindre l'excellence opérationnelle.

## **Conclusion partie I**

L'entreprise Stäubli EC SAS, concepteur et fabricant de connecteurs électriques de haute qualité, évolue dans un secteur d'activité complexe. En effet, son marché en constante évolution, soumis à une forte pression concurrentielle, technique et normative. Les besoins des clients tendent vers une complexification des produits, tout en augmentant leurs exigences commerciales (coût/qualité/délai et accompagnement). Cette situation demande au site de Héringue de livrer des produits plus complexes dans des délais toujours plus courts, un challenge pour le processus de développement produit de l'entreprise.

Pour cela l'entreprise doit améliorer sa performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit, de la définition du besoin jusqu'à la première production en série. Il s'agit d'une phase stratégique pour la réussite de l'entreprise car c'est durant cette période qu'est défini l'ensemble des caractéristiques du produit.

L'étude de la littérature des thématiques liées à ces problématiques industrielles (cycle de vie, performance industrielle, ...) nous a aidés à mieux appréhender le contexte scientifique associé. L'analyse de l'état de l'art, nous permet également d'ouvrir des pistes intéressantes qui permettraient de répondre aux problématiques de l'entreprise : l'excellence opérationnelle et la méthodologie Lean.

La construction d'une stratégie de recherche basée sur une stratégie croisée utilisant à la fois les approches Top-Down (Grounded Methodology) et Bottom-Up (Case Study), pour essayer de répondre à la problématique suivante : « Comment améliorer la performance industrielle durant la phase amont du cycle de vie produit ? » et aux verrous de recherches associés que nous avons déterminés.

L'originalité de cette thèse repose sur la vision holistique et systémique que nous allons utiliser durant l'ensemble de ces travaux.



# Partie II

## Stratégie croisée

La seconde partie de cette thèse est consacrée à la stratégie croisée Top-Down/Bottom-Up utilisée dans ce travail de recherche. Elle se compose de trois chapitres :

- Le chapitre 4 est dédié à l'analyse des environnements présents dans la phase amont du cycle de vie produit.
- Le chapitre 5, expose la stratégie Top-Down utilisée et les résultats associés.
- Le chapitre 6 est consacré aux travaux issus de la stratégie Bottom-Up mise en œuvre.



# Chapitre 4 : Analyse des environnements de la phase amont du cycle de vie produit

Le chapitre 4 de cette thèse est consacré à la description et à l'analyse des environnements composant la phase amont du cycle de vie produit.

Dans un premier temps, nous allons établir la méthode utilisée pour réaliser cette analyse. Dans un second temps, présenter les résultats obtenus. Pour terminer, conclure sur les environnements composant la phase amont du cycle de vie produit.

Ce chapitre permettra de répondre au verrou de recherche n°4 : « *Pourquoi une approche globale du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit est-elle nécessaire ?* »

## 4.1 Méthodologie

Nous avons vu précédemment que la phase amont du PLC est une période critique pour le succès des entreprises et qu'elle est liée à la performance du PDP. Ce processus-clé intègre différentes étapes, prises en charge par différentes fonctions (métiers) de l'entreprise dédiées au projet ou non.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux différents environnements qui composent la phase amont du PLC. Afin de repositionner la phase amont du PLC par rapport à l'état de l'art à l'instar des éléments évoqués dans le chapitre 2 et les activités mises en œuvre au cours de cette période au sein de l'entreprise Stäubli EC SAS.

L'objectif de ce chapitre est d'analyser la phase amont du PLC afin d'obtenir une vision holistique et systémique : identifier les différents acteurs, activités et interactions de l'organisation tout au long de cette période.

Pour obtenir cette vision, allons décomposer le PDP de Stäubli EC SAS afin d'identifier les différents environnements qui le composent.

## 4.2 Analyse du cycle de vie produit

Pour développer de nouveaux produits Stäubli EC SAS utilise un processus développé en interne, appelé ECS-Gate (Fig.32). Ce PDP se base sur les principes du modèle *State-Gate* (Cooper, 2001) et de la méthodologie APQP (APQP, 1994), tous deux présentés dans la section 2.1.

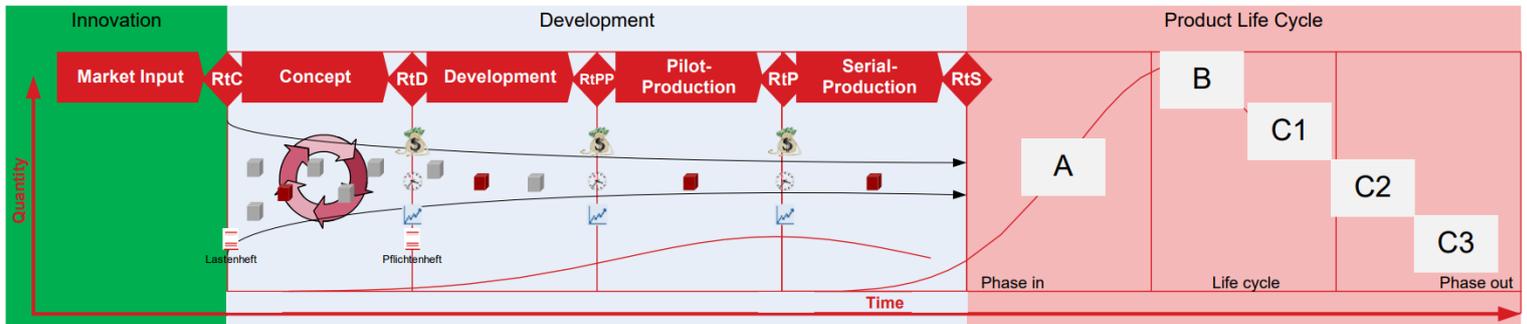


Figure 32 : ECS Gate : Processus d'innovation Stäubli (Stäubli EC)

La vocation de l'ESC-Gate est de permettre un développement plus rapide des produits avec pour objectifs la satisfaction des exigences du client ainsi que la réduction du temps et les coûts de développement.

Pour répondre à ces objectifs, trois axes ont été identifiés et sont suivis tout au long du projet :



La performance :

- Prouver que les exigences du client, les spécifications et les autres exigences (par exemple, les lois, les normes, etc.) ont été correctement comprises et mises en œuvre.
- Avant la mise en vente, fournir la preuve que les exigences sont satisfaites conformément aux dessins et aux spécifications.



Le coût :

- Mettre fin aux projets qui n'apporteront pas le succès financier escompté.



Le délai :

- Forcer les décisions dès le début du projet
- Organiser les lots de travail de manière à maximiser les possibilités de travail en parallèle.

Le processus ECS-Gate est composé de cinq étapes (stage) distinctes (Fig.33) :

*Market input stage :*

**Market Input**

Le but de cette étape est de clarifier les différentes opportunités commerciales ainsi que les besoins du marché et de définir des stratégies possibles. Les idées les meilleures et les plus prometteuses seront approfondies. Une étude de marché rassemble les exigences liées aux besoins du marché.

*Concept stage :*

**Concept**

A cette étape des concepts sont générés et évalués par l'équipe du projet, seul le meilleur d'entre eux est retenu. Le concept le plus prometteur est étudié, le produit mais également l'ensemble du processus industriel associé. A partir des résultats de l'étude, un business plan comprenant les spécifications, les coûts et le planning du projet est établi.

*Development stage :*

**Development**

Au cours de la phase de développement, le concept est détaillé et le produit conçu. Les plans du produit sont créés lorsque la conception est figée. Tous les préparatifs sont faits par les différents acteurs du projet (achat, production, industrialisation, qualité, essai, ...) pour lancer des prototypes.

*Pilot production stage :*

**Pilot-  
Production**

A ce stade, des prototypes sont produits. L'objectif de cette étape est de tester et de vérifier la conception du produit ainsi que de valider en détail le processus industriel retenu.

*Serial production stage :*

**Serial-  
Production**

Au cours de cette dernière étape du processus de développement du produit, les derniers préparatifs sont effectués pour lancer le produit sur le marché. Le produit et ses composants sont validés et le processus industriel finalisé (les outils de production et les fournisseurs sont opérationnels). Les premières productions en mode série sont lancées pour créer du stock avant le lancement de la commercialisation du produit.

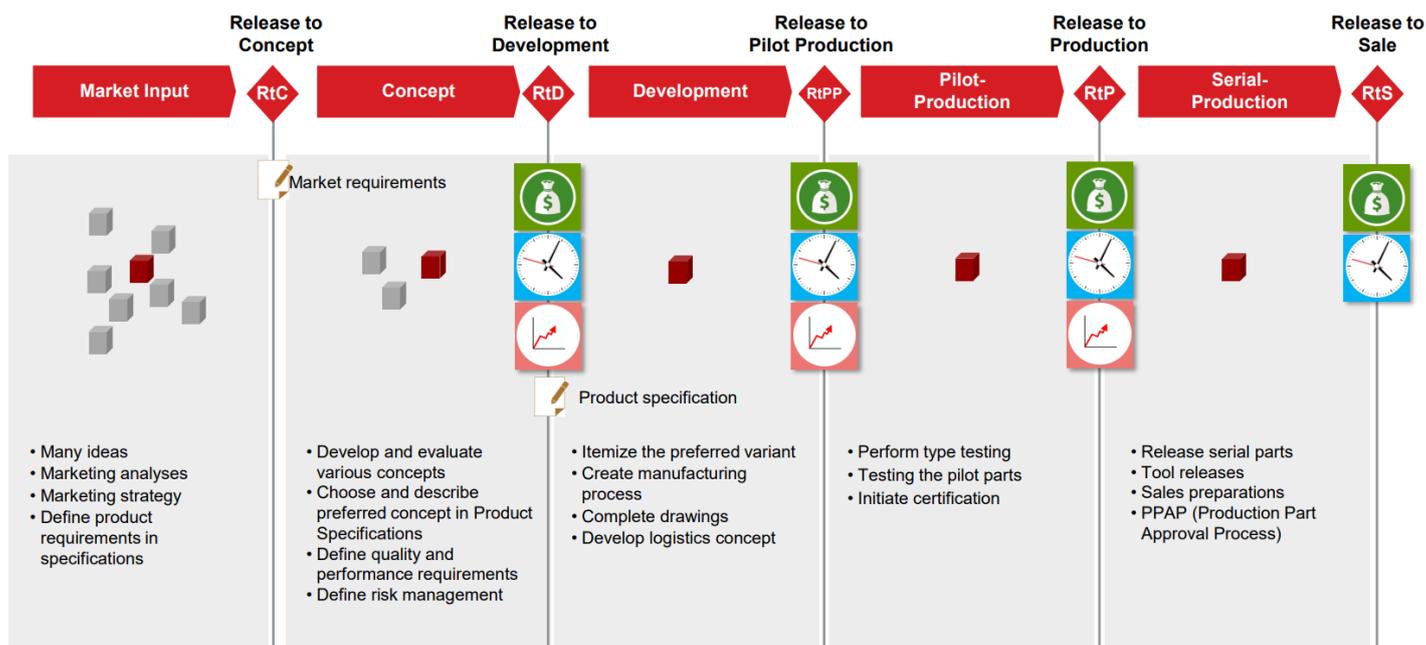


Figure 33 : Détails des différentes étapes de l'ECS-Gate (Stäubli EC)

A la fin de chaque étape, il y a un jalon (appelé *Release to Concept/Development/Pilot production/Production/Sale*) permettant de vérifier si les différentes actions nécessaires à la réalisation de l'étape ont été réalisées (vérification des livrables). Mais également de valider le positionnement du projet par rapport aux trois axes suivis (performance/coût/délai). Ces Jalons servent de point de décision pour l'avenir du projet : s'ils passent à l'étape suivante (release), sont mis en pause ou stoppés ou si une boucle d'itération doit être effectuée.

Lorsque le dernier jalon du projet (Release to Sale) est validé, le produit peut être mis en vente et lancé sur le marché.

La mission de ces jalons est de :

- Veiller à ce que tous les livrables nécessaires à l'étape soient achevés.
- Impliquer tous les membres du projet dans son avancement.
- Planifier / ajuster les étapes suivantes.
- Évaluer le risque (comparer le risque de la phase suivante à la valeur).

L'ECS-Gate, comme tous les processus d'innovation correspond à la vision « projet » du PDP. Une vision destinée aux responsables produit et aux chefs de projet, qui souhaitent piloter et suivre l'avancement du projet.

Comme nous l'avons vu dans la section 2.1 consacrée à la phase amont du cycle de vie produit, de nombreux acteurs du PDD sont des ressources partagées sur plusieurs projets de développement de produit ou assurant également des activités opérationnelles.

Nous avons également vu que le PDD est constitué d'une succession d'actions interdépendantes, réalisées par différentes ressources de l'entreprise qui permettent de passer d'un concept à un produit industrialisé. Il nous est donc paru pertinent de nous intéresser au processus opérationnel lié au développement d'un nouveau produit.

Le processus opérationnel de développement de produit de Stäubli EC SAS (Fig.34) montre les différentes étapes réalisées par les ressources de l'entreprise tout au long du déroulement du PDD : l'ECS-Gate.

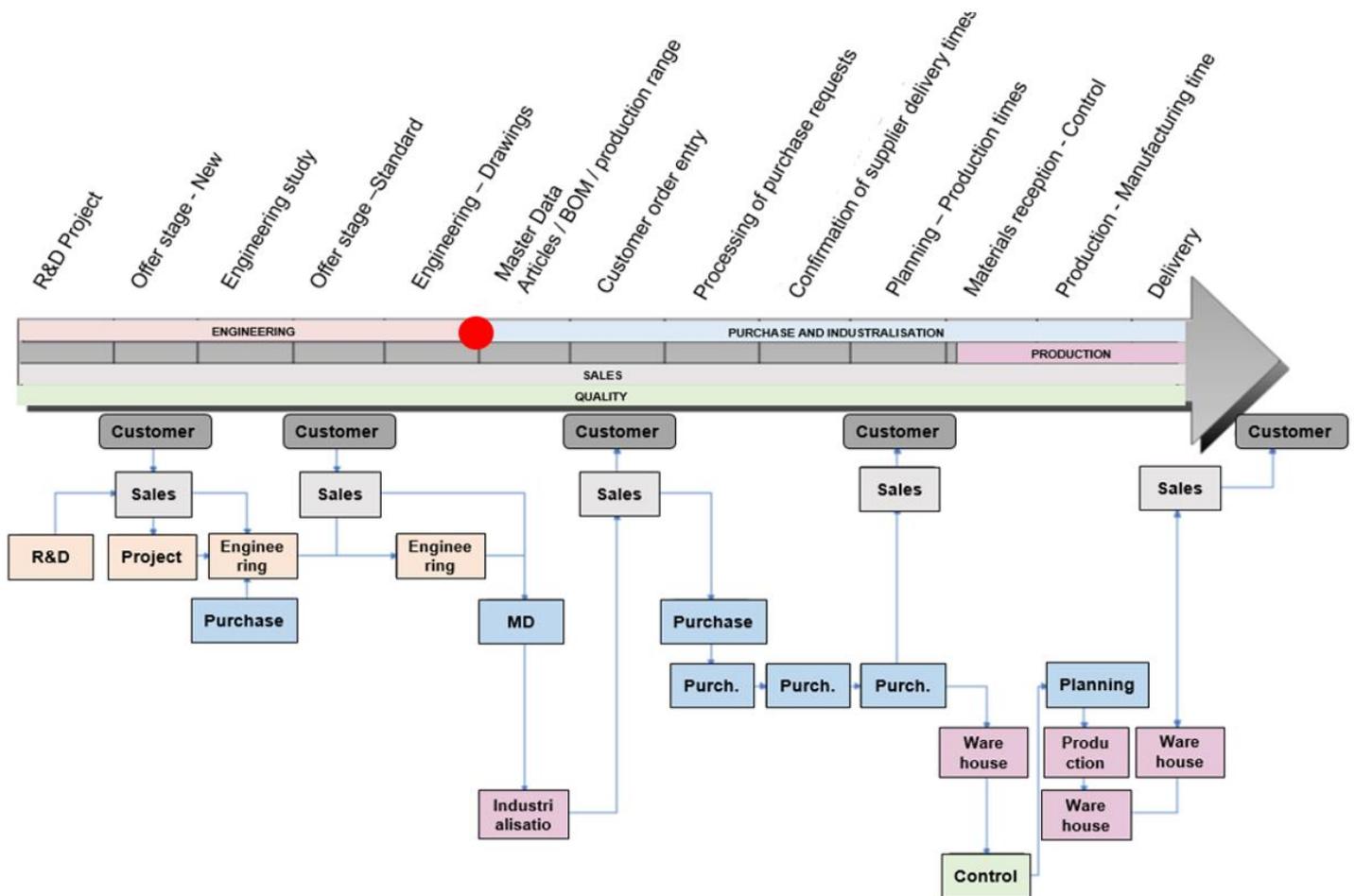


Figure 34 : Processus opérationnel de développement d'un nouveau produit (Stäubli EC)

La partie haute de la figure décrit la suite des principales actions à accomplir durant la phase amont du PLC d'un projet, qui permettent de passer d'un concept à un produit industrialisé. La partie basse représente les différents services de l'entreprise dont la mission est de réaliser ces différentes actions opérationnelles.

La réalisation des différentes étapes du PDP nécessite l'exécution d'une suite de tâches et d'actions opérationnelles interdépendantes, généralement séquentielles, par les différentes parties prenantes du processus. Pour qu'un service puisse réaliser les tâches qui lui sont attribuées destinées au développement d'un nouveau produit, il faut que les actions du service précédent soient soldées. Les données de sortie d'un acteur du PDP sont les données d'entrée du suivant. A titre d'exemple : pour produire, l'atelier a besoin des gammes de fabrication du service méthodes, qui a besoin des plans du produit réalisé par le bureau d'études. Le processus opérationnel correspond à la vision « des services » qui réalisent les différentes tâches du PDP.

Aucune tâche opérationnelle n'est attribuée au chef de produit au sein du processus opérationnel, sa principale mission consistant à suivre la réalisation des différentes actions et de veiller au respect du planning. Son rôle est de garantir le bon déroulement du projet en détectant les écarts avec ce qui est prévu et en organisant si nécessaire les actions correctives.

L'entreprise Stäubli EC SAS travaille constamment sur plusieurs projets de développement de produits, d'importance et de complexité différentes. Les différentes actions opérationnelles de chacun de ces projets relèvent donc des mêmes services de l'entreprise (bureau d'études, achat, méthodes, ...). Ces services doivent donc adapter leurs plannings et répartir leurs ressources afin de réaliser les tâches et actions nécessaires pour les différents projets en cours.

Pour de nombreux services de l'entreprise impliqués dans le PDP, la réalisation des actions liées au développement d'un nouveau produit ne représente qu'une partie de leurs missions. En effet, ces services ont également une activité liée aux produits existants (en « vie série »). Prenons l'exemple du service achat pour illustrer cela : La première partie de son activité est liée à la recherche de nouveaux fournisseurs et la mise en place de partenariats permettant de répondre aux spécifications des nouveaux produits en cours de développement. La seconde partie de l'activité du service est consacrée aux produits en vie série : suivi des commandes (délai/prix/qualité), négociation et passage de contrat, gestion de l'évolution des volumes, gain sur achat, ...

Le lien entre les différents services, qui assure le passage d'une action à une autre, est assuré par le SI de l'entreprise. Le SI composé de différents moyens (software et hardware) a pour mission

de transmettre les différentes informations (tâches, données entrées/sorties, spécifications, ...) liées au développement de nouveaux produits entre les services impliqués dans le PDP. Les moyens utilisés peuvent varier en fonction des services, spécialement destinés au projet ou spécifique aux métiers.

L'infrastructure informatique et les différents logiciels utilisés au sein du SI forment un écosystème à part entière (Fig.).

Le SI assure différentes fonctions afin de répondre aux besoins des différents services de l'entreprise. Dans notre cas le SI est centralisé autour d'un ERP (Entreprise Ressource Planner), un logiciel qui permet de piloter la planification de l'ensemble des opérations nécessaires pour assurer la livraison des clients : la gestion des commandes client, l'approvisionnement des composants, la planification de la production, la gestion des stocks ainsi que le contrôle et la traçabilité des produits. Autour de l'ERP, d'autres logiciels du SI viennent assurer d'autres fonctions nécessaires aux autres fonctions de l'entreprise. Pour supporter l'activité technique, le bureau d'études et les services techniques s'appuient sur un logiciel de CAO (Conception Assisté par Ordinateur) lié à un système de PLM (Product Life cycle Management) permettant d'assurer la gestion des données produits durant l'ensemble du cycle de vie produit. Les activités commerciales se basent sur un système CRM (Customer Relationship Management) qui permet la gestion des relations avec les clients. Un logiciel de gestion de projet permet d'administrer l'ensemble de l'activité projet : assurer le suivi des plannings, la réalisation des tâches ou encore la répartition des ressources. Des moyens du SI sont également dédiés à supporter l'activité marketing (catalogue en ligne, communication, interface avec distributeurs, ...) et à l'ensemble des activités opérationnelles de l'entreprise comme par exemple la gestion des normes et certificats, les interfaces des équipements (magasin automatisé, ...) ou encore les bases de données légales (déclaration RoHs, ...).

L'organisation du SI a pour vocation de soutenir et lier l'ensemble des activités de l'entreprise. Pour garantir l'efficacité du SI, il est impératif de garantir l'alignement de l'ensemble des moyens qui le composent.

Afin de répondre à cette problématique, Stäubli EC a mis en place une DSI (Fig.35), en créant sur chaque site du Groupe une fonction appelée « Master Data » et établissant une organisation permettant de coordonner l'ensemble du SI.

J'avais la charge de cette fonction pour le site de Hésingue.

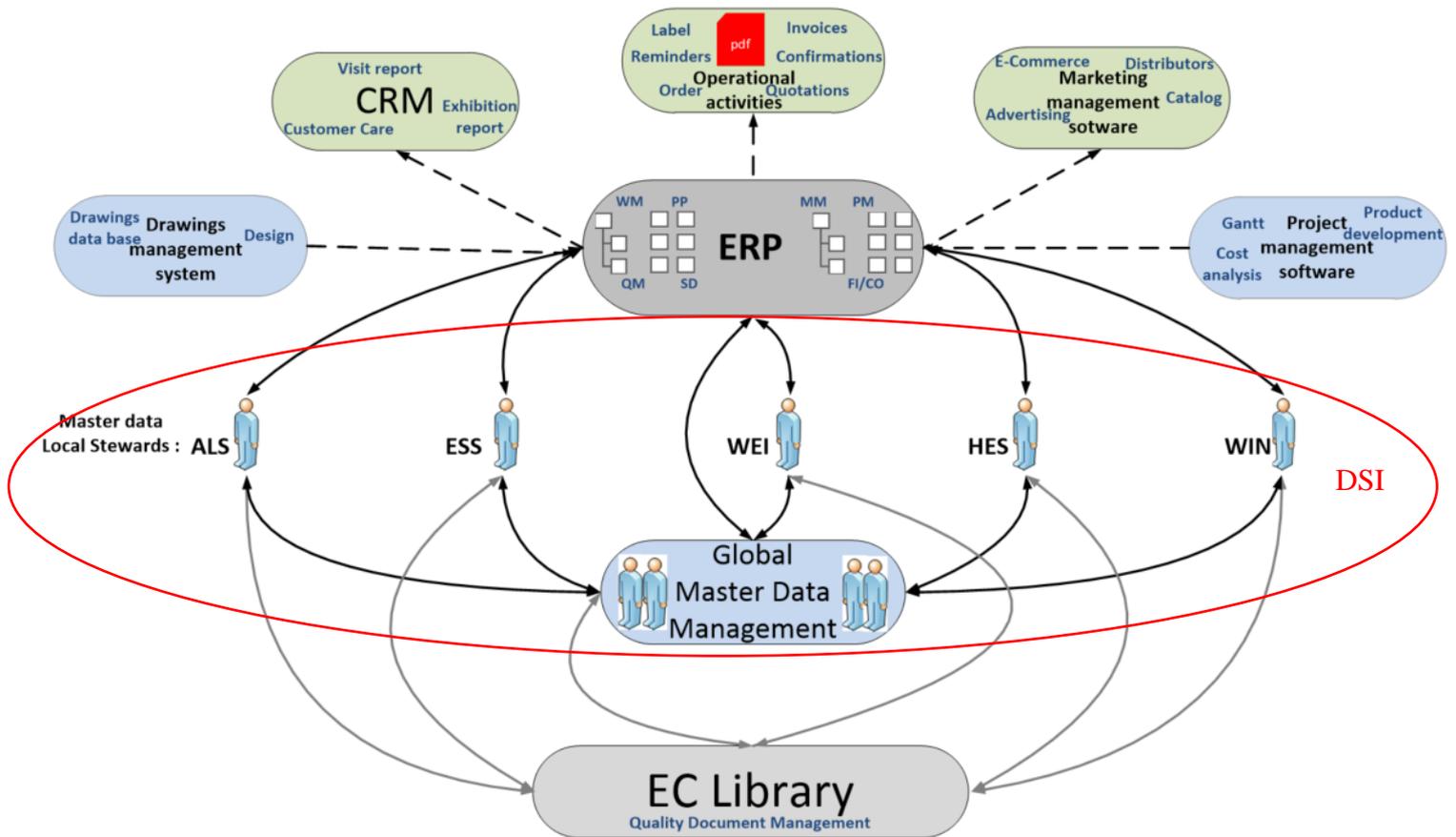


Figure 35 : Organisation du système d'information (Stäubli EC SAS)

Les missions de Master Data étant :

- Veiller à ce que le SI réponde aux besoins opérationnels.
- Définir les règles d'utilisation des moyens qui composent le SI.
- Maintenir et garantir la justesse des données dans l'ensemble du SI.
- Garantir l'alignement entre les différents moyens du SI et les processus associés.

Les acteurs Master Data (le responsable et son équipe) de chaque site sont coordonnés par une entité Groupe ayant pour mission de standardiser l'utilisation des moyens ainsi que d'accompagner les sites dans les évolutions de l'infrastructure et logiciels du SI. Le but de l'organisation Master Data chez Stäubli EC est de garantir la juste transmission des informations durant l'ensemble du cycle de vie des produits, de leur création à leur fin de vie.

### 4.3 Résultats et conclusion du chapitre 4

L'analyse, holistique et systémique, du PDP que nous avons effectuée dans la section précédente, nous a permis de décomposer les différents environnements présents dans la phase amont du PLC. En effet, cette phase qui s'étend de la définition du concept jusqu'aux premières productions série, intègre de nombreux acteurs et différents processus de l'entreprise.

Trois processus interdépendants composant la phase amont du PLC (Fig.36) :

- Le processus d'innovation.
- Le processus opérationnel.
- Le système d'information.

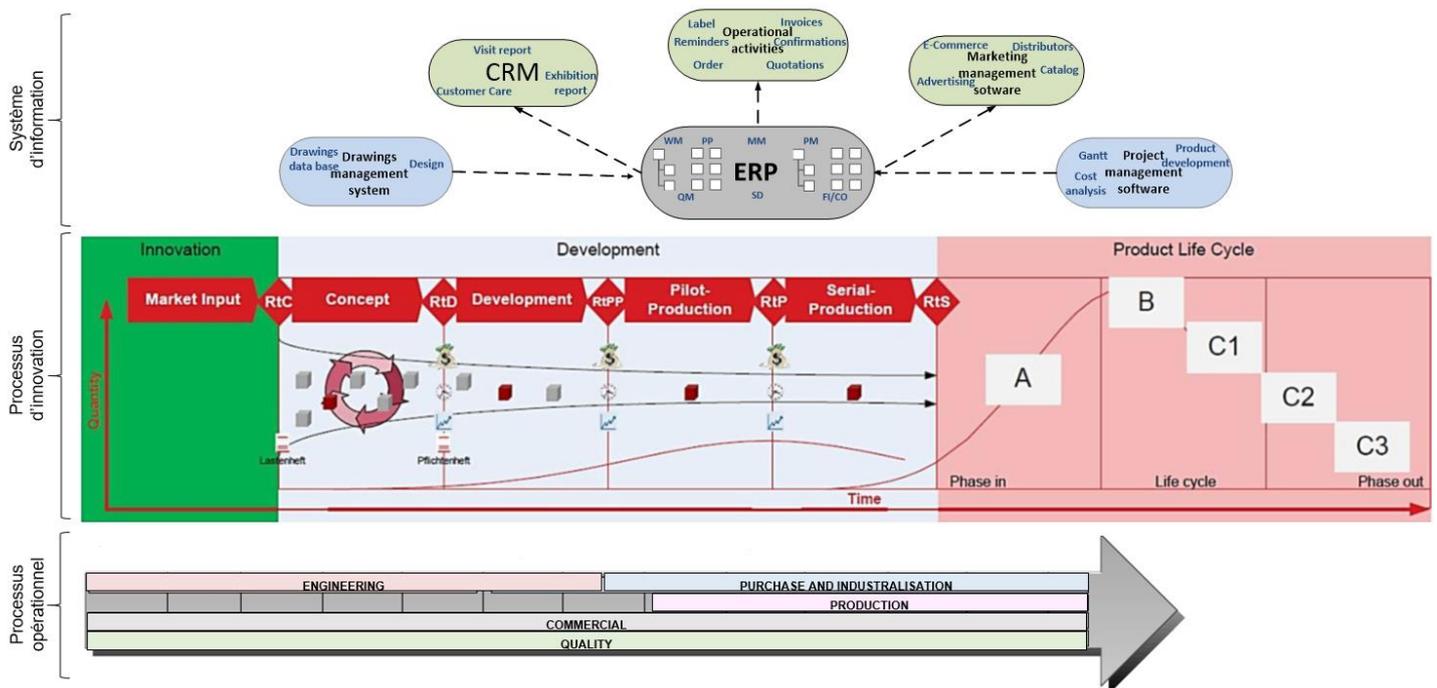


Figure 36 : Environnements présents dans la phase amont du cycle de vie produit (Stäubli EC SAS)

Cette représentation de la phase amont du PLC, peut être considérée comme un modèle générique pour les entreprises qui, comme Stäubli EC SAS, développent et fabriquent des produits complexes. En effet, ces différents processus se retrouvent sous une forme ou une autre dans la majorité des entreprises.

Pour chacun des processus composant la phase amont du PLC, il est possible de les associer à un environnement :

- L'environnement « développement produit », qui correspond au processus d'innovation, la vision « projet » du développement produit.
- L'environnement « opérations », en lien avec le processus opérationnel de l'entreprise, la vision « des services » qui réalisent les tâches/opérations nécessaires au PDP.
- L'environnement « IT », l'ensemble des ressources informatiques mises en place pour assurer la transmission des informations durant l'ensemble du PLC.

Nous avons vu précédemment dans le chapitre 2, que la méthodologie Lean a été adaptée à de nombreux environnements et activités. Or, il existe une adaptation de la méthodologie Lean pour chacun des environnements que nous avons identifiés dans la phase amont du PLC.

- *Le Lean Product Development :*

La méthodologie Lean appliquée aux problématiques du développement de nouveau produit : cycle de développement trop long (time to market), manque d'innovation, coût de développement trop élevé et nombre d'itérations importants (Hoppmann, 2009) (Ward, 2014). La vision du Lean au service de la vision « projet » du PDP.

- *Le Lean Office :*

Adaptation des principes Lean aux activités administratives de l'entreprise. L'utilisation des principes Lean pour optimiser les processus dans les « bureaux » (Reinhard, 2017) (Locher, 2011). Les différentes tâches et opérations qui composent du processus opérationnel du PDP sont majoritairement administratives et relèvent donc du Lean Office.

- *Le Lean IT :*

L'application des méthodes Lean pour optimiser l'utilisation des technologies de l'information dans les organisations. (Ignace et al, 2012) (Bell et Orzen, 2010). Une vision du Lean qui s'intéresse à la performance des SI, qui représente la pierre angulaire de la communication entre les différents acteurs du PDP.

Pour chacune de ces déclinaisons de la méthodologie Lean, une adaptation de ces principes et outils a été faite, pour répondre aux besoins et spécificités de l'environnement ciblé.

Dans notre besoin d'améliorer la performance de la phase amont du PLC de l'entreprise Stäubli EC SAS, nous nous sommes d'abord orientés vers une démarche tournée vers le Lean IT, en lien avec la première fonction que j'ai exercée au sein de l'entreprise : Responsable Master Data (représentant local de la DSI de la Division Electrical Connectors de Stäubli).

Les principaux ouvrages portant sur le Lean IT, « Lean IT : Enabling and sustaining your Lean transformation » (Bell et Orzen, 2011), « La pratique du Lean management dans l'IT » (Ignace et al, 2012) ou encore « The Lean IT Expert » (Loader, 2018) portent sur la pratique du Lean dans le domaine de l'informatique. La littérature se focalise sur l'application de la philosophie Lean à travers un regard d'informaticien (développement, réseaux ...). Or la majorité des utilisateurs et gestionnaires de SI en entreprise n'ont pas ou peu de connaissances ou de formations en informatique. Il s'agissait donc dans nos travaux de s'intéresser à une autre facette du Lean IT : optimiser l'utilisation du SI pour améliorer la performance du PDP.

Nous voulions aborder une vision du Lean IT destinée aux utilisateurs et à la DSI permettant de gagner en performance dans les interactions processus opérationnel/processus d'innovation via le SI. Ferreira et al, ont d'ailleurs montré la différence de perception entre le Lean IT destiné aux informaticiens et celui destiné à l'utilisateur du SI (voir Annexe 2.) (Ferreira et al, 2018).

Cette approche focalisée uniquement sur le Lean IT a rapidement montré ses limites (Maranzana et al, 2021). Car, comme nous venons de voir, la phase amont du PLC est composée de différents environnements très liés et interdépendants. Les différents acteurs du PDP interviennent à différents niveaux et les actions sont souvent à la croisée des processus.

De plus, la tendance naturelle pour résoudre une problématique est de mettre en place un outil (SI dans notre cas) ou de modifier l'existant pour y répondre. Or, cela va à l'encontre de l'ordre de résolution d'une problématique (Fig.37), où il convient d'abord de définir une stratégie, puis une organisation, mettre en place des processus et enfin un outil qui tient compte des éléments précédents.



Figure 37 : Moyens de résolution de problèmes (Maranzana et al, 2021)

Bien souvent, agir au niveau de l'organisation ou des processus permet de résoudre la problématique et surtout de s'affranchir de contraintes complexes liées au déploiement ou modification de SI (coût d'acquisition, délais de mise en service, formation des utilisateurs, customisation coûteuse, ...) et celles-ci sont d'autant plus présentes dans le cadre d'un groupe qui partage un SI commun même si les besoins varient selon les sites (standardisation des moyens et pratiques, DSI délocalisée, ...).

Ces éléments nous ont amenés à la conclusion qu'une approche purement Lean IT reposant sur l'amélioration des SI, n'est pas la plus efficace pour répondre à notre problématique industrielle : améliorer la performance de la phase amont du cycle de vie produit. Une approche multifacette du Lean est nécessaire, moins technocentrée sur les SI et ouverte sur les différents environnements présents dans la phase amont du PLC.

Une approche intégrée du Lean (holistique et systémique), utilisant les principes et outils du Lean adaptés aux trois environnements qui composent la phase amont du PLC, paraît plus appropriée pour gagner en performance (Fig.38).

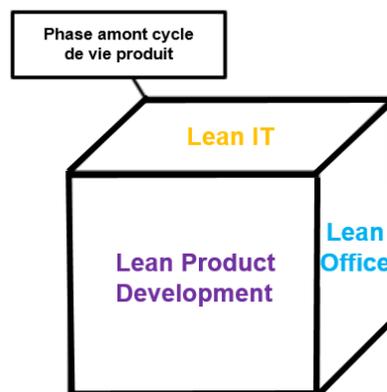


Figure 38 : Approche intégrée du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Ce chapitre a permis d'explicitier notre changement de stratégie suite à l'analyse de la phase amont du PLC et la prise en compte des contraintes engendrées par une vision unilatérale.

Réponse au verrou de recherche n°4 « ***Pourquoi une approche globale du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit est-elle nécessaire ?*** » :

L'analyse holistique et systémique du processus de développement produit démontre que la phase amont du cycle de vie produit est composée de trois environnements étroitement liés et interdépendants : le processus d'innovation, le processus opérationnel et le système d'information.

Depuis des années maintenant, la méthodologie Lean est sortie des ateliers de production et a été adaptée à différents environnements et typologies d'activité (Lean Product Development/Office/IT). L'utilisation de la méthodologie Lean uniquement sur un seul environnement de la phase amont aurait, du fait de cette interdépendance, un effet limité. Une approche intégrée (globale et systémique) du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit est donc à privilégier.

# Chapitre 5 : Approche Top-Down, analyse de la littérature

Ce chapitre décrit les travaux menés dans le cadre de l'approche Top-Down utilisée dans cette thèse.

Pour débiter, nous allons présenter la méthodologie utilisée, basée sur l'analyse bibliographique. Nous allons ensuite présenter les résultats obtenus à la suite de ces recherches. Pour finir, conclure avec les éléments à retenir.

Dans ce chapitre nous allons répondre au verrou de recherche n°5 : « *Quelles sont les démarches Lean associables à la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

## 5.1 Méthodologie

### 5.1.1 Approche générale

Pour ce travail de recherche, nous avons utilisé une stratégie croisée décrite dans la section 3.3. Dans ce chapitre, nous allons présenter la première approche de cette stratégie, la démarche Top-Down, que nous avons menée.

La démarche Top-Down correspond à une approche « experte », basée sur des éléments établis. La stratégie de recherche derrière la démarche Top-Down, la *Grounded Methodology Ist Concepts* est une méthodologie de recherche qui utilise la collecte et l'analyse de données.

Notre objectif, avec cette démarche, est de rechercher dans l'état de l'art actuel des éléments qui permettent de répondre à nos besoins et nos problématiques.

Pour cela, nous avons défini les questions suivantes, auxquelles nous avons utilisé la littérature pour y répondre :

- Quels sont les outils du Lean dans la phase amont du PLC ?
- Quand les utiliser (dans quels cas) ?
- Quelle méthodologie utiliser pour déployer le Lean dans la phase amont du PLC ?

### 5.1.2 Définir les outils du Lean

Objectif :

Le but de cette étude bibliographique est de définir les principaux outils Lean utilisés dans la phase amont du PLC en utilisant les connaissances déjà présentes dans la littérature Lean.

Méthodologie :

Pour définir les principaux outils Lean dans la phase amont du PLC, nous avons effectué une revue de la littérature à partir de trente-sept articles de journaux issus de la base de données Google Scholar (voir Annexe 3). Nous avons sélectionné ces articles de journaux car ils évoquent les outils du Lean pour les trois adaptations présentes dans la phase amont du PLC : Lean Product Development, Lean Office et Lean IT. Nous avons ensuite analysé la récurrence des outils pour chaque type de Lean.

### 5.1.3 Etablir Liens Muda/outils

Objectif :

Maintenant que nous avons défini les principaux outils du Lean dans la phase amont du PLC, nous avons mené une étude bibliographique pour tenter d'établir dans quels cas utiliser ces outils. Définir quels outils doit être utilisés contre quels gaspillages du Lean : Les sept Muda.

Méthodologie :

Pour les six principaux outils Lean dans la phase amont du PLC identifiés précédemment, nous avons sélectionné sur la base de données Google Scholar, vingt-deux articles de journaux qui expriment des liens entre les outils et les différents gaspillages du Lean. À la suite de cette analyse de la littérature, nous avons essayé de définir les liens entre l'utilisation des outils et leur efficacité sur chaque Muda.

### 5.1.4 Examiner les méthodologies de déploiement du Lean existantes

Objectif :

Examiner la littérature pour définir quelle méthodologie de déploiement du Lean est la plus adaptée à être menée dans la phase amont du PLC.

Méthodologie :

Nous avons analysé l'état de l'art (trente articles de journaux) des trois environnements du Lean présents dans la phase amont du PLC pour déterminer si une approche holistique est déjà proposée.

## 5.2 Résultats

### 5.2.1 Définition des outils du Lean

Quarante-trois outils Lean ont été identifiés au cours de cette étude de la littérature (Fig.39). Six outils sont présents dans les trois environnements de la phase amont du PLC : VSM, travail standard, KPI, résolution de problèmes A3, Heijunka (réduction de la variabilité) et DMAIC. D'autres outils sont disponibles dans deux environnements : Kaizen, 5S, Just In Time, Kanban et Gamba Walk. D'autres outils n'apparaissent que dans un seul environnement. Nous notons également que l'outil VSM est le plus souvent mentionné dans cette analyse.

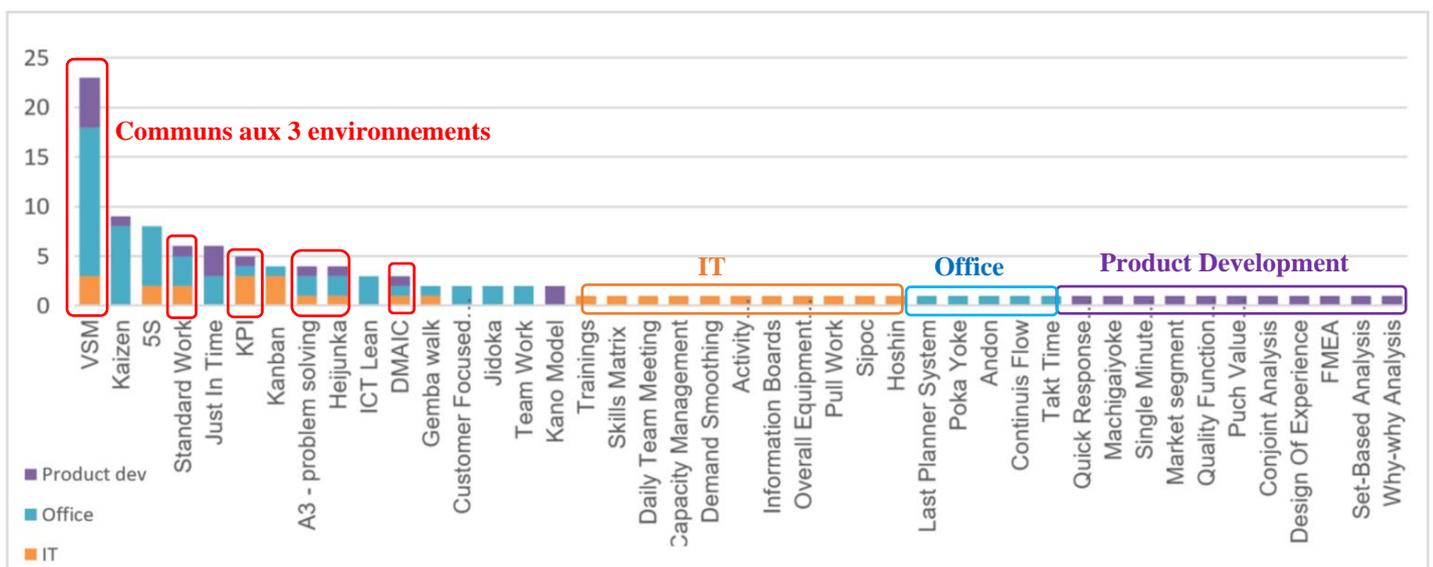


Figure 39 : Réurrences des outils Lean IT/Product development/Office tools (Maranzana et al, 2022)

Analyse :

La première observation que nous pouvons faire concerne la représentation des différents environnements du Lean dans la phase amont du PLC chaque outil.

Les outils communs aux trois environnements IT, Product Development et Office sont les plus polyvalents et capables d'agir sur l'ensemble de la phase amont du PLC. Ces six outils définis au cours de notre analyse apparaissent comme les principaux outils du Lean dans la phase amont du PLC.

Plusieurs outils sont présents en nombre récurrent sur deux des trois environnements du Lean dans la phase amont du PLC. Suffisamment polyvalents pour agir sur différentes étapes/actions du PDP, ce sont les outils secondaires du Lean dans la phase amont du PLC.

Le dernier groupe d'outils qui ressort de cette analyse semble n'agir que sur l'un des environnements de la phase amont du PLC. Il s'agit d'outils spécifiques dédiés à certaines activités et spécialisé pour un environnement. Ces outils ne font pas partie de la boîte à outils du Lean dans la phase amont et restent dédiés à l'environnement initial.

Nous remarquons également des variations de fréquence entre les principaux outils du Lean dans la phase amont du PLC : l'outil VSM est beaucoup plus fréquent que l'outil DMAIC, par exemple. Cette différence est peut-être liée à la facilité de mise en œuvre ou à un intérêt particulier des auteurs pour cet outil et sa valeur. La dernière observation concerne l'analyse documentaire elle-même. Tous les environnements qui composent notre approche du Lean dans la phase amont du PLC ne sont pas au même niveau de maturité. Le Lean Office semble être plus exploré et décrit que le Lean Product Development ou l'IT qui promettent des opportunités intéressantes.

Les six outils que nous avons définis comme les outils du Lean de la phase amont du PLC (VSM, Travail standard, KPI, A3, Heijunka et DMAIC) sont des outils du Lean maintenant connus et maîtrisés par les ingénieurs. Quatre d'entre eux (VSM, Travail standard, A3 et Heijunka) sont d'ailleurs présentés et décrits dans la littérature, notamment dans le livre généraliste « La boîte à outils du Lean » (Demestrescoux, 2016). Les outils KPI et DMAIC sont quant à eux aujourd'hui, connus au sein de l'industrie.

## 5.2.2 Lien entre Muda et outils du Lean

L'analyse bibliographique (Tab.5) que nous avons menée permet de mieux connaître l'impact des six outils Lean sélectionnés dans la phase amont du PLC, sur les Muda Lean.

Nous observons que certains outils ont un impact sur la quasi-totalité des Muda : VSM et résolution de problèmes A3. Les autres outils, tels que Standard Work, Heijunka, DMAIC, KPI, n'ont un impact que sur certains Muda. Comme dans l'analyse précédente, l'outil VSM apparaît le plus souvent dans cette étude.

Nous avons également constaté que les six outils sélectionnés comme outils du Lean dans la phase amont du cycle de vie couvrent les sept Muda : les Muda « stock » et « attente » reviennent de manière plus récurrente dans le champ d'action des outils identifiés. Le Muda « déplacement » semble être le moins impacté.

Muda / Outil	Sur-production	Attente	Stock	Transport	Sur-processus	Déplacement	Défaut	Auteurs
VSM	X	X	X		X	X	X	(Perdana et al, 2020), (Garza-Reyes et al, 2018), (Kosasih et al, 2019), (Guovet al, 2019), (Jamil et al, 2020), (Parab et Shirodkar, 2019), (Maalouf et Zaduminska, 2019)
Travail standard	X	X	X					(Vajna et Tangl, 2017), (Okpala, 2014)
KPI		X					X	(Leksic, Stefanic et Veza, 2020), (Molina et al, 2021)
A3	X	X	X	X	X	X	X	(Anouar et al, 2022), (Flug et Nagy, 2016)
Heijunka			X	X	X			(Gerger, 2019), (Aoki et Katayama, 2017), (Bebersdorf et Huchzermeier, 2022)
DMAIC		X	X	X				(Ferreira et al, 2019), (Arafah, 2015), (Guo et al, 2019), (De Barros et al, 2021), (Rifqi et al, 2021), (Jamil et al, 2020)

Tableau 5 : Impacts des outils du Lean Intégré sur les Muda du Lean (Maranzana et al, 2023)

Analyse :

Nous pouvons tirer les interprétations suivantes. La VSM et la résolution de problèmes A3 ont un impact sur presque tous les Muda, ils sont donc polyvalents dans le traitement de tous les gaspillages Lean. Les autres outils sélectionnés sont plus spécialisés dans le traitement de Muda spécifiques. Comme l'indique la répartition des impacts sur les Muda, l'utilisation conjointe de ces outils permettrait de réduire tous les types de déchets définis dans la littérature Lean.

En plus de cibler les Muda, certains outils sont connus pour agir contre d'autres formes de non-valeur ajoutée. Heijunka est un outil utilisé pour limiter la variabilité (Mura) et Standard Work est un moyen efficace de réduire les processus surchargés (Muri). Les outils plus spécifiques peuvent donc également avoir des effets sur d'autres formes de non-valeur ajoutée que Muda.

La connaissance de l'impact de ces outils Lean dans la phase amont du PLC sur les Muda permettra de mieux choisir les outils en fonction des besoins et des priorités de l'entreprise.

### 5.2.3 Analyse littérature méthodes de déploiement du Lean

Résultat :

L'analyse bibliographique a été menée sur trente articles portant sur le Lean entre 2017 et 2023 et plus spécifiquement sur les trois environnements présents dans la phase amont du PLC (dix articles de chaque environnement Product Development, Office et IT).

Les résultats (Tab.6) montrent les thématiques principales de ces articles.

Ces résultats sont sans surprise, pour le Lean Product Development la thématique principale est le développement de nouveaux produits.

Pour le Lean IT, les thématiques sont la gestion des données, la digitalisation et le 4.0.

Concernant le Lean Office, les sujets principaux sont l'amélioration des processus, les tâches administratives et l'élimination des gaspillages.

Parmi tous les articles récents, présents dans cette analyse bibliographique, aucun ne porte sur une approche globale débordant de son environnement d'application premier.

		Thématique																					
Reference		Project management	Sustainability	Digitalization	Product design	Decision making	Innovation	Agile	Green	Quality	SMART	4.0	Information system	Artificial intelligence	Data management	Supply chain	Administrative tasks	Wastes elimination	Learning environment	Process improvement	Global integrated vision		
Lean product development	(Lervåg Synnes et Welo, 2022)	X			X																		
	(Stechert and Balzerkiewitz, 2020)	X		X																			
	(Cukor and Hegedic, 2023)	X	X																				
	(Lalmi et al, 2022)	X						X															
	(Summers and Scherpereel, 2023)	X				X																	
	(Adamczuck Oliveira et al, 2022)	X							X														
	(Rauch et al, 2017)	X										X											
	(Johnson et al, 2023)				X		X																
	(Ferreira et al, 2023)	X																	X			X	
(Sneha Miranda et al, 2022)				X																	X		
Lean information technology	(CarettaTeixeira et al, 2021)									X					X								
	(Müller et al, 2017)										X	X			X								
	(Chen et al, 2023)		X	X					X			X			X								
	(Urquia Ortega et al, 2022)			X								X			X								
	(Kufner et al, 2018)			X							X			X	X								
	(De Oliveira Dias et al, 2022)							X					X			X						X	
	(Rossini et al, 2023)											X	X			X							
	(Blijleven et al, 2017)												X					X				X	
	(Paula Reis et al, 2021)			X			X	X					X										
	(Meister et al, 2023)			X									X									X	
Lean operational activities / Office	(Monteiro et al, 2017)			X													X	X			X		
	(de Souza Lima et al., 2022)		X														X	X					
	(Davis et al, 2023)									X								X				X	
	(Dombrowski et al, 2019)										X									X		X	
	(Dombrowskia et Constantin Malomya, 2018)																X					X	
	(de Jesus Pacheco et al, 2023)																X	X				X	
	(Besser Freitag et al, 2018)		X														X					X	
	(Csiszér, 2022)					X												X				X	
	(Ahmadi et rahmani, 2023)																	X				X	
	(Thourmy et al, 2022)																	X				X	

Tableau 6 : Analyse approche holistique du Lean Product Development, IT et Office

Analyse :

Cette analyse bibliographique montre l'absence d'approche holistique et systémique du Lean dans la phase amont du PLC, telle que nous l'avons caractérisée. La vision du Lean décrite dans ces articles, sur le Lean Product Development, Office et IT, est spécialisée et les sujets traités relèvent spécifiquement de l'environnement Lean en question.

Or, comme explicité dans le chapitre 4, l'interdépendance entre les environnements qui composent la phase amont du PLC, rend une approche unilatérale moins efficace. Le besoin exprimé correspond à une approche globale du Lean dans le PDP.

Aucune approche Lean du développement de produit ne semble reprendre notre vision holistique. Notre intérêt s'est donc naturellement tourné vers l'état de l'art concernant la mise en œuvre et le déploiement du Lean dans la phase amont du PLC des entreprises.

Hoppmann s'intéresse à l'utilisation du Lean pour améliorer le développement de nouveaux produits. Son travail définit les composantes du Lean Product Development et leurs incréments. Il propose une approche structurée de mise en œuvre du Lean : une roadmap de déploiement. (Hoppmann, 2009). Bien que focalisé sur les spécificités du Lean Product Development, la stratégie de mise en œuvre proposée semble pertinente.

Les travaux de Vinardi portent sur la mise en œuvre du Lean dans le contexte de l'industrie 4.0 et conduisent à la proposition de roadmaps de déploiement (Vinardi 2019). Une notion importante soulevée concerne la couverture (le périmètre d'implication) et la profondeur (le niveau de maîtrise) du déploiement. Pour expliquer cette notion, elle prend exemple sur le modèle de déploiement du Lean Manufacturing proposé par Anvari et al (Fig.40), qui intègre l'évaluation du niveau de maîtrise (maturité) acquis à chaque étape de la mise en œuvre (Anvari et al, 2011).

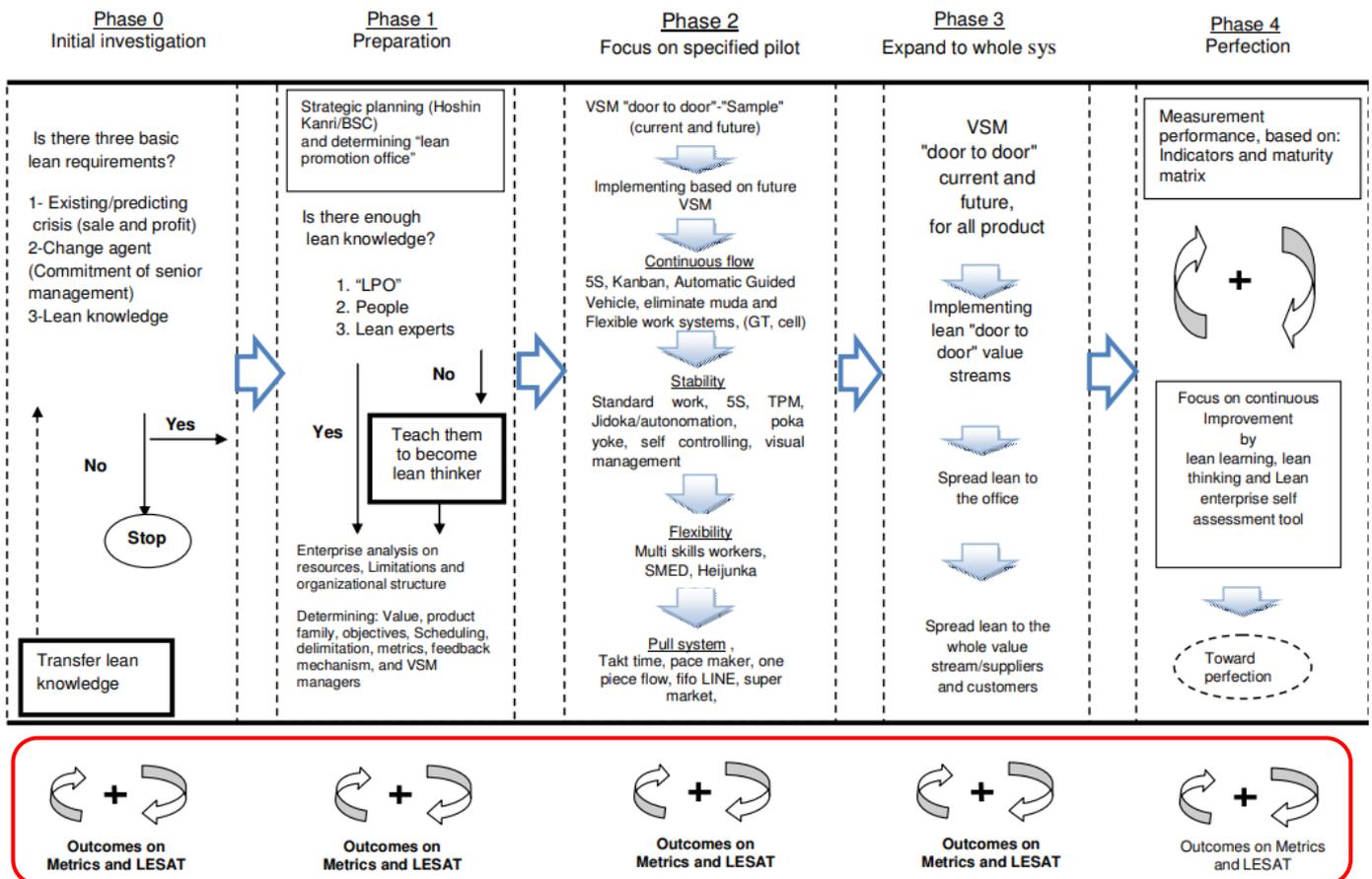


Figure 40 : Dynamic model to Leaness (Anvari et al, 2011).

L'évaluation du niveau de maturité Lean est confiée à un outil appelé LESAT. Cet outil développé par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) s'avère particulièrement intéressant puisqu'il utilise une approche systémique et holistique, pour définir le niveau de maitrise Lean d'une Organisation. Il s'agit en réalité d'un des outils parmi une triade, crée par le MIT pour faciliter le déploiement du Lean dans les entreprises aéronautiques américaines.

## 5.2.4 Triade d'outils du Lean Aerospace Initiative

Au cours des années 1990 et 2000, la Lean Aerospace Initiative (LAI), une collaboration entre l'armée de l'air américaine, des entreprises de l'industrie aérospatiale et le Massachusetts Institute of Technology, a été créée afin d'identifier et de mettre en œuvre le Lean dans l'ensemble de l'industrie aérospatiale

Afin d'améliorer leurs performances industrielles, la mise en œuvre de la méthodologie Lean représente une option intéressante pour les entreprises. Pour ce faire, les entreprises doivent former et accompagner leurs employés.

Fort de l'expérience acquise en transformation d'entreprise dans l'industrie, le gouvernement, les universités, la LAI du MIT a développé entre 2000 et 2012 une triade d'outils (Fig.41) pour aider les entreprises à mettre en œuvre la méthodologie Lean (Lean Advancement Initiative MIT, 2001).

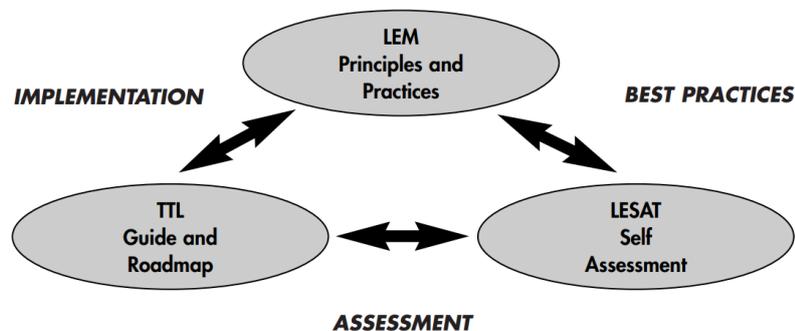


Figure 41 : Triade des outils du LAI (LAI MIT, 2001)

- La Enterprise *Transformation-To-Lean* Roadmap (TTL) : Feuille de route pour la transformation de l'entreprise, qui intègre la stratégie et la planification du déploiement du Lean. (Lean Advancement Initiative MIT, 2004). Cet outil s'attaque à l'aspect stratégique de la mise en œuvre du Lean dans l'entreprise. Il présente une vision macroscopique de l'implantation de la méthodologie Lean dans les pratiques de l'organisation (roadmap TTL disponible en Annexe 4.).

- Le Lean Enterprise Self-Assessment Tool (LESAT) : Outil d'évaluation du niveau de maturité Lean de l'entreprise (Lean Advancement Initiative MIT, 2012). Le LESAT couvre le niveau tactique de déploiement du Lean, en permettant à l'organisation de connaître son positionnement sur les différents aspects évalués et les objectifs à atteindre (organisation de l'outil visible en Annexe 5.).

-Le Lean Enterprise Model (LEM) : Modèle structurant les pratiques issues de la méthodologie Lean (Lean Advancement Initiative MIT, 2004). Ce modèle apporte un appui opérationnel, pour les organisations souhaitant s'inscrire dans une démarche Lean, en présentant les différentes pratiques induites (modèle visible en Annexe 6.). L'impact du LEM est également tactique et stratégique, car les principes sur lesquels reposent le LEM, sont les éléments constitutifs nécessaires au déploiement du Lean au sein de l'organisation.

L'ensemble de la documentation liée aux travaux du MIT cités précédemment est disponible sur la plateforme documentaire du MIT ([DSpace@MIT Home](#)) et soumises à la licence CC 3.0 (CC BY-NC-SA 3.0 US).

Nous nous sommes particulièrement intéressés au LEM, ce modèle définissant et regroupant les bonnes pratiques dérivées des principes du Lean, dans le but d'offrir un support de formation aux entreprises pour la mise en œuvre du Lean (Nightingale and Mize, 2002).

Le modèle LEM (Tab.7), établit 12 pratiques principales et 61 pratiques secondaires, dont l'application au sein d'une organisation, permet de répondre aux principes et à la philosophie du Lean.

En 2020, Pontes et al, ont réalisé une étude pour analyser l'utilisation des pratiques proposées dans le LEM pour mettre en œuvre le Lean Office (Pontes et al, 2020).

Bien que le contexte d'origine du modèle LEM soit l'industrie manufacturière aéronautique. L'utilisation de ce modèle dans le cadre de la phase amont du PLC semble représenter un moyen intéressant pour améliorer les performances des entreprises dans cette période clé.

En venant compléter la stratégie de déploiement généraliste TTL et l'auto-évaluation du niveau de maturité LESAT, le LEM permet d'offrir une base concrète aux entreprises souhaitant entreprendre une démarche de transformation. Le LEM propose une approche pratique et substantielle pour la mise en œuvre des principes Lean, souvent perçus comme trop abstraits et difficiles à appréhender en entreprise.

La principale interrogation émise par ce modèle, est de savoir s'il est applicable dans la phase amont du PLC ? Dans quel ordre mettre en œuvre les pratiques proposées dans le LEM ? Et comment les outiller ? La suite de ces travaux tentera d'apporter des réponses à ces questions.

Primary practices	Enabling practices
Identify and optimize enterprise flow	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process.</li> <li>b) Reduce the number of flow paths.</li> <li>c) Minimize inventory through all tiers of the value chain.</li> <li>d) Reduce setup times</li> <li>e) Implement process owner inspection throughout the value chain.</li> <li>f) Strive for single piece flow</li> <li>g) Minimize space utilized and distance travelled by personnel and material</li> <li>h) Synchronize production and delivery throughout the value chain</li> <li>i) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages</li> </ul>
Assure seamless information flow	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Make processes and flows visible to all stakeholders.</li> <li>b) Establish open and timely communications, among all stakeholders</li> <li>c) Link databases for key functions throughout the value chain.</li> <li>d) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability</li> </ul>
Optimize capability and utilization of people	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establish career and skill development programs for each employee.</li> <li>b) Ensure maintenance, certification and upgrading of critical skills.</li> <li>c) Analyze workforce capabilities and needs to provide for balance of breadth and depth of skills/knowledge.</li> <li>d) Broaden jobs to facilitate the development of a flexible workforce.</li> </ul>
Make decisions at lowest possible level	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establish multidisciplinary teams organized around processes and products.</li> <li>b) Delegate or share responsibility for decisions throughout the value chain.</li> <li>c) Empower people to make decisions at the point of work</li> <li>d) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities</li> <li>e) Provide environment and well-defined processes for expedited decision making</li> </ul>
Implement integrated product and process development	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Use systems engineering approach in product design and development.</li> <li>b) Establish clear sets of requirements and allocate these to affected elements of the product and processes</li> <li>c) Definitive risk management</li> <li>d) Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases</li> <li>e) Design in capability for potential growth &amp; adaptability</li> <li>f) Establish effective integrated product teams</li> <li>g) Involve all stakeholders early in the requirements definition, design and development process</li> <li>h) Use the "Software Factory" Process</li> <li>i) Implement design to cost processes</li> <li>j) Maintain continuity of planning throughout the product development process</li> </ul>
Develop relationships based on mutual trust and commitment	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Build stable and cooperative relationships internally and externally.</li> <li>b) Establish labor management partnerships.</li> <li>c) Strive for continued employment or employability of the workforce</li> <li>d) Provide for mutual sharing of benefits from implementation of lean practices</li> <li>e) Establish common objectives among all stakeholders</li> </ul>
Continuously focus on the customer	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders</li> <li>b) Optimize the contract process to be flexible to learning and changing requirements.</li> <li>c) Create and maintain relationships with customers in requirements generation, product design, development and solution-based problem solving.</li> </ul>
Promote lean leadership at all levels	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels</li> <li>b) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided</li> <li>c) Assure consistency of enterprise strategy with lean principles and practices</li> <li>d) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices</li> </ul>
Maintain challenge of existing processes	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels</li> <li>b) Fix problems systematically using data and root cause analysis</li> <li>c) Utilize cost accounting/ management systems to establish the discrete cost of individual parts and activities.</li> <li>d) Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all phases of the product life cycle</li> <li>e) Incentivize initiatives for beneficial, innovative practices</li> </ul>
Nurture a learning environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Capture, communicate and apply experience generated learning</li> <li>b) Perform benchmarking</li> <li>c) Provide for interchange of knowledge from and within the supplier network</li> </ul>
Ensure process capability and maturation	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Define and control processes throughout the value</li> <li>b) Establish cost beneficial variability reduction practices in all phases of product life cycle</li> <li>c) Establish make/buy as a strategic decision</li> </ul>
Establish make/buy as a strategic decision	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Level demand to enable continuous flow.</li> <li>b) Use multi-year contracting wherever possible.</li> <li>c) Minimize cycle-time to limit susceptibility to externally imposed changes</li> <li>d) Establish incremental product performance objectives where possible</li> <li>e) Program high risk developments off critical paths and/or provide alternatives</li> </ul>

Tableau 7 : Principes primaires et secondaires du LEM (Pontes et al, 2020 repris de LAI MIT 2004)

### 5.3 Conclusion du chapitre 5

La démarche Top-Down menée a permis de mieux appréhender le Lean dans la phase amont du PLC grâce à différents éléments issus de la littérature.

Dans un premier temps, l'analyse bibliographique des outils Lean adaptés aux environnements présents dans la phase amont du PLC, le Lean Product Development, Office et IT, a permis de définir les outils communs à ces trois composantes : VSM, Travail standard, KPI, A3, Heijunka et DMAIC. Ces outils polyvalents, utilisables sur l'ensemble du PDP, sont complétés par d'autres outils spécialisés, qui eux permettent de répondre aux besoins d'un environnement précis.

Dans un deuxième temps, nous avons voulu définir quand utiliser ces outils et donc contre quels gaspillages du Lean. L'analyse bibliographique menée a permis d'établir le lien entre les outils précédemment sélectionnés et les Muda du Lean. Les résultats montrent que certains outils possèdent un large spectre d'actions et d'autres sont plus spécialisés contre certains gaspillages.

Enfin l'analyse de la littérature des thématiques abordées par le Lean Product Development, Office et IT, montre l'absence d'approches holistique et systémique du Lean dans la phase amont du PLC telle que nous la définissons. Les thématiques abordées restent concentrées autour de la spécialisation du Lean initiale.

Néanmoins, des recherches bibliographiques sur la mise en œuvre de la démarche Lean dans les entreprises, nous ont permis de découvrir des roadmaps de déploiement du Lean existantes.

Ces stratégies de déploiement nécessitent pour être efficace, d'être couplées avec un outil d'évaluation de la maturité. Cet outil a pour objectif de mesurer et suivre la profondeur de maturité dans l'entreprise. L'outil LESAT semble plébiscité. Cet outil d'évaluation de la maturité Lean fait partie d'une triade d'outils en proposant une approche systémique et holistique développée par le MIT pour déployer le Lean dans les entreprises manufacturières. Parmi ces outils, le LEM, propose des pratiques concrètes à mettre en place au niveau opérationnel pour suivre les principes du Lean. Le LEM semble donc apporter la pièce manquante pour de nombreuses entreprises mais une interrogation concerne son utilisation au sein de la phase amont du PLC.

Réponse au verrou de recherche n°5 « *Quelles sont les démarches Lean associables à la phase amont du cycle de vie produit ?* » :

L'analyse de la littérature du Lean associée à la phase amont du cycle de vie produit, nous a d'abord permis d'aborder l'aspect technique, en définissant les outils du Lean communs aux environnements présents et leurs applications contre les gaspillages du Lean (les 7 Muda), plébiscitées par l'état de l'art dans cette période-clé.

Concernant l'analyse de la littérature sur l'aspect déploiement de la méthodologie Lean, l'approche proposée par la Lean Aerospace Initiative du MIT et sa triade d'outils, semblent correspondre à la vision holistique et systémique que nous avons de la phase amont du cycle de vie produit.

# Chapitre 6 : Approche Bottom-Up, analyse terrain

Ce sixième chapitre est consacré aux travaux menés dans le cadre de l'approche Bottom-Up utilisée dans cette thèse.

Dans un premier temps, nous allons présenter la méthodologie, tout particulièrement celle utilisée pour les enquêtes que nous avons menées auprès d'industriels. Nous allons ensuite présenter les résultats obtenus. Pour finir, conclure avec les éléments mis en évidence.

Ce chapitre permettra de répondre au verrou de recherche n°6 : « *Comment évaluer les pratiques et outils du Lean utilisés dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

## 6.1 Méthodologie

### 6.1.1 Approche générale

Pour compléter la stratégie croisée, décrite dans la section 3.3, utilisée dans ce travail de recherche, nous allons dédier ce chapitre à la démarche Bottom-Up, que nous avons menée.

La démarche Bottom-Up prône une approche « participative » fondée sur les sciences sociales en prenant en compte les informations du terrain. La stratégie de recherche derrière cette démarche, *Case Study* est basée sur les pratiques industrielles et les retours du terrain afin de définir ou valider un modèle ou une théorie.

Notre objectif, avec cette démarche Bottom-Up, est d'étudier et analyser les pratiques des industriels pour définir les bonnes pratiques qui permettraient de répondre à nos besoins et nos problématiques.

Pour cela, nous avons mené deux enquêtes auprès d'industriels, une première dans le but de mieux connaître l'utilisation du Lean dans la phase amont du PLC et une seconde afin d'étudier la mise en œuvre du Lean dans cette même phase-clé pour la réussite de l'entreprise.

### 6.1.2 Méthode enquête n°1

Pour réaliser cette première enquête, nous avons utilisé l'application Microsoft Forms (questionnaire disponible en Annexe 7). Ce support nous a permis de poser des questions dans différents formats, d'envoyer l'enquête sous la forme d'un lien web et de recueillir les réactions. Afin d'obtenir des résultats aussi proches de la réalité que possible, nous avons décidé de rendre l'enquête totalement anonyme, afin d'éviter toute forme de pression susceptible de fausser les résultats.

La demande de participation à cette étude, comprenant un lien vers l'enquête Microsoft Forms, a été envoyée par courrier électronique. Afin d'obtenir des résultats représentatifs, nous avons utilisé le réseau des anciens élèves et aux partenaires industriels du Master de Génie Industriel de la Faculté de Génie Industrie de l'université de Strasbourg. Nous avons également envoyé cette enquête à des ingénieurs et à des cadres travaillant dans différentes usines de production de Stäubli Electrical Connectors.

L'enquête s'est déroulée de mi-novembre à mi-décembre 2022, par l'envoi de 923 requêtes et a reçu un total de 203 réponses d'industriels.

L'objectif de cette enquête est de mieux connaître l'utilisation du Lean dans la phase amont du PLC des entreprises. Pour cela nous avons interrogé les industriels pour essayer de répondre aux questions suivantes :

- La méthode Lean est-elle utilisée par les entreprises dans la phase amont du PLC ?
- Quels outils Lean les entreprises mettent-elles en œuvre dans la phase amont du PLC ?
- Les entreprises adhèrent-elles aux pratiques principales LEM pendant la phase amont PLC ?

### 6.1.3 Méthode enquête n°2

Pour cette deuxième enquête et suite aux retours positifs du premier sondage, nous avons décidé d'utiliser à nouveau la même stratégie.

Pour la distribution, l'envoi d'un courriel intégrant un lien vers l'enquête *Microsoft Forms* (questionnaire disponible en Annexe 8). Nous avons à nouveau sollicité les anciens élèves, les partenaires industriels du Master de Génie Industriel de la Faculté de Génie Industrie de l'université de Strasbourg ainsi que les ingénieurs et des cadres de Stäubli Electrical Connectors.

L'enquête s'est déroulée de mi-janvier à mi-février 2023, par l'envoi de 1158 requêtes et a reçu un total de 117 réponses d'industriels.

Cette deuxième enquête s'intéresse plus particulièrement à la mise en œuvre du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit des entreprises. Cette seconde enquête a sollicité les industriels afin d'apporter des réponses aux questions ci-dessous :

- Dans quel ordre les entreprises mettent-elles en place les outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit ?
- Quel est le gain par rapport à l'effort des outils Lean dans la phase amont du PLC ?
- Quel est le gain/effort perçu pour la mise en œuvre des pratiques principales LEM dans la phase amont du PLC de l'entreprise ?
- Quel est le lien entre les pratiques principales du LEM et les outils Lean ?

## 6.2 Résultats

### 6.2.1 Résultat enquête n°1

#### • Informations sur le public interrogé :

Afin de mieux comprendre le cadre de cette étude et de valider sa représentativité, nous présentons tout d'abord les informations recueillies.

#### - Taux de réponses :

Sur les 923 requêtes envoyées, un total de 203 retours a été enregistré.

Soit un taux de réponse de 21.9%.

#### - Activités des entreprises :

Nous avons commencé l'enquête en demandant aux participants dans quel type d'activité économique leur entreprise était impliquée (Fig.42).

75% des participants de l'enquête travaillent dans les huit types de secteurs d'activité suivants : métallurgie (24,1%), machines et équipements/automobile (13,3%), électronique/électricité (12,8%), agroalimentaire (7,4%), pharmaceutique (5,4%), transport/logistique (5,4%), études/consultation (3,4%) et plastique/caoutchouc (3%). Près d'une trentaine d'autres secteurs d'activité sont également présents (avec des résultats compris entre 2,5 et 0,5%).

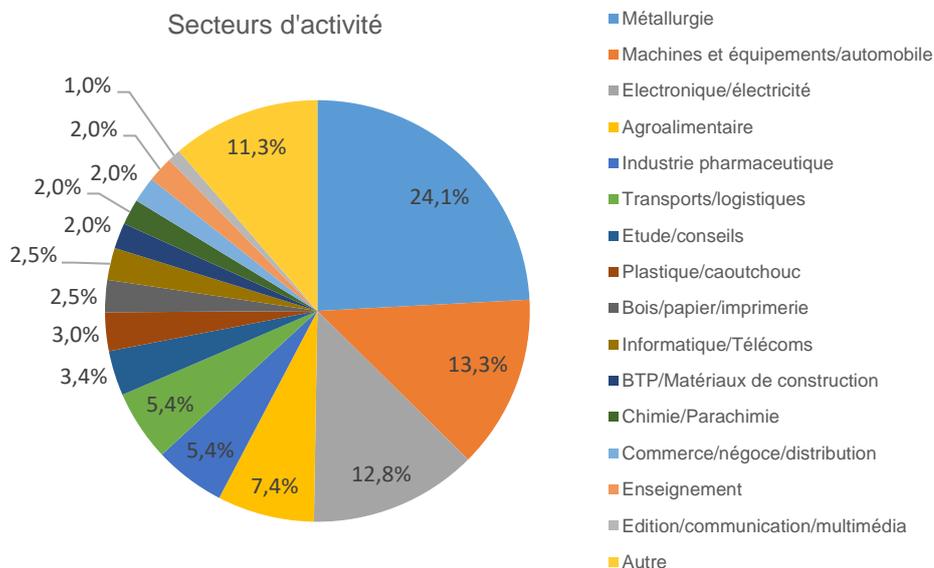


Figure 42 : Résultats de l'enquête n°1 (en %) sur le secteur d'activité des participants

Stäubli Electrical Connectors faisant partie du secteur électronique/électrique, il est normal que ce secteur soit bien représenté dans les résultats. Néanmoins, on constate que de nombreux secteurs sont représentés, ce qui donne une bonne représentation de l'ensemble des activités industrielles.

- *Taille des entreprises :*

Pour la question suivante, nous avons interrogé les participants sur la taille de leur entreprise, un facteur intéressant car il peut avoir un impact sur les organisations et les décisions.

Voici les résultats (Fig.43) concernant la taille des entreprises pour lesquelles les personnes interrogées travaillent :

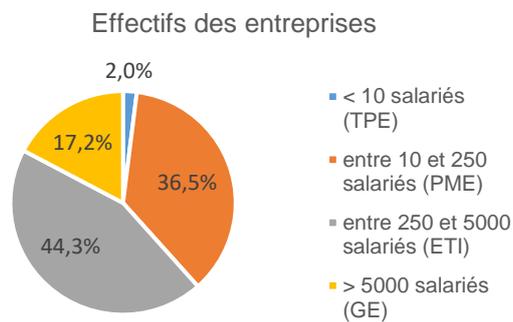


Figure 43 : Résultats de l'enquête n°1 (en %) sur l'effectif de l'entreprise des participants

On constate que plus de 60% des industriels interrogés travaillent pour de grandes structures de plus de 250 salariés.

- *Fonction de l'enquêté :*

La fonction occupée est un autre facteur qui peut influencer les réponses ou l'interprétation de l'enquête.

Les réponses des enquêtés (Fig.44) :

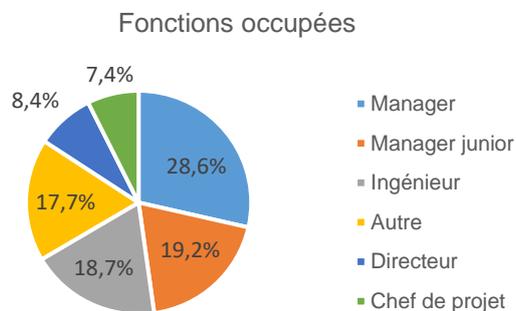


Figure 44 : Résultats de l'enquête n°1 (en %) sur la fonction occupée par les participants

Ces résultats montrent que les participants occupent des postes à responsabilités (hiérarchiques, stratégiques ou techniques).

- ***L'utilisation de la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit :***

La première question, avant de passer à l'utilisation de la méthode Lean par les entreprises dans la phase amont du PLC, est d'évaluer l'utilisation de la méthode Lean dans les entreprises interrogées.

Nous avons demandé aux personnes interrogées si leur entreprise utilisait des méthodes Lean : 37,9 % ont répondu "non" et 62,1 % ont répondu "oui". Cela signifie qu'un peu moins des deux tiers des organisations interrogées utilisent les méthodes Lean.

Afin de garantir la qualité de l'étude, seuls les résultats des 126 sondés ayant déclaré que leur entreprise utilisait la méthodologie Lean ont été utilisés pour les étapes suivantes de l'enquête.

Maintenant que nous connaissons la proportion d'entreprises utilisant la méthode Lean, nous pouvons avancer dans l'étude et demander aux participants si leur entreprise utilise la méthode Lean dans la phase en amont du PLC. À cette question, 22 industriels ont répondu "non" et 104 ont répondu "oui" (Fig.45).

Utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit des entreprises

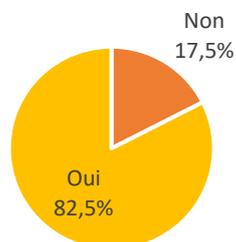


Figure 45 : Résultats sur l'utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit par les entreprises des industriels consultés

En résumé : 51,23% des industriels (104) déclarent que leur entreprise utilise le Lean dans la phase amont du cycle du PLC.

- ***Gain perçu de l'application de la méthode Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit :***

Pour aller plus loin, nous avons voulu définir l'intérêt perçu d'appliquer la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie du PLC. Nous avons donc demandé aux industriels d'évaluer le gain qu'apporterait cette approche dans cette période sur une échelle allant de "1-inexistant" à "5-très important" (Fig.46)

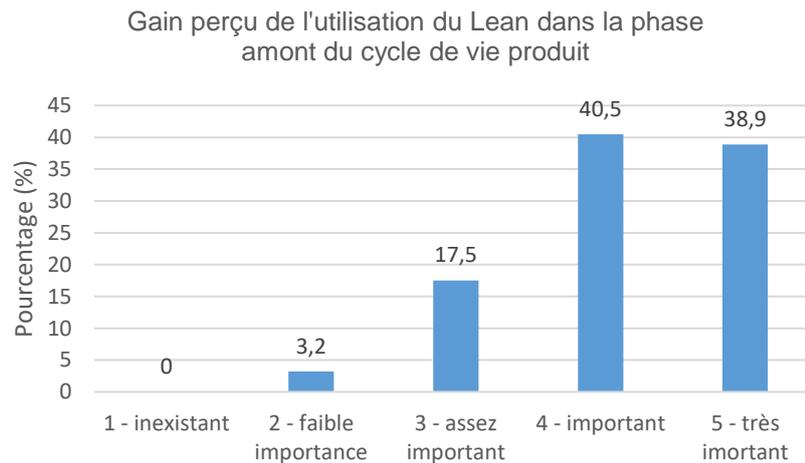


Figure 46. : Résultats (en %) sur le gain perçu par les participants de l'utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

La note moyenne des avantages perçus de la méthode Lean dans la phase amont du PLC est de 4,15 sur 5. On constate que près de 80% des personnes interrogées attribuent une note supérieure ou égale à "4-important" aux avantages de la méthode dans ce domaine.

- ***Définition des départements qui utilisent la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit :***

Afin de mieux comprendre l'utilisation de la méthode Lean dans la phase amont du PLC, nous avons voulu savoir quels départements/activités des entreprises utilisent ces méthodes.

Pour ce faire, nous avons demandé aux personnes interrogées d'indiquer quels départements/activités de leur entreprise appliquaient la méthode Lean.

Le graphique ci-après (Fig.47) montre les réponses des personnes interrogées à cette question :

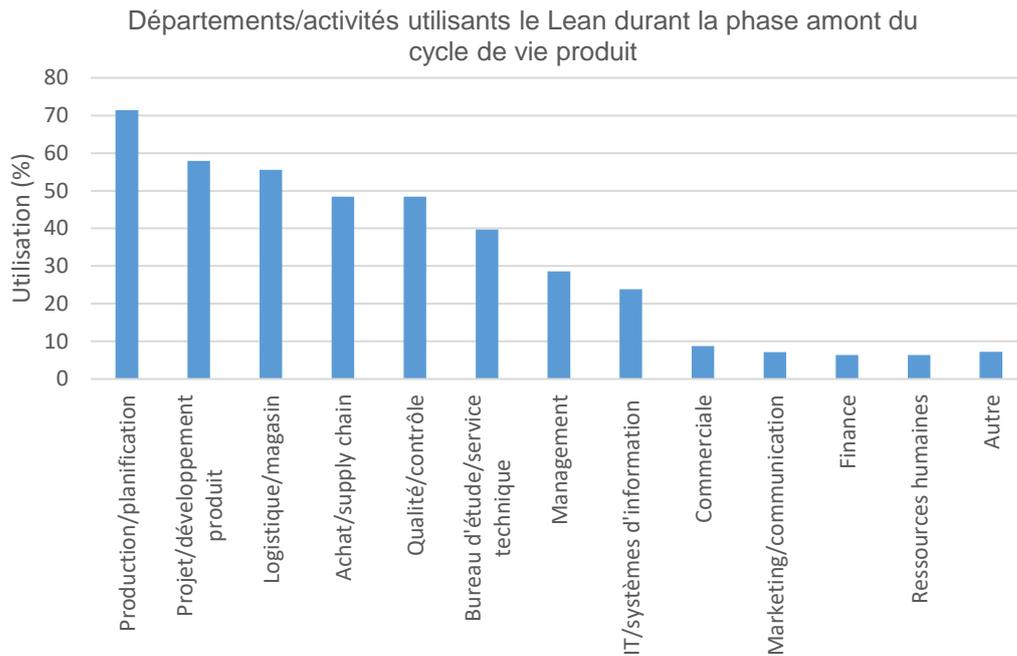


Figure 47 : Résultats de l'enquête sur l'utilisation (en %) du Lean dans les départements/activités de l'entreprise pendant la phase amont du cycle de vie du produit

Nous constatons que huit départements/activités utilisent la méthode Lean dans plus de 20 % des entreprises interrogées. Les cinq premiers sont utilisés dans près de 50% des entreprises interrogées : Production/planification (71,4 %), Projet/développement de produit (57,9 %), Logistique/magasin (55,6 %), Qualité/contrôle (48,4 %) et Achat/supply chain (48,4 %). Les trois départements suivants sont le Bureau d'études/services techniques (39,7%), le Management (28,6%) et l'IT/systèmes d'information (23,8%).

Le fait que l'activité de développement de projets/produits occupe la deuxième place, utilisée par 57,93% des entreprises interrogées, est conforme à l'importance stratégique perçue du développement de nouveaux produits (4,09/5), comme nous l'avons vu précédemment.

- ***Définition des outils Lean utilisés la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit :***

Afin d'obtenir une compréhension plus détaillée de l'utilisation de la méthode Lean par les entreprises, nous avons voulu en savoir plus sur la manière dont elles utilisaient les outils associés à cette méthodologie. Nous avons utilisé une approche quantitative en demandant aux industriels d'identifier les outils Lean utilisés dans leur entreprise pendant la phase amont du PLC.

Pour faciliter les réponses, nous avons proposé une liste d'outils Lean basée sur une revue de littérature des outils Lean dans la phase amont (Maranzana et al, 2023). Afin de ne pas biaiser les réponses, nous avons donné la possibilité d'ajouter des outils à la liste.

Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous (Fig.48) :

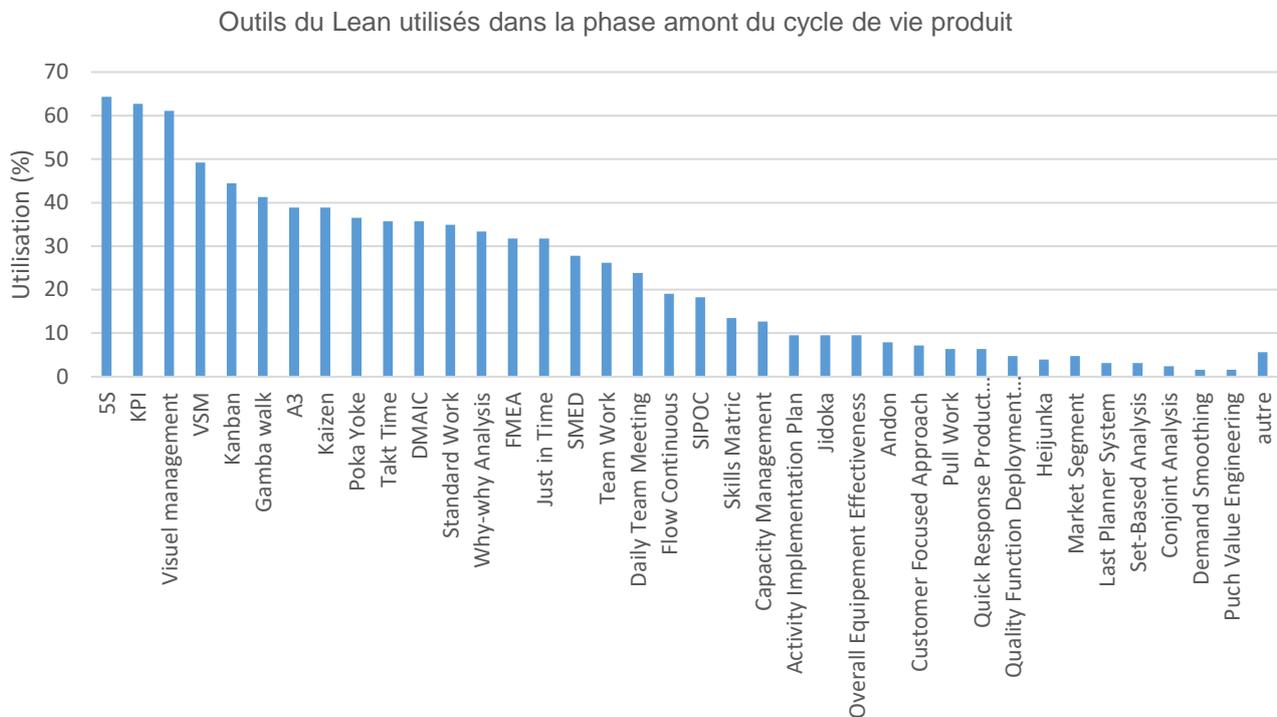


Figure 48 : Résultats de l'enquête sur l'utilisation (en %) des outils Lean par les entreprises dans la phase amont du cycle de vie du produit

On constate que quatre outils Lean sont utilisés dans près de 50% des entreprises : 5S (64,28%), KPI (62,69%), Management visuel (61,11%) et Value Stream Mapping (49,2%).

Si l'on considère les outils Lean utilisés par un tiers des entreprises, neuf outils peuvent être ajoutés à la liste : Kanban (44,44%), Gemba Walk (44,26%), A3 (38,88%), Kaizen (38,88%), Poka Yoke (36,5%), Takt Time (35,71%), DMAIC (35,71%), Travail standard (34,92%) et Why-Why Analysis (33,33%).

Nous pouvons également constater qu'au total, près de quarante outils Lean ont été mentionnés.

- ***L'utilisation des pratiques principales du LEM :***

Nous allons maintenant nous concentrer sur la première question de recherche, à savoir déterminer si les pratiques principales du modèle LEM sont adoptées par les entreprises.

Pour ce faire, nous avons demandé aux personnes interrogées de répondre pour chacune des douze pratiques primaires du LEM si elles étaient appliquées ou souhaitées dans leur entreprise. Nous avons également laissé la possibilité de répondre "non concerné" si la pratique n'est pas jugée pertinente.

Le tableau ci-dessous (Tab.8) présente les résultats :

	<b>P1</b> Identifier et optimiser le flux de l'entreprise	<b>P2</b> Assurer un flux d'informations continu	<b>P3</b> Optimize capability and utilization of people	<b>P4</b> Prendre des décisions au niveau le plus bas possible	<b>P5</b> Mettre en œuvre un développement intégré des produits et des processus	<b>P6</b> Développer des relations basées sur la confiance et l'engagement mutuels	<b>P7</b> Se concentrer en permanence sur le client	<b>P8</b> Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux	<b>P9</b> Maintenir le défi du processus existant	<b>P10</b> Favoriser un environnement propice à l'apprentissage	<b>P11</b> Assurer la capacité et la maturation des processus	<b>P12</b> Maximiser la stabilité dans un environnement changeant
<b>Appliqué (%)</b>	68,25	45,24	55,56	38,10	64,29	53,17	70,63	34,92	59,52	50,00	63,49	41,27
<b>Souhaité (%)</b>	30,95	53,97	43,65	53,17	22,22	43,65	26,98	59,52	1,59	47,62	33,33	55,56
<b>Non concerné (%)</b>	0,79	0,79	0,79	8,73	13,49	3,17	2,38	5,56	38,89	2,38	3,17	3,17

Tableau 8 : Résultats de l'enquête sur l'adhésion aux pratiques primaires du LEM par les entreprises dans la phase amont du cycle de vie du produit

Les résultats montrent que six pratiques primaires du LEM sont largement appliquées (+55%) : P7 "Se concentrer en permanence sur le client" (70,63%), P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise" (68,25%), P5 "Mettre en œuvre le développement intégré des produits et des processus" (64,29%), P11 "Assurer la capacité et la maturation des processus" (63,49%), P9 "Maintenir le défi des processus existants" (59,52%) et P3 "Optimiser la capacité et l'utilisation des personnes" (55,56%).

Deux pratiques LEM ressortent comme étant largement souhaitées (+55%) : P8 "Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux" (59,52%) et P12 "Maximiser la stabilité dans un environnement changeant" (55,56%).

Quatre pratiques aux résultats très proches sont plus complexes à classer : P2 "Assurer un flux d'informations continu", P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible", P6 "Développer

des relations basées sur la confiance et l'engagement mutuels" et P10 "Favoriser un environnement propice à l'apprentissage".

Nous notons également que certaines pratiques ont un nombre important de réponses "non concerné" : P9 "Maintenir le défi du processus existant" (38,89%), P5 "Mettre en œuvre un développement intégré des produits et des processus" (13,49%) et P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible" (8,73%).

Après avoir examiné ces résultats, nous pouvons conclure que certaines pratiques principales du LEM sont déjà adoptées par les entreprises, d'autres sont déjà ciblées et leur mise en œuvre est souhaitable pour les industriels interrogés. Le taux élevé de réponses "non concerné" peut être lié à la nature de l'organisation (pas de développement de produits), à la difficulté d'établir des indicateurs ou au pouvoir de décision limité des participants interrogés.

## 6.2.2 Résultat enquête n°2

### • *Informations sur le public de l'enquête :*

Dans cette partie, nous avons utilisé les mêmes questions que dans la première enquête. L'objectif de ces questions était de fixer le cadre de cette étude et de valider sa représentativité.

#### - *Taux de réponses :*

Sur les 1158 requêtes envoyées, un total de 117 retours a été enregistré.

Soit un taux de réponse de 10.1%.

#### - *Activités des entreprises :*

Sur vingt-quatre secteurs d'activité (Fig.49), les secteurs les plus représentés sont : la métallurgie (27,3%), l'électronique/électricité (17,09%), les machines et équipements/automobiles (11,11%), les études/conseils (6,83%), le transport/logistique (5,98%), la chimie/parachimie (5,98%) et l'agro-alimentaire (5,11%). Les autres secteurs d'activité sont également présents avec entre 5% et 0,85%.

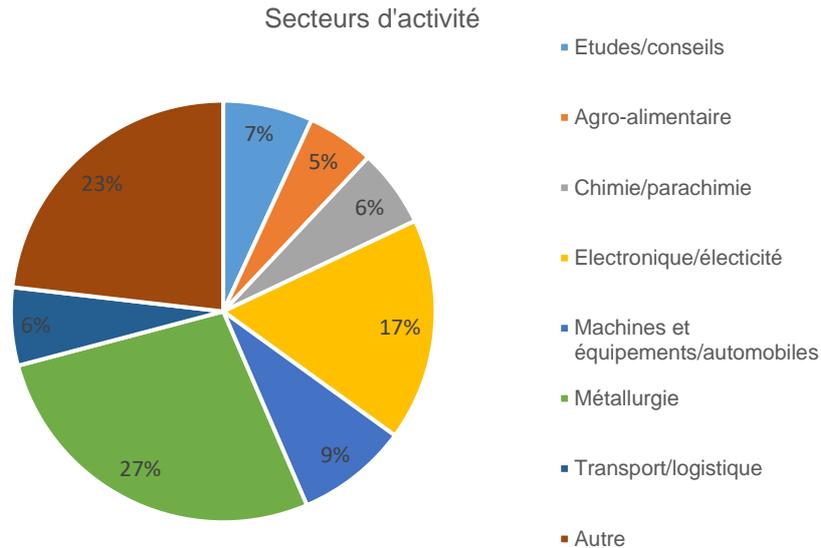


Figure 49 : Résultats de l'enquête n°2 (en %) sur le secteur d'activité des participants

Pour la même raison que dans la première étude, Stäubli Electrical Connectors faisant partie du secteur électronique/électrique, ce secteur est bien représenté dans les résultats. Néanmoins, comme dans la première étude, un grand nombre d'industries sont représentées, ce qui donne une bonne représentation de toutes les activités industrielles.

- *Taille des entreprises :*

Voici les résultats (Fig.50) concernant la taille des entreprises pour lesquelles les industriels interrogés travaillent :

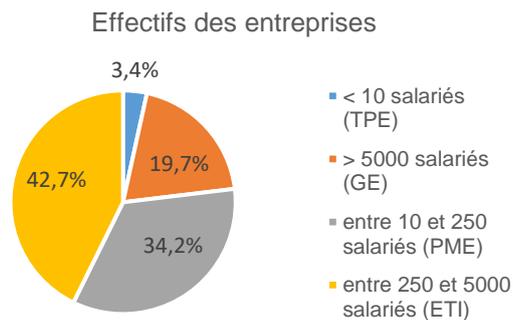


Figure 50 : Résultats de l'enquête n°2 (en %) sur l'effectif de l'entreprise des participants

Les résultats sont similaires à ceux de la première enquête.

- *Fonction du public enquêté :*

La fonction occupée est un autre facteur qui peut influencer les réponses ou l'interprétation de l'enquête.

Réponses des personnes interrogées (Fig.51) :

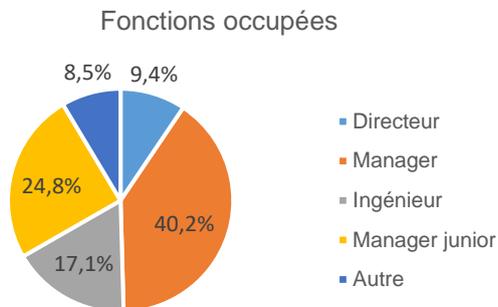


Figure 51 : Résultats de l'enquête n°2 (en %) sur les fonctions occupées par les participants

Ces résultats montrent que les industriels interrogés occupent des postes à responsabilités (hiérarchique, stratégique ou technique).

- *Niveau de maturité Lean perçu :*

Pour aller plus loin dans notre étude, nous avons voulu en savoir plus sur le niveau de maturité Lean des entreprises des participants.

Pour ce faire, nous avons demandé aux industriels interrogés d'évaluer le niveau de maturité Lean perçu de leur entreprise en utilisant les cinq niveaux de maturité définis par CMMI (CMU, 2018).

Nous avons décidé de ne pas inclure l'évaluation des managers juniors (29 participants) dans cette partie. En tant que managers juniors, nous pensons que l'évaluation du niveau de maturité Lean nécessite une vision globale, qu'il est difficile d'appréhender avec ce court laps de temps / première expérience en entreprise.

Les résultats (Fig.52) sont basés sur les réponses de 88 industriels :

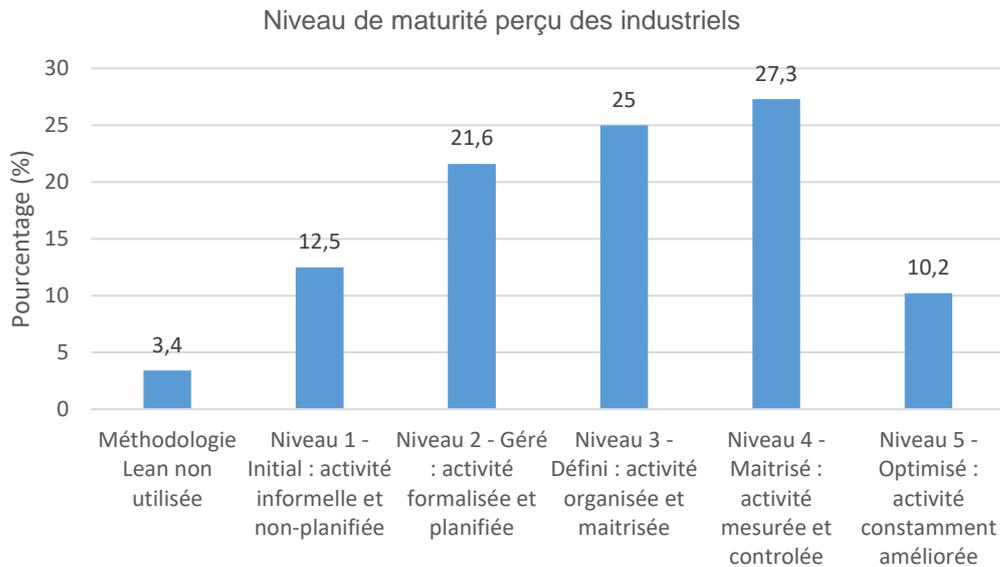


Figure 52 : Résultats (en %) du niveau de maturité perçu de leur organisation par les participants

Nous pouvons constater que le niveau perçu de maturité Lean augmente, atteignant son maximum au niveau 4 et diminuant au niveau 5.

- **Sélection des outils Lean :**

Afin de mieux comprendre l'utilisation des outils "Lean" et leur mise en œuvre par les entreprises dans la phase amont du PLC, nous avons décidé de concentrer les questions de l'enquête suivante sur un nombre réduit d'outils.

La sélection de ces outils a été basée sur les résultats de la première enquête. Huit outils ressortent, utilisés par près de 40% des entreprises : 5S (64,28%), KPI (62,69%), Management visuel (61,11%), VSM (49,2%), Kanban (44,44%), Gamba walk (44,26%), A3 (38,88%) et Kaizen (38,88%).

Pour que l'enquête reste conviviale (pas trop longue ni trop complexe), nous avons décidé de ne retenir que cinq outils Lean pour les prochaines questions de l'enquête.

À cette fin, nous avons regroupé les outils KPI et Management visuel, le management visuel étant basé sur la communication autour du KPI, nous avons décidé de les considérer comme un outil unique KPI + Management visuel pour le reste de l'étude (Kurdvea et al, 2019) (Landström et al, 2018).

Pour les étapes suivantes de la sélection, nous avons décidé de ne pas prendre en compte les outils Kanban et Gemba walk. Ces outils sont essentiellement dédiés aux ateliers de fabrication et liés au Lean Manufacturing. Nous décidons donc qu'il ne s'agit pas de choix pertinents à utiliser pour une étude sur la phase amont du PLC que nous avons décrite comme étant plutôt composée des environnements de développement du produit, du SI et des activités opérationnelles (Romero et al, 2020) (Powell, 2018).

Pour les prochaines étapes de l'étude, nous nous concentrerons sur les outils Lean suivants : 5S, KPI + Management visuel, VSM, A3 et Kaizen.

- **Classement de l'ordre de mise en œuvre des outils Lean :**

Nous souhaitons définir l'ordre de mise en œuvre des outils Lean utilisés dans les entreprises. L'objectif est de mieux comprendre les pratiques industrielles en termes de mise en œuvre des outils Lean et de voir s'il existe des usages communs partagés par les entreprises.

Pour répondre à cette question, nous demandons aux participants de classer (du premier au cinquième choix) les cinq outils Lean sélectionnés dans l'ordre dans lequel ils les utiliseraient dans la phase amont de leur organisation.

Le tableau ci-dessous (Tab. ) présente les résultats obtenus pour chaque choix :

	1er choix	2ème choix	3ème choix	4ème choix	5ème choix
<b>5S</b>	38%	23%	14%	15%	10%
<b>KPI + Management visuel</b>	23%	28%	21%	16%	12%
<b>VSM</b>	20%	14%	21%	27%	19%
<b>KAIZEN</b>	9%	16%	27%	28%	21%
<b>A3</b>	10%	19%	18%	15%	38%

Tableau 9 : Résultats de l'enquête sur l'ordre d'adoption des outils Lean par les participants dans la phase amont du cycle de vie du produit

Les résultats des choix des 117 participants donnent l'ordre de mise en œuvre suivant : premièrement 5S, deuxièmement KPI + Management visuel, troisièmement VSM, quatrièmement Kaizen et cinquièmement A3.

En examinant les résultats, nous avons également remarqué des différences dans le classement de la mise en œuvre des outils Lean en fonction du niveau de maturité perçu par les industriels interrogés.

Pour les 30 industriels qui ont indiqué un niveau de maturité de "1 - Initial" ou "2 - Géré", l'ordre de mise en œuvre est le suivant : VSM en premier, KPI + Management visuel en deuxième, Kaizen en troisième, 5S en quatrième et A3 en dernier.

En revanche, pour les 33 industriels avec le niveau de maturité Lean le plus élevé, à savoir "4 - géré" et "5 - optimisé", l'ordre de déploiement est le suivant : 5S en premier, KPI + Management visuel en second, VSM en troisième, Kaizen en quatrième et A3 en dernier.

- ***Gain perçu/effort pour mettre en œuvre les outils Lean :***

Maintenant que nous avons une meilleure compréhension des pratiques industrielles en termes de délais de mise en œuvre des outils Lean, nous allons examiner plus en détail comment les industriels et leur entreprise perçoivent l'application de ces outils en termes d'efficacité.

Nous nous intéressons à la manière dont l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du PLC est perçue par les entreprises en termes de bénéfices et d'efforts. Pour mesurer cet investissement, qui relève d'une approche qualitative, nous avons demandé aux participants d'évaluer le gain de chaque outil par rapport à l'effort nécessaire pour le mettre en œuvre. Cette évaluation est faite pour les cinq outils lean sélectionnés sur une échelle allant de "1 - insignifiant" à "5 - absolument important".

Le graphique ci-dessous (Fig.53) présente les résultats :

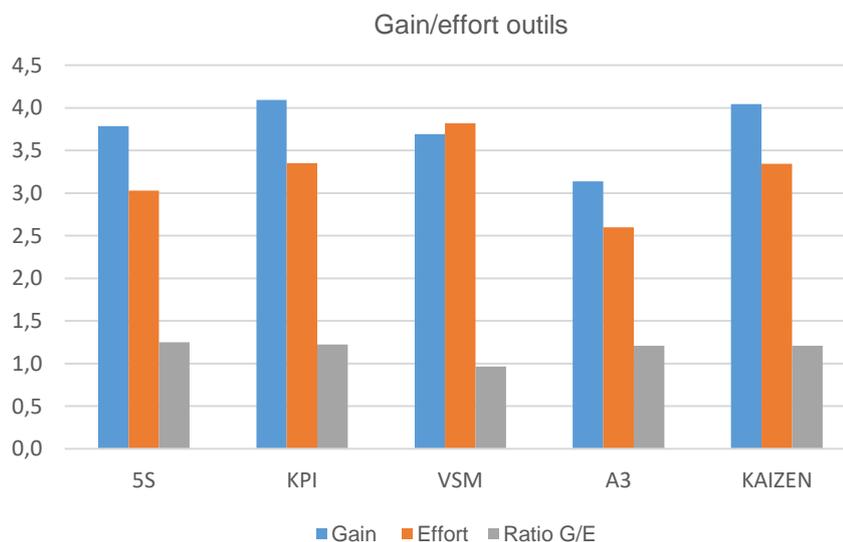


Figure 53 : Résultats du ratio gain perçu/effort pour l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit

L'examen de ces résultats est intéressant à plus d'un titre et nous renseigne sur la manière dont l'utilisation de ces outils est perçue par les personnes interrogées.

Tout d'abord, cela nous montre le gain perçu pour chacun de ces outils Lean. Voici l'ordre des outils, du gain le plus élevé au plus faible : KPI (4,09), Kaizen (4,04), 5S (3,79), VSM (3,69) et A3 (3,14).

Deuxièmement, cela nous donne également l'évaluation de l'effort nécessaire pour mettre en œuvre ces outils, voici le classement du plus difficile au plus facile : VSM (3,82), KPI (3,35), Kaizen (3,34), 5S (3,03) et A3 (2,60).

A partir de ces données, il nous a semblé pertinent de calculer le ratio gain/effort de l'utilisation de ces outils. Ce calcul nous donne les ratios suivants dans l'ordre : 5S (1,25), KPI (1,22), Kaizen (1,21), A3 (1,21) et VSM (0,97).

Le rapport gain/effort permet de faire les observations suivantes :

- Pour quatre outils (5S, KPI, A3 et Kaizen), le ratio gain/effort est positif et relativement proche (entre 1,21 et 1,25). Cela signifie que les avantages perçus de l'utilisation de ces outils sont supérieurs à l'effort requis et que ces outils ont une efficacité globale similaire en termes d'effort requis par rapport à leurs avantages.
- Pour l'outil VSM, le résultat donne un rapport avantages/efforts légèrement négatif (0,97). Cela suggère que l'outil VSM est perçu comme nécessitant un peu plus d'efforts que les avantages qu'il apporte.

Comme pour la question précédente, nous avons constaté des différences dans les résultats en fonction du niveau de maturité perçu par les participants de l'enquête.

Dans le tableau ci-dessous (Tab.10), nous pouvons voir certaines différences entre les industriels qui se sont autoévalués comme '1 - Initial' ou '2 - Géré' et ceux qui se sont autoévalués comme '4 - Géré' et '5 - Optimisé'.

		5S	KPI	VSM	A3	KAIZEN
Ensemble du panel (117 sondés)	Gain	3,79	4,09	3,69	3,14	4,04
	Effort	3,03	3,35	3,82	2,60	3,34
	Ratio G/E	1,25	1,22	0,97	1,21	1,21
Niveau 1 et 2 (30 sondés)	Gain	3,67	4,03	3,90	3,13	3,93
	Effort	3,29	3,23	3,87	2,60	3,50
	Ratio G/E	1,12	1,25	1,01	1,21	1,12
Niveau 4 et 5 (33 sondés)	Gain	3,91	4,18	3,76	3,33	4,27
	Effort	2,96	3,30	3,94	2,58	3,39
	Ratio G/E	1,32	1,27	0,95	1,29	1,26

Tableau 10 : Résultats de l'évaluation gain/effort de l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit

La première observation est que les ratios gain/effort sont généralement plus élevés pour les participants ayant le plus haut niveau de maturité Lean.

L'outil VSM est l'exception, avec un ratio gain/effort légèrement négatif pour les industriels ayant un niveau de maturité Lean élevé et légèrement positif pour ceux ayant un niveau de maturité plus faible.

Nous constatons également que l'ordre des outils est différent du meilleur au moins bon.

Pour les 30 participants qui ont indiqué un niveau de maturité "1-initial" ou "2-géré", le classement du ratio gain/effort est le suivant : KPI (1,25), A3 (1,21), idem pour 5S et Kaizen (1,12) et VSM (1,01).

D'autre part, pour les 33 personnes interrogées qui se sont évaluées aux niveaux de maturité Lean les plus élevés "4-maîtrisé" et "5-optimisé", le classement est le suivant : 5S (1,32), A3 (1,29), KPI (1,27), Kaizen (1,26) et VSM (0,95).

- **Gain perçu/effort pour mettre en œuvre les pratiques principales du LEM :**

Nous allons maintenant nous concentrer sur la manière dont les pratiques principales du LEM issues des principes Lean sont perçues durant la phase amont du PLC, en termes de gain et d'effort par les industriels interrogés.

Pour mesurer cet investissement, qui est une approche qualitative, nous avons demandé aux personnes interrogées d'évaluer le gain de chaque pratique primaire de LEM par rapport à l'effort nécessaire pour la mettre en œuvre. Cette évaluation est faite pour les cinq outils Lean sélectionnés sur une échelle allant de "1-insignifiant" à "5-absolument important".

Les résultats figurent dans la figure ci-dessous (Fig.54) :

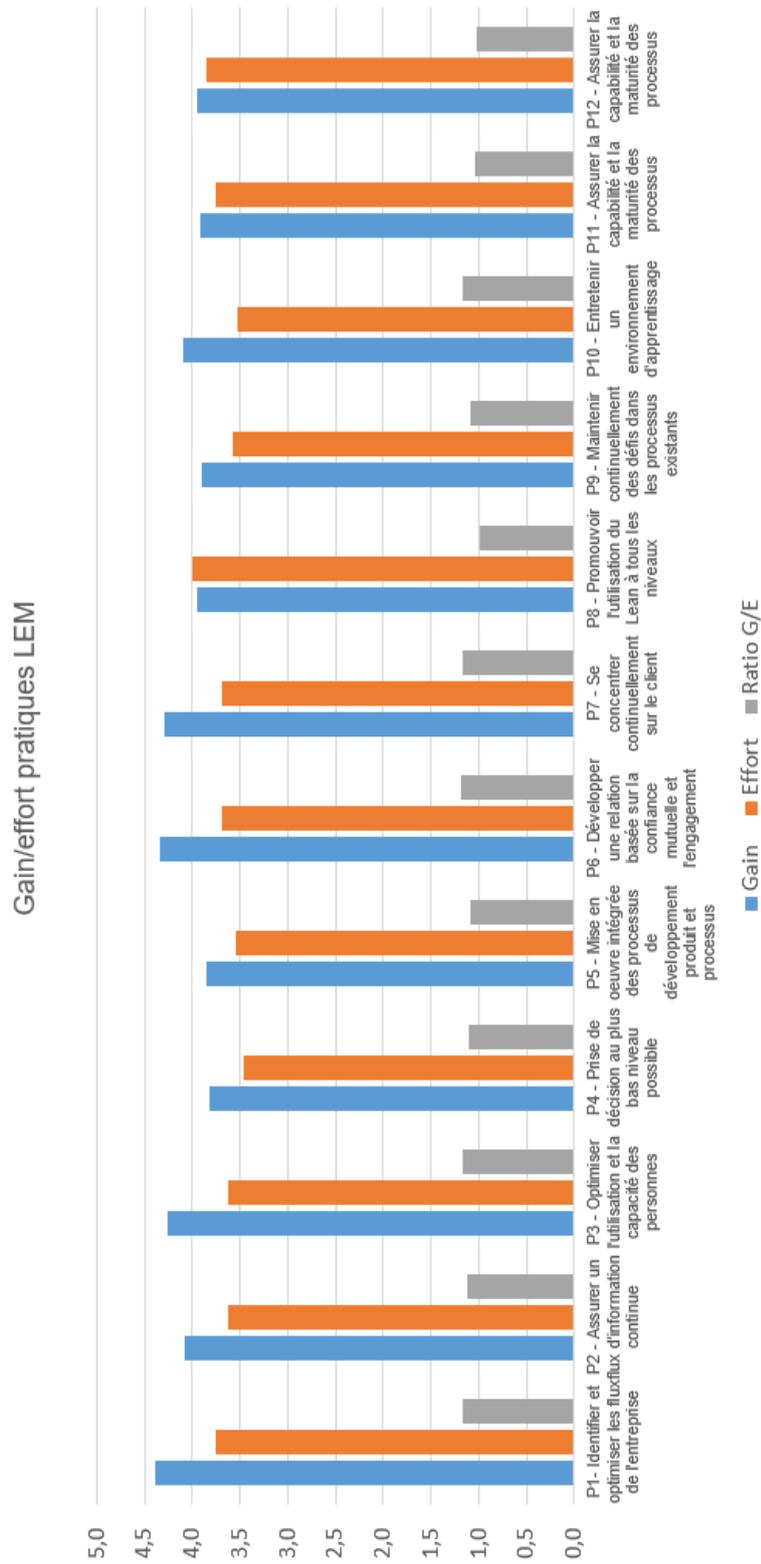


Figure 54 : Résultats de l'enquête sur l'évaluation gain/effort de l'utilisation des pratiques LEM dans la phase amont du cycle de vie du produit

L'examen de ces résultats nous communique des informations intéressantes sur la façon dont les industriels interrogés perçoivent l'utilisation des pratiques principales du LEM.

Si nous examinons les résultats obtenus en tenant compte du gain perçu, nous constatons que les résultats se situent entre 3,81 pour P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible" et 4,39 pour P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise". En ce qui concerne l'effort perçu, les résultats se situent entre 4,45 pour P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible" et 4,0 pour P8 "Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux". En ce qui concerne le rapport gain/effort, il est positif pour toutes les pratiques de LEM (entre 1,18 et 1,03), à l'exception de la pratique P8 "Promouvoir le Lean à tous les niveaux" avec 0,99.

Nous avons également observé des variations entre les industriels qui se sont autoévalués comme '1 - Initial' ou '2 - Géré' et ceux qui se sont autoévalués comme '4 - Géré' et '5 - Optimisé' (Tab.11).

		P1 Identifier et optimiser le flux de l'entreprise	P2 Assurer un flux d'informations continu	P3 Optimiser la capacité et l'utilisation des personnes	P4 Prendre des décisions au niveau le plus bas possible	P5 Mettre en œuvre un développement intégré des produits et des processus	P6 Développer des relations basées sur la confiance et l'engagement	P7 Se concentrer en permanence sur le client	P8 Promouvoir le Lean à tous les niveaux	P9 Maintenir le défi du processus existant	P10 Favoriser un environnement propice à l'apprentissage	P11 Assurer la capacité et la maturation des processus	P12 Maximiser la stabilité dans un environnement changeant
Ensemble du panel (117 indus.)	Gain	4,39	4,07	4,25	3,81	3,86	4,34	4,29	3,95	3,9	4,09	3,91	3,95
	Effort	3,75	3,63	3,62	3,45	3,54	3,68	3,69	4	3,57	3,52	3,75	3,85
	Ratio G/E	1,17	1,12	1,18	1,1	1,09	1,18	1,16	0,99	1,09	1,16	1,04	1,03
Niveau 1 et 2 (30 indus.)	Gain	4,57	4,1	4,3	3,8	4,24	3,64	4,4	4,07	3,9	4,17	4,03	3,87
	Effort	3,67	3,83	3,53	3,4	3,33	3,7	3,63	3,9	3,4	3,47	3,97	3,8
	Ratio G/E	1,25	1,07	1,22	1,08	1,19	1,15	1,21	1,04	1,15	1,2	1,02	1,02
Niveau 4 et 5 (33 indus.)	Gain	4,3	4,03	4,27	3,88	4,03	4,58	4,55	3,94	4,09	4,06	3,88	4,18
	Effort	3,55	3,45	3,7	3,52	3,64	3,91	3,85	4,09	3,52	3,48	3,61	3,91
	Ratio G/E	1,21	1,17	1,16	1,1	1,11	1,17	1,18	0,96	1,16	1,17	1,08	1,07

Tableau 11 : Variation du gain/effort de l'utilisation des pratiques LEM dans la phase amont du cycle de vie du produit en fonction du niveau de maturité Lean de l'organisation

Différences en termes de gain perçu : 3,64 vs 4,58 pour P6 "Développer des relations basées sur la confiance et l'engagement mutuels" ou en termes d'effort : 3,97 vs 3,61 pour P11 "Assurer la capacité et la maturation des processus". Le ratio est également pertinent : 1,04 vs 0,96 pour P8 "Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux".

Ces valeurs nous montrent que la perception n'est pas là même selon le niveau de maturité Lean des personnes interrogées.

Nous pouvons conclure en affirmant que pour la majorité des pratiques, le ratio gain-effort est positif et que la perception du gain et de l'effort peut varier en fonction du niveau de maturité Lean de l'organisation.

• **Lien entre pratiques principales du LEM et outils du Lean :**

Afin de faire le lien entre les deux principaux éléments de ces enquêtes : les outils du Lean, d'un côté et les pratiques principales du Lean de l'autre. Il nous a paru intéressant de tenter d'établir les interactions entre ces deux éléments. Pour cela, nous avons sollicité les industriels afin de définir quel outil serait le plus pertinent, à savoir lequel conviendrait le mieux, pour appliquer les pratiques LEM.

Etant conscient que la sélection d'outil est restreinte, la possibilité de répondre « aucun de ces outils » a été proposée aux sondés.

Les résultats (Fig.55) montrent pour chaque principe les pourcentages des outils Lean associés.

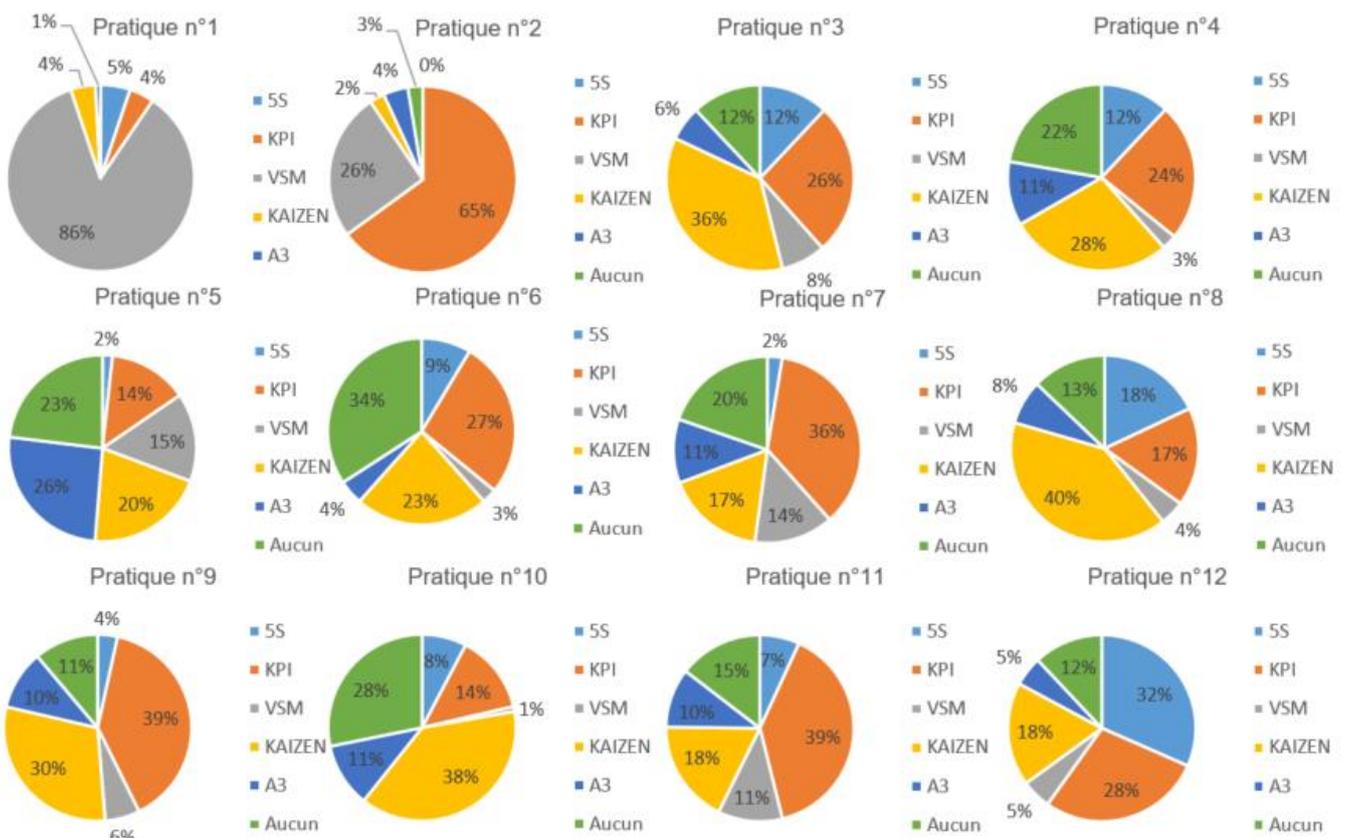


Figure 55 : Résultats de l'enquête sur le lien entre les principes LEM et les outils Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Le retour des sondés montre que pour certaines pratiques LEM pour lesquelles, l'outil Lean à associer semble être particulièrement désigné. C'est le cas pour P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise" et P2 "Assurer un flux d'informations continu" ou respectivement l'outil VSM (86%) et KPI (65%).

Pour les autres pratiques LEM, les résultats sont plus mesurés, avec plusieurs outils plébiscités. Les pratiques LEM suivantes voient néanmoins la fréquence d'un outil ressortir avec plus de 30% des voix. Le Kaizen (36%) pour P3 "Optimiser la capacité et l'utilisation des personnes ». Pour P7 "Se concentrer en permanence sur le client" a obtenu KPI dans 36% des cas. L'outil Kaizen revient respectivement à 40% et 38% pour P8 "Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux" et P10 "Favoriser un environnement propice à l'apprentissage ». Pour P11 "Assurer la capacité et la maturation des processus" l'outil KPI est plébiscité dans 39% des réponses.

Pour d'autres pratiques LEM, il semble plus difficile de distinguer une tendance claire : P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible" et P5 "Mettre en œuvre le développement intégré des produits et des processus" ou trois outils ont plus de 20% des votes.

Pour P9 "Maintenir le défi du processus existant" et P12 "Maximiser la stabilité dans un environnement changeant" les retours des industriels montrent une hésitation entre KPI et Kaizen pour le premier et 5S et KPI pour le suivant.

Enfin, aucun des outils proposés ne semble largement convenir pour P6 "Développer des relations basées sur la confiance et l'engagement mutuels" avec la réponse « aucun de ces outils » dans 34% des retours.

L'enquête a permis d'identifier les outils du Lean plébiscités par les industriels pour appliquer les différentes pratiques du LEM. Ces résultats semblent permettre de dire que dans certains cas, des outils Lean peuvent clairement être considérés comme pertinents pour appuyer l'utilisation de pratiques LEM.

## 6.3 Conclusion du chapitre 6

La démarche Bottom-Up menée a permis de mieux appréhender le Lean dans la phase amont du PLC grâce aux retours terrain apportés par les industriels consultés (203 réponses pour la première et 117 pour la seconde). Ces retours nous permettent de mieux comprendre l'utilisation du Lean et sa mise en œuvre dans le PDP des entreprises.

La première enquête a permis de valider des interrogations concernant l'utilisation du Lean au cours de la phase amont du PLC. L'application du Lean a été validée avec plus de 50% des sondés qui indiquent que leur entreprise utilise le Lean durant cette période. Les outils du Lean les plus couramment utilisés par les industriels, ont également été identifiés : 5S, KPI, Management visuel et VSM (pratiqués par plus de la moitié des entreprises). On note également une cohérence entre les outils issus de l'analyse bibliographique du chapitre 5 (VSM, Standard work, KPI, A3, Heijunka et DMAIC) et les outils sélectionnés dans ce chapitre grâce aux enquêtes terrains réalisées (5S, KPI+management visuel, VSM, A3 et Kaizen). Les outils : VSM, KPI, A3 sont présents dans les deux approches effectuées. Le 5S fait partie du travail standard. Le 5S et le Kaizen étaient également présents dans deux environnements dans l'état de l'art. La stratégie croisée que nous avons utilisée permet donc de valider la sélection des outils.

L'adhésion des entreprises aux pratiques principales du LEM pendant le développement de nouveaux produits a également été mesurée.

La seconde enquête a levé des questionnements liés à la mise en œuvre du Lean durant la phase amont du PLC. L'ordre de déploiement des outils du Lean privilégié par les industriels a été défini : 5S->KPI->Management visuel-> VSM->Kaizen->A3. Le ratio gain/effort nécessaire à la mise en œuvre en entreprise, à la fois des outils et des pratiques LEM, a été évalué par les industriels. Il a été également identifié que le niveau de maturité Lean de l'organisation a un impact sur ses résultats. Enfin, les liens ont été établis entre les pratiques LEM et les outils Lean les plus pertinents pour les mettre en œuvre.

La démarche Bottom-Up réalisée au travers de ces deux enquêtes a permis de collecter de précieuses informations sur la pratique du Lean au cours de la phase amont du PLC, telles que perçues et vécues par les industriels dans leur entreprise.

La prise en compte de ces résultats concrets, dans l'élaboration d'une stratégie de déploiement du Lean paraît donc pertinente.

Réponse au verrou de recherche n°6 « *Comment évaluer les pratiques et outils du Lean utilisés dans la phase amont du cycle de vie produit ?* » :

Pour évaluer l'utilisation des outils et pratiques du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit, il est nécessaire d'interroger ceux qui emploient la méthodologie au quotidien : les industriels.

Ainsi à travers deux enquêtes, nous avons interrogé les utilisateurs du Lean (avec respectivement 203 et 117 retours). Premièrement, afin de valider leurs intérêts et l'utilisation de cette méthodologie. Deuxièmement, afin de déterminer quels pratiques et outils du Lean étaient réellement mis en œuvre sur le terrain. Enfin, un autre aspect déterminant pour la réussite de la démarche a été mesuré : le gain et l'effort perçus par les industriels pour déployer les pratiques et outils du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit en fonction de la maturité de l'organisation.

Les résultats sur ces trois paramètres (intérêt, utilisation, gain/effort perçus) obtenus lors de ces enquêtes représentent une base de données intéressante pour mieux appréhender l'utilisation du Lean dans la première étape du cycle de vie produit dans l'industrie.

## **Conclusion partie II**

Pour développer un nouveau produit, l'entreprise doit entreprendre des actions pour passer d'un état de concept à celui d'un produit industrialisé. Nous avons effectué une analyse holistique et systémique du processus de développement produit de Stäubli EC SAS. Cette analyse démontre que la phase amont du cycle de vie produit est composée de trois environnements étroitement liés et interdépendants : le processus d'innovation, le processus opérationnel et le système d'information. Pour chacun de ces environnements, il existe une déclinaison de la méthodologie Lean (Lean Product Development, Office et IT). Nous avons démontré qu'une approche unilatérale du Lean dans un seul environnement n'a qu'une efficacité limitée, du fait de l'interdépendance de ses environnements. Pour être efficace, une approche intégrée (holistique et systémique) du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit doit être mise en œuvre.

L'approche Top-Down réalisée, nous a tout d'abord permis, grâce à l'analyse de la littérature, de définir les outils du Lean adaptés à la première étape du cycle de vie produit ainsi qu'à leurs champs d'application contre les gaspillages du Lean : les 7 Muda. L'examen de l'état de l'art concernant l'aspect déploiement du Lean, nous ont permis de découvrir une approche holistique et systématique proposée par le Lean Aerospace Initiative du MIT. Cette stratégie de déploiement du Lean est basée sur une triade d'outils : une roadmap macroscopique du déploiement (TTL), un outil d'autoévaluation de la maturité Lean (LESAT) et un modèle de bonnes pratiques inspiré des principes Lean (LEM).

Afin de compléter notre stratégie croisée avec l'analyse du terrain : une approche Bottom-Up a été menée. Pour cela deux enquêtes (203 et 117 participants) ont été effectuées afin d'interroger les industriels sur leurs pratiques du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit. Leurs retours nous ont permis de valider l'intérêt et l'utilisation du Lean pour cette période-clé, mais également, de définir les pratiques LEM et outils du Lean utilisés sur le terrain. Le gain et l'effort perçus par les industriels pour déployer les pratiques et outils du Lean ont été mesurés dans la phase amont du cycle de vie produit. Ces données sont intéressantes pour mieux comprendre le déploiement du Lean.



## Partie III

# Proposition d'une roadmap de déploiement

La troisième partie de cette thèse est consacrée à la proposition d'une roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit et à sa mise en application.

- Le chapitre 7 a pour objectif de présenter la genèse de la roadmap.
- Le chapitre 8, est dédié à l'analyse des éléments constitutifs et à la proposition d'une roadmap de déploiement.
- Le chapitre 9, est consacré à la mise en pratique et au suivi du déploiement de la roadmap.



## Chapitre 7 : Genèse de la roadmap de déploiement

Ce chapitre a pour vocation de présenter l'origine de la roadmap de déploiement que nous proposons.

Pour commencer, nous présenterons les liens entre les pratiques du Lean Enterprise Model définies par le MIT. Puis, nous expliquerons le choix de l'élaboration d'une roadmap.

Ce chapitre permettra de répondre au verrou de recherche n°7 : « *Comment opérationnaliser une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

En lien avec l'analyse des pratiques industrielles effectuées dans le chapitre 6, l'outil LEM vu dans la section 5.2.4 compile les « bonnes pratiques » issues des principes du Lean.

### 7.1 Interactions des pratiques LEM

L'outil LEM développé par la LAI et le MIT, propose des pratiques concrètes à appliquer aux industriels, souhaitant entreprendre une démarche Lean. L'objectif lié à la mise en place des pratiques LEM est d'impulser la réalisation des principes du Lean, dont ces pratiques découlent. Chaque pratique principale LEM et ses pratiques secondaires associées, permettent d'apporter un référentiel pratique pour les entreprises. En effet, pour les entreprises se lançant dans une démarche Lean, il peut être difficile de transposer les grands principes de la méthodologie en pratiques concrètes au niveau de l'organisation. Le LEM complète un manque en proposant des pratiques effectives aux industriels. Ce référentiel vient compléter au niveau opérationnel, les lignes directrices nécessaires à la mise en place d'une démarche Lean, définie dans le cadre de la triade d'outils du LAI, par la feuille de route TTL au niveau stratégique et l'outil d'évaluation de la maturité LESAT au niveau tactique.

Le LEM (tel que présenté en Annexe 6.) est constitué de douze pratiques principales, directement dérivées des principes du Lean, décomposés en pratiques secondaires appelées « *enabling practices* » qui ont pour vocation de faciliter la mise en application des pratiques principales.

Ces pratiques facilitatrices, sont associées à une pratique principale, mais peuvent également avoir un effet pluriel. Le LEM identifie, pour chaque pratique secondaire, les autres pratiques principales facilitées par son utilisation. Si les pratiques principales du LEM partagent des pratiques facilitatrices, il paraît intéressant d'analyser les liens entre les pratiques. Identifier ces liens,

permettraient de définir les pratiques principales dont l'utilisation a le plus d'impacts sur les autres. Cette connaissance pourrait établir à la mise en place d'une stratégie : Prioriser, dans un premier temps les pratiques principales possédant le plus de pratiques secondaires communes afin de faciliter, dans un second temps, la mise en œuvre des autres pratiques principales.

Pour identifier ces liens, nous avons effectué dans un premier temps une analyse qualitative des principes secondaires (Annexe 9.) Pour identifier les interactions entre les pratiques secondaires nous avons défini une matrice à douze entrées (Tab.12). Dans chaque ligne de la matrice, les pratiques secondaires associées à la pratique principale, ont été intégrées dans les colonnes correspondantes aux autres pratiques principales pour lesquelles ces pratiques secondaires ont également un impact.

	Practice 1	Practice 2	Practice 3
Practice 1	X	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Minimize inventory through all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Strive for single piece flow (1,2,9,12) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Synchronize production and delivery throughout the value chain(1,2,6,9,12) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)	Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)
Practice 2	Make processes and flows visible to all stakeholders (1,2,4,5,9,11) Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12) Link databases for key functions throughout the valuechain (1,2,4,5,9,12) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability (1,2,4,5,9,11)	X	/
Practice 3	Analyze workforce capabilities and needs to provide for balance of breadth and depth of skills/knowledge(1,3,5,8,10,11) Broaden jobs to facilitate the development of a flexible workforce (1,3,4,5,10,12)	Ensure maintenance, certification and upgrading of critical skills (2,3,4,10,11)	X

Tableau 12 : Extrait de l'analyse qualitative des interactions entre les pratiques LEM à partir de (LAI MIT, 2004)

Dans un second temps, nous avons effectué une analyse quantitative (Martin, 2020), en relevant le nombre de pratiques secondaires partagées entre les différentes pratiques principales du LEM.

	Pratique 1	Pratique 2	Pratique 3	Pratique 4	Pratique 5	Pratique 6	Pratique 7	Pratique 8	Pratique 9	Pratique 10	Pratique 11	Pratique 12	Moyenne colonne
Pratique 1	X	7	3	5	3	3	1	/	6	/	4	5	3,36
Pratique 2	4	X	/	4	4	1	1	1	4	/	2	2	2,09
Pratique 3	2	1	X	2	2	1	/	1	/	4	2	1	1,45
Pratique 4	2	4	2	X	5	3	/	7	2	/	1	2	2,55
Pratique 5	3	5	/	3	X	4	6	/	2	/	3	6	2,91
Pratique 6	/	1	2	1	2	X	2	1	3	2	/	2	1,45
Pratique 7	/	1	/	1	2	2	X	/	3	1	2	2	1,27
Pratique 8	3	2	3	4	3	4	2	X	3	3	3	2	2,91
Pratique 9	4	2	2	2	1	2	1	1	X	/	4	/	1,73
Pratique 10	1	1	1	1	/	1	/	/	3	X	2	/	0,91
Pratique 11	1	1	1	1	1	/	/	/	2	/	X	1	0,73
Pratique 12	3	/	/	1	3	2	/	/	3	/	2	X	1,27
Moyenne ligne	2,09	2,27	1,27	2,27	2,36	2,09	1,18	1,00	2,82	0,91	2,27	2,09	

Tableau 13 : Analyse quantitative des interactions entre les pratiques LEM à partir du (LAI MIT, 2004)

Ainsi, la matrice (Tab.12) permet de visualiser pour chaque pratique principale (ligne), les pratiques secondaires communes avec les autres pratiques principales (colonnes).

Le chiffre à l'intersection des lignes et des colonnes, définit le nombre de pratiques facilitantes issues de la pratique principale de la ligne, partagées avec la pratique principale de la colonne. Ainsi la pratique principale 1 possède 7 pratiques secondaires communes avec la pratique principale 2. A l'inverse, 4 pratiques facilitatrices issues de la pratique principale 2 sont partagées avec la pratique principale.

Les calculs de la moyenne des lignes, définissent, combien de pratiques secondaires d'une pratique principale sont en moyenne communes avec d'autres pratiques. Pour le pratique 1, ces pratiques facilitatrices se retrouvent en moyenne dans 3,36 autres pratiques principales.

Concernant les calculs des moyennes des colonnes, ceux-ci indiquent combien en moyenne d'autres pratiques principales possèdent des pratiques secondaires communes. Toujours pour la pratique 1, en moyenne 2,09 autres pratiques principales ont des pratiques secondaires en commun.

Cette analyse quantitative et l'utilisation des valeurs moyennes révèlent une forte interdépendance entre les pratiques principales du LEM. En effet la grande majorité des pratiques principales possède au moins une interaction au niveau des pratiques secondaires avec les autres pratiques principales.

Ces données ont été utilisées pour réaliser le graphique ci-dessous (Fig.56), qui permet de visualiser le positionnement des pratiques principales du LEM en fonction de leurs interactions avec les pratiques secondaires.

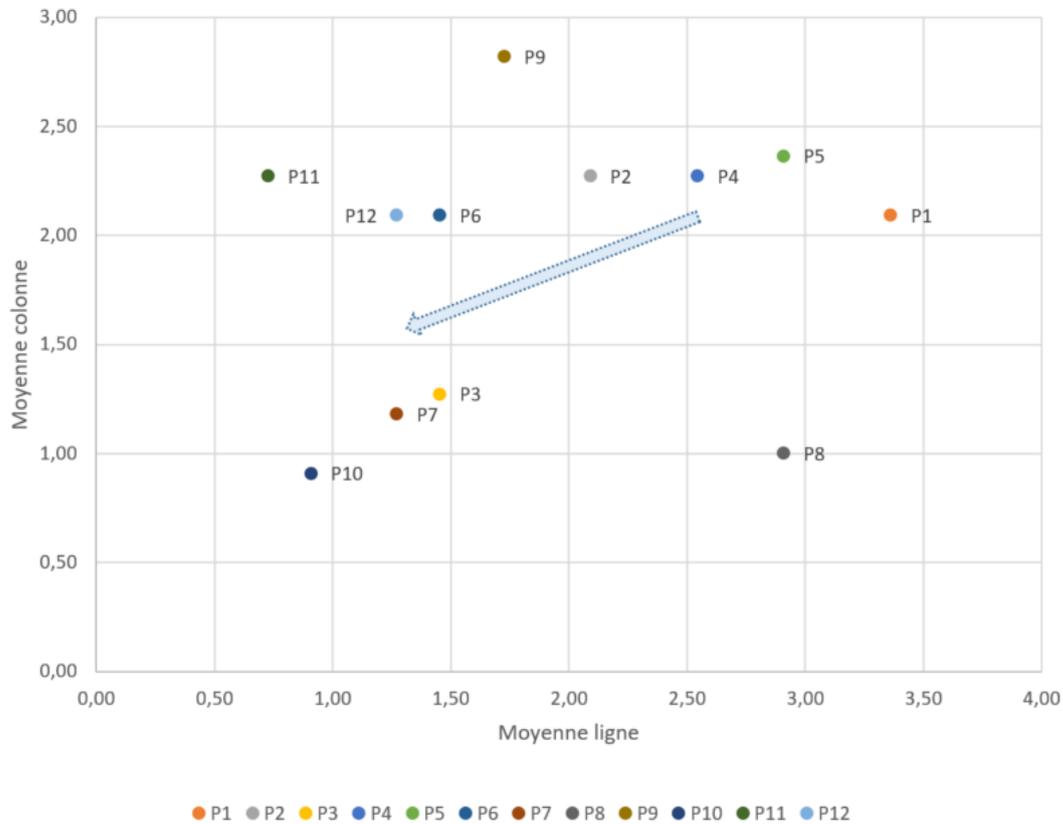


Figure 56 : Interactions des pratiques LEM

Ce graphique peut se lire de la manière suivante :

Premièrement, plus une pratique LEM est située sur la droite, plus ces pratiques secondaires sont communes à d'autres pratiques principales.

Secondement, plus une pratique est située vers le haut, plus les pratiques secondaires d'autres pratiques principales ont un effet sur elle.

Ce graphique basé sur les interactions entre les pratiques du LEM, révèle qu'un ordre de déploiement théorique existe. En effet, il paraît pertinent de commencer par mettre en œuvre les pratiques principales possédant les pratiques facilitatrices communes avec le plus d'autres pratiques. Ainsi, l'application prioritaire de ces pratiques principales, faciliterait et préparerait la mise en œuvre des pratiques principales possédant des pratiques secondaires plus dédiées. Cela reviendrait à appliquer les pratiques dans l'ordre suivant une diagonale d'en haut à droite à en bas

à gauche (voir flèche), ce qui impliquerait prioriser les principes P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise", P5 "Mettre en œuvre le développement intégré des produits et des processus" pour finir par appliquer P7 "Se concentrer en permanence sur le client" et P10 "Favoriser un environnement propice à l'apprentissage » (dont la mise en place sera favorisée par les autres pratiques déjà en œuvre).

L'intérêt de cette analyse des interactions entre les pratiques LEM, est de démontrer qu'il existe des liens et une interdépendance entre les pratiques. Celles-ci ne doivent pas être vues comme des pièces d'une boîte à outils à appliquer indépendamment comme des éléments interconnectés dont la combinaison permet d'arriver à la démarche globale de l'entreprise.

L'ordre de mise en œuvre des pratiques principales du LEM, tel qu'il semble préconisé par l'analyse des interactions, est basé sur une vision purement théorique et monoculaire. Néanmoins, cette analyse ouvre une première porte pour répondre au besoin d'accompagnement des industriels, en apportant une première approche logique et théorique, pour organiser la mise en œuvre des pratiques LEM. D'autres approches définissant la stratégie et la mise en œuvre du LEM doivent être étudiées et prendre en compte l'ensemble des aspects intégrant la phase amont du PLC des entreprises.

Pour pousser plus loin cette réflexion, il est intéressant d'étudier la littérature pour définir quel modèle est le plus intéressant pour formaliser une stratégie de mise en œuvre des pratiques LEM.

## 7.2 Pourquoi une roadmap ?

Le Lean est défini par une philosophie et un ensemble de pratiques et d'outils. La difficulté consiste à les mettre en œuvre de la bonne manière et au bon moment. « *Il n'existe pas de modèle de réussite « prêt à consommer » pour appliquer les concepts du Lean* » (Liker, 2004). Pour cela beaucoup de travaux s'intéressent à la mise en pratique du Lean et à la définition d'un mode opératoire pour son déploiement.

Toutes les organisations sont face à un défi à accomplir lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre une nouvelle stratégie. Un déploiement réussi passe impérativement par la gestion des ressources humaines. En effet, pour atteindre l'excellence, l'adoption des bonnes pratiques par l'ensemble des collaborateurs est indispensable (Saunders et al, 2008). Historiquement, il existe deux approches du déploiement. D'un côté, l'approche *Prescriptive planning* (Mintzberg, 1994) qui consiste à la planification du déploiement : définition des objectifs, des actions à réaliser, les ressources nécessaires et des indicateurs à suivre. De l'autre, la *Process approach* (Miller et al, 2004) qui mise sur le changement de comportement des collaborateurs, en modifiant ses habitudes et routines opérationnelles. Pour Johnson et Scholes, un déploiement réussi doit prendre en compte les approches citées précédemment en réunissant les conditions suivantes : mettre en place une organisation appropriée, allouer les ressources nécessaires et accompagner le changement (Johnson et Scholes, 2002). Le modèle CPE (Criteria for Performance Excellence), reprend les différents éléments qui participent à la performance d'une organisation (Fig.57). Pour arriver à l'excellence, la stratégie utilisée doit prendre en compte ces éléments (NIST, 2005).

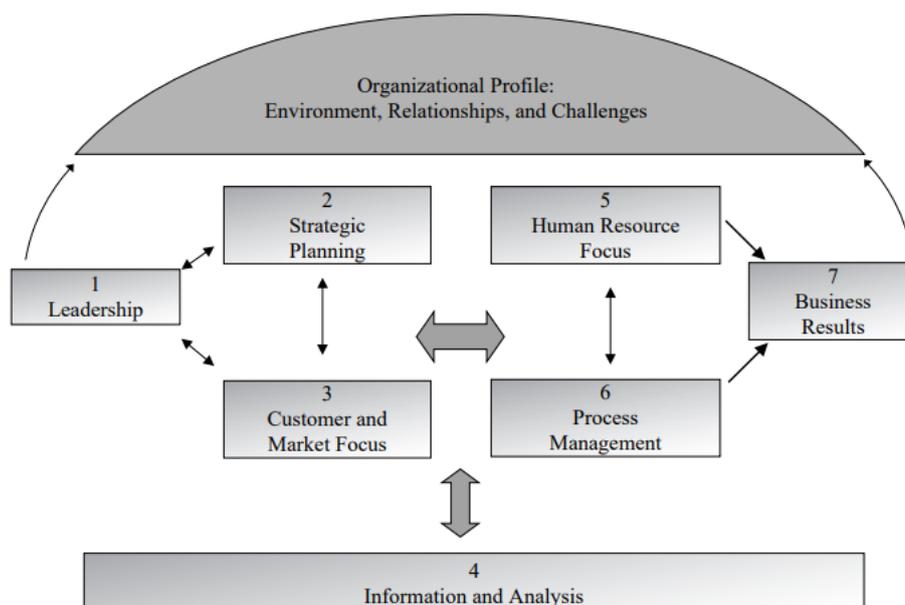


Figure 57 : Criteria for Performance Excellence (NIST, 2005)

Le besoin de définir le bon cheminement pour mettre en œuvre le Lean est présent depuis son apparition. Pour Ginn et Finn, ce chemin vers le Lean peut être appelé Roadmap, une feuille de route qui aide les industriels à identifier et traiter les gaspillages ainsi que de comprendre comment et quand appliquer les différentes approches du Lean dans les processus de l'organisation avec pour objectif de viser l'Ex OP (Ginn et Finn, 2007).

Pour Crabill et al, une roadmap de déploiement doit fournir un processus de mise en œuvre systématique qui définit les actions importantes, leur classement par ordre de priorités et les différentes étapes nécessaires à la transition vers une organisation Lean (Crabill et al, 2000).

En France, plusieurs stratégies de déploiement de l'Ex OP ont été mises en place notamment par les grands groupes automobiles dans les années 1990 et 2000 afin de conserver leurs avantages concurrentiels.

C'est le cas du groupe Valéo, qui utilise depuis les années 1990 la méthode *5 Axes* : Qualité totale, innovation constante, intégration des fournisseurs, système de production, implication du personnel. Ces axes sont des vecteurs de la quête d'un progrès permanent mais aussi de la standardisation des pratiques au sein d'un groupe (Fall, 2009).

Pour améliorer sa démarche d'excellence dans les *5 Axes* définis, Valéo a mis en place une méthode de pilotage du progrès appelée *5 Steps* (Blanc et Monomakhoff, 2008).

La méthode *5 Steps* prévoit des roadmaps de management. Ces roadmaps doivent permettre un déploiement efficace des bonnes pratiques et les standards associés, le suivi de l'auto-progression et un contrôle plus efficace de l'appropriation par l'organisation de ces bonnes pratiques (Fall, 2009).

Trois types de roadmap ont été formalisés (Fig.58), selon l'application souhaitée et dont la progression est divisée en cinq niveaux (allant par exemple d'Initial à Optimized »).

Le principe de la méthode *5 Steps*, est de décliner les objectifs stratégiques de l'entreprise, défini par la direction générale pour les *5 Axes*, en feuilles de route tactiques (roadmap) conçues par la direction fonctionnelle (les métiers), afin d'être mises en œuvre sur le terrain par la direction opérationnelle dans le but d'atteindre les objectifs définis.

L'objectif de ces roadmaps est de créer des synergies entre les trois niveaux de l'entreprise (stratégique, tactique et opérationnel) et « le passage de la stratégie à l'action » (Blanc et Monomakhoff, 2008).

Type roadmap	Excellence	Efficiency	Solution
	<b>Stratégie</b> 	<b>Processus</b> 	<b>Solution</b> 
<b>Portée</b>			
<b>Motif</b>	Déployer une nouvelle stratégie d'organisation	Améliorer un processus opérationnel	Déployer une nouvelle solution technique
<b>Objectif</b>	Franchir un palier décisif	Il faut que le processus soit 100 % efficace	Réduire le temps du déploiement
<b>Durée</b>	3 à 5 ans 1 niveau par année	2 à 3 ans 1 niveau par semestre	1 à 2 ans 1 niveau par semestre
<b>Exigences type</b>	Résultats d'activité successifs à atteindre	Documents méthodologiques ou procédures	Avancement technique
<b>Indicateurs</b>	Chiffres liés à l'activité	Performance, délai, qualité	Indicateurs physiques et financiers
<b>Périmètre</b>	Organisation	Plusieurs fonctions	Limité à une fonction
<b>Facteur clé de succès</b>	Richesse et profondeur de l'analyse	Zéro défaut	Rapidité

Figure 58 : Méthode 5 steps Valéo : les différents types de roadmap (Fall, 2009)

Le Groupe PSA, de son côté a également développé une méthode de déploiement pour atteindre l'Ex Op : Le *PSA Excellence System*. Ce système se focalise sur l'intégration de la dimension humaine dans la démarche de transformation de l'organisation. L'objectif de ce système est double. D'un côté, encourager l'autonomie et la créativité des collaborateurs. De l'autre, optimiser les processus et développer des standards de travail. La démarche globale du système repose sur un double dynamique : la Direction définit les objectifs à atteindre (Top-Down) et les équipes sur le terrain alimentent le progrès via la résolution des problèmes (Bottom-Up). Les managers responsables du *PSA Excellence System*, ont pour rôle de d'entretenir cette dynamique au cœur de la démarche d'excellence, en animant les équipes, pour assurer l'application des standards et la conduite de l'amélioration (Magnani, 2018).



Figure 59 : La maison *PSA Excellence System* (Magnani, 2018)

L'approche menée dans le PSA Excellence System est tournée vers le développement et la formation des collaborateurs, la maison *PSE* (Fig.59) qui résume les différents principes du système est fondée sur les notions de « valeurs », « attitudes » et « comportements ». A l'instar de Liker et Meier, qui dans leur livre « Toyota Talent », se focalisent sur comment l'utilisation des pratiques Lean peut permettre de développer l'Humain et par conséquent améliorer les performances des organisations (Liker et Meier, 2007).

L'objectif d'une roadmap de déploiement (Fig.60) est de permettre de passer du statut de connaissance théorique à celui de compétence, pratique.

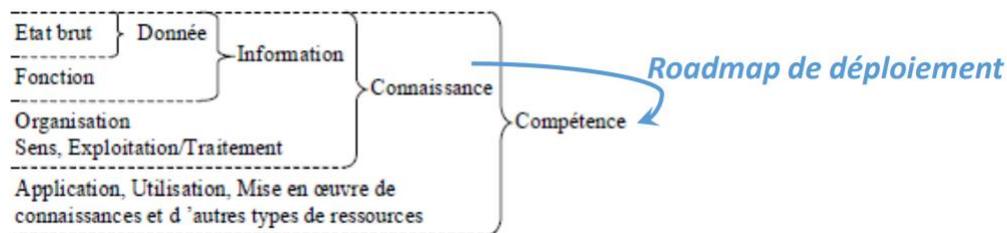


Figure 60 : Evolution du savoir (d'après Gardoni, 1999)

Dans leurs travaux, Anvari et al, analysent les 28 modèles de déploiement du Lean et démontrent que trois grandes étapes sont toujours présentes (Fig.61) : une étape de préparation, une étape de conception et une dernière de mise en œuvre (Anvari et al, 2011).

Stages	Steps
Stage 1: Preparation	Gap assessment strategic planning
	Understanding waste
	Establishing the objective
	Getting the organizational structure right
	Finding a change agent
	Creating an implementation team
	Training the staff in team building and lean principles
Stage 2: Design	Suppliers and customers involved
	Recognizing the need for change
	Mapping the value streams
	Analyzing the business for improvement opportunities
Stage 3: Implementation	Planning the changes
	Identify indicators to measure performance
	Creating a feedback mechanism
	Starting with a pilot project
	Starting the next implementation projects
	Evaluating and sustaining changes
	Changing the material SC systems and philosophies
Selling the benefits of "lean" thinking	
Pursue perfection	
Expand the scope	

Figure 61 : Etapes et principales actions issues de l'analyse des différents modèles de déploiement du Lean (Anvari et al, 2011)

On retrouve d'ailleurs, les grandes lignes de ces trois étapes dans la roadmap de déploiement Transformation To Lean (TTL) proposée par la LAI MIT (LAI MIT,2004) mais dans ce cas, pourquoi aurions-nous besoin d'une nouvelle roadmap de déploiement si l'outil TTL existe déjà ?

La roadmap TTL conçue par la LAI MIT (Annexe. 4) a pour objectif de répondre à la question « Comment procéder pour devenir Lean ? » (Nightingale, 1998). L'outil TTL propose une roadmap macroscopique du déploiement de la démarche Lean au niveau d'une organisation, intégrant des cycles courts et longs termes, ainsi que des boucles d'itération. Cette feuille de route repose sur sept étapes principales : Décider de commencer la transformation de l'entreprise, adopter le paradigme Lean, se focaliser sur le flux de valeur, développer la structure et les comportements Lean, créer un plan de transformation, mettre en œuvre des initiatives Lean et pour finir se concentrer dans l'amélioration continue. L'intégration de la roadmap TTL dans la vision de l'organisation, permet d'orienter sa stratégie vers une transformation Lean.

Un autre outil du triptyque LAI MIT, le LEM (Annexe. 6) propose quant à lui douze pratiques principales adaptées des principes Lean, chacune composée d'un ensemble de pratiques facilitatrices. L'application de ces bonnes pratiques a pour objectif de supporter la démarche de transformation de l'organisation.

Parmi la triade d'outils du LAI MIT, le déploiement du Lean dans l'organisation est issu de la corrélation de l'utilisation de la roadmap macroscopique de déploiement TTL et du recueil de bonnes pratiques LEM (Fig.62).

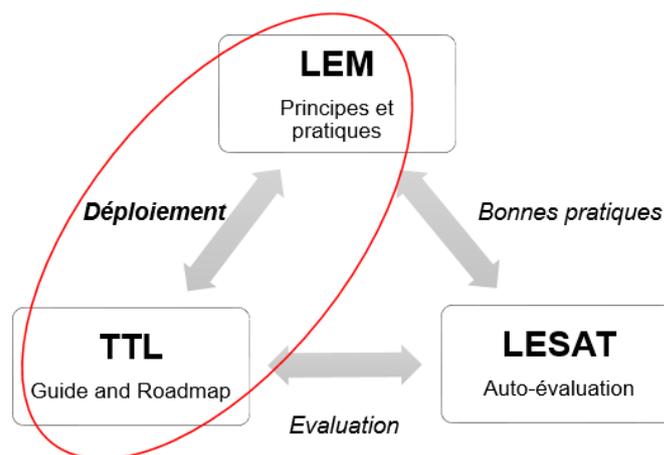


Figure 62 : Lien supportant le déploiement de la triade d'outils LAI MIT (LAI MIT, 2001)

Malheureusement, aujourd'hui aucun support ne permet aux industriels souhaitant débiter une démarche de transformation, de faire le lien entre ces deux outils.

Il existe donc le besoin de créer une roadmap opérationnelle, formant un lien entre la vision stratégique (TTL) et la vision opérationnelle (LEM). Fournir un support pertinent, qui apporte une vision à court, moyen et long terme, destiné aux managers qui pilotent la transformation de l'organisation.

Définir une feuille de route optimisée et outillée de la mise en œuvre des pratiques LEM, pour accompagner pas à pas, sur le terrain, le déploiement du Lean. L'objectif n'étant pas de repenser un modèle de déploiement mais bien de venir compléter les outils développés par la LAI MIT avec une roadmap opérationnelle du Lean.

Pour maximiser leurs compétitivités, les entreprises doivent aujourd'hui déployer le Lean dans l'ensemble des processus nécessaires au développement produit et non seulement en production. Dans l'idéal le PDP en lui-même devrait être conçu en intégrant les principes Lean afin de limiter les erreurs et les boucles d'itération (Silvério et al, 2019). Malheureusement, une roadmap de déploiement du Lean n'est pas un livre de recettes qui doit être suivi strictement, car chaque déploiement est différent, chaque organisation est spécifique et possède une culture et un fonctionnement qui lui sont propres (Alam, 2009). La mise en œuvre du Lean est un processus graduel, qui doit permettre en plus d'atteindre des objectifs, de façonner une culture de l'organisation. La démarche de déploiement à mettre en œuvre doit inclure la notion de maturité Lean et son évolution avec le changement des mentalités dans l'organisation (Sentianto et Haddub, 2016).

Réponse au verrou de recherche n°7 : « *Comment opérationnaliser une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

L'outil LEM (LAI MIT) propose un modèle qui définit et structure les bonnes-pratiques issues des principes de la méthodologie Lean. L'analyse des liens entre ces pratiques a montré une forte interdépendance, laissant présager la possibilité de définir l'ordre de déploiement, le plus efficient à mettre en œuvre.

L'analyse de la littérature sur la mise en œuvre de la stratégie, nous éclaire sur la méthodologie à utiliser. La notion de roadmap, une feuille de route planifiant et priorisant la mise en œuvre des actions, apparaît comme être la meilleure solution pour déployer la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie produit.

# Chapitre 8 : Analyse des éléments constitutants et proposition d'une roadmap de déploiement

Ce huitième chapitre est consacré à l'analyse des éléments constitutants permettant d'arriver à la présentation d'une roadmap de déploiement.

Dans un premier temps nous allons présenter la démarche de construction utilisée et dans un second temps proposer une roadmap de déploiement du Lean adaptée à la phase amont du cycle de vie produit.

Ce chapitre apporte une réponse aux verrous de recherche n°3 et n°8 : « *Comment optimiser le ratio gain/effort des actions à mettre en œuvre ?* » et « *Quelle vision court et long terme de la performance instaurer dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

## 8.1 Démarche de construction

### 8.1.1 Démarche

Précédemment, le chapitre 7 a montré la possibilité théorique d'optimiser la mise en œuvre des pratiques LEM en structurant leurs applications selon un ordre défini à travers leurs liens d'interdépendance. Nous avons vu également que la déclinaison d'une stratégie à travers une feuille de route planifiant la mise en œuvre des actions permettait d'établir une roadmap de déploiement. Cette roadmap apporte une réponse aux besoins des industriels souhaitant appliquer une stratégie, en les guidant dans les actions à réaliser tout au long de la mise en œuvre, jusqu'à l'atteinte des objectifs fixés.

Pour répondre à notre problématique scientifique : Comment déployer et outiller une démarche Lean dans la phase amont du PLC ? Nous avons choisi d'utiliser les résultats obtenus au travers des approches Top-Down et Bottom-Up menées et établir une roadmap sur la base de ces éléments de réponse issus à la fois de la littérature et des retours du terrain. Cette feuille de route, basée sur les pratiques LEM vient compléter l'approche globale développée par la LAI MIT autour de sa

triade d'outils. Notre roadmap a pour vocation d'opérationnaliser et d'outiller l'application des pratiques LEM.

Cette feuille de route est construite autour d'une vision intégrée du Lean dans la phase amont du PLC, une approche globale du Lean durant cette période, qui prend en compte les déclinaisons du Lean adaptées aux trois environnements identifiés dans le chapitre 4 : Lean Product Development, Lean Office et Lean IT.

Pour concevoir cette roadmap spécifiquement dédiée à la phase amont du PLC, nous avons utilisé les résultats obtenus grâce à la stratégie croisée utilisée. Cette stratégie combinant les démarches Top-Down et Bottom-Up. Elle possède l'avantage d'intégrer à la fois des éléments validés par la littérature, collectés par les analyses bibliographiques présentées dans le chapitre 5 et les retours du terrain que nous avons collectés grâce aux enquêtes présentées dans le chapitre 6.

La feuille de route proposée repose sur la volonté d'instancier l'ordre de déploiement des pratiques LEM en prenant en compte leurs ratios gain/effort mais également leurs fréquences d'utilisation et d'outiller les pratiques en les associant aux outils Lean appropriés.

### 8.1.2 Eléments constitutants

Cette section présente la logique et les éléments constitutants utilisés pour construire cette roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC.

- **Analyse 4 cadrans gain/effort des pratiques LEM :**

Dans la section 6.2.1, nous avons présenté les résultats de la seconde enquête menée auprès des industriels. Dans ce sondage, il était demandé aux participants d'évaluer le gain perçu et l'effort à fournir pour mettre en œuvre des pratiques LEM dans la phase amont du PLC de leur entreprise. Pour analyser ces résultats, nous avons effectué une analyse 4 quadrants (American Society for Quality, 2023) (Kim, 2021). Cette méthodologie permet de prioriser des éléments en fonction de leurs caractéristiques.

En projetant l'effort perçu sur l'axe des abscisses et le gain sur l'axe des ordonnées des résultats obtenus à partir de la seconde enquête menée auprès de l'ensemble du panel (117 industriels), nous obtenons le graphique suivant (Fig.63) :

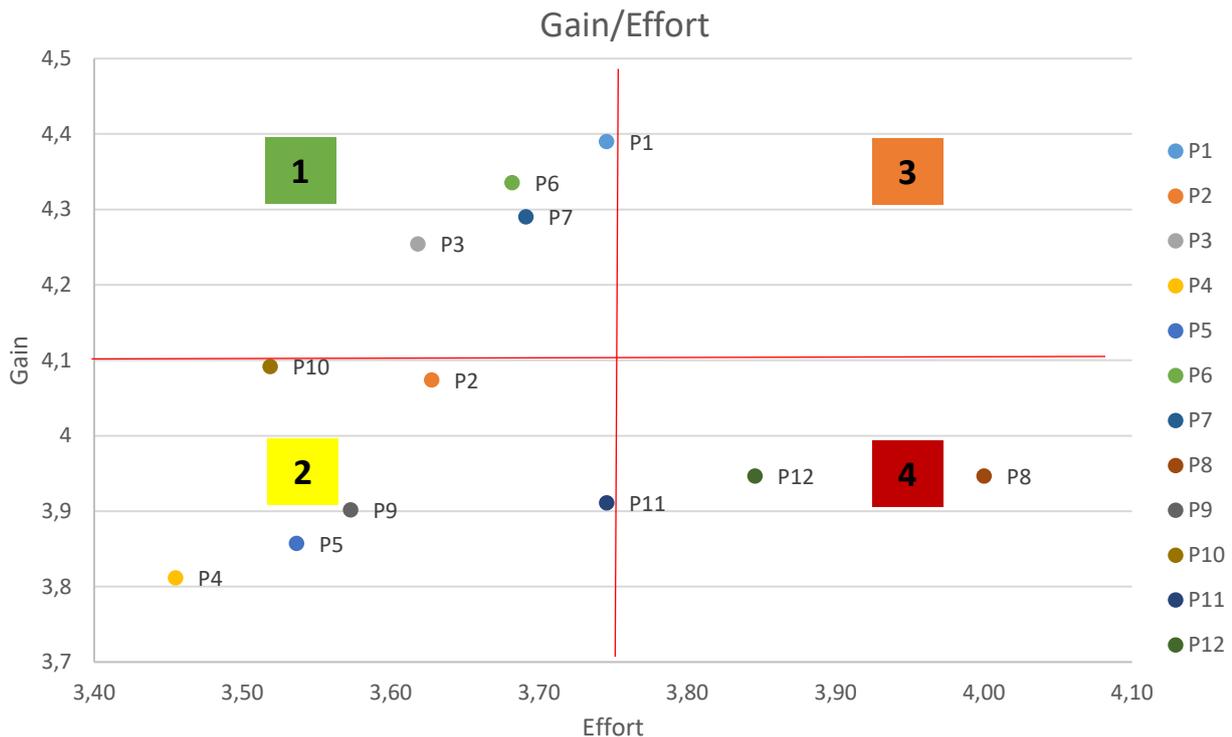


Figure 63 : Graphique analyse 4 quadrants du gain/effort perçu de l'utilisation des pratiques de LEM dans la phase amont du cycle de vie du produit

La représentation 4 quadrants permet de classer par ordre de priorité les douze pratiques LEM en fonction du gain et de l'effort perçus :

1<sup>er</sup> quadrant - Gain élevé et effort faible, "*Priorité de mise en œuvre*" : P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise", P3 "Optimiser la capacité et l'utilisation des personnes", P6 "Développer des relations basées sur la confiance et l'engagement mutuels", P7 "Se concentrer continuellement sur le client", P5 "Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit et processus"

2<sup>ème</sup> quadrant – Gain faible et effort faible, "*Priorité plus basse*" : P10 "Favoriser un environnement propice à l'apprentissage", P2 "Assurer une circulation fluide de l'information", P9 "Maintenir la remise en question des processus existants", P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible", P11 "Assurer la capacité et la maturation des processus".

3<sup>ème</sup> quadrant - Gain et effort élevés, "*A planifier*" : aucune pratique.

4<sup>ème</sup> quadrant - Gain faible et effort important, "*Surdimensionné ?*" ou "*A viser*" : P12 "Maximiser la stabilité dans un environnement changeant", P8 "Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux".

Il est possible que les pratiques situées près de la limite entre les deux quadrants passent de l'un à l'autre en fonction du niveau de maturité de l'organisation.

Nous avons vu dans la section 6.2.1 que le niveau de maturité influe sur le gain et l'effort perçus pour mettre en œuvre les pratiques LEM. Le quatrième quadrant correspond aux pratiques les plus difficiles à mettre en œuvre et nécessitant un niveau de maturité Lean élevé.

L'analyse des 4 quadrants permet de prioriser la mise en œuvre des pratiques LEM sur la base d'une approche qui a l'avantage de ne pas classer les outils les uns par rapport aux autres, mais de les classer en fonction des caractéristiques issues de l'évaluation des industriels interrogés.

• **Analyse fréquence d'utilisation/efficacité des pratiques LEM :**

L'analyse précédente nous a permis de définir un ordre de priorité dans le déploiement des pratiques LEM. Pour affiner l'ordre de mise en œuvre des pratiques, il nous a paru intéressant de comparer la fréquence d'utilisation des pratiques par rapport à leurs efficacités. En effet, on peut estimer que plus la fréquence d'utilisation est élevée, plus la pratique est déjà assimilée au sein de l'organisation et donc facile à déployer.

Les valeurs à prendre en compte dans cette analyse (Tab.13) ont été définies à partir des résultats des enquêtes présentées dans la section 6.2.1. Pour définir la fréquence d'utilisation des pratiques LEM, nous avons utilisé les résultats de l'enquête n°1 concernant l'application des pratiques LEM, collectés auprès de 126 industriels, concernant l'efficacité des pratiques, l'utilisation des résultats de l'enquête n°2, nous a permis de calculer le ratio gain/effort de chaque pratique.

Pratique	Appliqué	Souhaité	Non concerné	Fréquence utilisation	Gain	Effort	Efficacité (ratio G-E)
<b>P1</b>	68,3%	31,0%	0,8%	<b>74%</b>	4,39	3,75	<b>1,17</b>
<b>P2</b>	45,2%	54,0%	0,8%	<b>49%</b>	4,07	3,63	<b>1,12</b>
<b>P3</b>	55,6%	43,7%	0,8%	<b>60%</b>	4,25	3,62	<b>1,18</b>
<b>P4</b>	38,1%	53,2%	8,7%	<b>41%</b>	3,81	3,45	<b>1,10</b>
<b>P5</b>	64,3%	22,2%	13,5%	<b>69%</b>	3,86	3,54	<b>1,09</b>
<b>P6</b>	53,2%	43,7%	3,2%	<b>57%</b>	4,34	3,68	<b>1,18</b>
<b>P7</b>	70,6%	27,0%	2,4%	<b>76%</b>	4,29	3,69	<b>1,16</b>
<b>P8</b>	34,9%	59,5%	5,6%	<b>38%</b>	3,95	4,00	<b>0,99</b>
<b>P9</b>	59,5%	38,9%	1,6%	<b>64%</b>	3,90	3,57	<b>1,09</b>
<b>P10</b>	50,0%	47,6%	2,4%	<b>54%</b>	4,09	3,52	<b>1,16</b>
<b>P11</b>	63,5%	33,3%	3,2%	<b>68%</b>	3,91	3,75	<b>1,04</b>
<b>P12</b>	41,3%	55,6%	3,2%	<b>44%</b>	3,95	3,85	<b>1,03</b>

Tableau 14 : Résultats des enquêtes 1 et 2, utilisés pour réaliser l'analyse fréquence d'utilisation/efficacité des pratiques LEM

La figure ci-dessous (Fig.64) montre le résultat de l'analyse fréquence d'utilisation/efficacité :

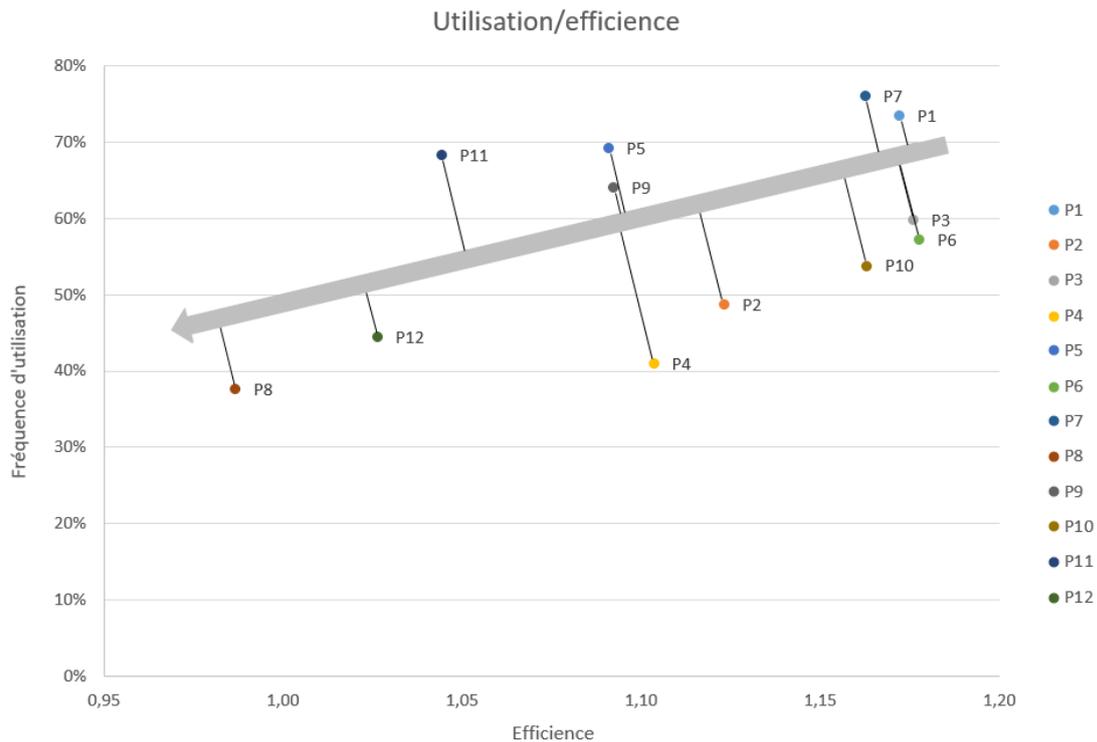


Figure 64 : Graphique analyse fréquence d'utilisation/efficacité des pratiques LEM dans la phase amont du cycle de vie produit.

L'analyse en composantes principales (Saporta et Niang, 2003), nous permet de définir un ordre de déploiement des pratiques LEM en suivant l'axe pour lequel la variance des projections des points sur cet axe est maximale. Le sens est défini en partant des pratiques les plus utilisées et possédant la plus haute efficacité.

L'ordre de déploiement à appliquer qui prend en compte les deux paramètres, fréquence d'utilisation et efficacité, est le suivant : P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise", P6 "Développer des relations basées sur la confiance et l'engagement mutuels", P3 "Optimiser la capacité et l'utilisation des personnes", P7 "Se concentrer continuellement sur le client", P10 "Favoriser un environnement propice à l'apprentissage", P2 "Assurer une circulation fluide de l'information", P5 "Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit et processus", P9 "Maintenir la remise en question des processus existants", P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible", P11 "Assurer la capacité et la maturation des processus", P12 "Maximiser la stabilité dans un environnement changeant" et P8 "Promouvoir le leadership Lean à tous les niveaux".

Il est intéressant de noter la correspondance entre l'ordre de déploiement donné par le ratio fréquence d'utilisation/efficacité et les groupements issus de l'analyse 4 quadrants.

L'ordre de déploiement des pratiques proposé à l'issue de cette analyse ne correspond plus à l'ordre tel que présenté dans l'outil LEM (Annexe. 5), mais intègre les retours du terrain des industriels.

L'ordre de déploiement des pratiques LEM étant défini, il est maintenant nécessaire de les outiller.

### • Analyse gain/effort des outils du Lean

Les résultats concernant les outils du Lean utilisés pour cette analyse gain/effort sont issus des enquêtes présentées dans la section 6.2.1.

L'enquête n°1, a permis de définir les outils du Lean les plus utilisés par les industriels dans la phase amont du PLC de leur entreprise. Une sélection de ces outils, les plus pertinents, a été évaluée dans l'enquête n°2. Dans celle-ci, le gain et l'effort nécessaires à l'application de ces outils du Lean en entreprise ont été établis. Les outils pris en compte sont : 5S, KPI + Management visuel, VSM, A3 et Kaizen.

A partir des résultats obtenus, nous avons réalisé une analyse 4 quadrants en projetant l'effort perçu en abscisse et le gain en ordonnée des résultats obtenus en interrogeant l'ensemble du panel (117 industriels), nous obtenons le graphique suivant (Fig.65) :

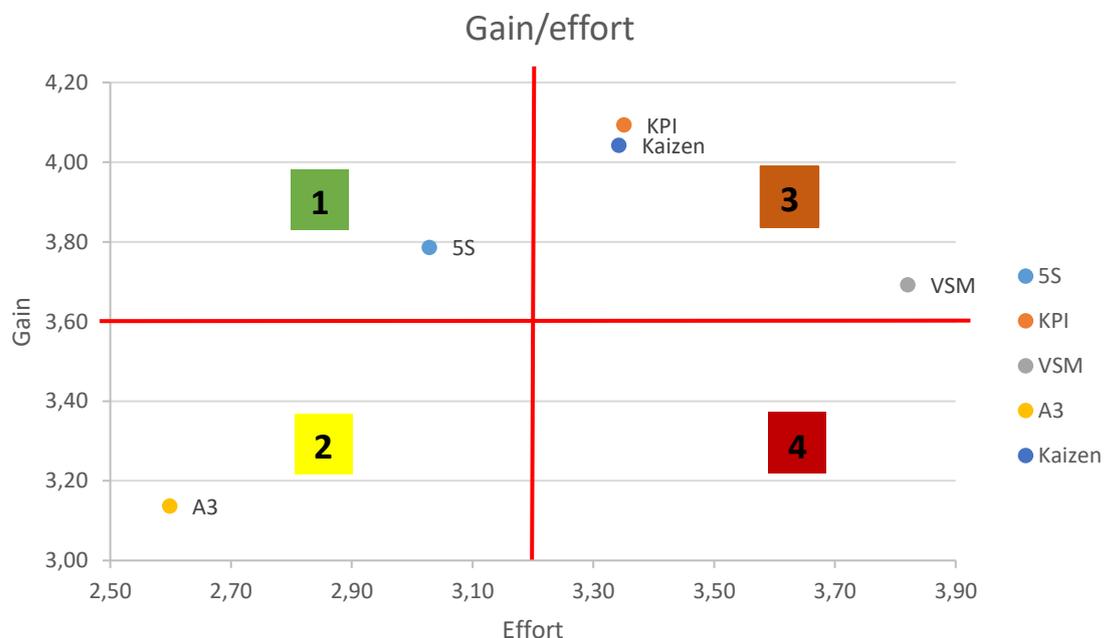


Figure 65 : Graphique analyse 4 quadrants du gain/effort perçus de l'utilisation des outils Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit

Cette représentation en 4 quadrants nous permet de classer par ordre de priorité, les cinq outils Lean en fonction de leur gain et de leur effort :

- 1<sup>er</sup> quadrant - Gain élevé et effort faible, "*Priorité de mise en œuvre*" : 5S
- 2<sup>ème</sup> quadrant - Gain faible et effort faible, "*Priorité plus basse*" : A3
- 3<sup>ème</sup> quadrant - Gain élevé et effort important, "*A planifier*" : KPI, Kaizen et VSM
- 4<sup>ème</sup> quadrant - Faible gain et effort élevé, "*Surdimensionné ?*" : Aucun outil

L'analyse des quatre quadrants permet de définir la priorité de mise en œuvre des outils Lean selon une approche qui a l'avantage de ne pas classer les outils les uns par rapport aux autres, mais de les repérer et de les classer en fonction des paramètres d'évaluation jugés par les industriels interrogés.

Si l'on compare les résultats du classement de l'ordre de mise en œuvre des outils Lean obtenus dans l'enquête n°2 et la priorisation issue de l'analyse des 4 quadrants, on constate que le 5S arrive en tête dans les deux cas. L'outil A3 arrive en dernière position dans le classement de la mise en œuvre et en tant que priorité inférieure dans l'analyse 4 quadrants (gain perçu le plus faible des cinq outils). Les trois outils suivants, KPI + management visuel, VSM et Kaizen, se suivent dans l'ordre de mise en œuvre défini par les industriels et se retrouvent dans le 3<sup>ème</sup> quadrant "*A planifier*", ce qui confirme leur importance stratégique malgré un effort certain pour les mettre en œuvre. Aucun outil n'est présent dans le 4<sup>ème</sup> quadrant, le choix des sondés ne comporte donc pas d'outil « surdimensionné ».

La priorisation obtenue par l'analyse 4 quadrants, concorde avec le classement des outils Lean obtenu en interrogeant les industriels dans l'enquête n°2.

La priorisation des outils du Lean en fonction de leur gain et effort pour les mettre en œuvre est donc connue. De manière concrète, cela nous donne une indication sur la difficulté pour les entreprises à les utiliser dans la phase amont du PLC.

Afin de proposer une roadmap de déploiement permettant d'opérationnaliser et d'outiller les pratiques LEM, un dernier élément doit encore être pris en compte, les liens entre les pratiques LEM et les outils du Lean.

• **Liens entre les principes LEM et les outils du Lean :**

Afin d'outiller les pratiques LEM, les liens entre les pratiques et les outils du Lean doivent être pris en compte. Les résultats issus de l'enquête n°2 présentés dans la section 6.2.1 sont une base intéressante à exploiter. La tableau ci-dessous (Tab.14), reprend les résultats des sondés (117) sur les outils Lean les plus pertinents à utiliser pour appliquer les différentes pratiques LEM pendant la phase amont du PLC (présenté dans la Fig.55).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
VSM	86%	26%	8%	3%	15%	3%	14%	4%	6%	1%	11%	5%
5S	5%	0%	12%	12%	2%	9%	2%	18%	4%	8%	7%	32%
KPI	4%	65%	26%	24%	14%	27%	36%	17%	39%	14%	39%	28%
A3	1%	5%	6%	11%	26%	4%	11%	8%	10%	11%	10%	5%
Kaizen	5%	2%	36%	28%	20%	23%	17%	40%	30%	38%	18%	18%
Autre	0%	3%	12%	22%	23%	34%	20%	13%	11%	28%	15%	12%

Tableau 15 : Résultat de l'enquête n°2 concernant les outils du Lean à utiliser pour appliquer les pratiques LEM

Pour arriver à définir les outils les plus adaptés pour mettre en œuvre chaque pratique, nous avons décidé de coter les outils en fonction du pourcentage obtenu par les votes des industriels. Plus le taux est élevé, plus l'outil a été plébiscité. Les outils que nous retiendrons comme les plus pertinents, seront évalués avec un barème selon le pourcentage d'adhésion obtenu.

Le barème suivant a été appliqué :

- Plus de 60% : \*\*\*\* - "Outil de prédilection "
- Plus de 30% : \*\*\* - "Outil pertinent "
- Plus de 20% : \*\* - "Outil intéressant "
- Plus de 10% : \* - "Piste possible"

La tableau ci-dessous (Tab.15) synthétise la cotation :

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
VSM	****	**			*		*				*	
5S			*	*				*				***
KPI		****	**	**	*	**	***	*	***	*	***	**
A3				*	**		*		*	*	*	
Kaizen			***	**	**	**	*	***	***	***	*	*
Autre			*	**	**	***	**	*	*	**	*	*

Tableau 16 : Récapitulatif des outils du Lean plébiscités pour appliquer les pratiques LEM

Le barème utilisé pour cette cotation fait ressortir les outils du Lean les plus pertinents pour appliquer chaque pratique LEM. Quatre niveaux sont disponibles selon le pourcentage d'adhésion exprimé dans l'enquête.

Le plus haut niveau, représenté par \*\*\*\*, indique que l'outil a été sélectionné par plus de 60% des industriels et est donc de fait considéré comme l'outil de prédilection à utiliser pour mettre en œuvre la pratique LEM associée. Le second niveau \*\*\*, associé à l'obtention de plus de 30% des votes, correspond à l'outil pertinent, dont l'utilisation est adaptée pour appliquer les pratiques en question. Le troisième niveau \*\*, à partir de 20%, définit les outils intéressants, qui représentent un intérêt certain pour les industriels. Enfin, le dernier niveau \*, plus de 10% des suffrages, indique les pistes possibles, des outils qui peuvent montrer un intérêt pour asseoir les pratiques correspondantes.

Bien sûr, le choix des outils Lean à mettre en œuvre pour « pousser » une pratique LEM par les entreprises, est lié à leurs niveaux de maîtrise et peut varier d'une organisation à une autre. L'objectif ici, étant d'identifier les outils qui sont plébiscités de manière représentative par les industriels, afin de proposer des solutions pertinentes pour outiller les différentes pratiques. Lors de l'enquête le choix « aucun outil » avait été donné aux sondés dans le cas où aucun des outils proposés ne convient. Notre cotation montre que dans certains cas aucun outil proposé ne semble convenir, dans ce cas d'autres outils sont à mettre en œuvre afin de soutenir l'application de la pratique.

Grâce à cette cotation, il est d'ailleurs possible de faire une analyse quantitative sur l'impact de l'outillage des pratiques LEM (Tab.16) sur la base de la cotation des outils du Lean effectuée précédemment.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Somme outil
VSM	4	2			1		1						8
5S			1	1				1			1	3	7
KPI		4	2	2	1	2	3	1	3	1	3	2	24
A3				1	2		1		1	1	1		7
Kaizen			3	2	2	2	1	3	3	3	1	1	21
Autre			1	2	2	3	2	1	1	2	1	1	16
Somme pratique	4	6	7	8	8	7	8	6	8	7	7	7	

Plus la valeur est haute, mieux les pratiques LEM sont outillées

Plus la valeur est haute, plus les outils sont plébiscités

Tableau 17 : Analyse quantitative de l'impact de l'outillage des pratiques LEM

Dans ce tableau, les étoiles attribuées grâce à la cotation, sont converties en leurs chiffres associés. La somme des chiffres de chaque colonne, additionne les valeurs attribuées à chaque outil. Plus cette valeur est élevée, plus la pratique en question est bien outillée. Ainsi on peut constater que les pratiques P4 "Prendre des décisions au niveau le plus bas possible", P5 "Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit et processus", P7 "Se concentrer continuellement sur le client" et P9 "Maintenir la remise en question des processus existants" sont les mieux outillées, à l'inverse de P1 "Identifier et optimiser le flux de l'entreprise".

La somme des lignes, correspond à l'addition des valeurs données pour chaque pratique. Plus cette valeur est grande, plus l'outil du Lean en question est plébiscité et polyvalent. On remarque l'outil KPI + Management visuel et Kaizen possèdent les valeurs les plus hautes. Les outils 5S et A3 sont les moins choisis.

Les différentes analyses que nous avons effectuées dans cette section ont pour objectif de définir un modèle de roadmap permettant de déployer la méthodologie Lean dans la phase amont du PLC. Ce modèle issu d'une démarche croisée Top-Down/Bottom-UP, est basé sur les pratiques LEM définies par le LAI MIT et les outils du Lean identifiés dans la phase amont du PLC. Ces éléments soumis à la vision terrain des industriels au travers de nos enquêtes, nous ont apportés des données intéressantes à analyser. Dans un premier temps, le gain/effort perçu pour appliquer les pratiques LEM, a permis de prioriser les pratiques en fonction de leurs caractéristiques à l'aide de l'analyse 4 quadrants. L'analyse de la fréquence d'utilisation des pratiques dans les entreprises en fonction de leurs efficacités, nous a rendu capable d'établir un ordre pertinent de déploiement. Les valeurs récoltées concernant le gain et l'effort nécessaires pour utiliser les outils du Lean sélectionnés, ont également, permis de définir leur ordre de priorité. Enfin, le lien entre les pratiques LEM et les outils du Lean a été analysé et coté, afin d'outiller la démarche.

La prise en compte de l'ensemble de ces éléments nous permet de proposer un modèle de roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC.

## 8.2 Proposition d'une roadmap de déploiement

La roadmap de déploiement du Lean de la phase amont du PLC que nous proposons est construite à partir des éléments constitutants présentés dans la section précédente. Ces éléments constitutants sont issus d'une stratégie croisée Top-Down/Botton-Up. Cette stratégie croisée, prend à la fois en compte la littérature, grâce aux analyses bibliographiques effectuées et la réalité industrielle via deux enquêtes réalisées auprès d'industriels.

L'objectif de la roadmap proposée est de répondre à la seconde problématique scientifique que nous avons identifiée : « *Comment déployer et outiller une démarche Lean Intégré adaptée à la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Le choix d'une roadmap a été argumenté dans le chapitre 7, repose sur le besoin des industriels à être accompagné et guidé dans la mise en œuvre de la méthodologie Lean en déclinant la stratégie de déploiement en une feuille de route, organisant et planifiant la mise en œuvre des actions, afin d'atteindre les objectifs définis initialement.

La figure ci-après (Fig.66) présente la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC.

Cette représentation indique l'ordre de déploiement recommandé des pratiques LEM, de gauche à droite. Le code couleur attribué aux pratiques indique leur priorisation selon leur efficacité, le gain et l'effort nécessaires à les mettre en œuvre :

- « *Prioritaire* »
- « *Priorité plus basse* »
- « *A viser* »

Chaque pratique de la roadmap se voit également proposer des outils du Lean, dont l'utilisation est recommandée pour sa mise en œuvre. Deux indications sont liées aux outils du Lean proposés. La première correspond à leur priorisation en fonction du gain et l'effort nécessaires pour les utiliser et reprend le code couleur suivant :

- « *Prioritaire* »
- « *Priorité plus basse* »
- « *A planifier* »

La seconde indication correspond à leur capacité à faciliter le déploiement de la pratique en question, la pertinence de l'outil :

- \*\*\*\* "Outil de prédilection "
- \*\*\* "Outil pertinent "
- \*\* "Outil intéressant "
- \* "Piste possible"

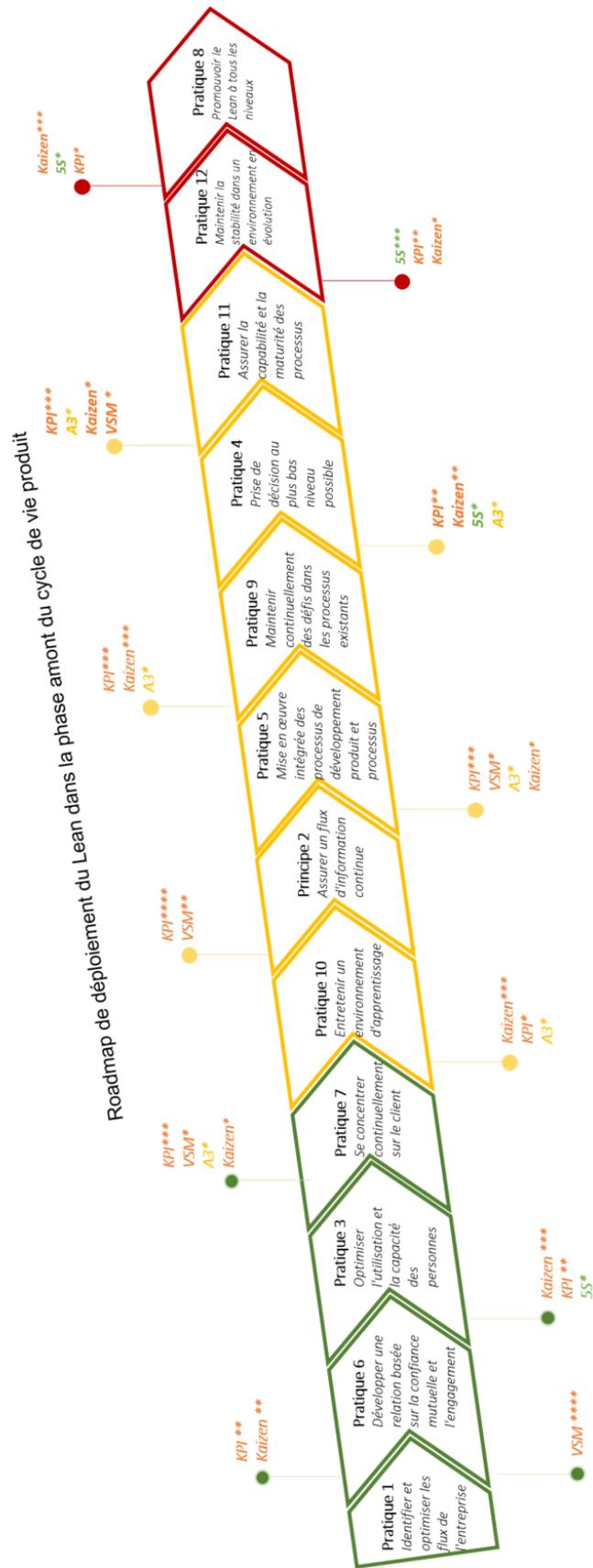


Figure 66 : Roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit basée sur le LEM (MIT, 2004)

La triade d'outils conçue par la LAI couvre différents périmètres nécessaires au déploiement du Lean. La stratégie avec le TTL, le LESAT qui intègre le côté tactique et le LEM qui reprend les aspects opérationnels. Le positionnement de notre roadmap de déploiement du Lean (Fig.67) vient compléter les outils développés par le MIT. Elle s'intercale entre le LEM et le TTL, en proposant une roadmap permettant d'opérationnaliser et d'outiller la mise en place des pratiques LEM. Cette roadmap fait le lien entre l'aspect opérationnel (LEM) et stratégique (TTL) du déploiement du Lean dans la phase amont du PLC.

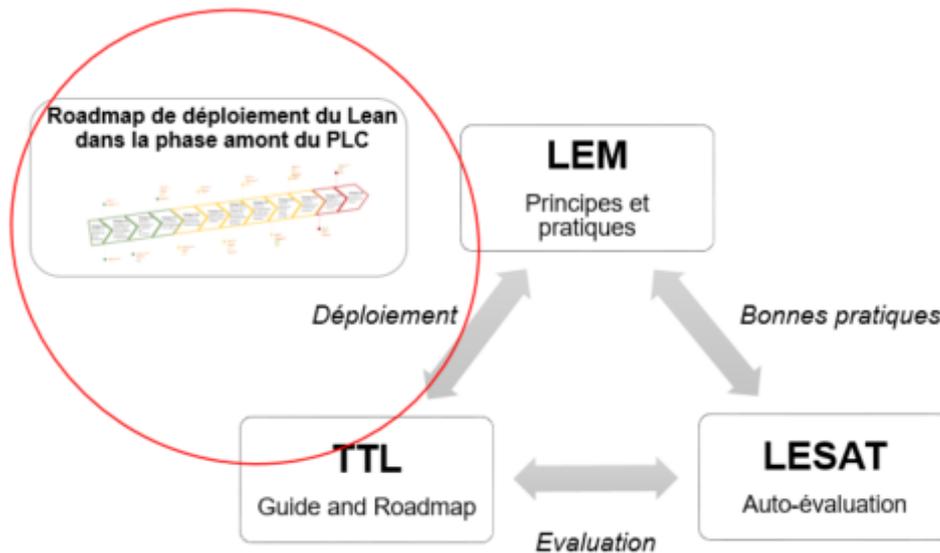


Figure 67 : Positionnement de la roadmap par rapport à la triade d'outils du LAI MIT (d'après LAI MIT, 2001)

La roadmap de déploiement exposée a pour fonction de guider et d'accompagner les industriels souhaitant déployer la méthodologie Lean dans la phase amont du PLC de leur entreprise.

Pour cela, ce modèle propose aux entreprises de mettre en œuvre « pas à pas » les pratiques LEM selon l'ordre défini. A chaque pratique, l'industriel se voit conseiller les outils du Lean les plus pertinents pour l'aider à concrétiser sa réalisation.

L'efficacité de la roadmap de déploiement proposée, qui utilise une approche holistique et systémique du Lean, repose sur l'intégration de sa mise en œuvre dans la phase amont du PLC. Cette intégration fait écho aux constatations issues de l'analyse des environnements de la phase amont du PLC, menée dans le chapitre 6. Cette analyse a montré que la première phase de vie d'un produit est composée de plusieurs processus interdépendants et qu'il est nécessaire de déployer le Lean dans chacun d'entre eux.

La roadmap de déploiement du Lean que nous proposons doit être mise en œuvre de manière coordonnée et plurilatérale dans les différents processus de la phase amont du PLC. Le périmètre d'utilisation de la roadmap (Fig.68) doit comprendre les différents environnements qui composent cette période.

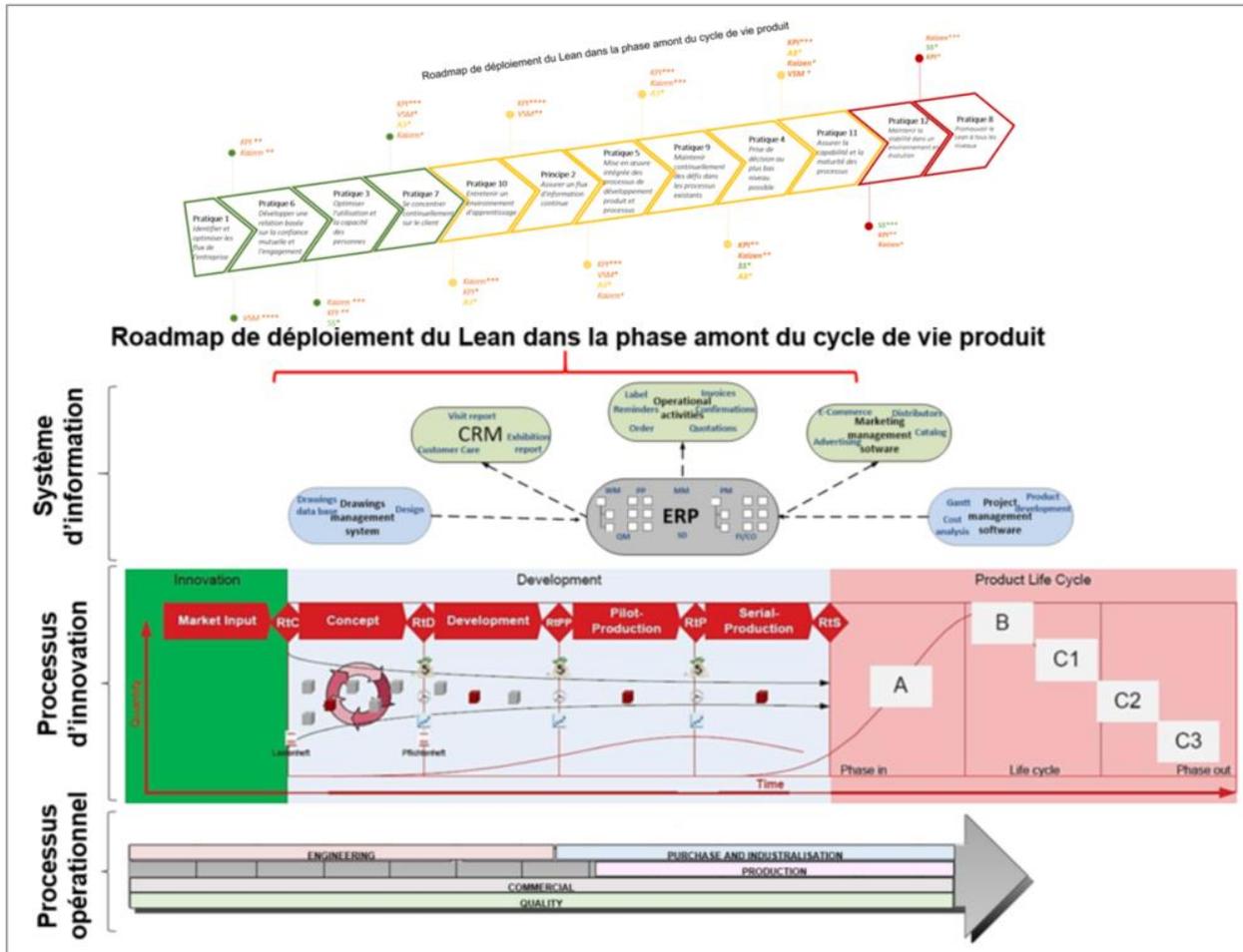


Figure 68 : Périmètre d'utilisation de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit.

L'intérêt de cette roadmap est d'impulser la démarche Lean par le déploiement prioritaire des pratiques les plus efficaces. L'objectif étant d'avoir rapidement des résultats concluants et d'enclencher une dynamique de transformation positive au sein des processus qui composent la phase amont du PLC. La mise en œuvre conjointe de la roadmap dans ses différents processus, renforce également cette dynamique, en incluant l'ensemble de ses acteurs nécessaires au développement de nouveaux produits. L'avancement dans la réalisation de la roadmap, s'inscrit dans une démarche d'Ex Op, une montée en compétence. L'interdépendance des pratiques LEM, implique que le passage à chaque nouvelle étape du déploiement, se base sur la prise en compte

de la pratique précédente et prépare la suivante. La mise en œuvre des dernières pratiques de la Roadmap, demande une montée en maturité de l'organisation, sans quoi leurs applications s'avèrent très compliquées. Ces dernières pratiques moins techniques relèvent davantage de la philosophie Lean et représentent l'aboutissement de la démarche d'ExOp entreprise.

Réponse aux verrous de recherche n°3 et n°8 : « *Comment optimiser le ratio gain/effort des actions à mettre en œuvre ?* » et « *Quelle vision court et long terme de la performance instaurer dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

Pour optimiser le déploiement du Lean , il est nécessaire de considérer l'efficience des actions à mettre en œuvre. Intégrer le retour d'expérience des industriels concernant le gain et l'effort perçus pour appliquer les pratiques et outils du Lean, afin de prioriser l'ordre d'implémentation de ces éléments dans la roadmap de déploiement du Lean que nous proposons. Prioriser les éléments du Lean qui possèdent un gain élevé et un effort faible, puis une fois adoptés mettre en œuvre ceux dont d'application semble plus complexe.

La perception du gain/effort est également liée à la notion de maturité de l'organisation. Il est indispensable de prendre en compte et préparer son évolution durant l'ensemble du déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie. Le rôle de la roadmap est justement de soutenir et guider l'entreprise tout au long du déploiement, en lui offrant à chaque étape de son évolution des actions adaptées à son niveau de maturité. L'intégration de l'Humain au cœur de cette transformation vers l'excellence, est primordiale pour faire grandir le niveau de maturité de l'organisation.



## Chapitre 9 : Mise en pratique et suivi des résultats

Ce chapitre a pour intention de proposer une méthode pour suivre la mise en œuvre de la roadmap et de commenter les résultats.

Pour cela, nous allons dans un premier temps proposer un outil permettant de suivre le déploiement de la roadmap. Dans un second temps, faire un retour d'expérience en se basant sur Stäubli Electrical Connectors SAS. Pour finir, discuter des résultats obtenus.

Ce chapitre permettra de lever le verrou de recherche n°9 : « *Comment s'assurer du déploiement efficace du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

### 9.1 Outils de suivi du déploiement

La roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC, proposée (Fig.) dans le chapitre précédent, a pour objectif de guider la mise en œuvre, pas à pas, des pratiques LEM. Comme dans toutes démarches d'amélioration continue (PDCA, DMAIC, ...) et conformément à la roadmap TTL, après la réalisation d'actions, il est nécessaire d'évaluer leurs effets.

L'outil LESAT (Annexe. 5) a été conçu par la LAI MIT pour évaluer le niveau de maturité Lean d'une organisation. Malheureusement cette approche holistique et systémique de la maturité, ne permet pas de suivre au niveau opérationnel le déroulement de la roadmap de déploiement du Lean proposée.

Pour permettre de positionner, visualiser et suivre l'avancement de la mise en œuvre de la roadmap de déploiement du Lean, il nous a paru nécessaire de créer un outil de suivi destiné aux managers responsables de la transformation Lean. L'objectif de cet outil est d'évaluer l'état d'avancement de l'application des pratiques LEM au sein de la phase amont du PLC de l'organisation et d'impliquer les différentes parties prenantes en offrant un support de communication.

L'efficacité de la roadmap de déploiement proposée, est intimement liée à son application dans l'ensemble des environnements qui composent la phase amont du PLC. Pour prendre cet aspect en compte, il est nécessaire que l'outil de suivi intègre ces différents environnements : le processus de développement produit, le processus opérationnel et le système d'information. Ainsi, le positionnement et le suivi de la mise en œuvre des pratiques LEM dans chacun des environnements

permettront d'assurer la cohérence du déploiement et son efficacité. La figure (Fig.69) présente les différents environnements pour lesquels, la mise en œuvre des pratiques LEM sera évaluée.

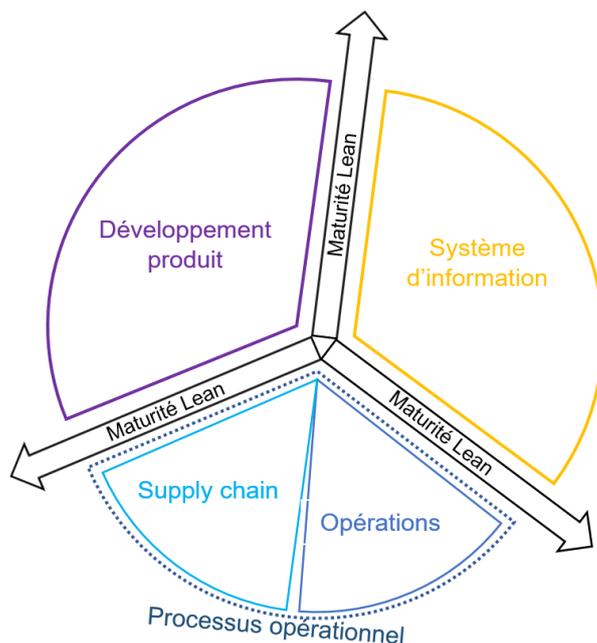


Figure 69 : Axes de l'outil de suivi du déploiement

Pour cet outil de suivi, nous avons pris la décision de scinder le processus opérationnel en parties. D'un côté, la Supply chain, qui comprend les processus qui concernent les flux physiques de l'entreprise (logistique, production, contrôle, ...). De l'autre, tous les processus immatériels et administratifs inhérents à la gestion des opérations (commerciale, planification, achat/approvisionnement, ...). L'intérêt de la division du processus opérationnel, en deux parties distinctes, est de permettre le suivi du déploiement des pratiques LEM dans son ensemble. En effet, la diversité des activités et sous-processus mis en œuvre au sein du processus opérationnel dans la phase amont du PLC, fait qu'il est aisé d'éclipser une partie ou de se focaliser sur une autre. C'est également au sein du processus opérationnel qu'évolue le plus grand nombre de parties prenantes, sa séparation en deux sous-processus, permettra une meilleure visibilité lors du suivi.

Cette approche en quatre axes fait également analogie à l'outil de diagnostic 4.0 de l'industrie du futur (Deniaud et al, 2020). Cet outil d'évaluation du niveau de maturité des organisations, prend en compte quatre domaines d'application : la conception de produit/process, la production-logistique-maintenance, l'organisation stratégique et l'éco-responsabilité.

Pour positionner et suivre l'avancement de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC, l'outil de suivi proposé sous la forme d'un tableau (Tab.18), permet de mesurer le niveau de maturité de chacune des douze pratiques principales du LEM dans les quatre environnements définis précédemment. L'évaluation de la maturité des pratiques se fait sur la base des cinq niveaux définis par le CMMI (CMU, 2018). Le manager responsable de la transformation de l'entreprise, avec les parties prenantes de chaque environnement, doit en plus de mesurer le niveau actuel de chaque pratique, définir le niveau de maturité visé (leur objectif).

A chaque niveau ont été associées des questions qui permettent d'aider à définir son atteinte :

- Niveau 1 - *Initial* : activité informelle et non-planifiée.

*Est-ce que la problématique a été appréhendée ? Est-ce que des actions ont été réalisées ? Quels outils ont été utilisés ?*

- Niveau 2 - *Géré* : activité formalisée et planifiée.

*Est-ce que l'activité est définie ou formalisée ? Est-ce que des actions ont été planifiées ? Une To-Do List définie ? Quels outils ont été utilisés ?*

- Niveau 3 - *Défini* : activité organisée et maîtrisée.

*Est-ce qu'un responsable, une équipe ou un processus est défini ? Un plan d'action a-t-il été défini ? Quels outils ont été utilisés ?*

- Niveau 4 - *Maîtrisé* : activité mesurée et contrôlée.

*Est-ce que des indicateurs ont été mis en place ? Les actions sont-elles suivies ? Quels outils ont été utilisés ?*

- Niveau 5 - *Optimisé* : activité constamment améliorée.

*Est-ce que le retour d'expérience est instauré ? Des actions d'amélioration menées ? Quels outils ont été utilisés ?*

Ainsi, l'outil de suivi proposé (Annexe.10) évalue en quarante-huit points (12 pratiques et 4 environnements) l'état actuel de la mise en œuvre de la roadmap de déploiement du Lean. Cette évaluation permet de déterminer à la fois son étendue (le nombre de pratiques mises en œuvre) mais également sa profondeur (le niveau de maturité atteint pour chaque pratique) pour l'ensemble des environnements qui composent la phase amont du PLC. La définition des niveaux cible à atteindre, permet d'identifier rapidement les écarts entre le niveau actuel (en vert) et celui visé (en bleu) afin de mettre en place des actions.

Environnement	Pratique	Maturité Lean					Niveau actuel	Niveau visé
		Niveau 1 - <i>Initial</i> : activité informelle et non-planifiée	Niveau 2 - <i>Géré</i> : activité formalisée et planifiée	Niveau 3 - <i>Défini</i> : activité organisée et maîtrisée	Niveau 4 - <i>Maîtrisé</i> : activité mesurée et contrôlée	Niveau 5 - <i>Optimisé</i> : activité constamment améliorée		
Développement produit Gestion de projet, bureau d'étude, validation produit	<b>P1 Identifier et optimiser les flux de l'entreprise</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	4	5
	<b>P6 Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	3	4
	<b>P3 Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	2	4
	<b>P7 Se concentrer continuellement sur le client</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	4	5
	<b>P10 Entretien un environnement d'apprentissage</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	3	4
	<b>P2 Assurer un flux d'information continue</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	3	4
	<b>P5 Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	4	5
	<b>P9 Maintenir continuellement des défis dans les processus existants</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	3	4
	<b>P4 Prise de décision au plus bas niveau possible</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	2	3
	<b>P11 Assurer la capacité et la maturité des processus</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	4	5
	<b>P12 Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	2	3
	<b>P8 Promouvoir le Lean à tous les niveaux</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisée(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisé(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?	1	3

Tableau 18 : Exemple renseigné de la grille d'évaluation de l'outil de suivi du déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit basé sur le LEM (LAI MIT, 2004)

La mise en place d'un outil de suivi, doit permettre au manager responsable de la transformation de l'organisation de suivre le déploiement de la roadmap, mais est également de disposer d'un support pertinent pour communiquer. Pour répondre à ce besoin de partage d'information, nous avons décidé d'associer au tableau d'évaluation qui compose l'outil de suivi, un indicateur visuel. L'indicateur visuel que nous proposons (Fig. 70), prend la forme d'un graphique « radar ». Ce type de représentation, possède l'avantage de pouvoir représenter le niveau de maturité actuel et viser pour les douze pratiques LEM, simultanément dans les quatre environnements.

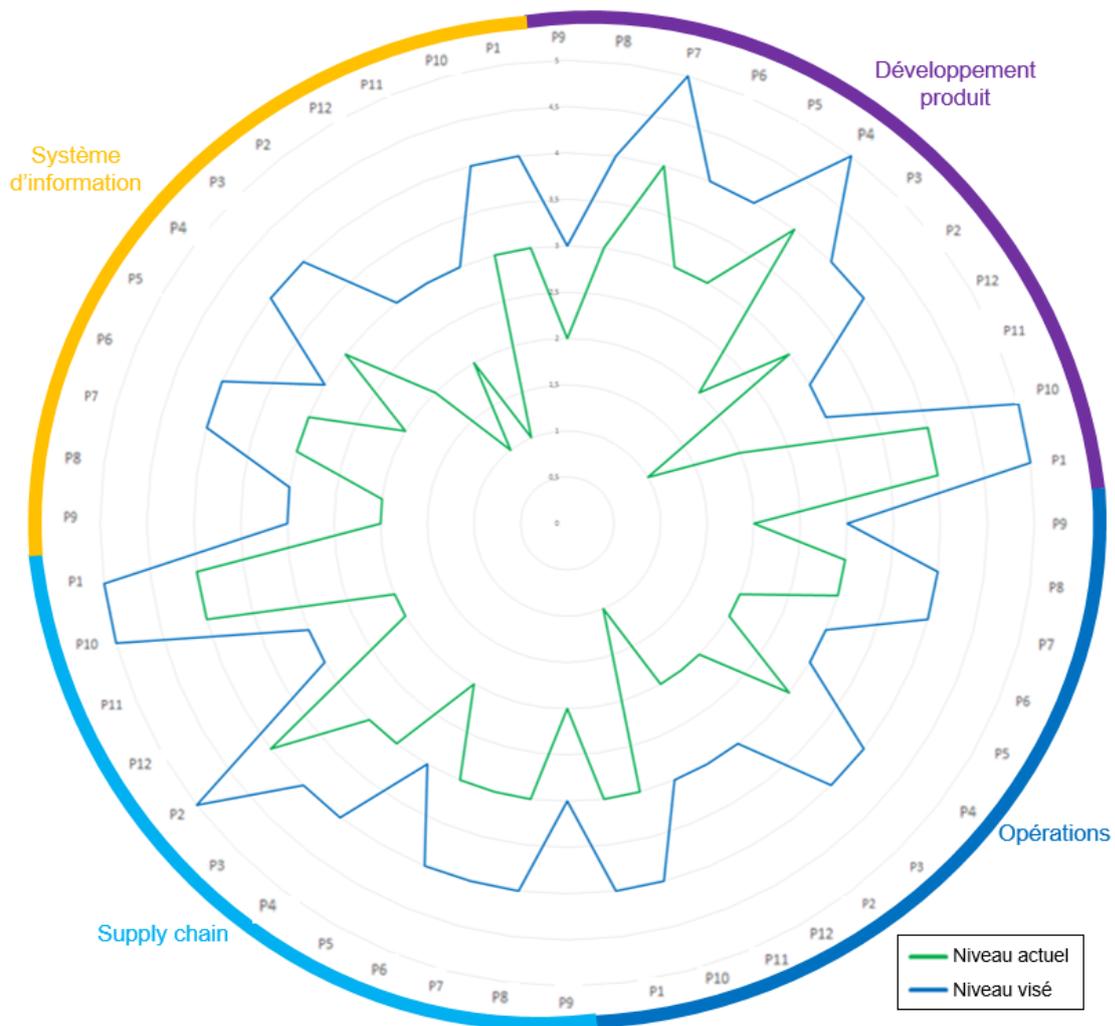


Figure 70 : Exemple de résultats obtenus avec l'indicateur visuel de l'outil de suivi de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Cet indicateur graphique permet de visualiser de manière globale l'état d'avancement du déploiement. Il fournit un support simple et facile à utiliser pour communiquer avec les différentes parties prenantes et les décideurs de l'entreprise. Le suivi et la communication permis par cet outil, ainsi que l'accompagnement associé, renforcent la démarche au sein de l'organisation.

L'objectif final de cet outil de suivi, est de proposer un instrument permettant de piloter l'avancement la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC.

## 9.2 Retour d'expérience

Maintenant que nous avons présenté les outils que nous proposons pour déployer une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit, il est nécessaire de faire le lien entre la roadmap que nous avons construite et les projets menés chez Stäubli EC SAS. Nous exposerons également, l'impact de cette thèse sur l'organisation et les démarches entreprises par le site de Héringue.

### 9.2.1 Application chez Stäubli EC SAS

Conjointement à la démarche de recherche effectuée, nous avons mené des projets applicatifs au sein de l'entreprise. Ces projets liés aux besoins, aussi bien stratégiques qu'opérationnels du site de Héringue, avaient pour objectif de mettre en application et promouvoir la méthodologie Lean. Afin d'analyser les liens entre la roadmap Lean proposée et les projets entrepris, nous allons nous baser sur trois projets en lien avec la phase amont du PLC, qui se sont déroulés au cours de cette thèse. Ces différents projets ont été réalisés conjointement avec l'ensemble des démarches qui ont permis d'aboutir à la roadmap proposée. Nous ne pouvons donc pas les utiliser pour évoquer l'utilisation de la roadmap de déploiement. Néanmoins, il nous est paru pertinent de les analyser à posteriori, afin de déterminer quelles pratiques LEM et outils du Lean ont été mis en œuvre.

Les projets ci-dessous seront présentés de manière détaillée dans les pages suivantes sous la forme des A3 que nous avons utilisés pour la définition et le suivi de chacun d'entre eux :

- Projet n°1 : Implémentation d'un nouvel outil Groupe pour la création des données de base dans l'ERP et la définition du nouveau processus associé (Tab.19). Ce projet est issu de la volonté de digitalisation et de standardisation des outils au niveau Groupe. Il s'agissait, d'intégrer ce nouvel outil intervenant à la croisée des différents environnements qui composent la phase amont du PLC et d'aligner nos processus afin de répondre aux besoins spécifiques du site.
- Projet n°2 : Transformation du processus de gestion des modifications (Tab.20). En lien avec la complexification de nos produits et le besoin de réactivité, inhérents à notre secteur d'activité, la gestion des modifications était un sujet stratégique pour l'entreprise. Il était déterminant pour le site de construire un nouveau processus plus efficient.
- Projet n°3 : Lancement de la démarche Kaizen (Tab.21). Ce projet traduit notre volonté conjointe avec la Direction du site de Héringue, d'intégrer les collaborateurs dans l'amélioration continue de leur travail. Accompagner les équipes dans leurs démarches de progrès grâce à l'utilisation du Lean.

Plan d'action		Quand
Qui	Quoi	Quand
Equipe	Kickoff meeting + rédaction A3 projet	01/19
Equipe	VSM + SIPOC du processus actuelle de création article sur le site de Héringue.	02/19
Equipe	Définition stratégie pour futur processus de création des données d'article (configuration + flux).	03-05/19
SMAR/ S/JN	Définition + mise en place batch transfert d'info vers service Qualité.	06/19
SMAR/LLO/ JML	Définition + mise en place transfert d'info vers services Méthodes et Achat.	06/19
SMAR/JLY	Définition du workflow et ajustement du portail Master Data.	6-08/19
JLY	Modification du portail Master data.	9/19
SMAR	Test du portail.	10/9
SMAR	Création de support de formation adapté.	10/19
SMAR/LDEI	Intégration du portail Master Data dans le processus de gestion de projet (template).	11/19
SMAR	Maj. documentation processus création article + gestion de projet (GED).	11/19
SMAR/JLY	Formation demandeurs à l'utilisation du Portail Master data.	12/19
JLY	Go Live du portail Master Data.	01/20
Equipe	Validation du nouveau processus de création des données d'article et surveillance.	01-06/20

Check/Act	Suivi
<p>Validation du nouveau processus de création</p> <p>Mesure du Lead time moyen nouveau processus de création</p> <p>Surveillance efficacité nouveau processus (justesse données créées, transfert d'infos autres services, évolution lead time)</p> <p>Intégration de la formation au portail Master Data pour les nouveaux entrants concernés</p>	<p>Résultat</p> <p>Processus conforme au besoin</p> <p>2.1j.</p> <p>Evolution OK : pas de dérive, ni d'incident signalé</p> <p>Inclue au protocole d'intégration</p>

Plan	Situation initiale	Statut : PDC A
<p><b>Equipe</b> : SMAR(Master Data), LDEI(Technique), LLO(Méthodes), S/JN(Qualité), JML(Achat) + JLY(MD Groupe)</p> <p><b>Date de lancement</b> : 01/2019</p>	<p><b>Contexte</b> :</p> <p>Développement et déploiement d'un outil Groupe (portail web Master Data) pour gérer l'envoi et le traitement des demandes de création des données d'article dans l'ERP.</p> <p><b>Objectif (s)</b> :</p> <p>implanter et optimiser l'intégration de cet outil Groupe au sein des processus internes du site de Héringue afin qu'il réponde aux besoins spécifiques de son organisation et de sa typologie de produit.</p> <p>Pas de rupture dans la création des articles jusqu'au lancement du nouvel outil.</p> <p>Réduire le lead time de création des données d'article (KPI demande-&gt;création).</p> <p><b>Situation initiale</b></p> <p>Envoi de la demande de création par mail par le demandeur via un formulaire Word.</p> <p>Création des articles manuellement dans l'ERP.</p> <p>Pas de suivi d'avancement de la demande par le demandeur.</p> <p>Transfert manuel des informations aux autres services concernés : Méthodes (création gamme production), Qualité (gamme de contrôle), Achat (fiche info-achat).</p> <p>Gestion et priorisation des demandes de création complexe (boite mail).</p> <p>Gestion manuelle des erreurs.</p> <p>Lead time moyen du processus de création actuel : 5.6j.</p> <p><b>Analyse des risques</b></p> <p>Matière : Erreurs dans les données d'article.</p> <p>Matériel : Portail Master Data inadapté, trop complexe ou défaillant.</p> <p>Méthode : Documentation nouveau processus de création incomplète.</p> <p>Main d'œuvre : Absence ou mauvaise formation des demandeurs et service Master Data en charge des créations.</p> <p>Milieu : Décalage entre le nouveau processus et les besoins/spécificités du site.</p> <p><b>Situation recherchée</b></p> <p>Digitalisation des demandes de création via le portail MDMA.</p> <p>Automatisation de la création des articles dans l'ERP.</p> <p>Suivi possible de l'avancement du traitement de la création d'article par le demandeur + messages d'information.</p> <p>Automatisation du transfert d'information aux autres services concernés.</p> <p>Visibilité des demandes en attente de traitement.</p> <p>Boucle d'itération possible en cas de détection d'erreur dans la demande.</p> <p>Réduction du Lead time, faciliter la démarche aux demandeurs et au service Master Data.</p>	

Tableau 19 : A3 projet n°1 : Implémentation d'un nouvel outil Groupe pour la création des données et définition du nouveau processus associé

Plan		Statut :	
<b>Situation initiale</b> Equipe : S.JN(Qualité), LDEI(Technique), AMOD(Production/logistique), RPY(Commerciale), JML(Achat), SMAR Date de lancement : 03/2020		PDC A	
<b>Problématique(s) :</b> Ambiguïté sur le choix du type de demande de modification pour le demandeur ; processus « MMD » (modification mineur et processus « GM » (modification majeur). Temps d'analyse et validation des demandes trop long. (processus GM) Obsolescence du logiciel de gestion des tâches (incompatibilité avec nouveaux serveurs) Risque d'erreurs car analyse incomplète (processus MMD). Processus opaque pour le demandeur, une fois sa demande effectuée.			
<b>Objectif (s) :</b> Disposer d'un unique processus de gestion des modification, complet, efficient et sûr. Réduire le temps d'analyse et validation à 7j. Mettre en place un support de gestion des tâches accessible et efficace.			
<b>Situation initiale</b> Deux processus redondants de gestion des modifications gérée par deux entités différentes; processus MMD (modification mineur/gestion service Master Data ) et processus GM (modification majeur/gestion service Qualité). Analyse et validation des demandes de manière séquentielle et par activité (circuit par email d'un formulaire Word). Deux fonctionnements distincts, selon le processus, du logiciel de gestion des tâches utilisées pour piloter la réalisation de la demande. Logiciel obsolète dont le service IT souhaite se détacher. Pas de visibilité sur l'avancement du traitement de la demande pour celui qui l'a émis. Nombre de demande en 2019 : 62GM/141MMD. Temps de validation de la demande : MMD 5j / GD 20j.			
<b>Analyse des causes</b> Matière : Demandes de modifications de complexités et d'impacts variés. Matériel : Logiciel de gestion de tâches et formulaire Word de demande de modification obsolète. Méthode : Deux processus redondants, analyse séquentielle et par activité, opaque pour le suivi de demandes. Main d'œuvre : Responsabilité de la gestion divisée. Choix ambigu du type de processus (GM/MMD) laissé au demandeur. Milieu : Demandes de modification avec impacts et actions multidisciplinaires.			
<b>Situation recherchée</b> Un processus unique de gestion des demandes de modification sous la responsabilité du service Qualité appelé « DM ». Analyse globale et validation collégiale des demandes de modification (Comité). Validation des demandes de modification en 7j (hebdomadaire) Support « userfriendly » pour la gestion des tâches. Suivi facile de la demande de modification pour le demandeur et l'ensemble des parties prenantes.			
Do			
Plan d'action			
Qui	Quoi	Quand	
Equipe	Kickoff meeting.	03/20	
SMAR	Audit des services (problématiques rencontrées, points à améliorer, besoins, ...).	04/20	
Equipe	Rédaction A3 projet.	04/20	
Equipe	Analyse processus actuel VSM et définition du processus unique souhaité VSD.	05-08/20	
Equipe	Lancement du « Comité de gestion des modifications », un rituel hebdomadaire pour analyser et valider l'ensemble des demandes de modification ainsi que définir le scénario à réaliser pour traiter chaque demande.	09/20	
S.JN/SMAR	Création d'un formulaire unique de gestion des modifications « DM », optimisé autour de l'analyse du risque et des impacts de la demande. Modification du système d'archivage des demandes.	11/20	
S.JN	Maj de la procédure de gestion des modifications (GED).	11/20	
SMAR	Prospection pour remplacer le système de gestion des tâches obsolètes (essais de logiciel).	11/20-03/21	
SMAR/S.JN	Essai de la gestion des tâches avec une solution accessible par tous les collaborateurs (MS Teams).	04-05/21	
Equipe	Lancement de la gestion des tâches liées aux DM avec MS Teams.	06/21	
S.JN/SMAR	Surveillance du nouveau processus de gestion des modifications DM.	12/21	
Check/Act			
Action		Résultat	
Temps de validation de la demande		7j (comité chaque mardi à 14h, suppléance en place).	
Nombre de demande de modification en 2020		163DM	
Taux de réalisation des comités de gestion des modifications en 2021		45/49	

Tableau 20 : A3 Projet n°2 : Transformation du processus de gestion des modifications

Plan		Statut : PD <b>C</b> A	
<b>Situation initiale</b>			
<b>Equipe :</b> SMAR (EXOp), la Direction, les services (responsables + équipes) <b>Date de lancement :</b> 01/2022			
<b>Contexte :</b>			
Volonté de la Direction d'encourager l'amélioration continue dans l'entreprise.			
<b>Objectif (s) :</b>			
Impliquer les collaborateurs dans une démarche d'amélioration continue au travers du Kaizen. Traiter les irritants opérationnels du quotidien dans tous les services. Initier une démarche inclusive et durable.			
<b>Situation initiale</b>			
Activité d'amélioration continue au sein des services à l'appréciation et sous la responsabilité des responsables de service. Pas de support (méthodologique, Humain ou matériel) pour accompagner et animer l'amélioration continue. Activité disparate entre les services selon l'intérêt du responsable de service et la capacité de son service (priorité opérationnelle).			
<b>Analyse des risques</b>			
<b>Matière :</b> Lancer dans des actions qui n'aboutissent pas. <b>Matériel :</b> Investissement inutile, non efficace ou non validé. <b>Méthode :</b> Utilisation d'outils/méthodes non adaptés. Approche trop théorique et lourde. <b>Main d'œuvre :</b> Priorité à l'opérationnel capacité à allouer). Incompréhension de la démarche, manque d'adhésion. <b>Milieu :</b> Difficulté à transformer la culture de l'entreprise pour intégrer l'amélioration continue.			
<b>Situation recherchée</b>			
Ensemble des collaborateurs impliqués dans l'amélioration continue de leurs services via des projets Kaizen. Projets Kaizen focalisés sur le traitement des irritants opérationnels du quotidien. Accompagnement des responsables de service dans leurs démarches d'amélioration continue par la Direction (support).			
<b>Plan d'action</b>			
Qui	Quoi	Quand	
SMAR/ SMAR/ Log	Présentation de la démarche Kaizen et validation par le Comité de direction Lancement d'un projet Kaizen pilote avec le service Logistique.	12/21 03/22	
SMAR/ Log	Démarche Kaizen dans le service logistique et mise en place d'actions, accompagnement de l'équipe.	04-10/22	
Log/ SMAR	Présentation des actions réalisées au cours du Kaizen en réunion de service	11/22	
Direction	Création du Processus Excellence Opérationnelle pour supporter et accompagner la transformation de l'entreprise.	01/23	
SMAR/ Services	Lancement de démarches Kaizen dans différents services.	01/23	
SMAR/ Services	Identifications des irritants et rédactions des A3 projets.	01-05/23	
Services/ SMAR	Démarche Kaizen dans le service logistique et mise en place d'actions, accompagnement des équipes.	01-XX/23	
<b>Check/Act</b>			
<b>Action</b>		<b>Résultat</b>	
Nombre de projet Kaizen en 2023 :		9 projets (thématiques : intégration des rebuts de test destructif, gestion des actions/priorités X2, recherche de l'information X2, digitalisation documentation qualité à la réception, communication interne, gestion archivage, partage des « how-to »)	
Nombre de service impliqué en 2023 :		6 services (Qualité, Achat, Méthodes, Technique, Logistique et ADV)	
Nombre de projet finalisé :		5 projets au 09/23	

Tableau 21 : A3 Projet n°3 : Lancement de la démarche Kaizen

La première analyse effectuée concerne l’analyse des outils du Lean utilisés au cours de ces projets présentée (Tab.22). Pour cela nous avons, pour chaque projet, répertorié les outils proposés dans la roadmap utilisée (code couleur en lien avec celui de la roadmap).

Cette analyse montre que l’ensemble des outils intégrés à la roadmap de déploiement que nous avons proposée ont été utilisés. On remarque que des outils reviennent sur les trois projets présentés : A3 et KPI + Management visuel. Il s’agit d’outils généralistes, dont la fonction est de définir et suivre la réalisation des projets. D’autres outils semblent davantage spécialisés : Kaizen, VSM, 5S. Ces outils du Lean sont d’avantage liés à la typologie du projet et sa finalité.

	5S	A3	KPI + manageme nt visuel	VSM	Kaizen
Projet n°1		x	x	x	
Projet n°2		x	x	x	
Projet n°3	x	x	x		x

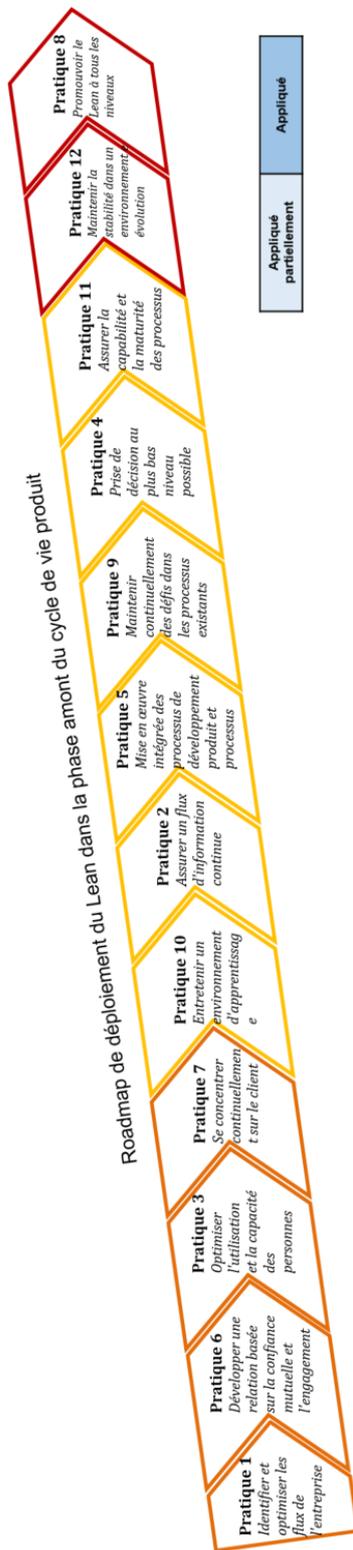
Tableau 22 : Outils utilisés au cours des trois projets

La présence de ces outils dans ces trois projets menés en parallèle du développement de la roadmap semble confirmer qu’il s’agit bien d’outils polyvalents adaptés à une grande variété de projets au sein de la phase amont du PLC.

La seconde analyse, est relative à la mise en œuvre des pratiques LEM dans les trois projets que nous avons présentés (Tab.23). Pour effectuer cette analyse, nous extrayons pour chaque projet les éléments qui valident totalement ou partiellement la mise en œuvre des pratiques LEM.

Les résultats de l’analyse montrent que l’ensemble des douze pratiques LEM ont bien été mises en œuvre.

On observe que le projet n°1, intégration de l’outil groupe et l’alignement des processus associés, comprend cinq items sur les douze : les pratiques P1, P3, P2 ont été appliquées et les pratiques P7 et P5 partiellement. Ces pratiques sont situées majoritairement dans la première moitié de l’ordre proposée par la roadmap.



	Pratique n°1	Pratique n°2	Pratique n°3	Pratique n°4	Pratique n°5	Pratique n°6	Pratique n°7	Pratique n°8	Pratique n°9	Pratique n°10	Pratique n°11	Pratique n°12	Pratique n°8	
Projet n°1	Création d'un nouveau processus de création d'article aligné avec les processus connexes (technique, qualité, industrialisation, achat, ...).	Le nouveau processus de création d'article permet de gagner en efficacité. Les demandeurs ont été formés à l'utilisation de l'outil et les actions Master Data optimisées.	L'objectif de ce projet était de réduire au maximum l'impact de ce processus sur le délai d'enregistrement des commandes (ETO).	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Les différentes parties prenantes ont participé à la création du cahier des charges du nouveau processus de création d'article.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.	Le nouveau processus de création d'article assure le transfert des informations en amont vers les services en aval.
Projet n°2	Les processus de gestion des modifications (GMM/MD) ont été analysés. Le nouveau processus DM, optimise la réalisation des différentes étapes.	Le processus de gestion des modifications compte sur les membres de son organisation et leurs engagements pour faire remonter les anomalies et les traiter.	Le Comité de gestion des modifications se focalise sur l'impact et valeur ajoutée de la modification pour le client.	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le Comité de gestion des modifications est composé des responsables de processus et donc représente l'ensemble des fonctions de l'entreprise.	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information
Projet n°3	Implication des collaborateurs dans les démarches Kaizen traduit la confiance des responsables dans leurs capacités à améliorer leurs activités.	Les sujets des démarches Kaizen s'articulent autour de l'optimisation du travail des collaborateurs.	Le Comité de gestion des modifications se focalise sur l'impact et valeur ajoutée de la modification pour le client.	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information	Le processus de gestion des modifications et l'outil Teams de gestion des tâches inhérentes au traitement permettent d'optimiser le flux de l'information

Tableau 23 : Pratiques LEM mises en œuvre au cours des trois projets (LAI MIT, 2004)

Le projet n°2, la transformation du processus de gestion des modifications, reprend les mêmes items que le projet précédent (P3, P2, P7 et P5) mais va plus loin en appliquant les pratiques P11 et P12 et partiellement les P1 et P6. Ce projet couvre une large étendue des pratiques (utilise huit des douze items) proposées par notre roadmap.

Enfin, le projet n°3, le lancement de la démarche Kaizen, met en œuvre les pratiques P6, P3, P10, P9, P4, P11 et P8 et partiellement la pratique P3. Les pratiques utilisées diffèrent en partie des deux autres projets et sont davantage situées dans la deuxième moitié de l'ordre de déploiement proposée par la roadmap.

Les pratiques mises en œuvre semblent dépendre de la typologie du projet, si celui-ci est davantage technique (optimisation produit, processus, flux ...) ou s'il relève de l'Humain et de son développement pour arriver à l'excellence (confiance, apprentissage, ...). Il faut d'ailleurs noter que seul le projet n°3 atteint le dernier niveau de la roadmap (P8 : « promouvoir le Lean à tous les niveaux »).

Il est également intéressant de noter que les pratiques utilisées durant ces projets (chronologiquement : projet n°1→n°2→n°3), suivent l'ordre des pratiques proposées dans la roadmap. L'application de ces projets semble corroborer l'ordre défini dans la roadmap proposée et traduit une prise de maturité dans les projets abordés et les pratiques mises en œuvre.

Les résultats de ces deux analyses effectuées sur des projets menés en parallèle de la conception de la roadmap nous confortent dans sa capacité à déployer une démarche Lean. Ces résultats indiquent également que l'entreprise possède déjà un certain niveau de maturité Lean.

L'intérêt de la roadmap de déploiement proposée, est qu'elle fournit aux entreprises souhaitant commencer ou poursuivre une démarche Lean dans la phase amont du PLC, une feuille de route outillée et prenant en compte la montée en maturité de l'organisation. L'outil de suivi, en plus de permettre un état des lieux, en mesurant le niveau de maturité de l'entreprise dans les différents environnements du scope, fournit un support intéressant pour suivre l'évolution du déploiement et garantir sa cohérence dans les différents environnements de la phase amont PLC.

Nous allons maintenant aborder les changements que cette thèse a induit sur la stratégie d'excellence de Stäubli EC SAS.

## 9.2.2 Prise en compte de la vision intégrée dans la stratégie d'entreprise

Ce retour d'expérience est aussi l'occasion d'évoquer l'évolution de la stratégie globale de la thèse et son impact sur l'entreprise Stäubli EC SAS.

A l'origine, ce projet de thèse était étroitement lié à la fonction que j'occupais au sein de l'entreprise : Responsable Master Data et donc concentré sur les systèmes d'information de l'organisation. L'existence de cette fonction, sous la forme d'un DSI montre déjà la maturité de l'organisation puisque cette notion est relativement récente. L'idée originelle de ces travaux de thèse était donc focalisée sur l'amélioration de la performance industrielle via l'optimisation des éléments à disposition, par cette fonction d'ancrage : les SI et leurs données. La stratégie de progrès imaginée alors était basée sur l'utilisation du Lean IT.

Au fur et à mesure des investigations menées, les thématiques et le sujet de ce travail de recherche ont évolué. Notre intérêt c'est finalement arrêté sur la période-clé pour la réussite d'une entreprise de fabrication de connecteurs électriques : la phase amont du PLC. L'analyse de cette période (présenté dans le chapitre 4) ainsi que les premiers travaux et recherches effectués, nous ont rapidement fait comprendre qu'une approche unilatérale du Lean durant cette période aurait en réalité une efficacité limitée. Dès lors, la thématique initiale orientée IT, s'est ouverte. Nous nous sommes appliqués à la construction et la mise en œuvre d'une démarche intégrée du Lean dans la première phase de vie du produit, en prenant en compte ses différents environnements.

L'entreprise Stäubli EC SAS, a activement suivi et participé à nos raisonnements tout au long de cette thèse. Conjointement à l'avancement de celle-ci et la réalisation de nos travaux, la Direction du site de Hésingue a également souhaité adapter sa stratégie. Son idée étant d'adapter son organisation afin d'engager et soutenir la transformation de l'entreprise et la recherche de la performance à tous les niveaux et plus spécifiquement dans la période stratégique qu'est le développement de nouveau produit. La prise en compte par la Direction, de la vision intégrée dans les démarches de progrès amenées par nos travaux, a abouti à la création en janvier 2023 d'un nouveau processus support appelé : Excellence Opérationnelle.

Ce nouveau processus (Fig.71), dont j'ai la charge, a pour mission de piloter la démarche et les actions d'amélioration continue et de déployer la vision Lean sur le site de Hésingue.

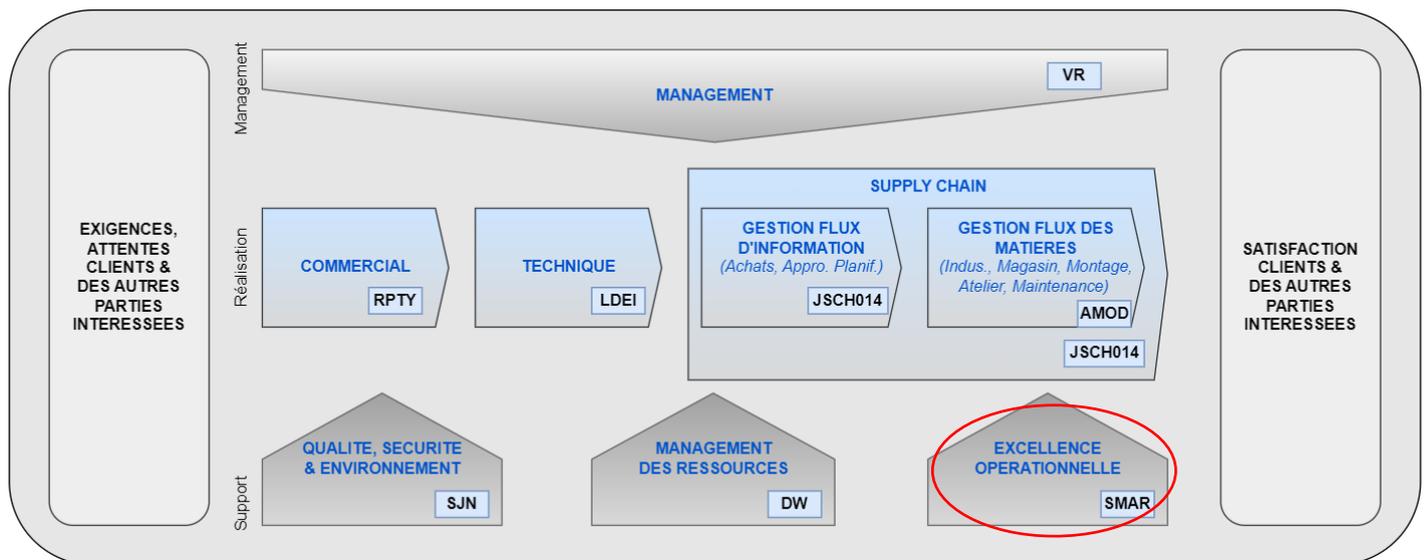


Figure 71 : Processus Excellence Opérationnelle et cartographie des processus de l'entreprise (Stäubli EC SAS)

En parallèle, la stratégie utilisée pour installer l'amélioration continue et la recherche de l'Ex Op dans la culture de l'entreprise est inspirée de la combinaison des approches Top-Down et Bottom-Up (Fig.72) que nous avons mis en œuvre dans cette thèse et présenté dans le chapitre 3.

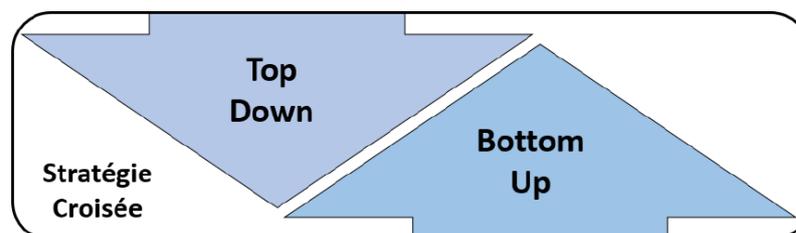


Figure 72 : Stratégie croisée « Top-Down / Bottom-Up »

En effet, la stratégie mise en œuvre dans le processus Excellence Opérationnelle pour implanter cette culture du progrès dans l'organisation, repose sur deux axes (Tab.24) :

- L'approche Top-Down, issue de la Direction : qui consiste à impulser des démarches de progrès sur des thématiques stratégiques pour l'organisation. Faciliter la réalisation des objectifs par la réalisation de chantiers Hoshin sur des sujets clés pour l'entreprise.
- L'approche Bottom-Up, issue de l'implication des collaborateurs : donner aux collaborateurs la capacité d'améliorer leur travail. L'adhésion à la démarche, s'effectue grâce au lancement de démarches Kaizen dans les services, dont l'objectif est le traitement des irritants opérationnels du quotidien.

Thème	Données d'entrée	Origine	Activités	Données de sortie	Destination
KAIZEN	Problématiques / irritants opérationnels du quotidien à l'échelle des services	Services	Démarche KAIZEN Accompagnement / support aux services concernés Définition d'une méthodologie	Plan d'action à l'échelle du service KPI (Résultats)	Services
HOSHIN	Sujets / projets stratégiques de l'entreprise	Objectifs / stratégie / feuille de route  Comité de pilotage  Matrice d'interactions	Chantier HOSHIN Pilotage des projets	Plan d'action KPI (Résultats)	Comité de pilotage

Tableau 24 : Les deux approches utilisées par le processus Excellence Opérationnelle de Stäubli EC SAS.

La volonté de la Direction du site de Héringue et la principale attente concernant le processus Excellence Opérationnelle concerne l'adhésion des collaborateurs et leur implication dans l'amélioration continue de leur travail. La création d'une culture d'entreprise tournée vers la recherche d'excellence.

Pour atteindre ces objectifs, le processus Excellence Opérationnelle, peut s'appuyer sur la roadmap de déploiement que nous proposons. En effet, elle permet de structurer pas à pas le déploiement du Lean, via la mise en œuvre de pratiques concrètes du LEM et l'utilisation d'outils du Lean polyvalents. Ces éléments sont intégrés par la répétition, jusqu'à être complètement assimilés par les collaborateurs.

La réussite du déploiement du Lean passe avant tout par le facteur Humain : la compréhension et l'adhésion des équipes. L'intérêt de la roadmap proposée est qu'elle intègre justement cet aspect Humain, au travers des pratiques LEM et de la prise en compte de l'évolution du niveau de maturité. L'outil de suivi proposé, permet de pousser le déploiement dans l'ensemble des environnements mais également de communiquer et ainsi d'impulser une dynamique de progrès.

Le site de Héringue a bien compris, l'importance de l'Humain et a notamment inclus dans sa politique QSE (Qualité, Sécurité et Environnement), l'approche Bottom-Up utilisée par le processus Excellence Opérationnelle dans les priorités sur les ressources (Fig.73) : « *Nous traitons les irritants du quotidien pour rendre Stäubli meilleur* ».

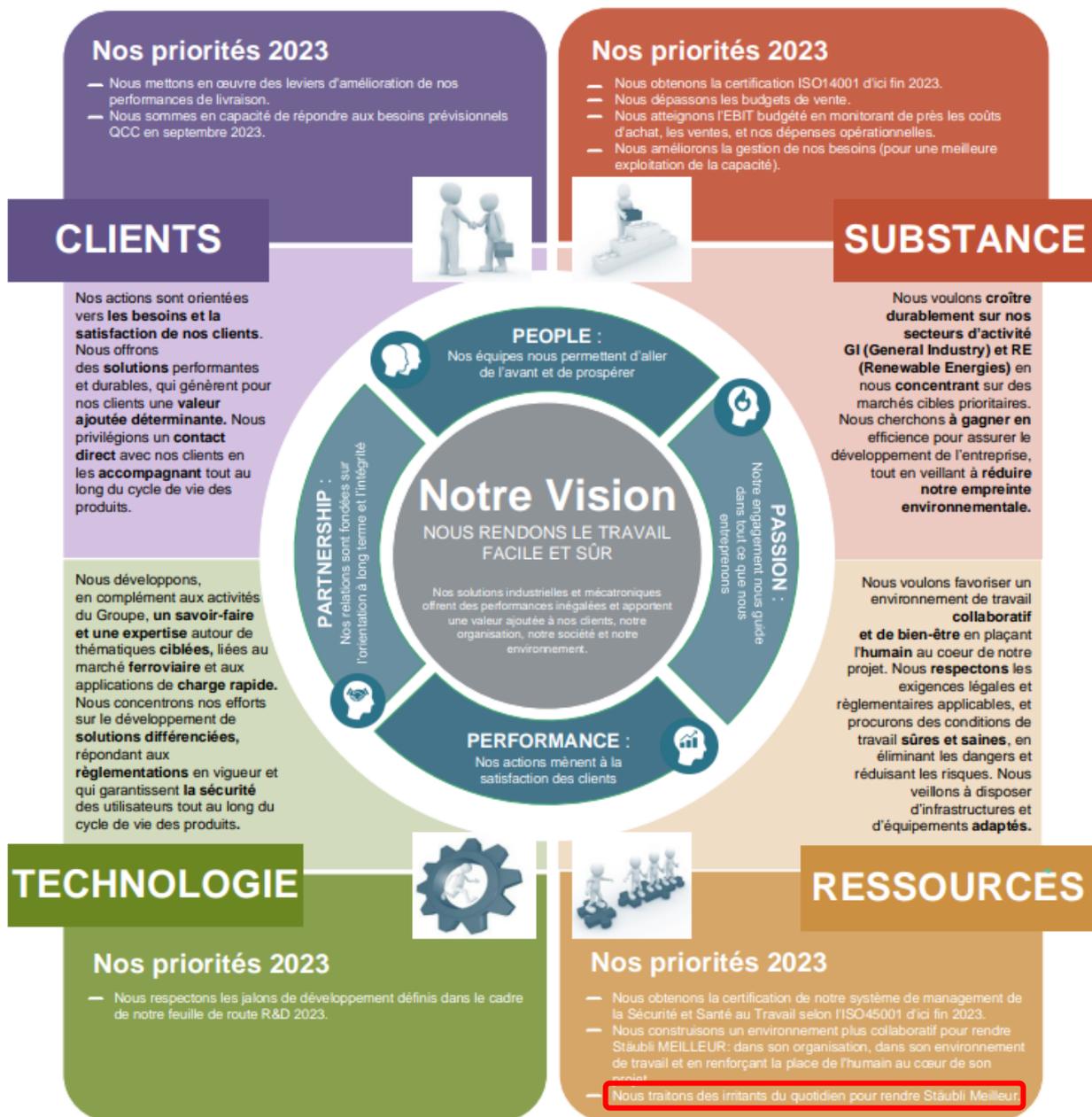


Figure 73 : Politique QSE 2023 (Stäubli EC SAS)

La synergie entre ce projet de recherche et la volonté du site de Héringue d'améliorer sa performance industrielle ont permis d'établir une organisation et une stratégie adaptée aux enjeux rencontrés. A nous maintenant d'aller au bout de la démarche pour assurer la réussite de Stäubli EC SAS.

Réponse au verrou de recherche n°9 : « *Comment s'assurer du déploiement efficace du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

Pour compléter la roadmap de déploiement du Lean dans la première étape du cycle de vie produit et suivre l'effectivité du déploiement, un outil de suivi a été proposé. Cet outil de suivi a pour intérêt de mesurer l'étendue et la profondeur du déploiement de chaque pratique Lean dans chacun des environnements de la phase amont du cycle de vie produit. L'échelle de mesure utilisée est inspirée du CMMI et comporte cinq niveaux, allant d'*Initiale* à *Optimisé* en fonction de la profondeur de déploiement. La représentation graphique de ces mesures permet d'appréhender l'état du déploiement de manière globale dans l'ensemble de ces environnements. Cet outil permet ainsi le suivi de l'évolution du déploiement et de communiquer avec les différentes parties prenantes. Il doit être vu comme un moyen de piloter la transformation Lean de l'entreprise en assurant la cohérence du déploiement dans la phase amont du cycle de vie produit.

La prise en compte de la stratégie et l'adaptation de l'organisation de l'entreprise, afin de soutenir la mise en œuvre de la roadmap, sont des facteurs de réussite du déploiement.

### **Conclusion partie III**

L'utilisation de la méthodologie Lean apparait comme un moyen pertinent pour améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit. L'analyse détaillée de l'outil LEM, un recueil de bonnes-pratiques Lean développé par le Lean Aerospace Initiative du MIT, montre qu'il existe des liens d'interdépendance entre ces pratiques. Ces interactions ouvrent la possibilité de définir l'ordre de déploiement le plus efficient pour mettre en œuvre ces pratiques. Pour structurer ce déploiement, l'étude de la littérature nous éclaire sur la méthode à utiliser. L'utilisation d'une roadmap, une feuille de route planifiant et priorisant la mise en œuvre des actions, apparait comme être la meilleure solution pour déployer la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie produit.

La prise en compte des éléments issus de la stratégie croisée Top-Down/Bottom-Up menée, ont permis de construire une roadmap de déploiement du Lean adaptée à la phase amont du cycle de vie produit. Cette feuille de route permet de structurer et d'outiller la mise en œuvre de la méthodologie Lean au sein d'une organisation. La roadmap proposée est basée sur la prise en compte de l'efficience (gain/effort) nécessaire pour déployer les pratiques et outils Lean ainsi que de l'évolution du niveau de maturité Lean dans l'organisation. Pour être efficace, cette roadmap doit être implémentée dans les trois environnements qui composent la phase amont du cycle de vie produit et intégrer l'Humain dans la transformation de l'entreprise.

Afin de suivre le déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit de l'entreprise, un outil de suivi a été créé. Cet outil mesure l'étendue et la profondeur du déploiement des pratiques LEM dans les environnements qui composent le processus de développement de nouveaux produits. Son objectif est de permettre le pilotage du déploiement ainsi qu'un support de communication efficace.

Enfin, pour améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit, l'adaptation de l'organisation et l'assimilation par l'entreprise de la stratégie issue de la roadmap de déploiement semble essentielle.

# Conclusion générale



# Synthèse

Il s'agit maintenant de conclure cette thèse en faisant la synthèse des travaux présentés dans les parties et chapitres précédents ainsi que le récapitulatif des réponses apportées aux verrous de recherche que nous avons définis.

La partie I de cette thèse était consacrée au positionnement des travaux et était composée de trois chapitres. Son objectif était d'introduire le contexte industriel et scientifique ainsi que de présenter la stratégie de recherche utilisée dans la thèse.

Le chapitre 1, était consacré à l'explication du contexte industriel dans lequel s'intègre ce travail de recherche. Tout d'abord par la présentation des défis auxquels sont confrontés l'industrie électrique en France puis celle de l'entreprise et des activités de Stäubli EC SAS, qui accueille cette thèse Cifre. La présentation des problématiques liées au marché, sur lequel l'entreprise se positionne, qui demande une complexification des produits et plus de réactivité, amène vers une première problématique industrielle : « *Comment livrer des produits plus complexes dans des délais toujours plus courts ?* ». La description des problématiques opérationnelles nous a montrés que la phase amont du cycle de vie produit, de la définition du besoin aux premières productions en série, était une période-clé pour l'entreprise durant laquelle les caractéristiques qui définissent la réussite du produit sont décidées. Le succès d'un produit repose donc sur la performance du processus de développement produit et de l'ensemble de ses acteurs, cela nous a amené à la deuxième et principale problématique de cette thèse : « *Comment améliorer la performance industrielle durant la phase amont du cycle de vie produit ?* ». L'ensemble des éléments qui ont été décrits dans la présentation du contexte industriel de cette thèse, dans le chapitre 1, ont permis d'apporter une réponse sémantique au premier verrou de recherche que nous avons défini (schéma Fig.26) : « *Quels mécanismes et éléments entrent en compte dans le développement de nouveaux produits ?* ».

Le chapitre 2, avait pour vocation d'établir l'état de l'art des thématiques connexes au problématiques industrielles et donc d'introduire le contexte scientifique de la thèse. La description de la littérature concernant les thématiques suivantes : la phase amont du cycle de vie produit, le système d'information, la performance industrielle, l'excellence opérationnelle et la méthodologie Lean. Ces éléments sont venus compléter la principale problématique de la thèse

avec deux problématiques scientifiques : une, orientée méthodologie : « *Quelle démarche utiliser pour améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit ?* » et une, orientée mise en œuvre et outils : « *Comment déployer et outiller une démarche intégrée dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Ce second chapitre a également permis d'apporter via l'analyse de la biographie une réponse sémantique au deuxième verrou de recherche : « *Quelle stratégie adapter pour améliorer la performance industrielle durant le développement de nouveaux produits ?* ». L'utilisation de la méthodologie Lean a été retenue car elle a déjà montré ses preuves pour améliorer la performance industrielle et a été adaptée du Lean Manufacturing à d'autres environnements et activités.

Le chapitre 3, a décrit la stratégie utilisée dans cette thèse. Il a repris et schématisé les questions de recherche, exprimées ci-dessus et a défini les verrous scientifiques associés. La méthodologie de recherche utilisée, basée sur une stratégie de recherche croisée combinant les approches Top-Down (*Grounded Theory 1st Concept*) et Bottom-Up (*Case Study*), y a été décrite. Enfin, ce chapitre a démontré les éléments qui font l'originalité de ce travail de recherche : la vision holistique et systémique de la phase amont du cycle de vie produit. Ce chapitre a apporté également une réponse au second verrou de recherche exprimé plus haut, en proposant une stratégie croisée tenant compte à la fois de l'état de l'art et du terrain pour définir la meilleure approche pour améliorer la performance dans la première phase de vie du produit.

La partie II de cette thèse a été dédiée à la description de la stratégie croisée mise en œuvre, elle était composée de trois chapitres. Son but était de présenter les résultats de l'analyse de la phase amont du cycle de vie produit ainsi que des approches Top-Down et Bottom-Up.

Le chapitre 4, a analysé les environnements présents dans la phase amont du cycle de vie produit. Les résultats obtenus ont permis de répondre au quatrième verrou de recherche « *Pourquoi une approche globale du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ». En effet, cette période est composée de trois environnements fortement liés et interdépendants : le développement produit (processus d'innovation), opérationnel (processus opérationnel) et IT (système d'information). Pour chacun de ces processus, il existe une adaptation du Lean (Lean Product Development, Office et IT). Or il a été montré qu'une approche unilatérale du Lean concentrée sur un seul environnement a une efficacité limitée du fait de leur interdépendance. Une approche intégrée du Lean (holistique et systémique) dans la phase amont du cycle de vie produit est plébiscitée.

Le chapitre 5 a présenté les résultats obtenus grâce à l'approche Top-Down menée. Ces éléments ont apporté des réponses au cinquième verrou de recherche « *Quelles sont les démarches Lean*

*associable à la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Tout d'abord technique, l'analyse de la bibliographie a permis de définir les outils du Lean communs aux trois environnements et de spécifier leur efficacité contre les gaspillages du Lean puis, axée sur les démarches permettant de déployer le Lean dans la période recherchée. L'approche proposée par la Lean Aerospace Initiative (LAI) du MIT et sa triade d'outils, semblait correspondre à la vision holistique et systémique que nous avions de la phase amont du cycle de vie produit.

Le chapitre 6, a décrit les résultats de l'approche Bottom-Up réalisée à travers deux enquêtes (respectivement 203 et 117 réponses) auprès des utilisateurs du Lean : les industriels. Ces sondages ont permis de répondre au sixième verrou de recherche : « *Comment évaluer les pratiques et outils du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Ainsi, la première enquête dédiée à l'utilisation du Lean, a validé l'intérêt et l'utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie du produit mais a également permis de valider l'utilisation des outils du Lean et l'application des pratiques du LEM (un modèle conçu par la LAI du MIT, définissant des pratiques issues des principes Lean). La seconde enquête, s'est focalisée sur le déploiement du Lean dans la première phase du cycle de vie produit a permis de mesurer le gain et l'effort perçus pour mettre en œuvre les pratiques LEM et les outils du Lean en fonction du niveau de maturité de l'organisation.

La partie III de ce manuscrit a introduit la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit proposée. Cette partie comprenait trois chapitres qui décrivaient le choix de l'utilisation d'une roadmap, sa construction et sa mise en pratique.

Le chapitre 7, a décrit la genèse de la roadmap. Premièrement, comment l'analyse des pratiques de l'outil LEM a permis de mettre en évidence des liens d'interdépendance entre les pratiques. Ces liens théoriques, ont laissé entrevoir la possibilité de définir un ordre de déploiement des pratiques LEM plus efficace. Pour répondre au septième verrou de recherche : « *Comment opérationnaliser une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* », l'analyse de la littérature concernant les stratégies de mise en œuvre de stratégie ont convergé rapidement vers la notion de roadmap. La définition d'une feuille de route qui définit et priorise les actions à mettre en œuvre afin de guider les industriels tout au long du déploiement.

Le chapitre 8, a décrit la construction les éléments constitutants et proposé une roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit. Ce chapitre a répondu aux troisièmes et huitièmes verrous de recherche : « *Comment optimiser le ration gain/effort des actions à mettre en œuvre ?* » et « *Quelle vision à court et long terme de la performance instaurer dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ».

La roadmap de déploiement proposée repose en effet sur la prise en compte du gain et de l'effort nécessaire pour mettre en œuvre les pratiques LEM et outils du Lean proposés. La notion de maturité de l'organisation a été intégrée dans la roadmap, en prenant compte à chaque étape du déploiement des actions adaptées au niveau de maturité de l'organisation. Cette vision chronologique du déploiement permet de faire évoluer le niveau de maturité de l'entreprise via l'intégration de l'Humain au cœur de la transformation.

Enfin, le chapitre 9, a abordé la mise en pratique et le suivi du déploiement de la roadmap. Ce chapitre a permis de satisfaire le neuvième et dernier verrou de recherche : « *Comment s'assurer du déploiement efficace du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ?* ». Afin de compléter la roadmap proposée et suivre le déploiement, un outil de suivi a été conçu. L'objectif de cet outil est de mesurer l'étendue et la profondeur du déploiement pour chaque pratique LEM dans chaque environnement composant la phase amont du cycle de vie produit. Cet outil permet de suivre le déploiement et de s'assurer de sa cohérence dans tous les processus qui contribuent au développement de nouveaux produits. Il doit être vu comme un outil de communication pour intégrer les différentes parties prenantes dans l'évolution du déploiement. Combiné avec la roadmap déploiement, il permet de piloter la démarche de transformation Lean de l'entreprise.

Le travail de recherche présenté dans cette thèse a permis de lever les neuf verrous identifiés et a proposé à travers la roadmap, une solution pour aider et guider les industriels souhaitant se lancer dans une démarche Lean avec pour objectif d'améliorer leurs performances industrielles dans la phase amont du cycle de vie produit.

# Limites

La stratégie de recherche croisée utilisée dans cette thèse, composée des approches Top-Down et Bottom-Up, permet de proposer une roadmap et déploiement ainsi qu'un outil de suivi. Ces outils méthodologiques offrent la possibilité aux industriels de déployer et piloter une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit de leur entreprise. L'objectif final étant de gagner en performance industrielle dans les différentes activités qui composent le processus de développement produit. Déployer une démarche Lean dans cette période-clé pour atteindre l'excellence opérationnelle et les objectifs de l'entreprise.

Bien sûr, comme pour toutes démarches de recherche, il existe des limites à la stratégie et aux outils proposés. Ces limites peuvent être abordées selon trois points d'accroche : celle liée à l'approche utilisée, aux outils, et à l'environnement.

Premièrement, abordons les limites liées à l'approche proposée dans cette thèse : l'utilisation d'une roadmap de déploiement. Les principales limites que peut rencontrer cette stratégie de déploiement concernent la difficulté à être adoptée par l'organisation et à être mise en œuvre par celle-ci. En effet, pour être efficace la roadmap doit être comprise et adoptée par l'ensemble de l'entreprise à commencer par le management qui doit l'intégrer dans ses actions et ses décisions à court et long terme. L'appui des décideurs notamment par l'adaptation de l'organisation afin de favoriser et soutenir la réalisation de la roadmap, est primordial. De même, la communication de la feuille de route à l'ensemble des collaborateurs, est nécessaire afin de les inclure, en tant que parties prenantes dans le déploiement. L'adoption de la roadmap par l'ensemble des parties prenantes est d'autant plus nécessaire qu'elle doit être mise en œuvre de manière cohérente dans l'ensemble des environnements composant la phase amont du cycle de vie produit pour être efficace. L'implication de toute l'organisation dans la transformation Lean de l'entreprise est une des limites à l'utilisation de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit proposée.

Deuxièmement, la roadmap a été construite en prenant en compte les retours du terrain, en fonction de l'efficacité des pratiques et outils du Lean, établis à partir d'un panel d'industriel. Cela implique que la roadmap soit conçue pour être efficace dans une organisation ayant un niveau de maturité moyen, basé sur la moyenne des retours obtenus.

Cela représente une des limites de ce travail, car le gain et l'effort nécessaires pour mettre en œuvre les pratiques et les outils proposés, peuvent varier en fonction du niveau de maturité des organisations. Cela est surtout représentatif pour les organisations, qui possèdent un niveau de maturité Lean soit haut ou très bas. En effet, une organisation industrielle dont les notions de qualité et d'amélioration continue sont intégrés dans la culture d'entreprise, aura déjà mis en œuvre de manière inconsciente une partie de la roadmap proposée. A l'inverse, pour une structure dont la culture est éloignée des valeurs du Lean, la compréhension et même la mise en œuvre des premières étapes de la roadmap peuvent représenter une marche trop haute à gravir. Une des limites correspond donc au niveau de maturité technique et Humaine nécessaires pour appliquer les pratiques et outils proposés dans la roadmap de déploiement du Lean dans les différents environnements qui composent la phase amont du cycle de vie produit.

La troisième limite est liée à l'environnement. La roadmap et l'outil de suivi ont été conçus pour déployer le Lean afin d'améliorer la performance industrielle des organisations dans le développement de nouveaux produits. Dans nos travaux, ce besoin est issu des problématiques rencontrées par Stäubli EC SAS, une entreprise qui développe et fabrique des connecteurs électriques. Il convient donc de se poser la question de la transposabilité de ces travaux dans d'autres secteurs d'activité ou typologies d'entreprise. En effet, est-ce que les environnements décrits comme composant la phase amont du cycle de vie produit sont présents dans tous les secteurs d'activité ? De la même manière, la typologie d'entreprise peut avoir un impact sur la mise en œuvre de la roadmap proposée. La prise en compte de la roadmap dans la stratégie d'entreprise et la mise en œuvre ne sera peut-être pas la même entre une PME et un grand groupe. Une des limites de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit est donc liée à sa capacité à être transposée dans différentes organisations (secteur d'activité, effectif, structure, ...).

D'autres éléments peuvent également faire émerger des limites et concernent la compatibilité ou les impacts que peuvent avoir d'autres thématiques d'actualités sur la mise en œuvre de la roadmap de déploiement de la phase amont du cycle de vie produit. L'industrie 5.0 (intelligence artificielle dans les processus, système de décision cognitif, usine connectée ou encore collaboration homme-machine), le besoin accru d'intégrer de nouveaux éléments dans la notion de performance comme l'impact écologique et le développement durable ou encore la prise en compte de l'importance sociétale des entreprises sont autant de nouveaux facteurs qui peuvent avoir un impact sur l'efficacité et la pérennité de la roadmap proposée.

Afin de valider ou non les limites identifiées, le besoin d'implémentation complète de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit, dans différentes organisations est nécessaire pour conclure ses limites. Vraisemblablement, il est nécessaire d'acquérir le retour d'expérience d'entreprises de tailles et d'activités différentes, afin de statuer sur l'efficacité et l'applicabilité de la feuille de route proposée.

Enfin, il est également nécessaire d'aborder les limites de la stratégie de recherche utilisée, une stratégie croisée combinant les approches Top-Down et Bottom-Up. Bien que cette stratégie hybride permette de prendre en compte à la fois les bonnes pratiques établies dans la littérature et la réalité industrielle dans la réflexion, cette méthodologie ne permet pas de garantir la prise en compte égale des deux approches. En effet, lors de la mise en œuvre de la stratégie croisée, il est possible que les paramètres venant d'une des approches, prennent le dessus sur l'autre.

Néanmoins, même si l'égalité n'est pas représentée de manière équitable entre les deux approches dans les résultats obtenus, cette stratégie hybride possède l'immense avantage d'ouvrir sa perception aux deux visions et ainsi d'apporter une vision holistique du sujet étudié.



# Perspectives

Dans cette partie, nous allons mettre en avant différentes perspectives pour nos travaux. Les perspectives vont ainsi être abordées en trois points.

Dans un premier point, avant de s'intéresser à ces perspectives en tant que telles, il nous a paru intéressant d'étudier comment, notre roadmap peut faire écho et combler les besoins émis par différentes instances dans leur plan stratégique.

Dans un second point, nous allons développer les pistes d'amélioration possibles pour la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit proposée dans cette thèse.

Enfin, dans un troisième point, nous proposerons une perspective industrielle concernant l'utilisation de la roadmap.

Pour débiter, nous avons voulu analyser comment, nos travaux peuvent s'intégrer dans les plans et stratégies menés actuellement par différentes institutions, à différents niveaux géographiques.

Ainsi, dans la région Grand Est, le *Plan Grand Est Transformation Industrie* est un accélérateur régional de transformation, de business et d'innovation, alignant l'offre régionale aux besoins des industries du territoire (Grand-Est Transformation). Ce programme, tel qu'il se définit, a plusieurs missions prioritaires telles que : Structurer et coordonner les communautés d'offres, contribuer à la transformation des industries du territoire, anticiper les besoins en compétences et faire rayonner, attirer de nouveaux offres de solutions et de talents à travers l'animation de différentes communautés (nommées Domaines d'Applications Stratégiques).

Parmi ces communautés, une s'intéresse tout particulièrement aux organisations agiles, en se focalisant tout particulièrement sur les modèles d'organisation et les systèmes d'information les supportant. Les réflexions, méthodes et pratiques les plus avancées sont attendues à être challengées par le groupe. Ainsi, il serait pertinent de proposer notre roadmap de déploiement de cette instance afin de collecter leurs retours et remarques pour l'améliorer.

Du point de vue national, le plan *France Relance* adopté en 2021, juste à la suite de la crise sanitaire, vise à relancer l'activité économique frappée par la crise sanitaire et préparer l'avenir à l'horizon 2030 du territoire français (France 2030). Plan articulé autour de trois priorités : Transition écologique / Compétitivité des entreprises / Cohésion sociale et territoriale.

Ce plan national, comprenant 70 mesures, est doté d'un budget de 100 milliards d'euros sur deux ans. La deuxième mesure (*Compétitivité des entreprises*- dotée de 35 milliards d'Euros) a retenu notre attention et permet de positionner les travaux de cette thèse. En effet, la roadmap Lean proposée par les entreprises, apporterait sa pierre à l'édifice dans l'objectif national de renforcement de la compétitivité économique et de la souveraineté industrielle (la relocalisation de la production industrielle dans les territoires et la numérisation des TPE, PME et ETI). Cette roadmap de déploiement du Lean apparaît ainsi clairement comme un levier de compétitivité pour les entreprises dans le développement de nouveaux produits. Sa facilité de prise en main et la prise en compte de l'évolution du niveau de maturité de l'organisation, la rend également accessible pour un usage dans les PME/ETI.

Du point de vue européen, différentes initiatives corroborent le besoin du recours à des outils telle la roadmap de déploiement du Lean proposée. Ainsi, en marge du programme *Horizon Europe*, les partenariats stratégiques européens sont des outils financés ou co-financés d'aide à la compétitivité européenne (volume global 8 milliards d'euros pour 49 partenariats) (*Horizon Europe*).

L'analyse des *Strategic Research and Innovation Agenda* (SRIA) de certains de ces partenariats ont retenu notre attention quant à la valeur ajoutée de notre outil pour répondre aux défis édictés dans ces partenariats à grande échelle. On peut citer en priorité *l'European Institute of Innovation and technology*, *l'EIT Manufacturing* (EIT Manufacturing), dont l'un des piliers est, favoriser la compétitivité industrielle : en intégrant les pratiques Lean dans la phase amont du cycle de vie produit. Les entreprises peuvent améliorer leur compétitivité en accélérant le développement de nouveaux produits ce qui est conforme aux objectifs de l'EIT.

On peut également s'intéresser aux objectifs d'autres partenariats stratégiques tournés vers le numérique tel que *UE Digital Strategy*, *l'EIT Digital* ou encore le partenariat *Key Digital transformation* .

Ainsi, en termes d'alignement avec les objectifs de *l'UE Digital Strategy* : une approche Lean intégrée au processus de développement produit ne peut qu'aider à aligner les efforts de recherche et d'innovation sur les objectifs de la stratégie numérique de l'Union Européenne, en favorisant une utilisation plus efficace des ressources. Si on considère l'intérêt pour le partenariat *EIT Digital* ; l'adoption du Lean peut faciliter la transformation numérique des entreprises, en réduisant les inefficiences dans les processus informatiques et en accélérant le développement de solutions numériques innovantes, à la croisée des chemins du Lean telle que présentée dans la

roadmap (EIT Digital). En ce sens, la roadmap est tout à fait alignée avec les objectifs de ce partenariat stratégique. Concernant le partenariat *Innovative SME's* ; en termes de soutien aux PME ; la roadmap proposée peut aider ces petites et moyennes entreprises innovantes à optimiser leurs opérations et à accélérer le développement de produits, ce qui peut être un vecteur d'efficacité crucial pour leur croissance et leur succès. En ce sens, la roadmap peut être totalement adaptée à une croissance rapide et être un outil de guidage au niveau opérationnel et stratégique pour les dirigeants.

A travers ces différentes projections, au niveau des *SRIA* et différentes roadmaps allant du niveau régional au niveau continental, nous démontrons ici que notre roadmap peut se positionner en solution aux différents défis présents aux agendas de différentes actions collectives grâce à l'intégration Lean dans la phase amont du cycle de vie produit.

Nous allons maintenant, nous intéresser au deuxième point de ces perspectives consacrées à l'amélioration de la roadmap proposée.

Notre stratégie de déploiement du Lean est basée sur l'application de pratiques et de différents outils pour améliorer la performance opérationnelle et atteindre l'excellence industrielle.

A l'instar des précédents travaux menés au sein de l'équipe CSIP du laboratoire ICube (Verrier, 2015), une première amélioration du modèle pourrait mener à une ouverture vers le Green; en adaptant la roadmap de manière à prendre en compte la maturité de l'entreprise en matière d'excellence environnementale. Cette ouverture, très actuelle, permettrait en outre d'ajouter de manière assez simple la composante Green au sein de la roadmap en la voyant non pas comme un élément restrictif supplémentaire mais comme l'opportunité de mixer l'utilisation de différents outils et de bénéficier des synergies et opportunités créées par la prise en compte de ces différents points de vue. Ainsi, à l'instar des premiers travaux du laboratoire en Lean and Green orientés manufacturing, les synergies relevées pourraient être un facteur d'accélération de la maturité Lean and Green beaucoup plus rapide que s'il s'agissait de la composante Lean uniquement.

Ces nouvelles données à ajouter à nos travaux pourraient en outre faire l'écho de recommandations puisées dans des roadmaps à plus grande échelle et à plus grande échéance, telle la roadmap « Roadmap for a competitive low-carbon Europe by 2050 » dans laquelle la commission européenne propose une vision stratégique à long terme pour une économie européenne prospère, moderne, compétitive et neutre sur le plan climatique (Europe Climate). Dans cette roadmap européenne, l'industrie au sens large doit, à l'horizon 2050, baisser ses émissions de plus de 80% par rapport aux seuils existants au lancement en 2011.

Une autre possibilité d'amélioration de la roadmap Lean proposée concerne l'intégration de l'Intelligence Artificielle (IA) pour faciliter et accompagner le déploiement.

Parmi les approches utilisées dans notre stratégie de recherche, une démarche *Case Study* a permis de recueillir des résultats auprès d'un nombre significatif d'industriels grâce à deux enquêtes sur l'utilisation et la mise en œuvre des outils et pratiques Lean. Une piste d'amélioration pertinente serait d'avoir ces résultats en temps réel et tout au long du déploiement afin de connaître l'évolution des pratiques des industriels ainsi que recueillir leurs attentes et besoins. Ces résultats obtenus grâce à l'analyse en temps réel des outils et pratiques mises en œuvre dans les processus de l'entreprise permettraient d'obtenir un score de maturité beaucoup plus précis mais également d'anticiper cette dernière. Bien sûr des questions sur l'acquisition, le nettoyage et stockage des données et du traitement apparaissent. Il conviendrait donc de réfléchir à comment l'IA pourrait intervenir à différents niveaux. Notamment au niveau de l'acquisition et de l'analyse des données : l'IA pourrait être connectée aux systèmes d'information de l'entreprise afin de collecter les données et les traiter pour identifier des tendances, des corrélations et des informations pertinentes pour orienter la roadmap. Elle peut aussi aider à personnaliser les roadmaps en fonction des besoins spécifiques des utilisateurs et leurs niveaux de maturité. Du point de vue de l'opérationnalisation de la roadmap, une analyse de la rentabilité pourrait être implantée (gain/effort suivi en temps réel) et un suivi de la performance pourrait être également lancé. Enfin, tout au long de la mise en œuvre du déploiement, l'IA pourrait suggérer différentes combinaisons d'outils et pratiques basées sur les bonnes pratiques identifiées et assimilées. L'IA pourrait accompagner les industriels sous la forme d'un « *Learning Path* » adapté au niveau de maturité et aux situations rencontrées.

Le dernier point que nous allons aborder dans ces perspectives concerne la prise en compte de la roadmap proposée dans les entreprises industrielles. Nous avons vu dans ce travail de recherche que l'aspect Humain est primordial. Ainsi la réussite de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit, passe par son intégration dans la culture de l'entreprise. La prise en compte dans l'ensemble des environnements composant le processus de développement produit est impératif est nécessaire pour être efficace. Ainsi, la ritualisation de son utilisation dans tous les projets et actions de l'entreprise, représenterait un vecteur efficace pour l'assimilation dans les mœurs de l'entreprise. L'utilisation et la référence « réflexe » à la roadmap pour l'ensemble des actions menées et à tous les niveaux de l'organisation. Cette utilisation de la roadmap à l'instar des rituels de Shopfloor management ou du 5S, permet aux collaborateurs l'appropriation de la stratégie et faciliterait grandement sa réalisation.

Il est même possible d'imaginer son utilisation au sein de l'entreprise étendue, en créant un grand plan de transformation pour l'ensemble de la chaîne logistique. L'intégration des fournisseurs et des clients dans la roadmap de déploiement du Lean permettrait de franchir un cap encore plus important dans la diffusion de la culture Lean et surtout d'apporter un potentiel de gain très important pour l'ensemble des parties prenantes. Partager une stratégie et des pratiques communes afin de tendre ensemble vers l'Excellence Opérationnelle.

L'aspect retour d'expérience est également très important dans la démarche de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit. La capitalisation des réussites et erreurs du passé afin de pouvoir prendre en compte les « bonnes pratiques » pour le déploiement du Lean dans les différents environnements et processus de l'entreprise. Ainsi par exemple dans le cadre d'un Groupe, la capitalisation lors du déploiement sur un site « pilote », permettrait d'enrichir la stratégie, les pratiques et outils pour faciliter le déploiement sur le prochain site.

Le concept d'efficacité, basé sur le gain et l'effort est un aspect très important dans l'industrie, la prise en compte des retours d'expérience et la mise à jour des bonnes pratiques représentent des leviers très importants pour optimiser et rendre positif le ratio des actions mises en œuvre. L'intégration du Lean dans la culture de l'organisation pendant la phase de développement produit ainsi que la capitalisation de l'expérience sont deux angles à prendre en compte pour les entreprises souhaitant atteindre l'excellence opérationnelle pour être capable de fournir des produits toujours plus complexes dans des délais toujours plus courts.

Les perspectives présentées ici, reprennent le positionnement de cette thèse par rapport à différents enjeux et comment elles s'intègrent par rapport aux problématiques reprises par différentes roadmaps institutionnelles. Des pistes d'évolution envisageables de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie, ont également été présentées. Enfin, le facteur Humain et des pistes permettant d'assurer la réussite de la transformation de l'entreprise vers l'excellence opérationnelle ont été évoquées. Ces éléments laissent présager des évolutions pertinentes pour cette roadmap.



# Bibliographie

- Adamczuk, G., Piovesan, G., T., Setti, D., & Takechi, S. (2022). Lean and Green Product Development in SMEs: A Comparative Study between Small- and Medium-Sized Brazilian and Japanese Enterprises. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity* .
- Aguilera, J. T., & Ruiz, N. (2019). Operational excellence: Concept review and meaning restructuration. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operation Management*, 678-688.
- Ahmadi, T., & Rahmani, N. (2023). How to develop standardized work for business processes in the transactional office environment. *Total Quality Management*.
- Alam, G. (2009). The role of science and technology education at network age population for sustainable development of bangladesh through human resource advancement. *Sci. res. Essays*, 1260-1270.
- Albuquerque, F., Torres, A. S., & Berssaneti, F. T. (2020). Lean product development and agile project management in the construction industry. *Emerald Group Publishing Limited, Vol 27*, 135-151.
- Alhuraish, I. (2016). *L'évaluation des performances des organisations implémentant les méthodes Lean Manufacturing et Six Sigma: Application aux industries françaises*.
- American society of Quality. (2023). Impact Effort matrix. Consulté le 5 juin : <https://asq.org/quality-resources/impact-effort-matrix>.
- Antoniolli, P., Camello Lima, C., Terra Argoud, A., & Camargo Junior, J. (2015). Lean Office applied to ICT Project Management: Autoparts Company Case Study. *International Journal of Management*.
- Antony, J., Swarnakar, V., Gupta, N., Jayaraman, R., Luz Tortorella, G., & Cudney, E. (2022). Critical success factors for operational excellence initiatives in manufacturing: a meta-analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*.
- Anvari, A., Zulkifli, N., Mohd, R., & Ismail, M. (2011). A proposed dynamic model for a lean roadmap. *African Journal of Business Management*.
- Anwar, A., Idrees, M., Atif, M., & Ali, B. (2022). An empirical examination of SMEs sustainable performance through lean manufacturing. *Knowledge of Process Management*, 289-299.
- Aoki, R., & Katayama, H. (2018). Heijunka Operation Management of Agri-Products Manufacturing by Yield Improvement and Cropping Policy.
- APQP. (1994). *Advanced Product Quality Planning and Control Plan, reference manual*. Carwin Continuous Ltd. Unit 1 Trade Link, Ave, West Thurrock, Grays, Essex, England.
- Arafah, M. (2015). Combining Lean Concepts & Tools with the DMAIC Framework to Improve Processes and Reduce Waste. *American Journal of Operations Research* , 209-221.
- Araz, C., & Ozkarahan, I. (2007). Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. *International Journal of Production Economics*, Vol 106, n°2, 585-606.
- Arnold, J., Chapman, S., & Clive, L. (2012). *Introduction to Materials Management*. Pearson Edition.
- Azzamouri, A. (2018). *Construction de méthodes et d'outils de planification pour l'industrie minière du phosphate en contexte de Lean Management*.
- Bacoup, P. (2016). *Mise en oeuvre d'un système normalisé optimisé par les démarches du Lean Management*.
- Badets, P. (2016). *Prise en compte du facteur humain pour palier les limites des démarches Lean : proposition d'un modèle de performance et d'une méthodologie d'accompagnement*.

- Bashir, H., & Thomson, V. (2001). Estimating effort and time for design projects.
- Baudet, C. (2019). *L'évaluation de l'efficacité des systèmes d'information : des situations normales aux situations extrêmes*.
- Bebersdorf, P., & Huchzermeier, A. (2022). Advanced Concepts in Automotive Manufacturing to Master Variance in Assemblies. *Springer, Variable Takt Principle*, 207-239.
- Bell, S. C., & Orzen, M. A. (2010). *Lean IT: Enabling and Sustaining Your Lean Transformation*. CRC Press.
- Bernat, J., & C., M. (2001). Cycle de vie et courbe d'apprentissage de produits complexes : le cas des outils coopératif de management de la connaissances. *VSST 2001*. Barcelone, Espagne.
- Bernate Lara, A. F. (2014). *Optimisation physique et logique de systèmes de production*.
- Berrah, L. (2015). La quantification de la performance dans les entreprises manufacturières : de la déclaration des objectifs à la définition des systèmes d'indicateurs.
- Besser Freitag, A. E., Santos, J., & Reis, A. (2018). Lean Office and digital transformation: a case study in a services company. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 588-594.
- Blanc, F., & Monomakhoff, N. (2008). *La méthode 5 steps: Pour déployer efficacement une stratégie !* AFNOR Editions.
- Blanchet, M. (2016). Industrie 4.0 : nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique. *Géoéconomie*, Vol 5, n°83, 37-53.
- Blijleven, V., Jaspers, M. W., & Koelemeijer, K. (2017). Identifying and Eliminating Inefficiencies in Information System Usage: A Lean Perspective. *International Journal of Medical Informatics*.
- Bluntzer, J., Sagot, J., & Mahdjoud, M. (2009). Knowledge Based Engineering Approach Through CAD Systems: Result of two years of experimentation in an industrial design office. *Proceedings of CIRP Design Conference*. Cranfield (UK).
- Bobrek, M., & Sokovic, M. (2005). Implementation of APQP-concept in design of QMS. *Journal of Materials Processing Technology*, 718-724.
- Bolanos, S., & Barbalho, S. (2021). Exploring product complexity and prototype lead-time to predict new product development cycle-times. *International Journal of Production Economics*.
- Bolshakova, V. (2022). *Digital approach to AEC synchronous co-located collaboration : use of 4D and Lean planning for collective and interactive decision-making*.
- Bonnifet, F., Girault, P., & Frantz, j. (2017). Manifeste pour l'Excellence opérationnelle. *Les Echos*, pp. Consulté le 03 aout 2023 : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/manifeste-pour-lexcellence-operationnelle-1010644>.
- Boucher, X. B. (2003). Vers l'intégration des compétences dans le pilotage des performances de l'entreprise. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, Vol 37, 363-390.
- Bourdu, E., & Souchier, A. (2015). *Réglementation, normalisation : leviers de la compétitivité industrielle*. La fabrique de l'industrie, Presses des Mines, Paris. Consulté le 03 aout 2023 : <https://www.la-fabrique.fr/fr/publication/reglementation-normalisation-leviers-de-la-competitivite-industrielle/>.
- Bourgognon, C., Buisine, S., Guillemot, G., & Muller-Ségnard, L. e. (2018). *Enseigner l'industrie du futur*. Rapport du CESI .
- Broadbent, M., & Weil, P. (1997). Management by Maxim: How business and IT Managers Can Create IT Infrastructures. *Sloan Management Review*, Vol 38, 77-93.
- Brunel, S., & Zolghadri, M. G. (2011). Products to learn or to use. *International Journal of Product Development*, Vol 13, 84-94.
- Carvalho, A., Saampaio, P., Rebentisch, E., & Saraiva, P. (2017). Operational excellence as a means to achieve an enduring capacity to change - revision and evolution of a conceptual model. *Manufacturing Engineering Society International Conference 2017*. Vigo, Spain.
- Cavdur, F., Yagmahan, E., Oguzcan, Y., & Arslan, N. S. (2018). Lean service system design: a simulation-based VSM case study. *Business Process Management Journal*, 1802-1821.

- Chamaret, A. (2007). *Une démarche top-down / bottom-up pour l'évaluation en termes multicritères et multi-acteurs des projets miniers dans l'optique du développement durable. Application sur les mines d'uranium d'Arlit (Niger)*. Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines.
- Chen, J., & Cox, R. (2012). Value Stream Management for Lean Office—A Case Study. *American Journal of Industrial and Business Management*, Vol 2.
- Chen, X., Kurdve, M., Johansson, B., & Despeisse, M. (2023). Enabling the twin transitions: Digital technologies support environmental sustainability through lean principles. *Sustainable Production and Consumption*, Vol 38, 13-27.
- Chiarini, A., & Gabberi, P. (2020). Comparing the VSM and Makigami tools in a transactional office environment: exploratory research from an Italian manufacturing company. *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol 33, 1-19.
- Clarks, K., Chew, B., & Fujimoto, T. (1982). Product Development in the World of Auto Industry. *Brooking Papers on Economic Activity*, 729-782.
- CMU. (2018). CMMI for development Version 3 CMMI-DEV. Consulté le 5 juin : <https://insights.sei.cmu.edu/library/cmmi-for-development-version-13/>.
- Coop, D. R., & Appell, D. (2021). Exploring How Lean Product and Process Development Can Promote Industrial Sustainability. *ASME 2021 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Online: Volume 5: 26th Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference (DFMLC).
- Cooper, R. (2001). *Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch*. Perseus Books Reading MA.
- Crabill, J., Harmon, E., Meadows, D., Miller, C., & Ninthingale, D. (2020). *Production Operations Transition-To-Lean Team. Description Manual V.1*.
- Csiszer, T. (2022). Critical Failure Factors of Process Development. *Acta Polytechnica Hungarica*.
- Cukor, I., & Hegedic, M. (2023). Lean Product Development Tools for Promotion of Sustainability Integration in Product Development. *TEHNIČKI GLASNIK*, 299-303.
- Curatolo, N. (2014). *Proposition d'une méthode Lean pour l'amélioration des processus métiers : application au processus de prise en charge médicamenteuse à l'hôpital*.
- Cusumano, M., & Nobeoka, K. (1998). *Thinking Beyond Lean: Multi-Project Management*. Free Press.
- Dahhani, I., Azizi, F., & Baddih, H. (2021). Alignement stratégique du Système d'Information et la performance organisationnelle dans un établissement de soin. *International Journal Of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 449-466.
- Dahlgaard, J., & Dahlgaard-Park, S. (1999). Integrating business excellence and innovation management: Developing a culture for innovation, creativity and Learning. *Total Quality Management*, 465-472.
- Dahlgaard, J., & Dahlgaard-Park, S. (2004). The 4P quality strategy for breakthrough and sustainable development. *European Quality*, 6-19.
- Dahlgaard, J., Chen, C.-K., Banegas, L., & Dahlgaard-Park, S. (2013). Business Excellence models: limitation, reflections and further development. *Total Quality Management*, 519-538.
- Dahlgaard-Park, S. (2009). Decoding the code of excellence - For achieving sustainable excellence. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 5-28.
- Dahlgaard-Park, S. (2013). Excellence characteristics. *Encyclopaedia of management theory*, 268-271.
- Dahlgaard-Park, S. (2015). Excellence characteristics. *The SAGE Encyclopedia of quality in the service economy*, 214-218.
- Dahlgaard-Park, S., & Dahlgaard, J. (2007). Excellence - 25 years evolution. *Journal of Management History*, 371-393.
- Dakhli, Z. (2016). *Déploiement de la théorie du Lean dans la chaîne de valeur de la construction*.
- Danielsson, C. B. (2013). An explorative review of the Lean office concept. *Journal of Corporate Real Estate*.

- Davis, M., Nanagas, C., Carr, M., & Cooper, J. (2023). Application of lean principles in a medicare insurance counseling service learning course. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, Vol 15, 274-282.
- de Barros, L., de Camargo Bassi, L., Caldas, L., Sarantopoulos, A., Zefzrino, E. V., & Gasparino, R. (2021). Lean Healthcare Tools for Processes Evaluation: An Integrative Review. *Environmental Research and Public Health*.
- de Gois Pinto, M. (2016). *Modèle de processus pour la conception de produits d'assistance aux personnes en situation de handicap : cas d'étude sur la mobilité personnelle*.
- de Jesus Pacheco, D. A., Clausen, D. M., & Bumnn, J. (2023). A multi-method approach for reducing operational wastes in distribution warehouses. *International Journal Of Production Economics*.
- de Souza Lima, E., de Oliveira, U. R., Carvalho Costa, M., & Fernandes, V. A. (2023). Sustainability in Public Universities through lean evaluation and future improvement for administrative processes. *Journal of Cleaner Production*.
- De Souza, L., Tortorella, G., Gauchick-Miguel, P., & Nascimento, D. (2018). "Application of Value Stream Mapping and Monte Carlo Simulation in a University Hospital. *Proceedings of the International Conference on* . Paris, France .
- Demetrescoux, R. (2016). *La boîte à outils du Lean*. Dunod.
- Dinis-Carvalho, J., & Macedo, H. (2021). Toyota Inspired Excellence Models.
- Dombrowski, U., & C., M. (2018). Methodological approach for a process-orientated Lean Service implementation. *Procedia CIRP*, Vol 73, 235-240.
- Dombrowski, U., Wullbrandt, J., & Fochler, S. (2019). Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0. *Procedia Manufacturing*, Vol 31, 66-71.
- Dubouloz, S. (2013). *L'innovation organisationnelle : antécédents et complémentarité : une approche intégrative au Lean Management*.
- Ducq, Y. (1999). *Contribution à la méthodologie d'analyse de la cohérence des systèmes de production dans le cadre du modèle GRAI*.
- EIT Digital,. (s.d.). Consulté le 23 septembre 2023 : <https://www.eitdigital.eu/>.
- El Gamoussi, S. (2016). *Proposition d'une méthodologie d'amélioration du Processus de Développement Produits basée sur une approche Lean*.
- El Mahou, R. (2018). Which information technology (IT) governance for performance of corporates and investmen banks (CIB) ?
- Elrhanimi, S., & El Abdadi, L. A. (2015). Proposition d'un tableau de board pour l'évaluation de l'impact du Lean manufacturing sur la performance globale de l'entreprise. *Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrée*. Tanger, Marocco.
- Entreprise.gouv. (2023). Consulté le 27 juin 2023 : <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/libre-circulation-des-produits/securite-des-produits/reglementation-applicable-aux-materiels-electriques-et-electroniques>.
- Europe Climate. (s.d.). Consulté le 23 septembre 2023 : [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en).
- Europe Horizon. (s.d.). Consulté le 23 septembre 2023 : [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/european-partnerships-horizon-europe\\_en#documents](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/european-partnerships-horizon-europe_en#documents).
- EUROSTAT. (2023). *Key figures on the EU in the world 2023*. Consulté le 03 aout 2023 sur <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-key-figures/w/ks-ex-23-001>.
- Fall, I. (2009). *Approche " gestionnaire " de la capacité organisationnelle et pilotage du progrès : apports d'un dispositif pionnier de gestion des capacités organisationnelles dans une entreprise mondialisée*.
- Fercoq, A. (2014). *Contribution à la modélisation de l'intégration Lean green appliquée au management des déchets pour une performance équilibrée (économique, environnementale, sociale)*.

- Ferlioli, M. (2010). Phases amont du processus d'innovation : proposition d'une méthode d'aide à l'évaluation d'idées. *Institut National Polytechnique de Lorraine*.
- Ferreira, C., Almeida, M., & Grilo, A. (2018). Lean IT Adoption: Success cases in Portuguese Banks. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Bandung, Indonesia.
- Ferreira, C., Sà, J., L.P., F., Lopes, M., Pereira, T., & Silva, F. (2019). iLeanDMAIC - A methodology for implementing the Lean tools. *8th Manufacturing Engineering Society International Conference*.
- Ferreira, L. M., Moreira, A. C., & Silvan, P. (2023). Lean implementation in product development processes: a framework proposal. *Production Planning & Control*.
- FIEEC. (2023). *Rapport d'activité 2022-23*. Consulté le 03 août 2023 : <https://www.fieec.fr/actualites/documents/#rapports-dactivit>.
- Flug, J., & Nagy, P. (2016). The A3 Quality Improvement Project Management Tool for Radiology. *Journal of the American College of Radiology*.
- Found, P., Lahy, A., Williams, S., Hu, Q., & Mason, R. (2018). Toward a theory of operational excellence. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1-13.
- Freitas, R. C., & Freitas, M. C. (2020). Information management in lean office deployment contexts. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Galichet, G. (2018). *Proposition d'une méthodologie de transformation organisationnelle pour la performance industrielle et la santé au travail*. Université Paris-Saclay, France.
- Galichet, G. (2018). *Proposition d'une méthodologie de transformation organisationnelle pour une performance industrielle et de la santé au travail*.
- Gao, W., Jiang, P., Xu, L., & Peng, G. (2019). Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner assembly line. *Advances in Mechanical Engineering*.
- Gardoni, M. (1999). *Maîtrise de l'information non structurée et capitalisation de savoir et savoir-faire en Ingénierie Intégrée : cas d'étude Aérospatiale*.
- Garza-Reyes, J. A., Romero, J., Govindan, K., & Cherrafi, A. U. (2018). A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM). *Journal of Clean Production*, Vol 180, 335-348.
- Gauze, J., Thiago, S., & Vaccaro, G. (2017). Lean office: Kaizen for improving communication processes. *Open Journal Systems*.
- George, A. L., & Bennet, A. (2002). *Case studies and theory development in social sciences*. The MIT Press.
- Gerger, A. (2019). Heijunka method in optimizing process variability in the 4.0 industry manufacturing process. 1-17.
- Gero, J. (1990). Design Prototypes: A knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, Vol 11, 26-36.
- Gershenson, J., Pavnaskar, S. J., & Jambekar, A. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*.
- GIMELEC. (2014). *Industrie 4.0, les leviers de la transformation*. Consulté le 03 août 2023 : <https://gimelec.fr/wp-content/uploads/2019/05/Industrie4.0LesLeviersdelatransformation-versionfinale-sept2014.pdf>.
- GIMELEC. (2023). *Rapport d'activité 2022*. Consulté le 03 août 2023 : <https://gimelec.fr/wp-content/uploads/2019/05/Industrie4.0LesLeviersdelatransformation-versionfinale-sept2014.pdf>.
- Ginn, D., & Finn, L. (2007). Achieving Lean Success: A Pathway for Implementation. *Oriel Incorporated, A SAM Group Company*.
- Gmati, i., & Nurcan, D. (2007). A Framework for Analyzing Business/Information System Alignment Requirements. *International Conference on Enterprise Information Systems ICEIS07*. Madeira, Portugal.
- Gorgues, V. (2021). *Lean et Sûreté nucléaire, un oxymore ? : L'articulation de la performance industrielle et des contraintes de sûreté nucléaire : le cas des usines de traitement-recyclage*.

- Hamadmad, H. (2017). Définition d'une expression temporelle de la performance des entreprises manufacturières. *Ingénierie et gestion des processus d'entreprise*.
- Hammer, M. (2004). Deep change: How operational innovation can transform company. *Harvard Business review*, Vol 82, 84-93.
- Hanifi, M. (2021). *Amélioration du processus de la conception inventive par l'utilisation de méthodes agiles et d'algorithmes d'apprentissage automatique*.
- Henderson, J., & Venkatraman, N. (1993). Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organisations. *IBM Journal*, Vol 32.
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. *Journal of Operations & Production Management*.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of Lean production. *Journal of Opérations Management*, Vol 25, 420-437.
- Hoppmann, J., Rebentisch, E., & Dombrowski, U. (2011). A Framework for Organizing Lean Product Development. *Engineering Management Journal*, 3-15.
- Hvam, L., Hansen, C. L., Forza, C., Mortensen, N. H., & Haug, A. (2020). The reduction of product and process complexity based on the quantification of product complexity cost. *International Journal of Production Research*, Vol 58, 350-366.
- Ignace, M., Ignace, C., Medina, R., & Contal, A. (2012). *La pratique du lean management dans l'IT*. Pearson.
- Insight, B. (2023). *What is operationnal excellence*. Consulté le 03 aout 2023 : <https://insights.btoes.com/resources/what-is-operational-excellence-an-introduction>.
- Issandoumou Barro, M. G. (2019). *Lean management et collectivités locales. Une approche par les représentations sociales*.
- Issor, Z. (2017). La performance de l'entreprise : un concept complexe aux multiples dimensions. *Projectifs/Proyèctica/Projectique*, 93-103.
- Jamil, N., Gholami, H., Saman, M. Z., & Zakuan, N. (2020). DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system. *Economic Research*, 331-360.
- Jiménea Calzado, M., Dominguez Somonte, M., Espinosa, M., Awad Parada, T., & Romero Cuadrado, M. (2021). Adaptation of the Lean 6S Methodology in an Industrial Environment under Sustainability and Industry 4.0 Criteria. *Sustainability*, Vol 13, 1-13.
- Johnson, G., & Scholes, K. (2002). *Exploring Corporate Strategy*. London: Prentice-Hall.
- Johnson, W. H., Bicen, P., & Zhu, Z. (2023). Being lean: Conceptualizing and operationalizing the Lean Innovation Capability (LIC) of innovative companies. *Technovation*, Vol 126.
- Kassem, B., Costa, F., & Staudacher, A. (2021). Lean Monitoring: Boosting KPIs Processing Through Lean. *7th European Lean Educator Conference (ELEC)*, (pp. 319-325). Trondheim, Norway.
- Kim, B. W., & Moscher, T. B. (2021). Systematic Decision-Making using Technological Strategies to implement evidence-based intervention: an illustrated Case Study. *Frontier in Psychiatry*, Vol 12.
- Kobus, J. (2016). Demystifying Lean IT: Conceptialization and Definition. *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*, Ilmenau, Germany.
- Kobus, J., Westner, M., & Strahringer, S. (2017). Change management lessons learned for Lean IT implementation. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 47-60.
- Kobus, J., Westner, M., Strahringer, S., & Strode, D. (2018). Lean Management in IT Organization: A ranking-type Delphi Study of Implementation Success Factors. *JITTA*, Vol 19, 55-85.
- Kosasih, W., Sriwana, I. K., Sari, E., & Doaly, C. (2019). Applying value stream mapping tools and kanban system for waste identification and reduction (case study: a basic chemical company). *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*.

- Krishnan, V., & Ulrich, K. (2001). Product development decisions: A review of the literature. *Management Science*, Vol 47, 1-21.
- Küfner, T., Uhlemann, T. H.-J., & Ziegler, B. (2018). Lean Data in Manufacturing Systems: Using Artificial Intelligence for Decentralized Data Reduction and Information Extraction. *51st CIRP Conference on Manufacturing Systems*.
- Kurdve, M., Harlin, U., Hallin, M., Söderlund, C., Berglund, M., Florin, U., & Landstörn, A. (2019). Designing visual management in manufacturing from a user perspective. *29th CIRP Design 2019*, 886-891.
- Lalmi, A., Fernandes, G., & Boudemagh, S. (2022). Synergy between Traditional, Agile and Lean management approaches in construction projects: bibliometric analysis. *Procedia Computer Science*, 732-739.
- Landstörn, A., Landstörn, P., Winroth, M., Anderson, C., Ericson, A., Kurdve, M., . . . Zackrisson, M. (2018). A Life cycle approach to business performance measurement systems. *8th Swedish Production Symposium* (pp. 126-133). Stockholm, Sweden: Procedia Manufacturing .
- Le Dain, M.-A. (2015). Développement de produit nouveau avec les fournisseurs : les didascalies d'une collaboration performante. *Gestion et Management*.
- Le Masson, P., Weil, B., & Hatchuel, A. (2006). *Les processus d'innovation, conceptions innovante et croissance des entreprises*. Hermès-Lavoisier.
- Leandron Elizondo, R. (2018). *Méthodologie pour l'évaluation de la performance de l'amélioration des processus industriels*.
- Legardeur, J. B., & Tiger, H. (2010). Lessons learned from an empirical study of the early design phases of an unfulfilled innovation. *Research in Engineering Design*, Vol21, 249-262.
- Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2018). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 81-92.
- Lemieux, A.-A. (2013). *Méthodologie de transformation leagile en developpement de produits pour l'industrie du Luxe*.
- Léon, H., & Farris, J. A. (2011). Lean Product Development Research: Current State and Future Directions. *Engineering Management Journal*, Vol 23, 29-51.
- Li, Z. (2013). *Commande optimale (en production et stock) de Système Assemble-To-Order (ATO) avec prise en compte de demande en composants individuels*.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Professional.
- Liker, J., & Meier, D. (2007). *Toyota Talent: Developing Your People the Toyota Way*. McGraw-Hill .
- Loader, N. (2018). *The Lean IT Expert: Leading the Transformation to High Performance IT*. CRC Press.
- Locher, D. (s.d.). *Lean Office and Service Simplified: The Definitive How-To Guide*. CRC Press.
- Lyonnet, B. (2010). *Amélioration de la performance industrielle : vers un système de production Lean adapté aux entreprises du pôle compétitivité Arves Industries Haute-Savoie Mont-Blanc*.
- Maalouf, M. M., & Zaduminska, M. (2019). A case study of VSM and SMED in the food processing industry. *Management and Production Engineering Review*, Vol 10, 60-68.
- Magalhaes, J., Alves, A., Costa, N., & Rodrigues, A. (2019). IMPROVING PROCESSES IN A POSTGRADUATE OFFICE OF A UNIVERSITY THROUGH LEAN OFFICE TOOLS. *International Journal for Quality Research*, Vol 13, 797-810.
- Magnani, F. (2018). *La dimension humaine du Lean : le cas du Groupe PSA*.
- Mangement, E. F. (2020). *Excellence Model 2020*. Consulté le 03 aout 2023 : <https://efqm.org/fr/the-efqm-model/>.
- Mann, R., Mohammad, M., & Ma, A. (2012). *Understanding Business Excellence: an awariness guidebook for SMEs*.
- Manufacturing, E. (s.d.). Consulté le 23 septembre 2023 : <https://www.eitmanufacturing.eu/>.

- Maranzana, S., Elafri, N., & Rose, B. (2023). Characterization of Integrated Lean tools, adapted to the upstream phase of product life cycle of Stäubli Electrical Connectors SAS. *IFIP Advances in Information and Communication Technology - PLM in Transition Times*, 641-651.
- Maranzana, S., Rose, B., & Leiritz, J.-M. (2021). Une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit - Application au processus opérationnel de l'Entreprise Stäubli Electrical Connectors SAS. *CIGI-Qualita*. Grenoble, France.
- Marodin, G., German, F. A., Tortorella, G., & Netland, T. (2018). Lean product development and lean manufacturing: Testing moderation effects. *International Journal of Production Economics*, Vol 203, 301-310.
- Marsal, C., & Travaillé, D. (2007). Automatisation des tableaux de bord et cohérence du contrôle de gestion . *Comptabilité Contrôle Audit*, Vol 13,75-96.
- Martin, O. (2020). *L'analyse quantitative des données*. Armand Colin.
- Masai, P. (2017). *Modeling the lean organization as a complex system*.
- Maurand-Valet, A. (2015). Le rôle immatériel de la certification ISO dans le processus d'innovation. *Innovations*, Vol 47, n°2, 123-135.
- Meister, F., Khanal, P., & Daub, R. (2023). Digital-supported problem solving for shopfloor steering using case-based reasoning and Bayesian networks. *Procedia CIRP* *this link is disabled*, 140-145.
- Miller, S., Wilson, D., & Hiskson, D. (2004). Beyond planning strategies for successfully implementing strategic decisions. *Long Range Planning*, Vol 37, 201-2019.
- Mintzberg, H. (1994). "The fall and rise of strategic planning". *Harvard Business Review*, 107-114.
- MIT Lean Advancement Initiative. (2001). Lean Enterprise Self-Assessment Tool Version 1.0 Facilitators Guide. Consulté le 5 juin 2023 : <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/81904> .
- MIT Lean Advancement Initiative. (2004). Enterprise Transition-To-Lean Roadmap. Consulté le 5 juin 2023 : <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/83269> .
- MIT Lean Advancement Initiative. (2004). The Lean Enterprise Model (LEM). Consulté le 5 juin 2023 : <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/81905> .
- MIT Lean Advancement Initiative. (2012). LAI Enterprise Self-Assessment Tool V.2. Consulté le 5 juin 2023 : <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/84694> .
- Moallic, F. (2023). Optimization of a flexible production management and control system for high customized products.
- Molina, C., Vilil, A. J., Torres Carreno, L. A., & Miguel, J. (2021). Proposal to Improve the Supply Chain with Lean Methodology in a Lodging Company. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
- Mollard, D. (2007). *Système décisionnels et pilotage de la performance*. Lavoisier.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management*. Industrial Engineering and Management Press.
- Monteiro, J., Alves, A., & do Sameiro Carvalho, M. (2017). Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company. *Procedia Manufacturing*, Vol 13, 995-1002.
- Monteiro, M., Pacheco, C., Dinis-Carvalho, J., & Paiva, F. (2015). Implementing lean office: A successful case in public sector. *FME Transaction*, 303-310.
- Müller, R., Vette, M., Hörauf, L., Speicher, C., & Burkhard, D. (2017). Lean information and communication tool to connect shop and top. *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017* (pp. 1043-1052). Moden, Italy: Procedia Manufacturing.
- Naftanaila, I., & Mocanu, M. (2014). Lean Office. *Team Dynamics and Lean Assessment*, 78-82.
- Nightingale, D., & Mize, J. (2002). Development of a Lean Enterprise Transformation Maturity Model. *Information Knowledge Systems Management*, 15-30.

- Ninthingale, D. (1998). LAI-LEM Focus Lead. *Massachusetts Institute of Technology*. Cambridge, Mass: Consulté le 03 aout 2023 : <http://web.mit.edu/dnight/www/ttl.html>.
- Ninthingale, D., & Rhodes, D. (2004). Enterprise System Architecting: Emerging Art and Science within Engineering System. *MIT Engineering Systems Symposium*. Cambridge.
- NIST National Institute of Standards and Technology . (2005). *Malcolm Baldrige National Quality Award*. Gaitherbergs, MD: US Department of Commerce.
- Ohno, T. (1978). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Tokyo: Diamond Inc.
- Okpala, C. (2014). Tackling Muda - The inherent Wastes in manufacturing processes. *International Journal of Advanced Engineering Technology*.
- Oliveira Dias, D. D., Maqueira Marin, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2022). The link between information and digital technologies of industry 4.0 and agile supply chain: Mapping current research and establishing new research avenues. *Computers & Industrial Engineering*.
- Parab, P., & Shirodkar, V. (2019). Value stream mapping: A case study of lock industry. *AIP Conference Proceedings*.
- Pathmalatha, M., Yapa, S., & Hewagamage, C. (2022). Comprehensive definition for "Operational Excellence". *Vidyodaya Journal of Management*.
- Perdana, S., Tiara, & Rahman, A. (2020). Waste Analysis in the Painting Process of Doll Houses Using Value Stream Mapping. *Proceedings of the 1st International Conference on Folklore, Language, Education and Exhibition (ICOFLEX 2019)*.
- Perry, N. (2007). *Industrialisation des connaissances : une approche d'intégration pour une utilisation optimale en ingenierie*. Université de Nantes.
- Pesqueux, Y. (2020). *Système d'information et organisation*. Master. France.
- Peter, T., & Waterman, R. (1982). *In search of Excellence: lessons from America's best run compagnie*. New-York: Harper & Row publishers.
- Pillet, M. (2013). *Lean Six Sigma, comment l'expliquer*. Eyrolles.
- Pillet, M., Maire, J., Pralus, M., & Boissière, J. (2013). Structuration des démarches de progrès. *10ème Congrès International de Génie Industriel CIGI*. La Rochelle, France.
- Plan France 2030. (s.d.). Consulté le 23 septembre 2023 : <https://www.gouvernement.fr/france-2030>.
- Pontes, H., Silva, C., Martin, Y., Santos, A., & Silveira, G. (2020). Identifying Lean Enterprise Model Enabler Practices for Lean Office. *International Joint Conference on Industrial Enginnering and Operation Management*. Novi Sad, Serbia.
- Possik, J. (2019). *Contribution to a Methodology and a Co-Simulation Framework assessing the impact of Lean on Manufacturing Performance*.
- Power, W., Sinnott, D., & Mullin, A. (2021). Improving Commissioning and Qualification Delivery Using Last Planner System. *Lean Construction Institute*, 36-52.
- Quenehen, A. (2022). *Contributions et limites des techniques lean vers l'intégration de robotique collaborative dans les process d'assemblage : une approche expérimentale*.
- Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T. (2017). Critical Factors for Introducing Lean Product Development to Small and Medium sized Enterprises in Italy. *Procedia CIRP*, Vol60, 362-367.
- Reed, M., Fraser, E., & Dougill, A. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicator with local communities. *Ecological Economics*.
- Reinhard, E. (2017). *Contribution méthodologique à l'introduction du Lean Office dans un service support de gestion des approvisionnements: analyse longitudinale par étude de cas dans une entreprise fournisseur du secteur de la santé*. Université de Strasbourg.

- Reis, P. L., Fernandes, J. M., J., B. E., & Lima, M. V. (2021). Impact Assessment of Lean Product Development and Lean Startup Methodology on Information Technology Startups Performance. *International Journal of Innovation and Technology Management* .
- Reix, R., Fallery, B., Kalika, M., & Rowe, F. (2011). *Systèmes d'information et management des organisations*. Paris: Vuibert.
- Renaud, A., & Berland, N. (2007). Mesure de la performance globale des entreprises. *Comptabilité et Environnement*. Poitiers, France.
- Reynaud, E. (2003). Développement durable et entreprise : vers une relation symbiotique. *Journée AIMS, ESSCA* . Angers, France.
- Rey-Valette, H., Laloë, F., Le Fur, J., & Rouselle, S. (2006). Usage des indicateurs de développement durable : entre offre et demande d'indicateurs.
- Rhodes, D., Ross, A., & Ninghtingale, D. (2009). Architecting the System of Systems Enterprise: Enabling Constructs and Methods from Field of Engineering Systems. *3rd Annual IEEE Internatinnal Systems Conference*. Vancouver, Canada.
- Rifqi, H., Zamma, A., Ben Souda, S., & Hansali, M. (2021). Positive Effect of Industry 4.0 on Quality and Operations Management. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 133-147.
- Rosin, F. (2022). *Vers le Lean 4.0 : Renforcement du processus décisionnel par les technologies de l'Industrie 4.0*.
- Rossini, M., Frecassetti, S., & Portioli-Staudacher, A. (2023). Lean Supply Chain and Industry 4.0: A Study of the Interaction Between Practices and Technologies. *dvances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures*, 39-53.
- Rossiti, I., Serra, S., & Lorenzon, I. (s.d.). Impacts of Lean Office Application in the Supply Sector of a Construction Company. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (p. 2016). Boston, USA.
- Rüttimann, B. (2019). *ransactional Lean: Preparing for the Digitalization Era: A Systematic Approach to Industrialize Office Processes*. Springer.
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? A Due Clarification Regarding the Supposed Clash of Two Production Systems. *Journal of Service Science and Management*, 485-500.
- Rüttimann, B. G., Fischer, U. P., & Stöckli, M. T. (2014). Leveraging Lean in the Office: Lean Office Needs a Novel and Differentiated Approach. *Journal of Service Science and Management*, 352-360.
- Sà, J., Reis, M., Dinis-Carvalho, J., Santos, Gilberto, Pinto Ferreira, L., & Lima, V. (2022). The development of an Excellence Model Integrating the Shingo Model and Sustainability.
- Sabur, V., & Simatupang, T. (2015). Improvement of customer response time using Lean Office. *International Journal of Services and Operations Management*.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., & Cluzel, F. (2017). Hybrid top-down and bottom-up framework to measure product's circularity performance. *Internationnal Conference on Engineering Design ICED*. Vancouver, Canada.
- San Cristobal, J. R., Carral, L., Diaz, E., Fraguera, J. A., & Gregorio, I. (2018). Complexity and project management: A general overview. *Complexity*.
- Santos, J., Freitag, A., & Quelhas, O. (2020). Lean Office and Digital Transformation: A Case Study in a Services Company. *Operations Management for Social Good*, 937-946.
- Saporta, G., & Niang, N. (2003). Analyse en composantes principales. *Gérard Govaert, Analyse des données, Hermes*, 19-42.
- Sastre, R., Saurin, T., Echeveste, M., De Paula, I., & Lucena, R. (2018). Lean Office: Study on the applicability of the concept in a design company. *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference*, 643-654.
- Saunders, M., Mann, R., & Smith, R. (2008). Implementing strategic initiatives: A framework of leading practices. *International Journal of Operations & Production Management*, 1095-1123.
- Schomberger, R. (1982). *Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity*. Macmillan.

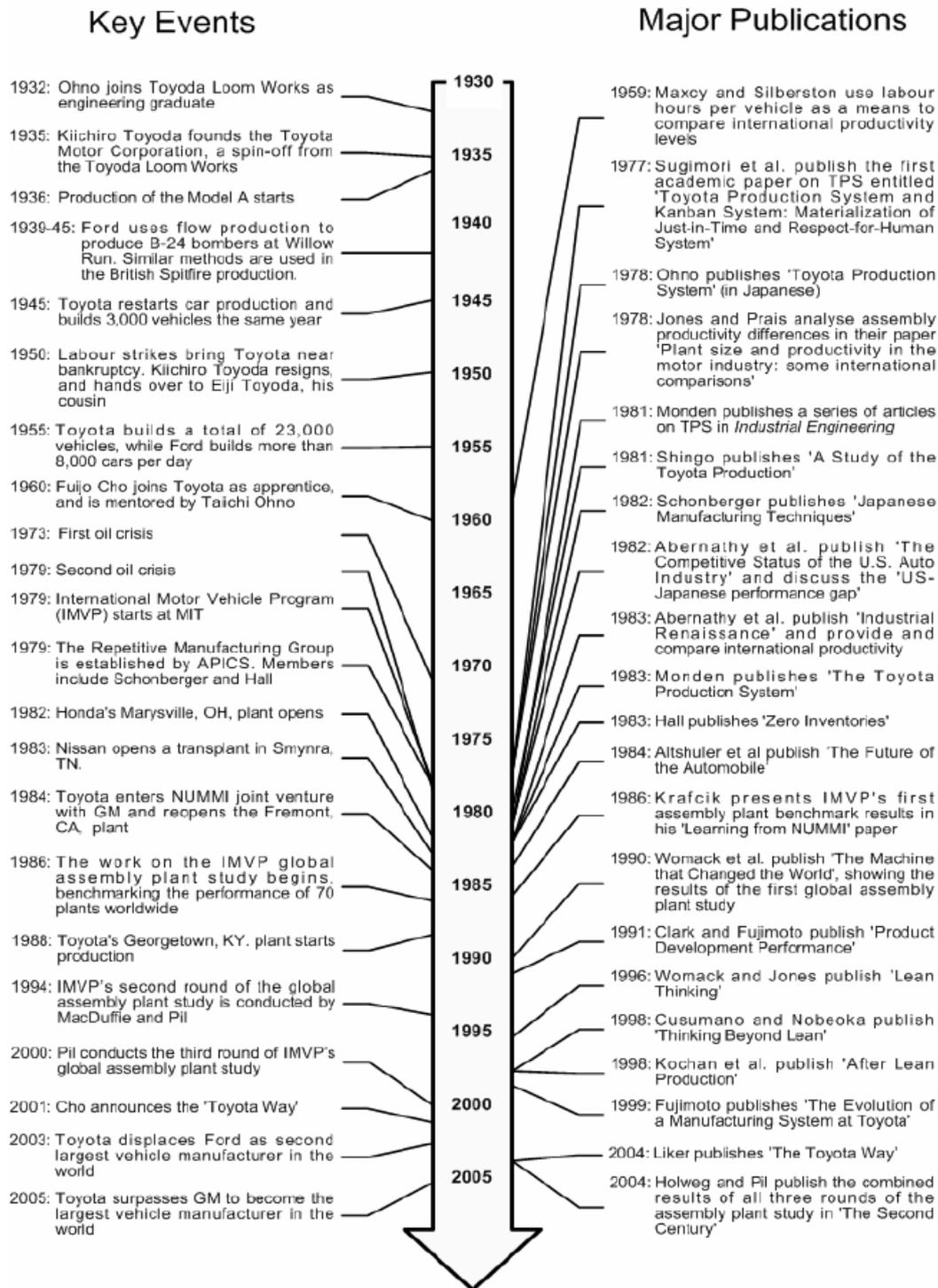
- Schramm, W. (1971). Notes on case studies of instructional media projects. *Working paper for the Academy for Educational Development*.
- Schumpeter, J. A. (1954). *History of Economic Analysis*. Mark Perlman.
- Setianto, P., & Haddud, A. (2016). A maturity assessment of lean development practices in manufacturing industry. *International Journal Advanced Operations Management*, Vol 8.
- Shimizu, T., Carvalho, M., & Barbin Laurindo, F. (2006). *Strategic Alignment Process and Decision Support Systems*. Idea Group Inc.
- Sihvonen, A., & Pajunen, K. (2019). Causal complexity of new product development processes: a mechanism-based approach. *Innovation*.
- Silvério, L., Pessoa, M., Trabasso, & Gonzaga, L. (2019). A roadmap for a leanness company to emerge as a true lean organization. *Concurrent Engineering Research and Application*, 3-19.
- Slim, R. (2020). *Contribution à l'amélioration de la performance des systèmes de production et de service par la prise en compte des principes de Lean dès la phase de conception dans le cadre de l'Industrie 4.0*.
- Sneha Mirando, M., Marinelli, M., Janardhanan, M. N., & Mthiuzhagan, K. (2022). Application of Lean Tools in New Product Development: A Case Study from Precision Metrology Manufacturing. *Lean and Green Manufacturing*, 121-139.
- Sol Perez Toralla, M. (2013). *Pour une prescription capacitante, ergonomie et débats des règles du travail: le cas d'une entreprise déployant le Lean Production*.
- Sony, M. (2019). Implementing sustainable operational excellence in organisation: an integrative viewpoint. *Production & Manufacturing research*, 1-21.
- Souza Martin, A. (2016). *Proposition d'une méthodologie qui intègre les aspects culturels dans le mise en oeuvre du Lean Management : Etude comparative France-Brésil*.
- Stamatis, D. (2018). *Advanced Product Quality Planning: The road to Success*.
- Stechert, C., & Balzerkiewtiz, H.-P. (2020). Digitalization of a Lean Product Development Organization. *Procedia CIRP*, Vol 91, 764-769.
- St-Pierre, J., & Mathieu, C. (2004). Innovatio de produits et performance : une étude exploratoire de la situation des PME canadiennes. *Congrès International Francophones en Entrepreneuriat et PME*. Montpellier ; France.
- Strandhagen, J., Vallandingham, L., Alfnes, E., & Strandhagen, J. (2018). Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. *IFAC-PaperOnLine*, Vol 51, 128-133.
- Summers, G. J., & Scherpereel, C. M. (2023). Flawed decision models and flexibility in product development. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol 67, .
- Synnes, E. L., & Welo, T. (2017). Applicability of lean product development to a company in the marine sector. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*.
- Tang, Z. (2019). *Motiver les salariés chinois à mettre en oeuvre le KAIZEN tourné vers l'individu : recherche-intervention dans une entreprise praticienne du LEAN management*.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office*. New-York: Productivity Press.
- Tarondeau, J.-L. (1994). La rapidité de développement des nouveaux produits. *Décisions Marketing*, N°3, 71-79.
- Teixeira, J. C., Bernardi, F. A., Lopes Riji, R. P., & Alver, D. (2021). Proposal for a health information management model based on Lean Thinking. *ProjMAN -International Conference on Project Management / HCist - International Conference on Health - International Conference on ENTERprise Information Systems*.
- Thoumy, M., Jobin, M.-H., Baroud, J., & El Nakhel, C. (2022). Impact of lean principles on operational performance in high uncertainty. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

- Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, C., & Kimura, F. (2009). Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol 52, 543-565.
- Tonkin, A. (2019). *Lean Office: Mapping Your Way to Change*. Productivity Press.
- Transformation, G.-E. (s.d.). Consulté le 23 septembre 2023 : <https://www.industrie.grandest-transformation.fr/>.
- Ughetto, P. (2012). Le Lean : pensée et impensé d'une activité sans relâchement. *OpenEditionJournals*.
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2015). *Product Design and Development*. McGraw-Hill Education.
- Urquia Ortega, I., Zouggar Amrani, A., & Vallespir, B. (2022). Modeling: Integration of Lean and Technologies of Industry 4.0 for Enterprise Performance. *IFAC-PapersOnLine*, 2067-2072.
- Vajna, I., & Tangl, A. (2017). The lean effect of the 5S and standard work development in different automated machine process standardization. *Management and Organization: Concepts, Tools and Applications*. Pearson, 67-74.
- Verrier, B. (2015). *Stratégie Lean and Green : roadmap d'analyse et de déploiement d'un politique de management alliant amélioration continue et développement durable en entreprise industrielle*.
- Vinardi, C. (2019). *Les défis du Lean à l'ère de la mondialisation et de l'industrie 4.0*.
- Wang, L., Ming, X. L., Kong, F. B., Li, D., & Wang, P. (2012). Focus on Implementation: a framework for Lean Product Development. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol 23, 4-24.
- Ward, A., & Sobek, D. (2014). *Lean Product and Process Development*. Lean Enterprises Inst Inc.
- Wheelwright, S. C., & Clarks, K. (1992). *Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality*. New York: Free Press.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon&Schuster.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that change the World: the story of Lean Production, Toyota's secret weapon in the global car warthat is now revolutionizing world industry*. New-York: Free Press.

# Annexes

Annexe 1 : Historique du Lean (Holweg, 2007) .....	192
Annexe 2 : Muda du Lean IT vision développeur VS utilisateurs (Ferreira et al, 2018) .....	193
Annexe 3 : Analyse bibliographique des outils du Lean Product Development, IT et Office194	
Annexe 4 : Enterprise Transformation Roadmap To Lean (LAI MIT, 2004).....	195
Annexe 5 : Organisation et structure de l'évaluation LESAT (LAI MIT 2001) .....	195
Annexe 6 : Lean Enterprise Model (Lean Advancement Initiative MIT, 2004) .....	197
Annexe 7 : Formulaire enquête n°1 .....	199
Annexe 8 : Formulaire enquête n°2.....	204
Annexe 9 : Interdépendances pratiques principales LEM (à partir de LAI MIT, 2004) .....	210
Annexe 10 : Outil de suivi de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC (à partir de LAI MIT, 2004) .....	214

# Annexe 1 : Historique du Lean (Holweg, 2007)



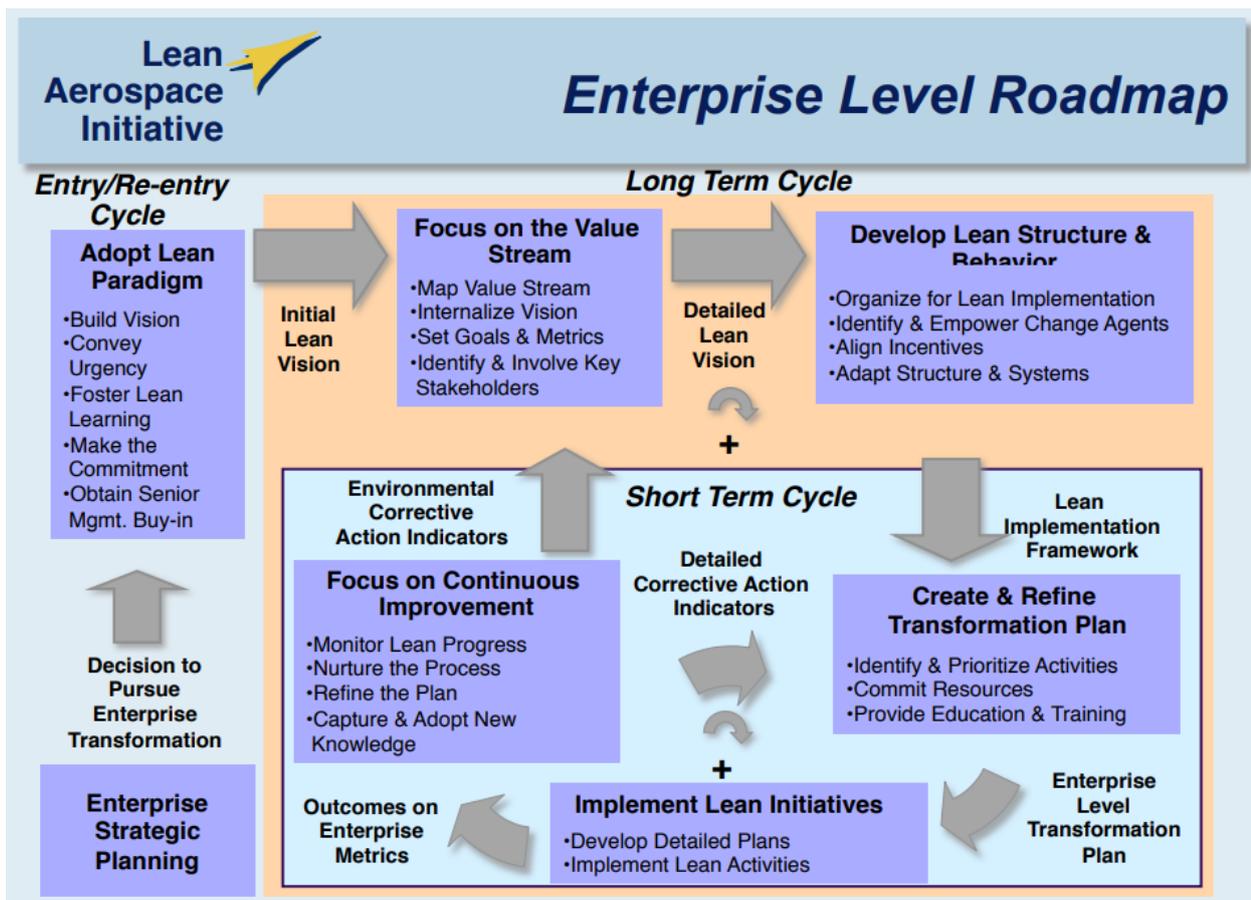
## Annexe 2 : Muda du Lean IT vision développeur VS utilisateurs (Ferreira et al, 2018)

Lean Mudras	Lean Thinking	Lean IT	
		Developer views	User views
<i>Inventory</i>	Excessive products in stock implying the existence of outdated products.	Programming unnecessary functions. Creation of software code without understanding the needs of the customer.	Excessive information causing unnecessary research, excessive delays and accumulation of work.
<i>Overproduction</i>	Excessive production of goods and services compared to what is needed, so production does not keep up with market demand.	Production of software code in advance.	Too many emails, reports, unread system alerts. Excessive data processing to meet customer needs. Duplication of information.
<i>Waiting / Delays</i>	Execution of the works on hold, for resources or for decision.	Lack of work for many factors, such as delay between code creation and testing or waiting for documents.	Unavailability of the system or its slowness. Time wasted waiting for additional information.
<i>Transportation</i>	Unnecessary transport of materials from one place to another.	Transfer work from one team to another.	Transfer of information through multiple intermediaries and through multiple systems. Security barriers in the flow of information.
<i>Over processing</i>	Adding excess value without the client requesting, that is, doing more work than the client wants.	Development that does not add value directly to the end user.	Redundant data, unnecessary transaction and reporting, software features that users do not need.
<i>Motion</i>	Any motion according to the activities performed, that does not add value.	Exchange between team members who do not create value to the process.	Unnecessary individual work activities, including searching for tools and information, writing data, frequently changing priority.
<i>Rework/ Defects</i>	Defects that require corrections, reprocessing of work already done.	Software errors that need to be fixed. Bad software code.	Information that is incorrect, premature, confusing or

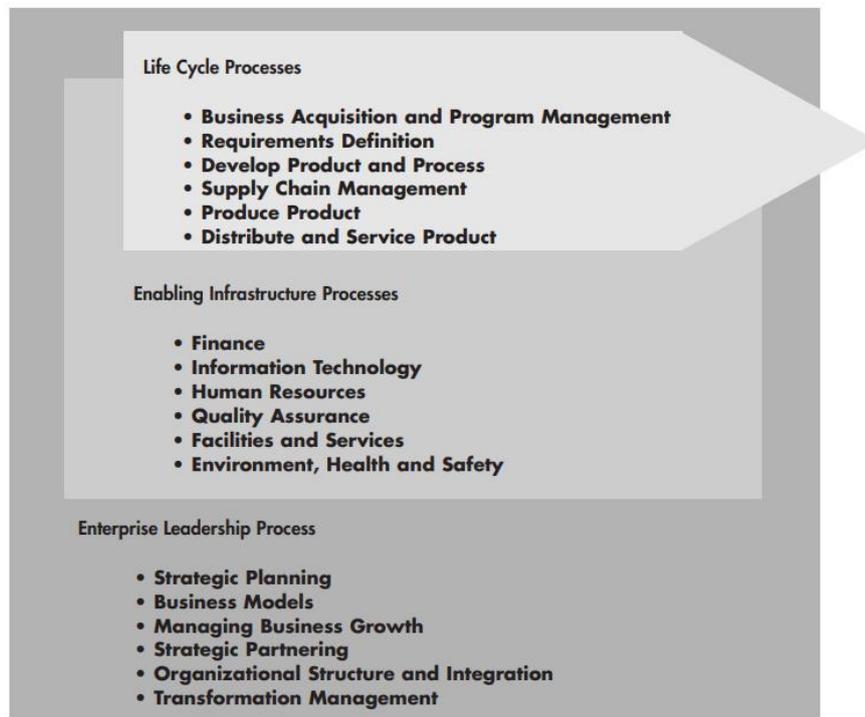
## Annexe 3 : Analyse bibliographique des outils du Lean Product Development, IT et Office

Lean IT tools	Kobus, (2016)	Standard Work, KPI, Trainings, Skills Matrix , Daily Team Meeting, VSM, Capacity Management, Demand Smoothing, Activity Implementation Plan
	Kobus et al, (2018)	5S, Kanban, KPI
	Kobus et al, (2017)	Information Boards, 5S, Kanban, Overall Equipment Effectiveness, Pull Work, VSM
	Ferreira et al, (2018)	VSM, SIPOC, A3 problem solving, DMAIC, Gemba Walk, Kanban, Standard Work, KPI, Heijunka, Hoshin
Lean Office tools	( Chen et Cox, (2012)	VSM
	Sabur et Simatupang, (2015)	Customer Focused Approach
	( Tapping et Shuker, (2003)	VSM
	( Chiarini et Gabberi, (2020)	VSM
	( Tonkin, (2019)	Customer Focused Approach
	( Power et al, (2021)	Last Planner System
	( Magalhães et al, (2019)	KPI, 5S, Standard Work
	( Monteiro et al, (2017)	Standard Work, Kaizen, VSM, 5S, Poka Yoke
	( Costa et al, (2021)	A3 – Problem solving
	( Rossiti et al, (2016)	VSM
	( Rüttimann, (2019)	Andon, VSM, Kaizen, DMAIC, Kanban
	( Freitas et Freitas, (2020)	ICT Lean, 5S, VSM
	( Pontes, Silva, Martins, Santos, & Siqueira Silveira, (2020)	Just In time ,Jidoka, Team Work
	( Gauze et al, (2017)	Kaizen
	( Santos et al, (2020)	VSM
	( Sastre et al, (2018)	Continuous Flow, VSM, 5S, Standard Work, Takt Time, Heijunka, Kaizen
	( Monteiro et al ,(2015)	Team work, Gemba Walk ,5S, A3–problem solving
	( Naftanaila et Mocanu, (2014)	5S
	( Antonioli et al, (2015)	VSM, Just In Time, Kaizen
	( Danielsson, (2013)	ICT Lean
	( Rossiti et al., (2016)	Kaizen
	( Rüttimann et al, (2014)	Kaizen
	( Rüttimann et Stöckli, (2016)	Kaizen, Just In Time
	( De Souza et al, (2018)	VSM
( Strandhagen et al, (2018)	VSM	
( Cavdur et al, (2018)	VSM	
( Jiménez Calzado et al, (2021)	ICT Lean	
Lean Product Development tools	( Gershenson et Pavnaskar, (2003)	VSM, Just In Time, Quick Response Product Development, Heijunka, Machigaiyoke, Single Minute Exchange Of Projects, Kaizen
	( León et Farris, (2011)	VSM, A3, Just In Time
	( Wang et al, (2012)	Market Segment, Kano Model, Quality Function Deployment Analysis, Puch Value Engineering, Conjoint Analysis, Design Of Experience, FMEA, Set-Based Concurrent Engineering, Standard Work, Why-Why Analysis, VSM
	( Marodin et al, (2018)	Just In Time
	( Albuquerque et al,(2020)	VSM
	( Cooper et Appell, (2021)	VSM, DMAIC, KPI, Kano Model

# Annexe 4 : Enterprise Transformation Roadmap To Lean (LAI MIT, 2004)



# Annexe 5 : Organisation et structure de l'évaluation LESAT (LAI MIT 2001)



## **Section I - Lean Transformation/Leadership**

- I.A. Enterprise Strategic Planning (3 Lean Practices)
- I.B. Adopt Lean Paradigm (4 Lean Practices)
- I.C. Focus on the Value Stream (4 Lean Practices)
- I.D. Develop Lean Structure and Behavior (7 Lean Practices)
- I.E. Create and Refine Transformation Plan (3 Lean Practices)
- I.F. Implement Lean Initiatives (2 Lean Practices)
- I.G. Focus on Continuous Improvement (5 Lean Practices)

## **Section II - Life-Cycle Processes**

- II.A. Business Acquisition and Program Management (4 Lean Practices)
- II.B. Requirements Definition (2 Lean Practices)
- II.C. Develop Product and Process (3 Lean Practices)
- II.D. Manage Supply Change (3 Lean Practices)
- II.E. Produce Product (2 Lean Practices)
- II.F. Distribute and Service Product (4 Lean Practices)

## **Section III - Enabling Infrastructure Processes**

- III.A. Lean Organizational Enablers (5 Lean Practices)
- III.B. Lean Process Enablers (3 Lean Practices)

# Annexe 6 : Lean Enterprise Model (Lean Advancement Initiative MIT, 2004)



**LEAN AEROSPACE INITIATIVE**  
 77 Massachusetts Avenue  
 Bldg. 41-205  
 Cambridge, MA, 012139  
 617.253.7333 (T)  
 617.256.7845 (F)

## The Lean Enterprise Model

The Lean Enterprise Model (LEM) is a systematic framework for organizing and disseminating MIT research and external data source results of the Lean Aerospace Initiative (LAI). It encompasses lean enterprise principles and practices and is populated by MIT and external data derived from surveys, case studies and other research activities. The LEM is available to all LAI consortium members as a reference to help them understand better the leanness of their own organizations and processes. It is intended to provide insights as to where they might direct lean efforts in the future.

**PRINCIPLE**  
 Meta-Principles  
 Responsiveness to Change • We  
 Enterprise Principle  
 Right Thing at Right Place, Right Time, a  
 Effective Relationship within the  
 Core  
 Optimal First Delivered Unit

**ENTERPRISE LEVE**

- **FLOW TIME** Order to Delivery Time in Months • Product Development
- ▲ **STAKEHOLDER SATISFACTION** On Time Deliveries • Continuity
- \* **RESOURCE UTILIZATION** Output / Employee • Inventory Turns
- **QUALITY YIELD** Scrap and Rework Rate — Design Changes / Initial

1	2	3	4	5	6
<p><b>IDENTIFY AND OPTIMIZE ENTERPRISE FLOW</b>                      "Optimize the flow of products and services, either affecting or within the process, from concept design through point of use."</p> <p><b>METRICS</b>                      ● Flow efficiency = actual work time / total flow time                      * Throughput                      ▲ Order to point of use delivery cycle time                      ● Total PD cycle time, concept to launch</p> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establish models and/or simulations to permit understanding and flow process (1.2.4.5.9,11)</li> <li>• Reduce the number of steps in the value chain (1.4.5.9)</li> <li>• Minimize inventory through all tiers of the value chain (1.2.4.5.1,1.2)</li> <li>• Reduce setup times (1.9)</li> <li>• Implement process throughout the value chain (1.2.3.4.5.3,1.1)</li> <li>• piece flow (1.2.3.4.12)</li> </ul>	<p><b>ASSURE SEAMLESS INFORMATION FLOW</b>                      "Provide processes for seamless and timely transfer of information."</p> <p><b>METRICS</b>                      * Consistency of databases                      ● Information retrieval time                      * Information sharing with customers &amp; suppliers</p> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Make processes and databases available to all stakeholders (1.2.4.5.9,11)</li> <li>• Establish open and among all communications, stakeholders (9,12)</li> <li>• Link databases for key functions throughout the value chain (1.2.3.4.5.1,2)</li> <li>• Minimize documentation while ensuring necessary availability (1.2.4.5.9,11)</li> </ul>	<p><b>OPTIMIZE CAPABILITY AND UTILIZATION OF PEOPLE</b>                      "Assure properly trained people are available when needed."</p> <p><b>METRICS</b>                      * Training hours / employee                      * Output / employee</p> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establish career and skill development employees (3.6.10)</li> <li>• Ensure maintenance, certification and technical skills (2.3.4.10,11)</li> <li>• Analyze workforce capabilities and for balance of breadth and depth of knowledge (1.3.5,10,11)</li> <li>• Broaden jobs to development of a workforce (1.3.4.5.10,12)</li> </ul>	<p><b>MAKE DECISIONS AT LOWEST POSSIBLE LEVEL</b>                      "Design the organizational structure and management processes to enhance decision making at the point of knowledge, application, and need."</p> <p><b>METRICS</b>                      * # of organizational levels</p> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delegate or share responsibility for the value chain (2.4.5.6.8,12)</li> <li>• Empower people to make decisions at the point of work (2.3.4.5.6.8)</li> <li>• Minimize hand-offs and between line and support activities (1.2.3.4.5.6.9)</li> <li>• Provide expedited processes for decision-making (2.4.5.11)</li> </ul>	<p><b>IMPLEMENT INTEGRATED PRODUCT AND PROCESS DEVELOPMENT</b>                      "Create products through an integrated team effort of people and organizations which are knowledgeable across the phases of the product's life cycle from concept definition through development, production, deployment, operations support, and final disposition."</p> <p><b>METRICS</b>                      ■ # of engineering changes (change traffic)                      ▲ IPT continuity through development cycle                      ● Total product development cycle time                      ▲ Supplier involvement in IPTs</p> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use systems engineering for product development (2.5.11,12)</li> <li>• Establish effective IPFs (4.5.6)</li> <li>• Involve all in the requirements definition, design and development (2.4.5.6.7,12)</li> <li>• Use the "Software Factory" Process (2.4.5.6.7,12)</li> <li>• Implement design to cost processes (2.5.7,9)</li> <li>• Maintain community throughout the product development process (6.5.7,12)</li> </ul>	<p><b>DEVELOP RELATIONSHIPS BASED ON MUTUAL TRUST AND COMMITMENT</b>                      "Establish stable and on-going cooperative relationships within the extended enterprises, end users, and suppliers."</p> <p><b>METRICS</b>                      ▲ # of direct suppliers                      ▲ # of projects w/customers on IPTs                      * % of procurement dollars purchased under long-term supplier agreements                      ▲ # of relationship with suppliers                      ▲ Existence of formal communications programs</p> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Build stable and cooperative relationships externally (2.4.5.6.7,12)</li> <li>• Establish labor-management (3.6.8)</li> <li>• Strive for continued employment or the (5.9,10)</li> <li>• Provide for mutual sharing of benefits from implementation (5.8,9)</li> <li>• Establish common objectives among all (6.7,9,10,12)</li> </ul>

The Lean Enterprise Model - Summary Chart with Enabling Practices • Reprinted April 2004  
 © Massachusetts Institute of Technology



LEAN AEROSPACE INITIATIVE  
77 Massachusetts Avenue  
Bldg. 41-205  
Cambridge, MA 02139  
617.253.7333 (T)  
617.258.7845 (F)

# The LEM: An On-Line Tool

The LEM is presently available on-line for all LAI members and their authorized suppliers. For more information about on-line access, please visit <http://web.mit.edu/lean> or contact your organization's LAI Champion for more details.\*

\*A complete member listing with the correlating "Network of Champions" is also available on-line at <http://web.mit.edu/lean> – please refer to "LAI Communities."

**LES**  
Waste Minimization  
and in the Right Quantity  
the Value Stream  
ment  
Jnit Quality

**EL METRICS**  
ment Cycle Time (Industry Comparative, % Reduction)  
uous Cost/ Price Improvement  
5  
:tal Release / Project Phase

<p><b>7 CONTINUOUSLY FOCUS ON THE CUSTOMER</b> "Proactively understand and respond to the needs of the internal and external customers."</p> <p><b>METRICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Customer access to supplier information</li> <li>Project, vendor, and customer IPTs</li> <li>On time delivery from source to point of use</li> </ul> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Provide for information flow and feedback with stakeholders (2.4.5,7,9,11,12)</li> <li>Optimize the process to be flexible to learning and changing requirements (6.3,9,10,11,12)</li> <li>Establish and maintain relationships with customers in requirements product design, development and solution-based problem solving (6.6,7,9)</li> </ul>	<p><b>8 PROMOTE LEAN LEADERSHIP AT ALL LEVELS</b> "Align and involve all stakeholders to achieve the enterprise's lean vision."</p> <p><b>METRICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lean metrics at all levels</li> </ul> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Provide training for principles, practices and metrics to all organizational levels (1.2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)</li> <li>Instill individual ownership throughout the workforce in all processes and services that are provided (1.3,4,5,6,7,8,9,10,11)</li> <li>Assure consistency with lean principles and practices (4.6,8,12)</li> <li>Involve union members in promoting and implementing lean practices (1.3,4,5,6,8,9,10,11)</li> </ul>	<p><b>9 MAINTAIN CHALLENGE OF EXISTING PROCESSES</b> "Ensure a culture and systems that use quantitative measurement and analysis to continuously improve processes."</p> <p><b>METRICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li># of repeat problems</li> <li>Customer assistance to suppliers</li> </ul> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Establish structured generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1.2,3,4,5,9,11)</li> <li>Fix problems systematically using data and root cause analysis (3,9,11)</li> <li>Utilize cost accounting/ management to establish the discrete cost of individual parts and activities (1.2,9)</li> </ul>	<p><b>10 NURTURE A LEARNING ENVIRONMENT</b> "Provide for the development and growth of both individuals and support of attaining lean enterprise goals."</p> <p><b>METRICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Training hours / employee</li> <li>Use of "lessons learned" system</li> <li>Provision of supplier training programs</li> </ul> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capture, articulate and apply experiential learning (2,3,4,5,10)</li> <li>Perform "learning" (8,10,11)</li> <li>Provide for interchange of knowledge from and network (1,6,9,10,11)</li> </ul>	<p><b>11 ENSURE PROCESS CAPABILITY AND MATURATION</b> "Establish and maintain processes capable of consistently delivering and supporting the characteristics of the product or service."</p> <p><b>METRICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cpk</li> <li>Scrap, rework &amp; repair as % of cost</li> <li>Software productivity</li> <li># of suppliers certified (change traffic)</li> <li>Lean practices adoption</li> </ul> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,8,11)</li> <li>Establish variability reduction practices in all phases of product life cycle (9,11)</li> <li>Establish make/buy as a strategic decision (11,12)</li> </ul>	<p><b>12 MAXIMIZE STABILITY IN A CHANGING ENVIRONMENT</b> "Establish strategies to maintain program stability in a changing customer driven environment."</p> <p><b>METRICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schedule changes / year</li> <li># of program rework</li> <li>Procurement quantity changes</li> <li>Program administration continuity</li> </ul> <p><b>ENABLING PRACTICES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Level demand to enable continuous flow (1,5,12)</li> <li>Use multi-plant contracting wherever possible (4,6,12)</li> <li>Minimize cycle-time to limit susceptibility to customer based changes (1,5,12)</li> <li>Structure programs with minimal impact to absorb changes (5,11,12)</li> <li>Establish incremental product performance objectives where possible (5,9,12)</li> <li>Program high risk areas with critical paths and/or provide alternatives (1,5,12)</li> </ul>
---	---	--	---	---	--

# Annexe 7 : Formulaire enquête n°1

## 1 - Enquête sur la pratique du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Cette enquête est menée dans le cadre d'une thèse de doctorat au sein du Laboratoire de recherche ICUBE (CNRS) de l'Université de Strasbourg, portant sur l'utilisation de la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie produit et son utilisation dans les entreprises.

L'objectif de ces travaux de recherche, dans lesquels s'intègre cette enquête est d'élaborer une stratégie structurée de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit basée sur le retour d'expérience et les bonnes pratiques industrielles.

Ce questionnaire se déroulera en 3 parties :

- 1) Définition des caractéristiques de votre entreprise
- 2) Utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit
- 3) Adhésion et mise en pratique des principes Lean

Répondre à ce questionnaire prendra environ 8 minutes.

Merci beaucoup pour votre participation.

\* Obligatoire

### Caractéristiques de l'entreprise

1. Quel est le secteur d'activité de votre entreprise ? \*

Sélectionnez votre réponse

2. Quel est l'effectif de votre entreprise ? \*

- < 10 salariés (TPE)
- entre 10 et 250 salariés (PME)
- entre 250 et 5000 salariés (ETI)
- > 5000 salariés (GE)

3. Quelle est votre fonction au sein de l'entreprise ? \*

Entrez votre réponse

4. Comment évaluez-vous le contexte concurrentiel dans lequel évolue votre entreprise ? \*

1 2 3 4 5

Pas concurrentiel

Très concurrentiel

5. Comment évaluez-vous l'importance stratégique du développement de nouveaux produits pour votre entreprise ? \*

1 2 3 4 5

Pas stratégique

Très stratégique

Suivant

Page 1 sur 4

Le contenu est créé par le propriétaire du formulaire. Les données que vous soumettez sont envoyées au propriétaire du formulaire. Microsoft n'est pas responsable des pratiques de confidentialité ou de sécurité de ses clients, y compris celles de ce propriétaire de formulaire. Ne donnez jamais votre mot de passe.

Avec Microsoft Forms |

Le propriétaire de ce formulaire n'a pas fourni de déclaration de confidentialité quant à la façon dont il utilisera vos données de réponse. Ne fournissez pas d'informations personnelles ou sensibles.

[Conditions d'utilisation](#) | [Accessibilité](#)

\* Obligatoire

### Utilisation du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

6. Est-ce que votre entreprise utilise la méthodologie Lean ? \*

- Oui  
 Non

7. Est-ce que votre entreprise utilise la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ? \*

Soit dans la période comprise entre le début de la conception du produit jusqu'à la première production "série".

- Oui  
 Non

8. Si oui, pour quel(s) activité(s)/service(s) ? \*

- Production/planification  
 Logistique/magasin  
 Achat/supply chain  
 Projet/développement produit  
 Bureau d'étude/services technique  
 Qualité/contrôle  
 Commercial/vente  
 IT/système d'information (ERP)  
 Direction/management  
 Marketing/communication  
 Ressource humaine  
 Finance/comptabilité  
 Autre

9. Parmi ces outils, lesquels sont utilisés dans la phase amont du cycle de vie produit par votre entreprise ? \*

Soit dans la période comprise entre le début de la conception du produit jusqu'à la première production "série".

- VSM
- Kaizen
- 5S
- Standard Work
- Just in Time
- KPI
- Kanban
- A3
- Heijunka
- ICT Lean
- DMAIC
- Gemba walk
- Customer Focused Approach
- Jidoka
- Team Work
- Kano Model
- Skills Matrix
- Daily Team Meeting
- Capacity Management
- Demand Smoothing
- Activity Implementation Plan
- Management visuel
- Overall Equipment Effectiveness
- Pull Work
- SIPOC
- Last Planner System
- Poka Yoke
- Andon
- Flow Continuous
- Takt Time
- Quick Response Product Development
- Machigalyoke
- SMED
- Market Segment
- Quality Function Deployment Analysis
- Puch Value Engineering
- Corjoint Analysis
- FMEA
- Set Based Analysis
- Why why Analysis
- Autre

10. Comment évalueriez-vous les gains possibles d'une démarche Lean dans la phase amont du cycle de vie produit ? \*

Soit dans la période comprise entre le début de la conception du produit jusqu'à la première production "série".

Inexistant ☆☆☆☆☆ Très important

\* Obligatoire

### Adhésion aux principes Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Est-ce que votre entreprise applique ou souhaite utiliser les principes Lean ci-dessous ?

**11.Principe n°1 : Identifier et optimiser les flux de l'entreprise. \***

"Optimiser les flux des produits et des services ; affectant ou faisant partie du processus, de la conception jusqu'au point d'utilisation."

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

**12.Principes n°2 : Assurer un flux d'informations continu. \***

"Fournir des processus continus et transparents pour l'accès et le transfert d'informations"

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

**13.Principe n°3 : Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes. \***

"S'assurer que des personnes correctement formées soient disponibles en cas de nécessité."

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

**14.Principe n°4 : Prise de décision au plus bas niveau possible. \***

"Mettre en place une structure organisationnelle et de management pour accélérer et améliorer la prise de décision ; où se situe le besoin, l'application et la connaissance".

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

**15.Principe n° 5 : Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit et processus. \***

"Créer des produits/processus grâce à une équipe intégrant des personnes qui ont connaissance et sont responsables de toutes les phases du cycle de vie du produit, de la définition du concept jusqu'à son utilisation finale".

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

**16.Principe n° 6 : Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement. \***

"Établir des relations de coopération stables et permanentes au sein de l'entreprise étendue, englobant à la fois les clients et les fournisseurs".

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

**17.Principe n° 7 : Se concentrer continuellement sur le client.**

\*  
"Comprendre et répondre de manière proactive aux besoins des clients internes et externes".

- Appliqué  
 Souhaité  
 Non concerné

18. Principe n° 8 : Promouvoir l'utilisation du Lean à tous les niveaux. \*

"Aligner et impliquer toutes les parties prenantes pour réaliser la vision Lean de l'entreprise".

- Appliqué
- Souhaité
- Non concerné

19. Principe n° 9 : Maintenir continuellement des défis dans les processus existants. \*

"Assurer une culture et des systèmes qui utilisent et analyse des indicateurs pour améliorer continuellement les processus".

- Appliqué
- Souhaité
- Non concerné

20. Principe n° 10 : Entretenir un environnement d'apprentissage.

\*

"Assurer le développement et la croissance des organisations et des individus pour soutenir l'atteinte des objectifs Lean de l'entreprise".

- Appliqué
- Souhaité
- Non concerné

21. Principe n° 11 : Assurer la capacité et la maturité des processus. \*

"Établir et maintenir des processus capables de concevoir et de produire les caractéristiques clés du produit/service".

- Appliqué
- Souhaité
- Non concerné

22. Principe n° 12 : Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution. \*

"Établir des stratégies pour maintenir la stabilité de l'activité dans un environnement en constante évolution ; axé vers le client."

- Appliqué
- Souhaité
- Non concerné

Précédent

Suivant

Page 3 sur 4

Ne communiquez jamais votre mot de passe. [Signaler un abus](#)

Ce contenu est créé par le propriétaire du formulaire. Les données que vous soumettez sont envoyées au propriétaire du formulaire. Microsoft n'est pas responsable des pratiques de confidentialité ou de sécurité de ses clients, y compris celles de ce propriétaire de formulaire. Ne donnez jamais votre mot de passe.

Avec Microsoft Forms |

Le propriétaire de ce formulaire n'a pas fourni de déclaration de confidentialité quant à la façon dont il utilisera vos données de réponse. Ne fournissez pas d'informations personnelles ou sensibles.

[Conditions d'utilisation](#) | [Accessibilité](#)

# Annexe 8 : Formulaire enquête n°2

## 2 - Enquête sur la pratique du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Cette enquête est menée dans le cadre d'une thèse de doctorat au sein du Laboratoire de recherche ICLUBE (CNRS) de l'Université de Strasbourg et porte sur la mise en œuvre de la méthodologie Lean dans la phase amont du cycle de vie produit dans les entreprises.

L'objectif de ces travaux de recherche, dans lesquels s'intègre cette enquête est d'élaborer une stratégie structurée de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit basée sur le retour d'expérience et les bonnes pratiques industrielles.

Ce questionnaire se déroulera en 3 parties :

- 1) Définition des caractéristiques de votre entreprise
- 2) Mise en œuvre des outils du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit
- 3) Mise en œuvre des principes Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

Répondre à ce questionnaire prendra environ 7 minutes.

Merci beaucoup pour votre participation.

\* Obligatoire

### Caractéristiques de votre entreprise

1. Quel est le secteur d'activité de votre entreprise ? \*

Sélectionnez votre réponse

2. Quel est l'effectif de votre entreprise ? \*

- < 10 salariés (TPE)
- entre 10 et 250 salariés (PME)
- entre 250 et 5000 salariés (ETI)
- > 5000 salariés (GE)

3. Quelle est votre fonction au sein de l'entreprise ? \*

Entrez votre réponse

4. Comment évaluez-vous le niveau de maturité Lean de votre entreprise ? \*

- Niveau 1 - Initial : activité informelle et non planifiée
- Niveau 2 - Géré : activité formalisée et planifiée
- Niveau 3 - Défini : activité organisée et maîtrisée
- Niveau 4 - Maîtrisé : activité mesurée et contrôlée
- Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée
- Méthodologie Lean non utilisée

Suivant

Page 1 sur 4

Le contenu est créé par le propriétaire du formulaire. Les données que vous soumettez sont envoyées au propriétaire du formulaire. Microsoft n'est pas responsable des pratiques de confidentialité ou de sécurité de ses clients, y compris celles de ce propriétaire de formulaire. Ne donnez jamais votre mot de passe.

Avec Microsoft Forms |

Le propriétaire de ce formulaire n'a pas fourni de déclaration de confidentialité quant à la façon dont il utilisera vos données de réponse. Ne fournissez pas d'informations personnelles ou sensibles.

[Conditions d'utilisation](#) | [Accessibilité](#)

\* Obligatoire

## Mise en œuvre des outils du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

5. Comment évaluez-vous le gain de l'outil 5S par rapport à l'effort nécessaire pour le déployer ? \*  
sur une échelle de 1 (négligeable) à 5 (très important)

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

6. Comment évaluez-vous le gain de les outils KPI + Management visuel par rapport à l'effort nécessaire pour les déployer ? \*  
sur une échelle de 1 (négligeable) à 5 (très important)

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

7. Comment évaluez-vous le gain de l'outil VSM par rapport à l'effort nécessaire pour le déployer ? \*  
sur une échelle de 1 (négligeable) à 5 (très important)

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

8. Comment évaluez-vous le gain de l'outil A3 par rapport à l'effort nécessaire pour le déployer ? \*  
sur une échelle de 1 (négligeable) à 5 (très important)

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

9. Comment évaluez-vous le gain de l'outil Kaizen par rapport à l'effort nécessaire pour le déployer ? \*  
sur une échelle de 1 (négligeable) à 5 (très important)

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

10. Comment évaluez-vous l'importance de l'utilisation de ces outils (l'un par rapport à l'autre) pour améliorer la performance dans la phase amont du cycle de vie produit ? \*

**Exemple :** Si vous trouvez l'outil A beaucoup plus important que l'outil B, cochez "Beaucoup" à gauche :  
**Outil A :** Absolument > Beaucoup > Peu > Egale < Peu < Beaucoup < Absolument : **Outil B**

	Absolument	Beaucoup	Peu	Egale	Peu	Beaucoup	Absolument
SS vs KPI	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SS vs VSM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SS vs A3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SS vs Kaizen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KPI vs VSM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KPI vs A3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KPI vs Kaizen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VSM vs A3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VSM vs Kaizen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A3 vs Kaizen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Dans quel ordre déploieriez-vous ces outils du Lean ? \*

Cliquez pour déplacer et disposer de haut en bas les outils dans l'ordre dans lequel vous les déploieriez.

SS

KPI + Management visuel

VSM

A3

Kaizen

Précédent
Suivant
Page 2 sur 4

Ce contenu est créé par le propriétaire du formulaire. Les données que vous soumettez sont envoyées au propriétaire du formulaire. Microsoft n'est pas responsable des pratiques de confidentialité ou de sécurité de ses clients, y compris celles de ce propriétaire de formulaire. Ne donnez jamais votre mot de passe.

Avec Microsoft Forms | Le propriétaire de ce formulaire n'a pas fourni de déclaration de confidentialité quant à la façon dont il utilisera vos données de réponse. Ne fournissez pas d'informations personnelles ou sensibles. | [Conditions d'utilisation](#) | [Accessibilité](#)

\* Obligatoire

**Mise en œuvre des principes Lean dans la phase amont du cycle de vie produit**

Comment évaluez vous sur une échelle de 1 (négligeable) à 5 (très important) le gain par rapport à l'effort nécessaire pour appliquer ces principes Lean ?

**12. Principe n°1 : Identifier et optimiser les flux de l'entreprise.**

\*

"Optimiser les flux des produits et des services ; affectant ou faisant partie du processus, de la conception jusqu'au point d'utilisation."

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

**13. Principe n°2 : Assurer un flux d'information continue. \***

\*

"Fournir des processus continus et transparents pour l'accès et le transfert d'informations pertinentes"

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

**14. Principe n°3 : Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes.**

\*

"S'assurer que des personnes correctement formées soient disponibles en cas de nécessité."

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

**15. Principe n°4 : Prise de décision au plus bas niveau possible.**

\*

"Mettre en place une structure organisationnelle et de management pour accélérer et améliorer la prise de décision ; où se situe le besoin, l'application et la connaissance".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

**16. Principe n° 5 : Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit et processus.**

\*

"Créer des produits/processus grâce à une équipe intégrant des personnes qui ont connaissance et sont responsables de toutes les phases du cycle de vie du produit, de la définition du concept jusqu'à son utilisation finale".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

**17. Principe n° 6 : Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement.**

\*

"Établir des relations de coopération stables et permanentes au sein de l'entreprise élargie, englobant à la fois les clients et les fournisseurs".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

18. Principe n° 7 : Se concentrer continuellement sur le client.

x

"Comprendre et répondre de manière proactive aux besoins des clients internes et externes".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

19. Principe n° 8 : Promouvoir l'utilisation du Lean à tous les niveaux.

x

"Aligner et impliquer toutes les parties prenantes pour réaliser la vision Lean de l'entreprise".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

20. Principe n° 9 : Maintenir continuellement des défis dans les processus existants.

x

"Assurer une culture et des systèmes qui utilisent et analysent des indicateurs pour améliorer continuellement les processus".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

21. Principe n° 10 : Entretenir un environnement d'apprentissage.

x

"Assurer le développement et la croissance des organisations et des individus pour soutenir l'atteinte des objectifs Lean de l'entreprise".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

22. Principe n° 11 : Assurer la capabilité et la maturité des processus.

x

"Établir et maintenir des processus capables de concevoir et de produire les caractéristiques clés du produit/service".

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

23. Principe n° 12 : Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution.

x

"Établir des stratégies pour maintenir la stabilité du programme dans un environnement en constante évolution ; axé vers le client."

	1	2	3	4	5
Gain	<input type="radio"/>				
Effort	<input type="radio"/>				

24. Lien principe/outils :

Pour appliquer chacun des 12 principes Lean, quel est selon vous l'outil Lean le plus pertinent (qui convient le mieux) à utiliser ? \*

	5S	KPI + Management visuel	VSM	A3	Kaizen	Aucun
Principe n°1 : Identifier et optimiser les flux de l'entreprise.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principes n°2 : Assurer un flux d'information continue.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n°3 : Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n°4 : Prise de décision au plus bas niveau possible.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 5 : Mise en œuvre intégrée des processus de développement produit et processus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 6 : Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 7 : Se concentrer continuellement sur le client.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 8 : Promouvoir l'utilisation du Lean à tous les niveaux.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 9 : Maintenir continuellement des défis dans les processus existants.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 10 : Entretenir un environnement d'apprentissage.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 11 : Assurer la capabilité et la maturité des processus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Principe n° 12 : Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Précédent

Suivant

Page 3 sur 4

Ce contenu est créé par le propriétaire du formulaire. Les données que vous soumettez sont envoyées au propriétaire du formulaire. Microsoft n'est pas responsable des pratiques de confidentialité ou de sécurité de ses clients, y compris celles de ce propriétaire de formulaire. Ne donnez jamais votre mot de passe.

Avec Microsoft Forms |

Le propriétaire de ce formulaire n'a pas fourni de déclaration de confidentialité quant à la façon dont il utilisera vos données de réponse. Ne fournissez pas d'informations personnelles ou sensibles.

[Conditions d'utilisation](#) | [Accessibilité](#)

# Annexe 9 : Interdépendances pratiques principales LEM (à partir de LAI MIT, 2004)

	Practice 1	Practice 2	Practice 3	Practice 4	Practice 5	Practice 6	
Practice 1	X	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Minimize inventory throughout all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Strive for single piece flow (1,2,9,12) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Synchronize production and delivery throughout the value chain (1,2,6,9,12) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)	Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Reduce the number of flow paths (1,4,5,9) Minimize inventory throughout all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Reduce the number of flow paths (1,4,5,9) Minimize inventory throughout all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Reduce the number of flow paths (1,4,5,9) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Synchronize production and delivery throughout the value chain (1,2,6,9,12)	Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Synchronize production and delivery throughout the value chain (1,2,6,9,12)
Practice 2	Make processes and flows visible to all stakeholders (1,2,4,5,9,11) Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12) Link databases for key functions throughout the value chain (1,2,4,5,9,12) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability (1,2,4,5,9,11)	X	/	Make processes and flows visible to all stakeholders (1,2,4,5,9,11) Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12) Link databases for key functions throughout the value chain (1,2,4,5,9,12) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability (1,2,4,5,9,11)	Make processes and flows visible to all stakeholders (1,2,4,5,9,11) Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12) Link databases for key functions throughout the value chain (1,2,4,5,9,12) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability (1,2,4,5,9,11)	Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12)	
Practice 3	Analyze workforce capabilities and needs to provide for balance of breadth and depth of skills/knowledge (1,3,5,8,10,11) Broaden jobs to facilitate the development of a flexible workforce (1,3,4,5,10,12)	Ensure maintenance, certification and upgrading of critical skills (2,3,4,10,11)	X	Ensure maintenance, certification and upgrading of critical skills (2,3,4,10,11) Broaden jobs to facilitate the development of a flexible workforce (1,3,4,5,10,12)	Analyze workforce capabilities and needs to provide for balance of breadth and depth of skills/knowledge (1,3,5,8,10,11) Broaden jobs to facilitate the development of a flexible workforce (1,3,4,5,10,12)	Establish career and skill development programs for each employee (3,6,10)	
Practice 4	Establish multi disciplinary teams organized around processes and products (1,4,5,9,12) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities (1,2,3,4,5,6,9)	Delegate or share responsibility for decisions throughout the value chain (2,4,5,6,8,12) Empower people to make decisions at the point of work (2,3,4,5,6,8) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities (1,2,3,4,5,6,9) Provide environment and well-defined processes for expedited decision making (2,4,5,11)	Empower people to make decisions at the point of work (2,3,4,5,6,8) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities (1,2,3,4,5,6,9)	X	Establish multi disciplinary teams organized around processes and products (1,4,5,9,12) Delegate or share responsibility for decisions throughout the value chain (2,4,5,6,8,12) Empower people to make decisions at the point of work (2,3,4,5,6,8) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities (1,2,3,4,5,6,9) Provide environment and well-defined processes for expedited decision making (2,4,5,11)	Delegate or share responsibility for decisions throughout the value chain (2,4,5,6,8,12) Empower people to make decisions at the point of work (2,3,4,5,6,8) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities (1,2,3,4,5,6,9)	
Practice 5	Establish clear sets of requirements and allocate these to affected elements of the product and processes (1,2,5,6,7,12) Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases (1,2,4,5,7,9,11) Use the "Software Factory" Process (1,5,11)	Use systems engineering approach in product design and development (2,5,11,12) Establish clear sets of requirements and allocate these to affected elements of the product and processes (1,2,5,6,7,12) Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases (1,2,4,5,7,9,11) Involve all stakeholders early in the requirements definition, design and development process (2,4,5,6,7,12) Implement design to cost processes (2,5,7,9)	/	Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases (1,2,4,5,7,9,11) Establish effective IPTs (4,5,6) Involve all stakeholders early in the requirements definition, design and development process (2,4,5,6,7,12)	X	Establish clear sets of requirements and allocate these to affected elements of the product and processes (1,2,5,6,7,12) Establish effective IPTs (4,5,6) Involve all stakeholders early in the requirements definition, design and development process (2,4,5,6,7,12) Maintain continuity of planning throughout the product development process (5,6,7,12)	
Practice 6	/	Build stable and cooperative relationships internally and externally (2,5,4,6,7,12)	Establish labor management partnerships (3,6,8) Strive for continued employment or employability of the workforce (3,6,9,10)	Build stable and cooperative relationships internally and externally (2,5,4,6,7,12)	Build stable and cooperative relationships internally and externally (2,5,4,6,7,12) Provide for mutual sharing of benefits from implementation of lean practices (5,6,9)	X	

	Principle 1	Principle 2	Principle 3	Principle 4	Principle 5	Principle 6
Practice 7	/	Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders (2,4,5,7,9,11,12)	/	Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders (2,4,5,7,9,11,12)	Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders (2,4,5,7,9,11,12) Create and maintain relationships with customers in requirements generation, product design, development and solution-based problem solving (5,6,7,9)	Optimize the contract process to be flexible to learning and changing requirements (6,7,9,10,11,12) Create and maintain relationships with customers in requirements generation, product design, development and solution-based problem solving (5,6,7,9)
Practice 8	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices*(1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices (1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Assure consistency of enterprise strategy with lean principles and practices (4,6,8,12) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices(1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices (1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Assure consistency of enterprise strategy with lean principles and practices (4,6,8,12) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices (1,3,4,5,6,8,9,10,11)
Practice 9	Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1,2,3,4,5,9,11) Utilize cost accounting/ management systems to establish the discrete cost of individual parts and activities (1,2,9) Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all	Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1,2,3,4,5,9,11) Utilize cost accounting/ management systems to establish the discrete cost of individual parts and	Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1,2,3,4,5,9,11) Fix problems systematically using data and root cause analysis (3,9,11)	Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1,2,3,4,5,9,11) Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all phases of the product life cycle	Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1,2,3,4,5,9,11)	Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all phases of the product life cycle (1,4,6,7,8,9,11) Incentivize initiatives for beneficial innovation
Practice 10	Provide for interchange of knowledge from and within the supplier network (1,6,9,10,11)	Capture, communicate and apply experience generated learning (2,3,4,9,10)	Capture, communicate and apply experience generated learning (2,3,4,9,10)	Capture, communicate and apply experience generated learning (2,3,4,9,10)	/	Provide for interchange of knowledge from and within the supplier network (1,6,9,10,11)
Practice 11	Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,9,11)	Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,9,11)	Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,9,11)	Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,9,11)	Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,9,11)	/
Practice 12	Level demand to enable continuous flow (1,6,9,12) Minimize cycle-time to limit susceptibility to externally imposed changes (1,9,12) Program high risk developments off critical paths and/or provide alternatives (1,5,12)	/	/	Use multi-year contracting wherever possible (4,6,12)	Structure programs to absorb changes with minimal impact (5,11,12) Establish incremental product performance objectives where possible (5,9,12) Program high risk developments off critical paths and/or provide alternatives (1,5,12)	Level demand to enable continuous flow (1,6,9,12) Use multi-year contracting wherever possible (4,6,12)

	Practice 7	Practice 8	Practice 9	Practice 10	Practice 11	Practice 12
Principle 1	Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12)	/	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Reduce the number of flow paths (1,4,5,9) Minimize inventory through all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Strive for single piece flow (1,2,9,12) Synchronize production and delivery throughout the value chain (1,2,6,9,12)	/	Establish models and/or simulations to permit understanding and evaluation of the flow process (1,2,4,5,9,11) Minimize inventory through all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Implement process owner inspection throughout the value chain (1,2,3,4,6,9,11) Maintain equipment to minimize unplanned stoppages (1,2,3,4,11)	Minimize inventory through all tiers of the value chain (1,2,4,9,11,12) Reduce setup times (1,9) Strive for singlepiece flow (1,2,9,12) Minimize space utilized and distance traveled by personnel and material (1,2,3,5,6,7,12) Synchronize production and delivery throughout the value chain (1,2,6,9,12)
Principle 2	Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12)	Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12)	Make processes and flows visible to all stakeholders (1,2,4,5,9,11) Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12) Link databases for key functions throughout the value chain (1,2,4,5,9,12) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability (1,2,4,5,9,11)	/	Make processes and flows visible to all stakeholders (1,2,4,5,9,11) Minimize documentation while ensuring necessary data traceability and availability (1,2,4,5,9,11)	Establish open and timely communications, among all stakeholders (1,2,4,5,6,7,8,9,12) Link databases for key functions throughout the value chain (1,2,4,5,9,12)
Principle 3	/	Analyze workforce capabilities and needs to provide for balance of breadth and depth of skills/knowledge (1,3,5,8,10,11)	/	Establish career and skill development programs for each employee (3,6,10) Ensure maintenance, certification and upgrading of critical skills (2,3,4,10,11) Analyze workforce capabilities and needs to provide	Ensure maintenance, certification and upgrading of critical skills (2,3,4,10,11) Analyze workforce capabilities and needs to provide for balance of breadth and depth of skills/knowledge (1,3,5,8,10,11)	Broaden jobs to facilitate the development of a flexible workforce(1,3,4,5,10,12)
Principle 4	/	Delegate or share responsibility for decisions throughout the value chain (2,4,5,6,8,12) Empower people to make decisions at the point of work (2,3,4,5,6,8)	Establish multi disciplinary teams organized around processes and products (1,4,5,9,12) Minimize hand-offs and approvals within and between line and support activities (1,2,3,4,5,6,9)	/	Provide environment and well-defined processes for expedited decision making (2,4,5,1)	Establish multi disciplinary teams organized around processes and products (1,4,5,9,12) Delegate or share responsibility for decisions throughout the value chain (2,4,5,6,8,12)
Principle 5	Establish clear sets of requirements and allocate these to affected elements of the product and processes (1,2,5,6,7,12) Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases (1,2,4,5,7,9,11) Design in capability for potential growth & adaptability (5,7,12) Involve all stakeholders early in the requirements definition, design and development process (2,4,5,6,7,12) Implement design to cost processes (2,5,7,9)	/	Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases (1,2,4,5,7,9,11) Implement design to cost processes (2,5,7,9)	/	Use systems engineering approach in product design and development (2,5,11,12) Incorporate design for manufacturing, test, maintenance and disposal in all engineering phases (1,2,4,5,7,9,11) Use the "Software Factory" Process (1,5,11)	Use systems engineering approach in product design and development (2,5,11,12) Establish clear sets of requirements and allocate these to affected elements of the product and processes (1,2,5,6,7,12) Definitize risk management (2,5,12) Design in capability for potential growth & adaptability (5,7,12) Involve all stakeholders early in the requirements definition, design and development process (2,4,5,6,7,12) Maintain continuityof planning throughout
Principle 6	Build stable and cooperative relationships internally and externally (2,5,4,6,7,12) Establish common objectives among all stakeholders (6,7,9,10,12)	Establish labor management partnerships (3,6,)	Strive for continued employment or employability of the workforce (3,6,9,10) Provide for mutual sharing of benefits from implementation of lean practices (5,6,9) Establish common objectives among all stakeholders (6,7,9,10,12)	Strive for continued employment or employability of the workforce (3,6,9,10) Establish common objectives among all stakeholders (6,7,9,10,12)	/	Build stable and cooperative relationships internally and externally (2,5,4,6,7,12) Establish common objectives among all stakeholders (6,7,9,10,12)

	Principle 7	Principle 8	Principle 9	Principle 10	Principle 11	Principle 12
Principle 7	X	/	Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders (2,4,5,7,9,11,12) Optimize the contract process to be flexible to learning and changing requirements (6,7,9,10,11,12) Create and maintain relationships with customers in requirements generation, product design, development and solution-based problem solving (5,6,7,9)	Optimize the contract process to be flexible to learning and changing requirements (6,7,9,10,11,12)	Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders (2,4,5,7,9,11,12) Optimize the contract process to be flexible to learning and changing requirements (6,7,9,10,11,12)	Provide for continuous information flow and feedback with stakeholders (2,4,5,7,9,11,12) Optimize the contract process to be flexible to learning and changing requirements (6,7,9,10,11,12)
Principle 8	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11)	X	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices (1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices (1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Instill individual ownership throughout the workforce in all products and services that are provided (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11) Involve union leadership in promoting and implementing lean practices (1,3,4,5,6,8,9,10,11)	Flow-down lean principles, practices and metrics to all organizational levels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Assure consistency of enterprise strategy with lean principles and practices (4,6,8,12)
Principle 9	Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all phases of the product life cycle (1,4,6,7,8,9,11)	Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all phases of the product life cycle (1,4,6,7,8,9,11)	X	/	Establish structured processes for generating, evaluating and implementing improvements at all levels (1,2,3,4,5,9,11) Fix problems systematically using data and root cause analysis(3,9,11) Set jointly established targets for continuous improvement at all levels and in all phases of the product life cycle (1,4,6,7,8,9,11) Incentivize initiatives for beneficial, innovative practices (1,6,9,11)	/
Principle 10	/	/	Capture, communicate and apply experience generated learning (2,3,4,9,10) Perform benchmarking (9,10,11) Provide for interchange of knowledge from and within the supplier network (1,6,9,10,11)	X	Perform benchmarking (9,10,11) Provide for interchange of knowledge from and within the supplier network (1,6,9,10,11)	/
Principle 11	/	/	Define and control processes throughout the value chain (1,2,3,4,5,9,11) Establish cost beneficial variability reduction practices in all phases of product life cycle (9,11)	/	X	Establish make/buy as a strategic decision (11,12)
Principle 12	/	/	Level demand to enable continuous flow (1,6,9,12) Minimize cycle-time to limit susceptibility to externally imposed changes (1,9,12) Establish incremental product performance objectives where possible (5,9,12)	/	Structure programs to absorb changes with minimal impact (5,11,12)	X

# Annexe 10 : Outil de suivi de la roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du PLC (à partir de LAI MIT, 2004)

Environnement	Pratique	Maturité Lean							Niveau actuel	Niveau visé
		Niveau 1 - Initial : activité informelle et non-planifiée	Niveau 2 - Géré : activité formalisée et planifiée	Niveau 3 - Défini : activité organisée et maîtrisée	Niveau 4 - Maîtrisé : activité mesurée et contrôlée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée
<b>Développement produit</b> <i>Gestion de projet, bureau d'étude, validation produit</i>	P1 Identifier et optimiser les flux de l'entreprise	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P2 Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P3 Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P4 Se concentrer continuellement sur le client	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P5 Entrettenir un environnement d'apprentissage	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P6 Assurer un flux d'information continue	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P7 Mise en oeuvre intégrée des processus de développement produit et processus	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P8 Maintenir continuellement des défis dans les processus existants	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P9 Prise de décision au plus bas niveau possible	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P10 Assurer la capabilité et la maturité des processus	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P11 Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				
	P12 Promouvoir le Lean à tous les niveaux	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?				

Environnement	Pratique	Maturité Lean						Niveau actuel	Niveau visé
		Niveau 1 - Initial : activité informelle et non-planifiée	Niveau 2 - Céré : activité formalisée et planifiée	Niveau 3 - Défini : activité organisée et maîtrisée	Niveau 4 - Maîtrisé : activité mesurée et contrôlée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée			
Supply chain Production, industrialisation, logistique	P1 Identifier et optimiser les flux de l'entreprise	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P2 Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P3 Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P4 Se concentrer continuellement sur le client	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P5 Entretien d'un environnement d'apprentissage	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P6 Assurer un flux d'information continue	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P7 Mise en oeuvre intégrée des processus de développement produit et processus	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P8 Maintenir continuellement des défis dans les processus existants	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P9 Prise de décision au plus bas niveau possible	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P10 Assurer la capacité et la maturité des processus	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P11 Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		
	P12 Promouvoir le Lean à tous les niveaux	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ? Amélioration continue ? Outils utilisés ?		

Environnement	Pratique	Maturité Lean							Niveau actuel	Niveau visé
		Niveau 1 - Initial : activité informelle et non-planifiée	Niveau 2 - Géré : activité formalisée et planifiée	Niveau 3 - Défini : activité organisée et maîtrisée	Niveau 4 - Maîtrisé : activité mesurée et contrôlée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée				
<b>Opérations</b> <i>Gestion des opérations, commercial, ressources planning, achat/approvisionnement</i>	<b>P1 Identifier et optimiser les flux de l'entreprise</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P2 Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P3 Développer une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P4 Se concentrer continuellement sur le client</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P5 Entretenir un environnement d'apprentissage</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P6 Assurer un flux d'information continue</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P7 Mise en oeuvre intégrée des processus de développement produit et processus</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P8 Maintenir continuellement des défis dans les processus existants</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P9 Prise de décision au plus bas niveau possible</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P10 Assurer la capacité et la maturité des processus</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P11 Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	<b>P12 Promouvoir le Lean à tous les niveaux</b>	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			

Environnement	Pratique	Maturité Lean							Niveau actuel	Niveau visé
		Niveau 1 - Initial : activité informelle et non-planifiée	Niveau 2 - Céré : activité formalisée et planifiée	Niveau 3 - Défini : activité organisée et maîtrisée	Niveau 4 - Maîtrisé : activité mesurée et contrôlée	Niveau 5 - Optimisé : activité constamment améliorée				
Système d'Information Systèmes d'Information et data management	P1 Identifier et optimiser les flux de l'entreprise	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P2 Optimiser l'utilisation et la capacité des personnes	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P3 Developper une relation basée sur la confiance mutuelle et l'engagement	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P4 Se concentrer continuellement sur le client	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P5 Entretenir un environnement d'apprentissage	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P6 Assurer un flux d'information continue	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P7 Mise en oeuvre intégrée des processus de développement produit et processus	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P8 Maintenir continuellement des défis dans les processus existants	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P9 Prise de décision au plus bas niveau possible	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P10 Assurer la capacité et la maturité des processus	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P11 Maintenir la stabilité dans un environnement en évolution	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			
	P12 Promouvoir le Lean à tous les niveaux	Problématique appréhendée ? Action(s) réalisées(s) ? Outils utilisés ?	Activité défini / formalisée ? Actions planifiées / To Do List ? Outils utilisés ?	Responsable / équipe / process défini ? Plan d'action ? Outils utilisés ?	KPI utilisés(s) ? Suivi ? Outils utilisés ?	Amélioration continue ? Outils utilisés ?	REX ?			

# Excellence opérationnelle : Proposition d'une roadmap de déploiement du Lean dans la phase amont du cycle de vie produit

## Résumé

En 2023, l'industrie électrique est projetée sur le devant de la scène face aux enjeux climatiques, grâce à la promotion de l'électrification pour réduire la production de gaz à effet de serre. L'entreprise Stäubli EC SAS, fabricant de connecteurs électriques de haute qualité, évolue donc sur un marché en constante évolution et soumis à de fortes pressions concurrentielles, technologique et normative. Pour réussir sur ce marché, l'entreprise doit proposer des produits toujours plus complexes dans des délais réduits. Le succès de l'entreprise repose sur la performance de son processus de développement produit et l'ensemble des activités réalisées durant cette période-clé. Pour répondre à la problématique de cette thèse : comment améliorer la performance industrielle dans la phase amont du cycle de vie produit : Une stratégie de recherche croisée combinant les approches Top-Down et Bottom-Up a été mise en œuvre. L'analyse de la littérature ainsi que la prise en compte du terrain réalisée au travers de deux enquêtes, ont permis la construction d'une roadmap de déploiement du Lean, qui propose et priorise des pratiques et outils pour déployer le Lean dans la phase amont du cycle de vie produit. Cette feuille de route, prend en compte les différents environnements qui composent cette période, le gain et l'effort nécessaires pour mettre en œuvre les pratiques et les outils proposés ainsi que l'évolution du niveau de maturité pour permettre à l'organisation d'atteindre l'Excellence Opérationnelle.

**Mots-clés :** Lean ; Développement produit ; Excellence Opérationnelle ; Roadmap

## Résumé en anglais

In 2023, the electrical industry is at the centre of the climate challenge, thanks to the promotion of electrification to reduce the production of greenhouse gases. Stäubli EC SAS, a manufacturer of high-quality electrical connectors, operates in a market that is constantly evolving and subject to strong competitive, technological and standardisation pressures. To succeed in this market, the company has to offer increasingly complex products with shorter lead times. The company's success depends on the performance of its product development process and all the activities carried out during this key period. In this context, how can we improve industrial performance in the upstream phase of the product lifecycle? A cross-functional research strategy combining top-down and bottom-up approaches was implemented. Literature review and field analysis carried out through two surveys, enabled the construction of a Lean Deployment Roadmap, which proposes and prioritises practices and tools for Lean deployment in the upstream phase of the product lifecycle. This roadmap takes into account the different environments that make up this period. The benefits and efforts required to implement the practices and tools, and the evolution of the maturity level to enable the organisation to achieve operational excellence.

**Key words:** Lean; Production development; Operational Excellence; Roadmap